

# Projet Polival

Optimiser la prise de décision en contexte d'incertitude dans le domaine de la réhabilitation des sites et sols pollués et des friches urbaines et industrielles



**Rapport final**  
**Phases 1 et 2**  
**Juillet 2025**

Charlotte Le Gavrian (Cloud Spotting), Hélène Demougéot-Renard (eOde), Baptiste Sauvaget (eOde), Sylvain Girard (Phimeca), Raphaël Perillat (Phimeca)



**La rencontre**

C'est lors d'un atelier du GT Incertitude SSP de l'ADEME que tout commence. L'ADEME met en relation nos bureaux Eode et Phimeca ... et lance une question décisive...



**L'Incertitude : une question fondatrice**

« Comment communiquer les incertitudes aux acteurs, selon leurs enjeux et maturité ? ». Cette question agit comme un catalyseur.



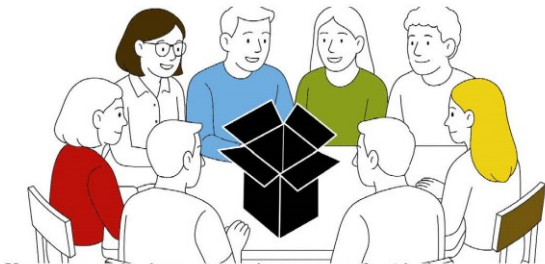
**Un constat d'impuissance**

Les outils existent. Mais ils restent confinés à la sphère scientifique. Les incertitudes n'entrent presque jamais dans la décision.



**Voir les Sites et Sols Pollués depuis un autre point de vue**

Cloud spotting nous rejoint avec une approche centrée sur l'utilisateur et la communication pragmatique. L'équipe de projet est au complet et le projet Polival est lancé.



**Un nouveau cadre de pensée, en s'appuyant sur 2 méthodes.**

Le design thinking permet d'explorer avec les usagers, et la théorie de l'acteur-réseau permet d'identifier ce qui, dans les pratiques, est devenu invisible.



**Phase 1 : audit de l'existant**

Nous lançons une enquête auprès des professionnels pour analyser les processus de gestion des sites et sols pollués et de revalorisation des friches. Des brèches sont identifiées..



**A la lumière de l'enquête l'équipe Polival re-problématise l'incertitude**

Que se passe-t-il si on replace le maître d'ouvrage au centre du projet SPP ? L'incertitude devient levier, et non obstacle.



**Phase 2 : imaginer un outil**

Nous imaginons un outil conçu du point de vue du maître d'ouvrage, pour faciliter le processus de gestion de la pollution du sol, où les incertitudes sont communiquées en langage projet.



**Conception et test d'une maquette**

Le test d'une maquette d'outil auprès d'un panel d'acteurs nous encourage à approfondir cette idée.



**Un plan d'action pour un outil opérationnel**

Il reste encore quelques étapes pour aboutir à la mise en ligne d'un outil opérationnel ! Nous proposons un plan d'action (Polival 2) pour développer un prototype informatique fonctionnel.

## Table des matières

Partie 1 .....	7
I. Synthèse.....	7
II. Introduction.....	12
Partie 2 : investigation .....	16
I. Investiguer les chaînes de décision, les responsabilités, les outils d'aide à la décision : méthodes et moyens	16
II. Résultats de l'enquête.....	19
A. Les entretiens dits « de l'extra-terrestre ».....	19
1. Brèche du référent.....	20
2. Brèche de la temporalité.....	21
3. Brèche de l'interprétation.....	22
4. Brèche du processus d'action .....	23
5. Brèche des coûts .....	24
6. Brèche du sentiment de gâchis, de mauvais travail .....	25
Conclusion : ce que les entretiens dits « de l'extraterrestre » nous apprennent .....	26
B. Le questionnaire en ligne.....	28
1. Articuler état des sols et usage du terrain .....	30
2. Risques et responsabilités .....	30
3. Le rôle clef des bureaux d'étude .....	33
Conclusion : les enseignements tirés du questionnaire.....	34
C. L'atelier des experts.....	34
Chaînes de décision et les nœuds décisionnels tels qu'ils sont vécus .....	36
Focus 1 : les acteurs interagissant dans les chaînes décisionnelles SSP .....	38
Focus 2 : la question du cadrage « à façon », pour initialiser la chaîne décisionnelle.....	39
Focus 3 : la question de la valeur dans l'enchaînement des décisions .....	39
Focus 4 : communication, coûts, délais et incertitudes .....	40
III. Conclusion générale sur l'investigation .....	42
A. Enseignements .....	42
B. Perspectives pour la suite du projet.....	43
1. Développer la culture du risk management .....	45
2. Vers un suivi évolutif du parcours de gestion des SSP .....	46
3. Vers un mode de coopération propice à l'appropriation des raisonnements .....	47
4. Création de connaissances par la coopération .....	48

Partie 3 : maquette .....	50
I. Test d'hypothèses avec un prototype .....	50
A. A priori et hypothèses avant l'expérience.....	51
B. Protocole expérimental : confrontation d'experts à une maquette-prototype .....	53
1. Conception de la maquette.....	53
2. Test de la maquette .....	56
C. Résultats de l'expérience : étonnements et nouvelles directions.....	56
II. Pistes pour la communication.....	60
III. Spécifications et plan d'action pour un outil fonctionnel de gestion des risques SSP .....	61
A. Notre vision de l'outil.....	61
B. Plan d'action.....	63
1. Élaboration d'un prototype fonctionnel (durée estimée : 18 mois).....	63
2. Construction de l'outil définitif, mise en ligne et communication (durée estimée : 18 mois) .....	67
Liste des figures.....	68
Liste des tableaux .....	68
Bibliographie .....	69
Annexes.....	71
Annexe 1 : Supports de l'atelier du 30.09.24.....	72
Annexe 2 : Détails de conception de la maquette présentée le 30.04.25.....	78
Annexe 3 : Carte mentale pour le montage du projet.....	82

## Note sur la structure du rapport

Le rapport est structuré en 3 parties, qui peuvent se lire indépendamment les unes des autres (il y a donc quelques redites de contextualisation dans chacune d'entre elles). La première est une synthèse narrative du travail réalisé et des résultats obtenus, suivie d'une introduction générale au projet Polival. La deuxième restitue la première phase du projet, phase d'investigation et d'enquête visant à cerner les besoins de la profession SSP pour mieux intégrer l'incertitude dans la gestion des sites pollués et friches urbaines et industrielles. La troisième présente la deuxième phase du projet, dédiée à la conception d'une maquette d'outil de gestion des risques SSP.

## Abréviations et lexique

### Abréviations

**ACP** : Analyse en composantes principales

**ADEME** : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

**AMO** : Assistant à maître d'ouvrage

**ASNR** : Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection

**BE** : Bureau d'études

**DREAL** : Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement

**DRIEAT** : Direction régionale et interdépartementale de l'environnement, de l'aménagement et des transports

**EPF** : Établissement public foncier

**EQRS** : Évaluations quantitatives des risques sanitaires

**ERI** : Excès de risques individuels

**GT Incertitude** : Groupe de travail Incertitude

**ICPE** : Installation classée pour la protection de l'environnement

**IEM** : Interprétation de l'état des milieux

**INRAE** : Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement

**MO** : Maître d'ouvrage

**MOE** : Maître d'œuvre

**MVP** : Produit minimum viable (*minimum viable product*)

**PCT** : Plan de conception des travaux

**QD** : Quotient de danger

**SIS** : Système d'information sur les sols

**SSP** : Sites et sols Pollués

**U. E.** : Union Européenne

**ZAN** : Zéro artificialisation nette

### Vocabulaire spécifique

**Design thinking** : Méthodes pragmatiques d'innovation centrées sur les usagers dans la théorie de l'acteur-réseau

**Boîte noire** : Ensemble de croyances et de comportements induits, tacitement admis et non remis en question par un groupe d'acteurs

**Brèche** : Incompatibilités perçues par les acteurs au sein d'une boîte noire

**Traduction** : Altération du comportement des acteurs pour résoudre une brèche

**Macro-acteur** : Acteur à l'origine d'une première traduction dont découlent tout un ensemble de boîtes noires

**Micro-acteur** : Acteur cherchant à s'infiltrer individuellement dans les brèches, mais pour cela il lui est indispensable d'aller chercher des alliés dans d'autres domaines

**Maquette** : Visualisation de l'outil final visé par Polival sous forme de diaporama non interactif

**Prototype** : Première version interactive mais simplifiée de l'outil final visé par Polival

# Partie 1

## I. Synthèse

### Rencontre et constat initial

Le projet Polival a commencé par une rencontre lors d'un atelier du GT Incertitude Sites et Sols Pollués (SSP). Hélène Roussel (ADEME) a fait les présentations entre d'une part Hélène Demougeot-Renard et Baptiste Sauvaget (eOde), et d'autre part Sylvain Girard et Raphaël Périllat (Phimeca). Elle nous a alors suggéré de monter un projet autour de la question : « comment communiquer les incertitudes aux différents acteurs, en fonction de leurs enjeux et maturité sur le sujet ? »

Partant de cette question, nous avons croisé nos expériences et dressé le constat suivant :

- Des méthodes mathématiques et des outils informatiques associés matures existent pour modéliser les incertitudes des diagnostics de pollution des sols.
- Ces méthodes restent pour l'essentiel cantonnées dans la sphère scientifique, et les estimations d'incertitudes interviennent finalement très peu dans les processus de décision.

### À la recherche d'un nouvel angle d'attaque

Nous avons progressivement acquis la conviction que la ou les réponses à la question étaient dans notre angle mort. En effet, la complexité des méthodes et l'effort de pédagogie nécessaire pour passer outre ne nous semblaient pas suffisants pour expliquer l'impasse dans laquelle se trouve le traitement scientifique de l'incertitude pour la gestion des SSP. Dit autrement, si ce

problème pouvait être résolu par des scientifiques et leurs méthodes seules, nous n'en serions pas là, après 30 ans d'effort conjoints de groupes nombreux de spécialistes.

Nous avons alors cherché qui serait à même de nous aider à regarder *ailleurs* et *différemment*. Nous voulions cependant éviter de nous lancer dans un projet de recherche académique sur la sociologie des incertitudes, domaine lui aussi minutieusement exploré lors des dernières décennies sans que les découvertes des uns et autres percolent véritablement jusqu'au terrain de la gestion des SSP.

La requête initiale d'Hélène Roussel mentionnait la *communication*. Nous avons pris contact avec une spécialiste « praticienne », Charlotte Le Gavrian (Cloud Spotting) pour lui exposer nos premières réflexions (voir la carte mentale reproduite dans l'Annexe 3).

Outre un regard neuf sur le problème et une culture complémentaire à celle des « matheux » du groupe, Charlotte Le Gavrian apporta un cadre d'investigation, le *design thinking*, adossé à la théorie de l'acteur-réseau. Le *design thinking* enjoint les concepteurs de produits ou de services à placer l'utilisateur au centre de la démarche. Il en existe de nombreuses déclinaisons, mais toutes invitent à adopter une démarche itérative, en alternant les phases divergentes (élargir le périmètre, envisager des pistes nouvelles) et convergentes (recentrer l'investigation et faire des choix). Ces cycles passent par :

- L'observation–interaction pour produire des *insight*–intuitions, expliciter des besoins, définir des principes directeurs,
- La génération d'idées ou d'hypothèses et de prototypes (dans un sens large),
- Le montage d'expériences pour les mettre à l'épreuve, toujours en gardant l'utilisateur en tête ou directement impliqué.

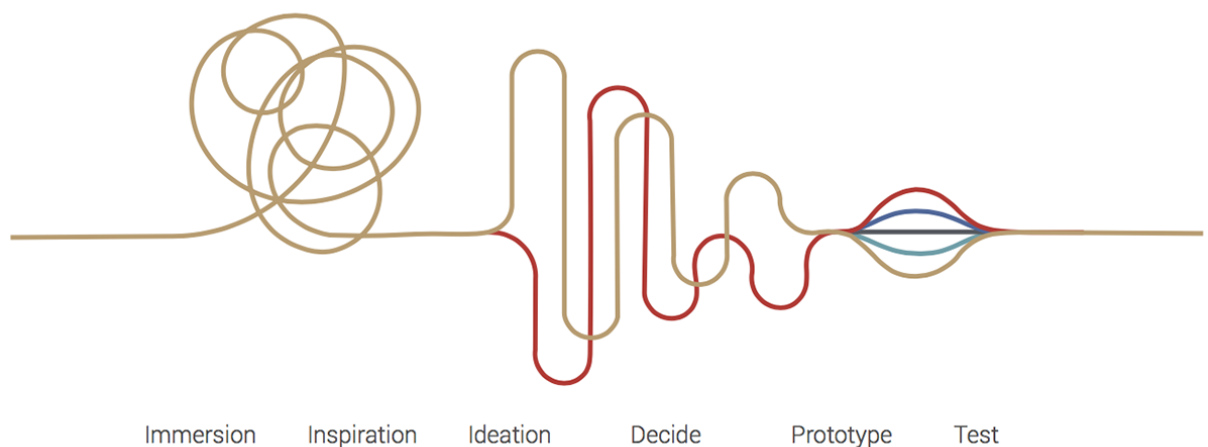


Figure 1 Illustration des phases d'abord divergentes puis convergentes du design thinking (Rolf Fasté, directeur à l'université de Stanford).

## Hypothèses de départ

Lors du montage du projet, nous avons imaginé modéliser les processus de gestion des SSP par des arbres dont les nœuds sont des décisions. Nous avons postulé que certains de ces nœuds constituaient de véritables bifurcations faisant basculer le projet. Nous nous sommes fixés comme objectif d'identifier ces nœuds « critiques » et d'élaborer pour chacun des *traducteurs* : des dispositifs (données, textes, méthodes, outils...) activables par les acteurs et susceptibles de leur faire réviser leurs croyances et façons de faire.

## Phase 1 : investigation

Nous avons alors mené une investigation en trois itérations de *design thinking* : une série d'entretiens, une enquête textuelle avec un formulaire et un atelier de mise en situation. À chaque étape, nous nous sommes efforcés de formaliser notre compréhension des enjeux et motivations des acteurs, et des hypothèses sur de possibles leviers d'action.

Les entretiens en ligne, les plus propices à cultiver l'*empathie avec l'utilisateur*, nous ont permis d'identifier six *brèches*, des points d'achoppement à partir desquels nous pourrions chercher à déplacer le *status quo* :

1. Brèche du référent,
2. Brèche de la temporalité,
3. Brèche de l'interprétation,
4. Brèche du processus d'action,
5. Brèche des coûts,
6. Brèche du sentiment de gâchis, de mauvais travail.

Nous avons ensuite identifié avec le questionnaire en ligne trois articulations de ces brèches qu'il nous faudrait investiguer en profondeur :

1. Le rapport entre état des sols et usage du terrain,
2. La notion, pour partie subjective, de risques et responsabilités,
3. Et le rôle "clef" des bureaux d'étude (BE).

Nous avons élaboré un atelier à partir de ces éléments pour faire réagir et interagir par un jeu de rôle un groupe de spécialistes impliqués dans la gestion des SSP.

## Conclusions de l'investigation

Nous avons condensé le matériau accumulé en un principe directeur que voici : « Il faut repenser la gestion SSP comme d'abord une gestion des risques, en se plaçant du point de vue du maître d'ouvrage (MO). »

Cette maxime porte en elle deux facteurs de transformation qui peuvent passer inaperçus à première vue :

1. « On ne peut pas greffer l'incertitude sur un processus qui la nie fondamentalement ». Au présupposé (implicitement) établi que « la technique (de prise en compte des incertitudes) va percoler dans la gestion » nous opposons ce contre-pied : « il faut proposer une gestion qui considère le risque – gravite autour même – et qui créera progressivement un besoin de technique ».
2. Sans nier le rôle clef des BE qui disposent de connaissances et de savoir-faire technoscientifiques, nous avons compris que leur position actuelle ne leur permet pas de transformer le *statu quo*. Nous avons alors supposé que ce sont les MO qui sont les plus à même de rôder des pratiques intégrant une gestion des risques.

Nous pensons par ailleurs que cette gestion devrait être à terme itérative (en boucles successives) et interactive (voire concourante : les acteurs travaillent conjointement), plutôt que linéaire et séquentielle. Nous n'envisageons bien entendu pas de bouleverser les pratiques établies du jour au lendemain, et ces deux extrêmes sont très schématiques. Mais cette idée constitue un principe de conception complémentaire pour penser des méthodes et outils.

## Phase 2 : maquette d'outil et campagne de communication

Guidé par les principes de conception qui viennent d'être énoncés, nous avons construit une maquette d'outil de gestion à destination des MO, en interaction avec leur parties prenantes (notamment les BE). Parallèlement, nous avons esquissé une campagne de communication pour promouvoir l'adoption de cet outil.

Nous avons organisé un atelier en ligne avec des spécialistes impliqués dans la gestion des SSP pour observer leur réaction à la présentation de la maquette, et la façon dont ils s'en saisissent dans le contexte de leurs pratiques (par projection, cette maquette n'étant pas fonctionnelle). Nous en avons déduit de nouveaux principes de conception, plus spécifiques que les idées générales qui avaient guidé la création de la maquette :

1. Il existe des MO « sachants » et « non-sachants ». Leurs pratiques et modes de raisonnement sont très différents.
2. La terminologie et les représentations graphiques figurant et permettant d'interagir avec les mesures de risques, opportunités, niveaux de confiance, incertitudes, pire cas

etc. doivent être choisies soigneusement, en considérant le contexte spécifique d'usage.

3. Nos utilisateurs sont sous pression : les budgets et délais sont très contraints et ils sont déjà astreints à une certaine bureaucratie. Le « pied dans la porte » pour faire adopter l'outil pourrait être un gain de temps.

### Vers Polival 2 : plan d'action

Les observations collectées lors des ateliers expérimentaux ayant clôturé les phases 1 et 2 ont conforté l'idée de développer un outil de gestion des risques à destination première des MO. Nous pensons possible d'aboutir à une première version fonctionnelle de l'outil à l'issue de deux nouvelles phases de 18 mois de conception et de développement, avec un arbitrage à l'issue de la première (Polival 2). Nous présentons dans la section B. Plan d'action, un plan pour cette première phase. Là encore, nous adoptons une démarche de *design thinking*. Notre programme en six actions est jalonné par la production de trois maquettes–prototypes : une version papier–statique (« jeu de société ») pour éprouver le scénario d'utilisation, une version informatique dynamique (« jeu vidéo ») pour tester des modes d'interactions, et un prototype plus abouti pour valider le pragmatisme de l'outil.

## II. Introduction

Les friches industrielles constituent un réservoir important de terrains à reconquérir en milieu urbain et péri-urbain, mais les activités passées y ont souvent laissé leur trace. Leur revalorisation pour de nouveaux usages implique très souvent des travaux de dépollution du sol et des mesures constructives de protection sanitaire. Les prises de décision relatives à la réhabilitation des sites et sols pollués (SSP) s'appuient pour partie sur les données collectées par des bureaux d'étude spécialisés, et sur leur interprétation, afin d'évaluer les risques toxicologiques, délimiter les zones à traiter et estimer les coûts de remise en état. D'autres éléments interviennent dans les prises de décision, mais ceux relatifs à la pollution ont une grande importance, car ils peuvent remettre en cause la faisabilité des reconversions. Des erreurs d'appréciation de la situation de pollution constituent une prise de risque significative pour les acteurs de la reconversion en engageant leur responsabilité.

Le projet Polival a démarré en janvier 2024, pour une réalisation en 2024 et une finalisation à l'automne 2025. Il s'inscrit dans un cadre plus général et une période de changements significatifs dans la gestion du sol, portés par de nouveaux textes réglementaires au niveau national et européen : que ce soit la loi Zéro Artificialisation Nette (ZAN) du 20 juillet 2023 (Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires 2023b) visant à lutter contre l'artificialisation des sols ou le projet de directive européenne sur la surveillance des sols présenté le 5 juillet 2023<sup>1</sup>. On assiste à une prise de conscience de l'importance de disposer de sols en bonne santé pour assurer une alimentation de qualité, préserver la biodiversité et le stockage de carbone terrestre.

Dans la pratique, la mise en application de ces textes soulève de nombreux défis, car ils entrent en conflit avec des conceptions bien ancrées de l'utilisation du territoire. En 2024, la question des sols se fait politique, avec des difficultés à faire aboutir la loi ZAN qui freine le développement des communes agricoles. Pour preuve, la proposition de loi visant à assouplir le Zéro artificialisation nette, déposée début novembre au Sénat. Au-delà des postures électoralistes, la question des ZAN et plus largement de la préservation des sols remue en profondeur nos conceptions culturelles et philosophiques de la propriété : ce qui fait de nous un propriétaire, ce que cette qualité ouvre comme droits... ce qu'elle impose comme devoirs. En rebond, la notion de propriété contextualisée par la prise en compte des limites terrestres

---

<sup>1</sup> <https://www.consilium.europa.eu/fr/press/press-releases/2024/06/17/soil-monitoring-law-eu-on-the-pathway-to-healthy-soils-by-2050/>

et par l'affirmation des populations à préserver les conditions biophysiques de leur survie et de leur prospérité, est défiée par l'impérieuse nécessité d'internaliser les risques inerrants à nos activités (Beck 2008).

Les sites et sols pollués et les friches sont le lieu et le temps de l'atterrissage de ce qu'est la propriété en responsabilité des risques générés par les activités d'hier, aujourd'hui et demain. Les réglementations telles que la loi ZAN devraient en théorie donner un regain d'intérêt à la réhabilitation de ces sols anthropisés.

Cependant, en l'état de la technique, le niveau de pollution d'un terrain reste difficile à caractériser et les données et estimations sont incertaines. On assiste pourtant à des avancées notables ces dernières années : des outils et méthodes mathématiques sont désormais à disposition des professionnels pour les quantifier de manière rigoureuse et objective.

Parmi celles-ci, nous pouvons citer les méthodes géostatistiques qui permettent de modéliser la variabilité spatiale d'une pollution à partir d'un jeu de données collectées dans le milieu anthropisé. En France, depuis les premiers travaux applicatifs du début des années 2000 (Demougeot-Renard 2002; Desnoyers 2010; Jeannée 2001), de nombreuses actions ont été menées par des géostatisticiens et des professionnels des sites et sols pollués pour rendre accessibles ces méthodes dans les contextes opérationnels de gestion des sites. Un groupe de travail – GeoSiPol - dédié à la thématique a été créé en 2004 pour organiser des rencontres et formations, et produire un guide (Chiles et al. 2005), des études de démonstration et des fiches techniques. Des retours d'expérience critiques de l'utilisation de la géostatistique sur plus de 20 sites réels ont donné lieu à la formulation de recommandations pratiques dans une étude cofinancée par l'association Record en 2016 (RECORD 2013, 2016). Ces mises en pratique ont conduit finalement à l'intégration de ces méthodes dans les guides méthodologiques nationaux (Lion, Aubert, et Boissard 2015; Ministère de l'Environnement 2017; UPDS 2016), et l'intérêt de ces techniques a été validé par la communauté des professionnels lors d'une journée technique sur la géostatistique appliquée aux sites pollués, organisée par l'ADEME et RECORD le 23 janvier 2019.

D'autres méthodes existent pour tenir compte de différentes sources d'incertitude dans la prise de décision. Les simulations contribuant aux décisions comportent une part très importante d'incertitude par la complexité des phénomènes modélisés, et parce que les données d'entrée des modèles sont elles-même très incertaines. La propagation d'incertitude consiste à modéliser ces incertitudes, à en déduire par la simulation l'incertitude des grandeurs calculées, puis à interpréter méthodiquement les résultats obtenus pour passer de la simulation à la décision. Le cas des sites et sols pollués soulève deux difficultés. Nous avons affaire à des phénomènes spatio-temporels et la modélisation des incertitudes est délicate en

grande dimension. Une panoplie de méthodes dédiées au contexte de la dispersion atmosphérique de polluants sont développées et déployées depuis une dizaine d'années (Girard et Périllat, 2016 à 2021). Le coût en temps de calcul des simulations empêche de produire des simulations en nombre suffisant pour obtenir des résultats statistiquement significatifs. Mais la réduction des modèles est un moyen de lever ce verrou, en remplaçant un modèle coûteux par une approximation contrôlée construite à l'aide d'un plan d'expérience de taille restreinte.

Un savoir-faire s'est donc constitué pour quantifier et propager l'incertitude, et des prestations dédiées sont demandées par des donneurs d'ordre publics ou privés pour modéliser la pollution de nombreux cas. Mais à l'heure actuelle, de nombreuses interrogations subsistent sur le mode de valorisation de ces résultats dans le processus décisionnel de recyclage des friches :

- Comment sont intégrés les résultats d'estimation de l'incertitude produits par ces méthodes mathématiques aux différentes étapes décisionnelles ?
- Leur représentation est-elle adaptée à la réflexion des décideurs ?
- Des améliorations sont-elles envisageables et souhaitées pour mieux tenir compte des incertitudes, et anticiper leurs conséquences sur le projet ?

Nous suspectons que les niveaux de confiance fournis avec les estimations de volumes ou les zones à dépolluer ne sont pas intégrés de manière optimale aux différentes étapes décisionnelles, voire pourraient être occultés. Le risque et la responsabilité pris à chaque étape par les différents acteurs seraient dans ce cas sous-estimés, avec des conséquences pouvant être très dommageables pour les futurs projets, d'un point de vue financier, juridique, ou sanitaire. L'étude menée par RECORD en 2016 (RECORD 2016) faisait déjà le constat que les estimations de coûts et de délais des opérations pouvaient être inexactes, avec des coûts cachés induits par la non prise en compte des incertitudes, comme si l'information et les raisonnements fournis sur les incertitudes dans les plans de gestion et de dimensionnement des travaux de dépollution ne transitaient pas jusqu'au bout de la chaîne de décision.

Rapporté au nombre total de sites diagnostiqués et même si nous ne disposons pas de chiffres exacts à l'échelle nationale, nous suspectons que le nombre de sites pour lesquels des méthodes quantitatives d'estimation des incertitudes sont déployées est réduit.

En 2021, l'ADEME a initié un groupe de travail (GT Incertitude) réunissant un ensemble d'acteurs de la dépollution et du recyclage des friches, pour les faire réfléchir sur le sujet. Dans la continuité et en complément de ces réflexions, le projet Polival a pour objectif de proposer des solutions pour améliorer la prise en compte de l'incertitude dans les différentes étapes du processus décisionnel aboutissant à la dépollution et la revalorisation des friches.

Le projet Polival comporte deux phases : 1) la première vise à analyser et comprendre les processus décisionnels à partir d'une enquête menée auprès des professionnels de la dépollution des SSP et du recyclage des friches, 2) la seconde avait pour ambition originale de construire des « traducteurs » d'incertitude, pour améliorer la prise en compte des aléas liés à la pollution dans les projets de revalorisation du foncier. Cet objectif a été réorienté, avec l'accord de l'ADEME, pour poser les premières pierres d'un outil numérique de gestion des risques SSP.

Le présent document constitue le rapport final du projet. Il restitue les résultats obtenus par la phase d'enquête, réalisée de janvier à décembre 2024 (partie 2), puis les expérimentations menées de janvier à juin 2025 pour tester l'intérêt d'un outil informatique de gestion des risques (partie 3). Le document propose en conclusion notre vision de l'outil et un plan d'action pour dépasser l'étape de la maquette et aboutir à un prototype fonctionnel, puis un outil opérationnel à disposition des maîtres d'ouvrage de la réhabilitation des friches et des SSP.

## Partie 2 : investigation

### I. Investiguer les chaînes de décision, les responsabilités, les outils d'aide à la décision : méthodes et moyens

La première phase de l'étude Polival visait à déterminer de manière pragmatique les chaînes de décision, leurs acteurs, leurs responsabilités et les risques qu'ils encourent. Nous avons investigué comment les acteurs intervenant dans la planification et la réalisation d'une dépollution de site prennent des décisions dans des scénarios classiques, tels que la requalification d'une friche ou la cessation d'activité d'une installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE). Nous avons cherché dans l'(ou les) arbre(s) de décision, à identifier les « nœuds décisionnels » où l'incertitude d'estimation de la pollution peut avoir un impact important sur la prise de risque, et donc la réussite des projets de réhabilitation. Nous avons dressé un état des lieux de la façon dont sont actuellement intégrées et utilisées les incertitudes fournies dans cet (ou ces) arbre(s) de décision.

En prenant en compte comment se construisent les traductions (au sens de (Serres 1974)) dans les séries d'interactions qui lient les acteurs, l'étude Polival propose de rendre visibles, compréhensibles et mobilisables les incertitudes. Nous avons adopté le cadre de la

*théorie de l'acteur-réseau*, une approche sociologique développée par des scientifiques (Akrich, Callon, et Latour 2006) dans laquelle la science n'est pas séparée de la politique, et qui invite à penser le monde en réseau et non en groupes sociaux. La théorie de l'acteur-réseau a notamment permis le développement de méthodes pragmatiques d'innovation centrées sur les usagers regroupées sous le vocable de *design thinking*.

Un *acteur* est un être individu, organisation, humain ou non-humain qui transforme son environnement. Une *boîte noire* est un ensemble de croyances et de comportements induits, tacitement admis et non remis en question par un groupe d'acteurs. Ce faisant, les boîtes noires sont un élément important d'organisation sociale dynamique, en perpétuelle reconfiguration. Quand les acteurs considèrent explicitement le contenu d'une boîte noire et le remettent en question, ils peuvent percevoir des incompatibilités, des *brèches*. Les acteurs vont chercher à opérer une *traduction*, c'est-à-dire altérer leurs comportements pour résoudre ces incompatibilités. Cependant, un changement d'ordre individuel n'est perçu que comme une anomalie et ne permet pas de reconfigurer les boîtes noires. Il est nécessaire de rallier d'autres acteurs pour s'accorder sur de nouvelles croyances et comportements. Certaines traductions peuvent en engendrer d'autres en cascade.

Un *macro-acteur* est assis sur un empilement de boîtes noires : il est à l'initiative d'une première traduction dont découlent tout un ensemble de boîtes noires. Les *micro-acteurs* cherchent à s'infiltrer individuellement dans les brèches, mais pour cela il leur est indispensable d'aller chercher des alliés dans d'autres domaines.

Dans le cas de Polival, la boîte noire qui est remise en question par les mesures de l'incertitude des SSP est le sol, avec le verrou de la propriété. Le sol est ce qui nous porte, c'est notre premier lien support à notre environnement, et c'est aussi l'archive cachée de l'ensemble de nos actions. Le sol et l'action que l'on a sur le sol sont des impensés verrouillés dans la boîte noire de la propriété. Donc, le fait que l'on connaisse mal ce qu'est scientifiquement le sol (Burniat et Sélosse 2021), que son étude et sa mesure soient peu développées, au-delà du fait que ce soit parce qu'on ne le voit pas, s'explique par des intérêts de préservation économiques et donc juridiques forts et occultants. Cependant, les limites terrestres bousculent les statu quo et les comportements ainsi installés. Pour Polival, les SSP sont le lieu d'attachements, de liens inattendus (Latour et al. 2012) avec des actions passées qui peuvent être sources de risques. Tant qu'il y avait l'espace géographique, géologique ou culturel disponible, les risques liés à des activités humaines ont été externalisées, en l'occurrence poussées plus loin (construction en dehors des anciens sites industriels). Aujourd'hui, alors que les ressources se trouvent limitées, les sociétés et leurs acteurs doivent internaliser les conséquences de leurs activités (Beck 2008). Le cadre juridique actuel ne porte que sur la responsabilité individuelle, excluant ainsi des pratiques de gestion la notion de

responsabilité collective du sol. La question de la prise en compte de l'incertitude intervient dans le contexte de Zéro Artificialisation Nette (ZAN 2023), et donc d'une pression plus accrue sur les SSP et leur gestion. La gestion individuelle des sols ainsi que la pollution et les risques associés s'ouvrent à un questionnement collectif autour de ce qui devient un *commun*. Ces communs, fruits de l'historique d'action des humains, dits « communs négatifs » (Nègre 2021), sont l'objet de nouvelles traductions entre humains et non humains, pour dépasser les conséquences de la modernité et préserver l'habitabilité de la terre pour les humains. Dans ces nouvelles traductions, il faut trouver les micro-acteurs pour sortir ce que révèle la science de l'obscurité des boîtes noires, et se doter des moyens de mesurer et mobiliser les informations qui construiront les traducteurs nécessaires. Avec les arbres de décisions nous retraçons les relations entre les acteurs, leurs intérêts communs ou contraires, la métrologie qu'ils peuvent mobiliser pour stabiliser leurs nouvelles relations.

Ayant accès essentiellement à des acteurs volontaires et motivés (passionnés et mués par la volonté de bien faire la gestion SSP), nous avons opté pour trois modes d'investigation :

- Les entretiens dits « de l'extra-terrestre »,
- Un questionnaire en ligne pour éprouver nos hypothèses,
- Un atelier et des jeux de rôles.

À l'issue de cette enquête, nous avons l'ambition de révéler les incohérences, points de blocage, qui empêchent un usage standardisé des outils de mesure et de prise en compte des incertitudes dans les SSP, afin de définir un cahier des charges pragmatique pour améliorer ces outils de valorisation des incertitudes (phase 2 du projet).

## II. Résultats de l'enquête

### A. Les entretiens dits « de l'extra-terrestre »

Au cours des mois de février à avril 2024, nous avons mené une enquête auprès de 15 personnes directement impliquées dans la gestion des SSP ou disposant d'une expertise sur le sujet par leur fonction dans les : bureaux d'étude SSP, entreprises de dépollution, exploitants d'installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE), ADEME dans ses missions de mise en sécurité des SSP à responsables défaillants, collectivités territoriales, établissements publics fonciers, sociétés de promotion immobilière, universités. Les entretiens ont été menés du point de vue d'une « extra-terrestre », c'est-à-dire sans présumer de connaissances autres qu'une acculturation rapide sur la nature du sol, des pollutions, et des grandes lignes de la gestion actuelle des SSP (Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires 2023a; Ministère de l'Environnement 2017). La démarche n'est donc pas celle d'une observation sociologique : l'objectif assumé était de confronter des points de vue pour rechercher des brèches ouvrant des possibilités de créer de nouvelles traductions. L'analyse du contexte de la gestion des SSP par un regard de non spécialiste permet d'éviter les idées préconçues et trop techniques pour faire émerger des idées neuves sur un champ plus large.

**Ces entretiens ont clairement confirmé que malgré la robustesse des outils scientifiques de prise en compte des incertitudes dans les SSP, les efforts de vulgarisation et la promesse d'une meilleure gestion des projets, les acteurs sont peu nombreux à mobiliser ces compétences dans leurs pratiques.**

Nous avons alors pu formuler un ensemble de brèches à partir de l'analyse et la synthèse de ces entretiens, se traduisant par des dissonances entre les présupposés, croyances, mobiles et maximes d'action des acteurs. Autrement dit des tensions ou incohérences entre boîtes noires. Ces brèches décrites ci-après sont nos points de départ pour tenter de dépasser ce constat apparemment paradoxal.

## 1. Brèche du référent

### **Capsule Vidéo Référent**

*Extrait de vidéo : La méthodologie nationale de gestion des SSP (Ministère de l'Environnement 2017) se fonde sur des principes de spécificité et de proportionnalité : les mesures de prévention et de réhabilitation du sol s'apprécient au cas par cas, en fonction de la situation de chaque site, Les risques sanitaires associés à la pollution sont estimés en fonction de l'usage actuel ou futur du terrain, et des mesures de réhabilitation sont définies pour l'usage envisagé. Il n'y a donc pas de référence absolue de la qualité du sol, valable pour tous les sites.*

Selon les données fournies par la Commission Européenne (<https://www.senat.fr/ue/pac/EUR000009421.html>), environ 60 à 70 % des sols de l'Union Européenne (U. E.) sont actuellement en mauvaise santé, et cette situation qui concerne tous les États membres a des conséquences sur les services rendus par les écosystèmes, et par conséquent sur les défis environnementaux et climatiques que doit relever l'U. E. Le projet de directive européenne sur la surveillance des sols déposé en juillet 2023 devrait améliorer la situation, en proposant un cadre harmonisé, non seulement pour échantillonner et mesurer les paramètres descriptifs des sols, mais aussi pour fixer des valeurs cibles ou de déclenchement opérationnel, limiter l'artificialisation des sols et recenser les sites pollués.

Au niveau français, le droit, unique référence partagée, réglemeente essentiellement les niveaux de pollution acceptables en regard de l'usage d'un terrain. Il n'intègre pas la préservation de la nature des sols (la qualité physique, chimique et biologique) indépendamment de l'usage, qui inciterait à une gestion envisagée à une échelle de temps plus longue. Le droit se focalise sur l'usage du terrain, qui constitue de facto une notion centrale de la gestion des SSP (Ministère de l'Environnement 2017). Les types d'usage sont fixés par la loi et son décret d'application n°2022-1588 du 19.12.22, et recouvrent les fonctions ou activités ayant cours ou envisagées pour un terrain ou un ensemble de terrains. L'usage d'un terrain peut changer, demandant alors une redéfinition des risques et des mesures de gestion du sol. Par la grande complexité des SSP, il n'est pas demandé de choisir un référent qui soit à la fois universel et mesurable.

Compte-tenu de l'évolution rapide des réglementations et méthodologies ayant trait au sol et à d'autres domaines de l'environnement, on ne peut exclure à terme des changements de paradigme dans la gestion des SSP. Dans le contexte du déploiement de la loi ZAN par exemple, l'ADEME et l'INRAE ont enclenché la transition d'une approche surfacique à une approche fonctionnelle. De la même façon, on pourrait s'attendre à la création dans les

prochaines années d'une évaluation publique de la qualité des sols, analogue au Diagnostic de Performance Énergétique<sup>2</sup> qui bouscule actuellement les pratiques des marchés immobiliers.

Le fait qu'il ne peut pas y avoir de référent pour les SSP, est la manifestation que le sujet ne peut être réduit à une mesure simple. Une simplification occulterait une partie des facteurs de compréhension de ce qui compose le site, le sol. **Le fait qu'il n'y ait pas de référent, nous paraît constituer la manifestation des nombreuses incertitudes qui entourent le sujet des SSP.** La prise en compte des incertitudes est d'autant plus nécessaire que l'on va plus en avant dans le processus d'aménagement des SSP. Lorsque l'évaluation des risques ne peut se limiter à la comparaison des données collectées sur le site à des « valeurs d'analyse de la situation », des évaluations quantitatives des risques sanitaires (EQRS) sont mobilisées, qui impliquent de se référer à des probabilités de risque (intervalles de gestion des risques appliqués à des quotients de danger (QD) pour des substances à effet de seuil, excès de risques individuels (ERI) pour des substances à effet sans seuil). **Le référent nécessaire pour projeter les usages futurs d'un SSP apparaît donc bien comme un référent sur les risques encourus, intégrant au moins implicitement la notion de probabilité.**

## 2. Brèche de La temporalité

### Capsule Vidéo Temporalité

*Extrait de vidéo : Les durées de réalisation des projets sont perçues de manière très variable suivant la fonction exercée par les acteurs interrogés. Pour un représentant de collectivité ayant pour objectif de mener à bien des projets d'aménagement, les délais de dépollution par les exploitants d'ICPE sont très longs. Les administrations telles que les DREAL semblent avoir peu de moyens pour obtenir des réhabilitations rapides des SSP, et les propriétaires de sites ont toutes sortes de craintes qui les incitent à ralentir les opérations de dépollution. Les professionnels de l'aménagement ou de l'urbanisme considèrent au contraire qu'ils manquent de temps pour réaliser leur projet, a fortiori lorsqu'une réhabilitation de site est nécessaire. Pour un exploitant ICPE, les évolutions techniques et réglementaires de la gestion des SSP des 25 dernières années sont très rapides, même si cette thématique a été traitée tardivement, par-rapport à d'autres domaines de l'environnement.*

---

<sup>2</sup> <https://www.ecologie.gouv.fr/diagnostic-performance-energetique-dpe>

Il faut plusieurs siècles pour que se forme un centimètre de sol, qui peut disparaître en une dizaine d'années sous l'effet de l'érosion. L'excavation d'un mètre de sol pour le terrassement détruit le résultat d'un processus de plusieurs milliers d'années. Les terres propres et a fortiori fertiles sont une ressource qui devient rare.

Pour l'heure, c'est le temps juridique qui rythme la gestion des SSP : la délivrance d'un permis de construire donne le « top départ » de la mesure de rentabilité d'un projet. La transaction associée opère en quelque sorte une « remise à zéro » de la description de l'état du site : les informations relatives au SSP ne sont convoquées qu'au moment de la transaction, sans réelle continuité dans le relevé et l'analyse de données. Cependant, appréhender les risques liés à la pollution des sols nécessite une compréhension d'interactions de facteurs complexes, intervenant sur un temps parfois bien plus long que les garanties décennales de la construction.

Alors que les informations pour retracer l'historique d'un SSP, ne sont pas toutes d'une grande qualité, parfois avec des « trous de mémoire ». **Les bureaux d'étude doivent gérer cette incertitude du temps long et de l'héritage.** Le schéma conceptuel, permet aux experts de poser les coordonnées des traces évidentes et des incertitudes, leurs intuitions fruits de leur connaissance de leur territoire et des industries exercées.

### 3. Brèche de L'interprétation

#### Capsule Vidéo Interprétation

*Extrait de vidéo : Suivant leur niveau de connaissance de la gestion des SSP, les maîtres d'ouvrage attendent une interprétation plus ou moins importante des résultats bruts des études fournies par les bureaux d'étude (BE). Sans compétence, les MO aspirent à une interprétation qui les soutienne dans leurs prises de décision. Les interprétations doivent aller « droit au but », en traduisant les résultats en délais, coûts et solutions techniques. Lorsque le MO dispose de compétences en interne, il peut demander au BE les données sans ou avec interprétation. L'interprétation des données brutes doit toujours être adaptée au contexte en tenant compte de leur incertitude : cela demande une expertise que proposent les BE spécialisés, mais qui n'est pas toujours demandée.*

Il existe une certification (certification LNE SSP) attestant de la conformité des services proposés par les BE avec les normes en vigueur (normes NF X31-620 « Qualité du sol - Prestations de services relatives aux sites et sols pollués »). Celle-ci garantit aux donneurs d'ordre de moyens disponibles adéquats et la conformité des BE avec les dispositions

législatives et réglementaires SSP en vigueur, ainsi que le respect des mesures de santé publique, de sécurité et de risques environnementaux.

En dépit de ce dispositif, les MO constatent que les bureaux d'étude produisent des informations polymorphes, et que nombre d'entre eux ne livrent pas ou peu de résultats conclusifs. Les interprétations de différentes natures, mobilisant des modèles différents, ne sont pas formellement encadrées. Par ailleurs, les pertes de compétence dues notamment au *turn-over* des effectifs dans les bureaux d'étude accentuent le sentiment chez les donneurs d'ordre d'un manque d'homogénéité pour des études dites certifiées. Ils ont alors à isoler ces informations en s'en tenant aux strictes nécessités juridiques, qui deviennent difficiles à réemployer. L'absence de consolidation des interprétations laisse des zones grises qui ont tendance à favoriser le moins-disant pour le coût des études, et des mesures de protection et de préservation. Elles soulèvent également des risques de manipulation de l'information, ou tout simplement d'oubli.

Les études SSP se heurtent aux incertitudes, étant donné la nature même de l'expertise. Les incertitudes que les études soulèvent et/ou objectivent doivent être interprétées, traduites pour que chacun des acteurs puisse agir en responsabilité. **Étant donné que les responsabilités sont établies selon le respect des évaluations quantitatives des risques sanitaires (EQRS) ou Interprétation de l'état des milieux (IEM)** (Ministère de l'Environnement 2017), **l'interprétation doit permettre aux acteurs d'arbitrer en conscience de l'exposition aux risques probables.**

#### 4. *Brèche du processus d'action*

##### **Capsule Vidéo Processus**

*Extrait de vidéo : Les projets d'aménagement de sites et de gestion de la pollution sont formés d'une succession d'étapes dont l'ordre est généralement figé. Les projets conçus par des architectes et urbanistes sont définis en amont, et ne vont pas être remis en cause par les diagnostics de pollution et leurs conclusions (on ne va pas déplacer l'emplacement d'une école pour éviter des mesures constructives et/ou de dépollution). Font exception les donneurs d'ordre disposant en interne de spécialistes SSP, qui peuvent les appuyer en amont de leur projet sur la gestion des SSP : une adaptation du projet de construction en fonction de la pollution est alors possible. La répartition des tâches entre les BE et les sociétés de dépollution n'est pas optimale : les BE établissent les plans de conception des travaux et les cahiers des charges de consultation des entreprises de travaux, alors qu'ils n'ont généralement pas la compétence de l'ingénierie de la dépollution. Les entreprises de*

dépollution doivent s'engager sur des cahiers des charges, alors qu'elles savent pertinemment que le dimensionnement des travaux n'est pas adapté. Les objectifs de dépollution sont définis à partir d'une évaluation des risques sanitaires, ils peuvent être décorrélés de leur faisabilité technique. Les décisions des services de l'état sur les dossiers SSP constituent en elles-mêmes une source d'incertitude : des discussions peuvent être nécessaires pour fournir des éclaircissements.

Le processus de gestion des SSP, tel que documenté par exemple dans (Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires 2023a), se révèle en pratique un agrégat de processus de création de connaissances et de décisions avec des recouvrements partiels dans le temps et des personnes impliquées. Tout au long de la filière, des experts sont sollicités pour interpréter ces données et les transformer en arguments décisionnels mais souvent sans cadre de référence formel, hormis la loi du marché et les arbitrages coûts-délais. La non-conciliation du temps du sol et des impératifs de temps des métiers de la construction produit une information « hors-sol », non mobilisable.

Prendre en compte les résultats des études SSP au fur et à mesure du processus de l'élaboration des projets, et donc réduire la part d'incertitudes et/ou les objectiver, relève d'une gestion des risques dans la conduite du projet. La gestion des risques ne peut être linéaire. C'est un processus itératif dans lequel les informations impactent les décisions, qui impactent le design du projet et donc, redimensionnent les besoins en fonction des informations initiales et complémentaires. **L'action dans l'incertitude nécessite d'une part un perpétuel retour aux données et observations collectées et analysées, et d'autre part l'adaptabilité des plans.**

## 5. Brèche des coûts

### Capsule Vidéo Coûts

*Extrait de vidéo : Les coûts des études, travaux de dépollution et mesures constructives liées aux SSP sont déterminants pour la faisabilité et la rentabilité d'un projet d'aménagement. Cette situation induit de fortes pressions sur les BE, et des comportements différents suivant le statut des acteurs : l'acheteur du terrain aura tendance à demander des études approfondies, le vendeur à minimiser les études. Une estimation erronée de l'état de pollution du sol, des risques sanitaires associés, et des mesures de gestion à prendre pourra pourtant avoir de graves conséquences (cas cité d'un site avec augmentation par 3 du budget SSP après découverte après réaménagement des risques sanitaires liés à une pollution laissée en place dans le sol). Des études et mesures minimales –*

devant être réalisées dans des délais très courts - sont généralement demandées par les promoteurs immobiliers.

Les objectifs des professionnels des SSP et des aménageurs sont divergents. En effet, les critères de succès changent selon point de vue, ce qui engendre des tensions sur les coûts et les délais :

- Du point des professionnels des SSP, une pollution a été gérée avec succès lorsque les zones de pollution concentrées ont pu être éliminées, des mesures constructives mises en place pour protéger les usagers, et les pollutions résiduelles documentées dans un Système d'Information sur les Sols (SIS), dans le respect du droit de l'environnement et de la méthodologie nationale de gestion des SSP.
- Du point de vue des aménageurs, la réussite d'un projet se définit principalement en fonction de la qualité de l'aménagement et de la construction, de la maîtrise du budget global du projet de réhabilitation et du respect des délais de réalisation. A ces critères s'ajoute pour certains celui de la préservation de la santé des populations utilisatrices des bâtiments et installations.

Le coût du risque sanitaire est peu perceptible par les donneurs d'ordre car il est peu probable qu'un effet toxicologique avéré puisse être mis en relation avec la pollution résiduelle – et donc en gager leur responsabilité - étant donné la complexité des SSP. Néanmoins, le coût économique d'une mauvaise interprétation d'étude des SSP est perceptible au degré de crise que génère la gestion de la pollution dans les sites et les sols en impactant les délais et la rentabilité de la construction.

La gestion des risques liés aux incertitudes inhérentes aux SSP nécessite une mise en relation de l'ensemble des acteurs qui ne peut être automatisée. Les spécificités de chaque site et de chaque projet, limitent les certitudes, les rendent peu répliquables... et justifient donc l'expertise entière des BE SSP à chaque intervention. **La part dans les coûts totaux des études ne doit pas être prise comme une « taxe de certification nécessaire », mais comme un investissement dans la gestion des risques (de décision erronée) induits par les incertitudes.**

## **6. Brèche du sentiment de gâchis, de mauvais travail**

La plupart des personnes interrogées ont exprimé une impression d'une succession de mauvaises décisions, d'une perte d'efficacité, ou d'un manque de sérénité vis-à-vis des responsabilités endossées quant aux risques.

La frustration ressentie par les acteurs lorsqu'ils travaillent sur les SSP semble due à un **manque de communication**. Dans les chaînes de décision actuelles, la mise en commun de ce que l'on sait, de ce que l'on projette, de ce que nos expertises nous font postuler est difficile et non valorisée. **L'incertitude est difficile à communiquer. Elle est le cœur de ce qui devrait être mis sur la table pour faire avancer les projets, les sécuriser.**

### *Conclusion : ce que Les entretiens dits « de L'extraterrestre » nous apprennent*

Les entretiens ont été menés avec l'intention de faire parler, réagir sur la question des « incertitudes », tout en améliorant notre compréhension des processus entrant en jeu pour étudier et dépolluer les SSP. Nous avons été frappés à la fois par **un flou, une complexité** qui semble entourer tous les projets liés aux SSP, et par la **multiplicité des sources d'incertitude** intervenant à tous les niveaux du projet. Dans des tels contextes, l'intérêt d'une approche scientifique et mathématique pour évaluer les incertitudes apparaît secondaire. Il est en effet ressorti de ces échanges un sentiment d'une telle difficulté à faire aboutir les projets, que la prise en compte des incertitudes de manière rationnelle serait une couche supplémentaire de difficulté. Analyser les éclairages issus des brèches dans la boîte noire SSP / propriété et foncier dans leur ensemble, permet de reconsidérer les incertitudes, non pas comme champ périphérique des études, mais comme problématique au cœur des études et de la gestion des SSP : « L'incertitude, l'éléphant au centre de la pièce ». Par notre expérience de l'accompagnement de donneurs d'ordre publics et privés dans leur recherche de robustesse et d'efficience, il nous apparaît de plus en plus clair que « greffer » un « module incertitude » sur une démarche fondamentalement déterministe fonctionne mal. **La difficulté technique, bien réelle, occulte le fait qu'appréhender les risques en termes probabilistes (et donc modéliser des incertitudes) est avant tout une vision du monde.** Introduire une gestion des incertitudes, ou une gestion des risques intégrant la notion d'incertitude nécessite de dépasser deux barrières culturelles, voire philosophiques :

1. L'attachement à la prééminence d'une réalité objective pourtant inaccessible,
2. Le rejet d'un doute irréductible impliquant des choix arbitraires subjectifs.

Le chant XI de la Divine Comédie nous offre cet aphorisme : « *Non moins que savoir, douter me plaît* ». Nous constatons que la posture de Dante Alighieri est fort rare dans les cercles techno-scientifiques.

Les entretiens dits « de l'extraterrestre », nous donnent à comprendre que la dimension des SSP a muté : de prédominance de projets de gestion industrielle, à prédominance de projets avec aménagements, avec des changements d'usages (Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires 2023a). L'architecture du projet est

tenue, non pas par le bureau d'étude ou l'entreprise de dépollution (concentrés sur la nature des sols), mais par le maître d'ouvrage (concentré sur la sécurisation du projet économique et sanitaire et juridique). Si le bureau d'étude ou l'entreprise de travaux sont jugés à la qualité de la gestion de la pollution, le maître d'ouvrage est responsable des usages sur la parcelle. **La sécurisation du projet par le maître d'ouvrage est le fruit de sa capacité à gérer les risques, les incertitudes.**

Souvent, l'enjeu d'un SSP n'est pas la dépollution, mais plutôt celui d'une transaction pour un nouvel usage, autrement dit une plus-value ou moins-value. Aux difficultés de gestion des risques liés aux SSP, s'ajoute alors la spéculation sur la valeur du site. **Les incertitudes SSP sont donc à double détente : scientifiques et financières, ce qui tend les relations et négociations entre les acteurs.** Cette double détente qui floute la perception de responsabilité de la part de chacun des acteurs.

## B. Le questionnaire en ligne

De mai à juin 2024, nous avons éprouvé les hypothèses bâties à partir des interviews avec un questionnaire en ligne auquel 32 personnes ont répondu. Parmi celles-ci, 21 sont des professionnels des SSP travaillant dans des bureaux d'étude et des sociétés de dépollution, 5 sont des exploitants industriels et 6 des spécialistes de l'aménagement, travaillant pour des collectivités et des établissements publics fonciers.

Les résultats obtenus sont à interpréter avec précaution, car le nombre de participants est trop restreint pour que ceux-ci constituent un échantillon représentatif de l'ensemble des parties prenantes. On relève notamment que les services de l'état chargés de prendre des décisions sur les objectifs de dépollution, telles que les directions régionales de l'environnement, de l'aménagement et du logement dans les régions (DREAL) ou la direction régionale et interdépartementale de l'environnement, de l'aménagement et des transports en Île-de-France (DRIEAT), ne sont pas représentés.

Les questions que nous avons posées visaient à approfondir notre compréhension de l'état d'esprit des acteurs de la gestion des SSP. Nous avons sollicité leur attention, expérience et compétences pour mieux comprendre comment ils prennent leurs décisions, comment ils se situent dans les brèches que nous avons observées lors des entretiens personnalisés.

Nous restituons ici les éléments de compréhension que nous en avons retiré, et qui nous ont aidé à préparer l'atelier qui fait l'objet de la section C. *L'atelier des experts*. Ces éléments ont été synthétisés dans une infographie fournie en Figure 2. Les questions posées et les résultats bruts de l'enquête peuvent être fournis sur demande.



Figure 2 Infographie qui synthétise les résultats de l'enquête sur les SSP effectuée dans le cadre du projet entre mai et juin 2024.

## 1. Articuler état des sols et usage du terrain

Deux réponses prédominent à la question « [Quels sont] selon vous, dans l'absolu (hors cadre réglementaire actuel), ce qui devrait faire référence pour évaluer un SSP et définir les mesures à prendre vis-à-vis de la pollution du sol ? » :

- L'usage que l'on projette sur le terrain (61 %),
- L'état géologique, chimique, écologique du sol (55 %).

L'usage projeté est décidé et transitoire, tandis que l'état des sols est incertain et persistant. Les protagonistes doivent articuler ces deux composantes en disposant d'une information partielle. En effet, le processus peut bifurquer : publication d'un arrêté préfectoral, découverte d'une source de pollution, délais importants de mise en œuvre... Par ailleurs, la continuité des données et connaissances est rarement garantie.

## 2. Risques et responsabilités

Les risques liés à la gestion d'un SSP sont jugés importants (30%) à très importants (46%) par 76% des participants (notables pour 18%, et modérés pour 6%). La nature des risques mentionnés est financière, sanitaire, environnementale, calendaire, juridique et technique. L'importance qui leur est accordée et la fréquence à laquelle ces risques sont cités dépendent beaucoup du rôle assumé par les participants à l'enquête.

### Quelques risques pris par les différents acteurs vis-à-vis de la pollution

- Caractérisation incomplète et/ou inappropriée de la pollution et des risques sanitaires associés pour l'usage envisagé, ou de la pollution résiduelle après travaux.
- Conception inappropriée du projet de dépollution, ou des mesures constructives, pour la pollution et les risques sanitaires associés à l'usage envisagé.
- Dépollution incomplète et/ou inappropriée du site pour l'usage envisagé, risques sanitaires résiduels.
- Retards, coûts supplémentaires pour dépollution complète.
- Non-respect de la loi.

Le questionnaire fait apparaître que les acteurs perçus comme portant une forte responsabilité dans la gestion des SSP sont prioritairement les entreprises de dépollution (73%), puis les exploitants industriels (67%) et les services de l'état (61%), et enfin les bureaux d'étude (55%). Ces résultats sont à prendre avec précaution, car comme déjà ressenti lors des entretiens, tous les acteurs ont le sentiment de porter une grande responsabilité, quel que soit le rôle

qu'ils jouent dans le processus de réhabilitation des SSP et des friches. La présentation des résultats du questionnaire lors de l'atelier des experts du 30 septembre 2024 a de fait suscité beaucoup de réactions, car les experts ne retrouvaient pas leur échelle de valeur dans ces statistiques.

A leur niveau et dans leur cadre de travail, chacun des acteurs porte en effet une part de responsabilité de la pollution et des risques associés. Un exploitant d'ICPE est responsable de la pollution du site, y compris après la cessation d'activité. Mais les prestataires de service et travaux, BE, entreprises de dépollution, portent une responsabilité contractuelle, qui peut être lourde, notamment lorsque les entreprises sont de petite taille. Et les services de l'état engagent leur responsabilité quand ils émettent un avis.

A posteriori, il ne nous donc semble pas évident de hiérarchiser ces responsabilités, ou de statuer sur qui est le plus exposé.

Formellement, les responsabilités des différents acteurs sont fixées par le droit en fonction du rôle qu'ils jouent lors des opérations. Certaines d'entre elles sont brièvement résumées dans l'encart de la page suivante ; et la capsule vidéo de l'entretien mené avec Pascale Steichen, professeur agrégée de droit privé, spécialiste du droit de l'environnement, permet de les préciser.

### **Capsule Vidéo Responsabilité**

A noter que la gestion des aléas pouvant survenir lors de l'exécution de contrats relève de 2 articles du Code civil, avec la notion d'imprévision (article 1195) et la notion de force majeure (article 1115), tel que rappelé dans l'encart ci-dessous.

#### **Gestion des aléas**

##### **Art. 1195 Code civil - Notion d'imprévision**

Si un changement de circonstances **imprévisible** lors de la conclusion du contrat rend l'exécution excessivement onéreuse pour une partie qui n'avait pas accepté d'en assumer le risque, celle-ci peut demander une renégociation du contrat à son cocontractant.

##### **Art. 1115 Code civil - Notion de force majeure**

Il y a force majeure en matière contractuelle lorsqu'un **événement échappant au contrôle du débiteur, qui ne pouvait être raisonnablement prévu** lors de la conclusion du contrat et dont les effets ne peuvent être évités par des mesures appropriées, empêche l'exécution de son obligation par le débiteur.

## Responsabilités et risques des différents acteurs

### En fonction de leur rôle

### Dans les processus de gestion des SSP



**Le MO est le principal responsable de la pollution, par application du principe « pollueur-payeur ».** Ses responsabilités sont décrites dans la loi ALUR du 24.03.14, et se répartissent « en cascade » :

- Pour une ICPE : dernier exploitant à l'origine de la pollution des sols ou tiers demandeur ou maître d'ouvrage à l'origine du projet de construction ou d'aménagement (à l'origine du changement d'usage)
- Pour les sols pollués par une autre origine : producteur des déchets à l'origine de la pollution des sols ou détenteur des déchets dont la faute y a contribué
- Sinon : propriétaire du terrain ou des déchets à l'origine de la pollution des sols en cas de négligence démontrée.
- Notion de tiers demandeur : possibilité de transférer les responsabilités de tout ou partie de la réhabilitation d'une ancienne ICPE.

Le MO a par ailleurs des obligations générales indépendantes de la situation :

- Devoir de bonne foi (Art. 1104/1112 du code civil)
- Obligation d'information avant et pendant le déroulement du contrat (Art. 1112-1 du code civil)

Les risques pris en cas de mauvaise exécution des études et travaux de dépollution sont des contentieux et frais en cas d'irrégularité par-rapport à la loi ICPE, de vente du terrain, de risques ou d'impacts sanitaires constatés a posteriori.



**Responsabilités contractuelles et risques pris par les prestataires SSP.** La répartition est complexe en raison de la multiplicité des liens contractuels noués entre les acteurs :

- Complexité accrue avec l'implication de plusieurs BE et Entreprises de dépollution, pour des projets courant sur une longue période.
- Nécessité d'une analyse au cas par cas du contenu des contrats en cas de contentieux et de procédure judiciaire.
- Les prestataires ont des obligations générales indépendantes de la situation :
  - Devoir de bonne foi (Art. 1104/1112 du code civil)
  - Obligation d'information avant et pendant le déroulement du contrat (Art. 1112-1 du code civil)
  - Obligation de conseils (recommandations, alerte sur contraintes et risques, dans l'état de l'art et le cadre légal en vigueur)
  - Obligation de mise en garde contre le risque encouru.
- Les prestataires ont des obligations spécifiques en cas de projet de construction suivant le rôle dévolu contractuellement (AMO, MOE, Entreprise de dépollution). L'intensité des obligations et de mise en jeu des responsabilités varie en fonction de la teneur des engagements pris (obligations de moyen/de résultat).
- Les risques pris en cas de manquement aux obligations :
  - Non conclusion des contrats, demande de résiliation du contrat, demande de dommages et intérêts,
  - Les obligations sont particulièrement lourdes pour les entreprises de dépollution (obligation de réaliser les travaux conformément aux termes du contrat).

Les responsabilités des différents acteurs sont reprises pour partie dans les différentes strates du droit intervenant dans le processus d'actions sur les SSP : droit des affaires, droit économique et droit de l'environnement. Ce « mille-feuille des droits » (voir l'interview de Pascale Steichen) rend difficile de percevoir la limite de la responsabilité de chacun. Les BE certifient et sont responsables de l'analyse qu'ils font du SSP, mais sans référent de qualité des sols, c'est la définition des usages sur les SSP qui responsabilise le maître d'ouvrage.

Du droit des sociétés au droit du commerce international en passant par le droit de la commande publique ou le droit de la concurrence, toutes les disciplines du droit économique sont, d'une manière croissante, sollicitées afin d'accélérer la transition écologique. Il en résulte l'essor d'un « droit économique de l'environnement » dont il convient de mettre au jour toutes les virtualités. Manifestement, ses acteurs et ses méthodes diffèrent de ceux du droit de l'environnement et du droit économique traditionnels. Les régulateurs économiques s'interrogent sur leur vocation à orienter, voire à contrôler les politiques écologiques des acteurs du marché. Bien plus, les parties prenantes sollicitent l'attribution de nouvelles prérogatives de contrôle et de participation. Parallèlement, les méthodes et les principes classiques du droit de l'environnement (étude d'impact environnemental, principe de conciliation entre objectifs écologiques et économiques, principe de précaution, etc.) infusent le droit économique.

Le droit économique commence à intégrer progressivement des considérations écologiques, et cette dynamique conduit à repenser, d'un même mouvement, les acteurs et les méthodes du droit économique d'un côté et du droit de l'environnement de l'autre. C'est une nouvelle génération de droit de l'environnement qui est, ce faisant, en cours d'émergence. Par contraste avec le droit administratif de l'environnement traditionnel, qui est formellement piloté par les autorités publiques et qui s'applique à des installations et projets industriels situés sur le territoire national, ce droit économique de l'environnement est, pour une large part, élaboré et mis en œuvre par des acteurs non-étatiques ayant une capacité de projection transnationale. Rendre visibles les faux-semblants et les erreurs de traduction dont procèdent certains emprunts juridiques à l'économie pourra permettre au système juridique de recouvrer sa pleine capacité à arbitrer des conflits de valeurs que l'économie n'a pas, seule, les moyens de résoudre.

### **3. Le rôle clef des bureaux d'étude**

Parmi les personnes interrogées, 60% sont moyennement à peu satisfaites de la façon dont elles interagissent dans le processus de gestion des SSP, et relèvent un manque de continuité dans les projets.

Les productions des BE sont parfois jugées difficile à exploiter. Si elles sont qualifiées de « *peu conclusives* », c'est souvent parce que « *la problématique initiale est mal formulée* ».

Maillon central de la chaîne de décision, le BE n'intervient pourtant souvent que ponctuellement, sans prendre part à la problématisation, en laissant ouverte l'interprétation

des données produites. Les commanditaires aspirent à être conseillés et accompagnés, et cependant, la pression sur les délais est toujours plus forte. Par exemple :

- On alloue de plus en plus fréquemment une seule journée à l'étude historique du site,
- Les promoteurs demandent parfois de combiner l'étude préalable et l'étude approfondie, et de produire au final, en un délai très court, une estimation des coûts de dépollution.

## **Conclusion : Les enseignements tirés du questionnaire**

La gestion des SSP comporte des risques importants qui engagent la responsabilité des acteurs tout au long du processus.

Articuler dans la réflexion l'usage projeté et l'état du sol est délicat. Le compromis actuel consiste à se concentrer sur le moyen terme en se préoccupant principalement des risques directement induits par la pollution éventuelle du site.

Se pose la question de modes de fonctionnement alternatifs, faisant appel à plus de coopération, qui permettraient de consolider la prise de décision.

## **C. L'atelier des experts**

Lors des entretiens dits « de l'extraterrestre », nous avons relevé quatre contextes de gestion des sites et sols pollués :

- Exploitation ICPE dont l'utilisation du parc immobilier évolue. Les projets de réaménagement internes doivent intégrer la gestion de la pollution du sol selon la méthodologie nationale SSP en se conformant aux décisions des services de l'inspection des installations classées,
- Collectivité territoriale amenée à acquérir des terrains en friche pour construire des bâtiments et installations d'intérêt public,
- Établissement public foncier (EPF) faisant l'acquisition de terrains pour les mettre en sécurité et les préparer, en vue de les remettre « prêts à l'emploi » à la collectivité,

pour des projets de construction et d'aménagement. L'EPF réalise des études préalables sur les bâtiments et le sol, pour estimer les coûts liés à ces contraintes (chiffrer les risques) et limiter les risques pour l'acheteur. Les SSP forment une composante parmi d'autres (géotechnique, archéologique, présence de carrières, état des bâtiments) des risques associés aux terrains.

- Société immobilière achetant et construisant sur des terrains en friche. Les projets s'articulent généralement en deux phases, avec une phase de conception et une phase de réalisation–construction. La rentabilité des projets étant primordiale, la gestion des pollutions est soumise à de très fortes pressions de délais et de coûts dans ces contextes.

Afin d'approfondir notre compréhension de la gestion des risques dans ces contextes types, nous avons organisé un atelier avec 9 experts ayant participé à l'enquête. Étaient représentés : les BE (spécialistes des études SSP, ainsi que de la modélisation physique et statistique), les exploitations ICPE, les collectivités territoriales, les établissements publics fonciers, et l'ADEME en tant que gestionnaire des sites pollués à responsables défallants.

L'atelier d'une journée s'est tenu le 30 septembre 2024 à Paris. Nous avons mené deux exercices.

**Le premier** a consisté à étudier en groupes 3 processus types de gestion des SSP pour les mettre à l'épreuve et en relever les nœuds décisionnels. Ces processus, décrits dans le guide du donneur d'ordre (Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires 2023a) concernent 1) la cessation d'activité d'une ICPE sans projet d'aménagement, 2) la cessation d'activité d'une ICPE avec projet d'aménagement porté par un nouvel acteur et 3) le cas d'un projet d'aménagement sur un terrain qui n'est pas une ancienne ICPE (Figure 3).

	Site ICPE	Site non ICPE
Sans projet d'aménagement	1	
Avec projet d'aménagement	2	3

Figure 3 Les trois types de situation pouvant s'accompagner d'une gestion de SSP étudiées dans l'atelier d'experts.

**Le second exercice** était un jeu de rôle sur la base de cas réels tirés de l'étude menée pour l'association RECORD en 2016. L'étude de 2016 avait consisté à confronter les estimations de volumes de sols à dépolluer aux volumes finalement traités d'une vingtaine de cas réels, et à étudier les raisons pouvant expliquer les écarts observés entre estimations et réalité. Deux cas ont été extraits de l'étude, l'un en sous-estimation de 32% (volumes de sol dépollués plus importants que prévu), l'autre en surestimation de 26%, et les données techniques ont été intégrées à des contextes fictifs mais proches de la réalité (site ICPE avec projet de transition d'une activité industrielle à un dépôt logistique alimentaire pour le premier, site non ICPE (friche) dans le cadre d'une transaction vente-achat par un promoteur immobilier pour le second). Les participants avaient à jouer un rôle qui n'est pas celui qu'ils ont dans la réalité, et à défendre leurs intérêts pour optimiser l'opération de gestion SSP et de réaménagement. L'idée étant de percevoir ce qui dans les intérêts de chacun, les attachements et les obligations des uns envers les autres, nous pousse à arbitrer dans un contexte d'incertitudes.

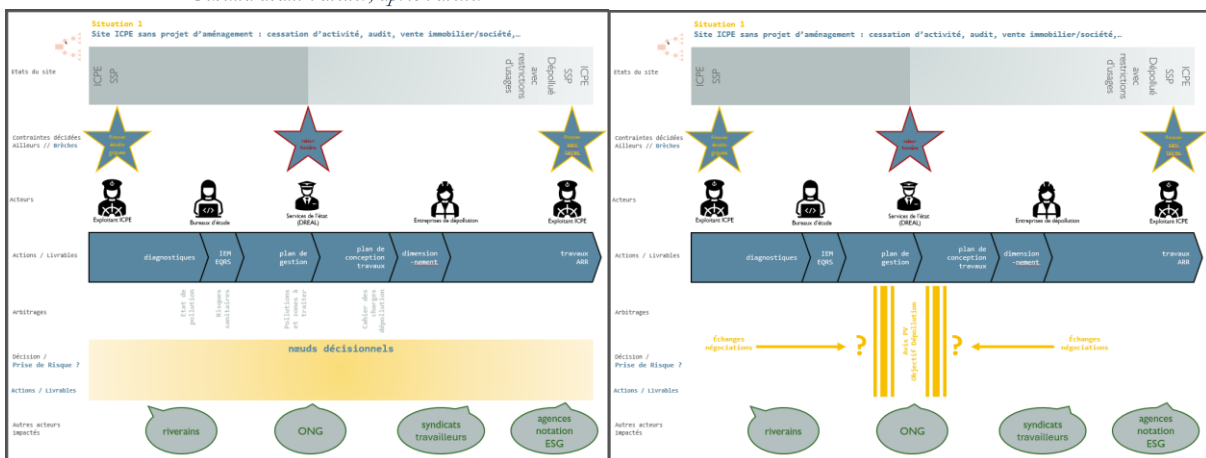
La documentation utilisée pendant l'atelier se trouve en Annexe 1.

Les réactions des experts et les discussions qui se sont tenues lors de l'atelier nous ont confortés certaines des impressions ressenties lors des entretiens et en dépouillant le questionnaire. Elles nous ont permis en outre d'affiner certains éléments, rapportés ci-après.

## Chaînes de décision et Les nœuds décisionnels tels qu'ils sont vécus

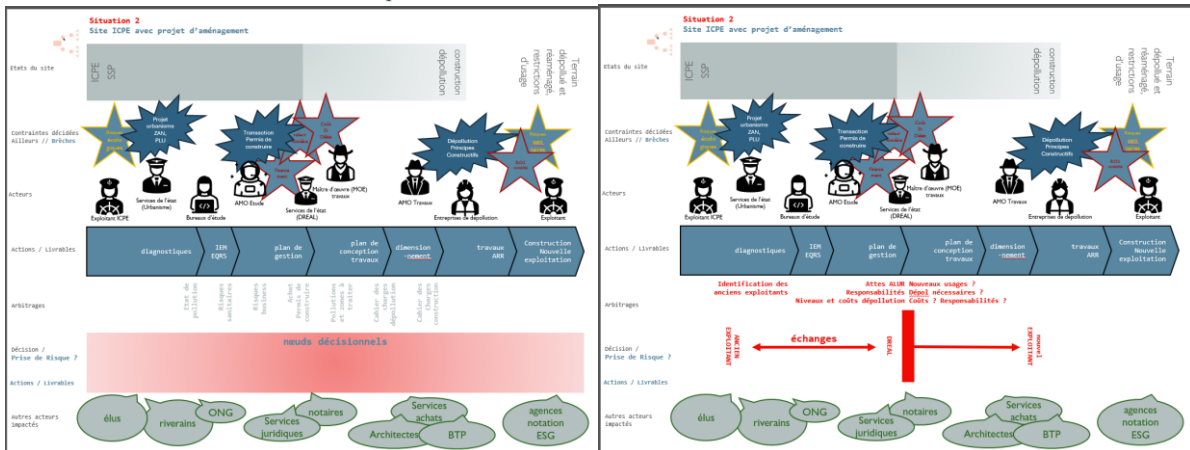
### ICPE avec cessation d'activité, sans changement d'usage

*Schéma avant l'atelier, après l'atelier*



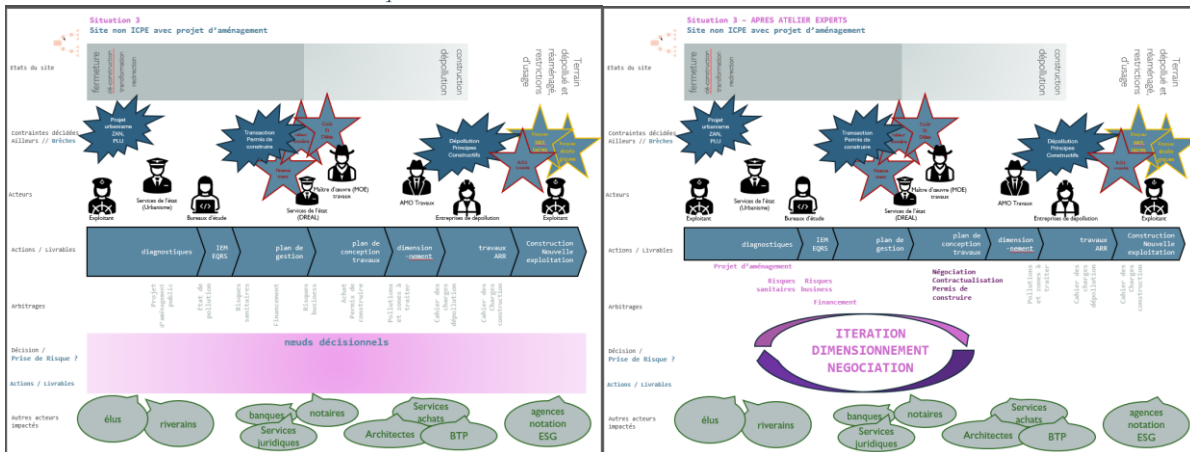
## ICPE avec un projet d'aménagement

Schéma avant l'atelier, après l'atelier



## Site non ICPE (friche) avec un projet d'aménagement

Schéma avant l'atelier, après l'atelier



### Les nœuds décisionnels relevés à chaud lors de l'atelier :

- Le point de départ des échanges : **l'évidence des incertitudes**.
- **La mémoire** et la conservation des informations.
- La nature de la relation : **négociation ou coopération**.
- Le transfert des risques ou **la gestion des risques**.
- Les incertitudes liées à la nature des SSP s'étendent aux **incertitudes liées à l'architecture du projet**.
- **La valuation** des droits à construire, à aménager, ou du modèle d'affaire.
- La vente, **le transfert de propriété**, l'obtention du permis à aménager, à utiliser, et donc la responsabilité.
- **La posture de l'état**, comme garant et donneur d'ordre.

## **Focus 1 : Les acteurs interagissant dans Les chaînes décisionnelles SSP**

La science occupe une place plus importante dans la culture des acteurs de la gestion des ICPE. Les acteurs (géologues, biologistes, chimistes, physiciens, architectes, directeurs de travaux, directeurs financiers, juristes et notaires), par leurs compétences et habitudes de travail, ont des perceptions parfois très différentes des risques et les envisage en général d'un point de vue individuel.

« Dans les ICPE, on trouve dans les entreprises quelqu'un qui connaît son site pollué. Il y a un peu de science. Mais même dans les ICPE il peut y avoir un problème d'interprétation. Les interlocuteurs peuvent être confrontés une unique fois à la pollution. Est ce qu'ils vont avoir l'envie de s'acculturer ? Dans le monde de la promotion [immobilière] ils n'ont pas cette science, c'est difficile de faire entendre les enjeux techniques face aux enjeux financiers, on met la pollution sous le tapis, il y en a tout le temps. Là c'est une approche technique, scientifique pour un avocat, un notaire [...] il va y avoir des aléas. **ça percole très mal au niveau des actes notariés** ».

Les acteurs face à l'incertitude, ne sont pas égaux. Selon leur rôle, ils portent différents types de responsabilité. **Le poids de l'incertitude dépend de sur qui pèse la responsabilité, ou sur qui il est possible de faire peser la responsabilité. Si on ne peut pas soulever toutes les incertitudes, il est possible de les évaluer, de les rendre mesurables, comparables, mobilisables, afin de transférer les risques, c'est-à-dire s'adapter, organiser l'action tout en gérant les risques.**

« Le risque c'est du ressenti. La notion de responsabilité vs incertitude elle est super importante. Si je suis celui qui arbitre, plutôt que celui qui attend un avis, l'incertitude est beaucoup plus problématique. **L'incertitude, empêche le transfert de risque.** Je peux contractualiser dès lors que j'ai fait le tour du sujet et que j'ai pu établir la responsabilité de chacun »

Les arbitrages et l'articulation des contrats nécessitent souvent de faire appel aux notaires (cf. 120<sup>ème</sup> congrès des notaires de France, qui s'est tenu à Bordeaux du 25 au 27 septembre 2024, sur le thème « Vers un urbanisme durable. Accompagner les projets face aux défis environnementaux »). Ils sont garants de la prise de responsabilité de chaque acteur. Ceci suppose qu'ils soient suffisamment (in)formés aux spécificités de la gestion des SSP pour assurer la conformité de mise en œuvre de la procédure. Par ailleurs, les incertitudes ne font pas partie intégrante de la procédure. Il n'y a pas de pratique établie pour les intégrer dans le processus de contractualisation.

## **Focus 2 : La question du cadrage « à façon », pour initialiser la chaîne décisionnelle**

Comment cadrer « à façon », en fonction des projections ou restrictions d'usages, les commandes d'études sur les SSP ?

*« La question au départ est peut-être mal posée ? – Même quand tout part bien, on n'a pas forcément les bons interlocuteurs au bon moment. – Il y a aussi la division des métiers : BE (études et travaux), Promoteur (faire rêver et faire atterrir) ».*

Afin de cadrer le travail du bureau d'étude, il semble primordial que celui-ci soit informé des travaux, des usages que le maître d'œuvre envisage de réaliser sur le SSP. Aussi, dans la problématique, il s'agit de notifier la marge de manœuvre que l'on s'autorise sur la définition du projet, au fur et à mesure des études et de l'avancée du projet, des usages et restrictions d'usages, que l'on peut ou non faire évoluer. C'est ce cadrage qui va permettre au bureau d'étude d'adapter sa méthodologie au contexte pour fournir des résultats pertinents. Mais l'implication du BE ne peut être systématique à toutes les étapes, étant donné la complexité des projets d'aménagement.

Au vu des référents d'usage utilisés dans le droit, c'est au maître d'ouvrage que l'on donne la main pour organiser les travaux, décider. C'est l'action, l'usage qui s'impose au SSP... et non la nature des sols, ou son bon état, qui autorise tels ou tels usages. Ce n'est donc pas du ressort du BE de cadrer son étude. **Le maître d'ouvrage a donc pour première responsabilité de poser la question de la pollution dans le site, des risques liés aux usages projetés et plan de travaux envisagés... et donc des incertitudes à soulever ou objectiver.**

## **Focus 3 : La question de la valeur dans l'enchaînement des décisions**

La valeur du foncier évolue en fonction du statut du site : est-ce une ICPE ? est ce qu'il est évident qu'il n'y a aucune pollution à risque pour les usages envisagés ? Cette valeur est réalisée lors de la transaction du titre de propriété et l'obtention du permis de construire. Lors d'un projet SSP avec aménagement, l'équilibre valeur du foncier, estimation de la valorisation par l'usage, estimation des coûts des travaux... est tendue, l'objet de négociations d'autant plus rudes que les informations semblent manquantes, que les incertitudes ne sont pas cadrées. De la définition de cette valeur dépendent les conditions des études, les

conditions de travail des bureaux d'étude, la nature de la relation qui pourra lier les bureaux d'études avec les maîtres d'œuvre ou le maître d'ouvrage, et la qualité de d'adaptation du nouvel acquéreur.

On comprend que chaque site est unique, en fonction de son contexte historique, sa géologie singulière avec ses opportunités et ses risques spécifiques : jusqu'où l'exploitant pollueur est responsable en amont à son exploitation et en avant dans la dépollution ? Où se pose le curseur pollueur—dépollueur payeur ? Comment dans le mode constructif, le nouvel exploitant peut répondre aux impératifs de prise en compte des pollutions, pour pouvoir utiliser le site comme il le souhaite ? Pour négocier la valeur du site, **les parties prenantes doivent avoir une lecture commune des incertitudes.**

#### **Focus 4 : communication, coûts, délais et incertitudes**

« C'est de plus en plus frappant : manque de communication ça s'est dégradé, quand j'ai commencé, on nous obligeait à appeler le client. L'étude est remise mais on n'a jamais un coup de téléphone. Pourquoi moins de communication ? Avant, on téléphonait et on se déplaçait. Le jour où on aura des valeurs de référence, on n'aura plus besoin de BE. Comment on fait ? on a un bordereau des prix, une réunion de lancement c'est tant etc. **Si on avait un pack : « j'engage un BE ».** Je pense qu'il y a une notion de fidélisation d'un client quand on se dit responsable de quelque chose, il y a l'idée d'aller le porter au client. Il y a des BE qui y arrivent très bien, du conseil, de la stratégie,... forcément ce n'est pas le même prix ».

**Les données brutes d'une part, l'interprétation de l'autre :** « Sur la data on a un vrai sujet. Une source de tension avec les bureaux d'étude c'est l'interprétation des données. On a deux types d'études - avec ou sans interprétation. Parfois on préfère gérer en interne l'incertitude. Dans le métier de l'immobilier on a un problème de délai, et [par conséquent] on mixe le diagnostic initial et approfondi... forcément ce n'est pas top : les BE on leur demande faire une estimation, un peu boule de cristal ».

« Difficile de faire des études mixant un diagnostic initial et approfondi. Les problèmes de communication se retrouvent même en interne. **L'interprétation est peu valorisée** ».

Nous retrouvons ici les préoccupations bien naturelles du coût et des délais, déjà bien identifiées dans les brèches. Dans un contexte déjà tendu (on demande de combiner étude préliminaire et approfondie, de raccourcir l'étude historique...). Rajouter une prise en compte des incertitudes apparaît comme une cerise sur le gâteau à la plus-value hasardeuse. On l'a vu : l'incertitude est un mauvais produit, dont personnes ne veut.

Penser la gestion d'un SSP comme une entreprise fondamentalement risquée (ou du moins de gestion de risques) inciterait à intégrer l'arbitrage des coûts et des délais consentis pour l'investigation à cette gestion. Si un site présente des risques *apparemment* importants, j'ai intérêt à investir dans une prestation de conseil d'un BE hautement qualifié ; je ne peux pas me contenter d'une validation de pure forme. Une fois encore, la question de l'incertitude doit être posée au commencement. D'une certaine manière, une fois engagé dans une démarche d'analyse à l'économie et sur les chapeaux de roue, les dés sont jetés. Rétablir la robustesse du processus de décision a posteriori par un vernis d'analyse d'incertitudes est absolument illusoire.

Nous tenons à souligner **l'importance de la communication, des échanges de « traductions », dans les chaînes de décision pour pallier l'imprécision des outils d'aide à la décision, et permettre à chacun des acteurs de contractualiser sa responsabilité malgré les incertitudes.**

### III. Conclusion générale sur l'investigation

#### A. Enseignements

Au terme de cette enquête en 3 volets, menée de janvier à septembre 2024, quels enseignements peuvent en être tirés sur l'utilisation de modèles mathématiques pour quantifier les incertitudes dans les études de SSP ?

Par-rapport à d'autres activités économiques, la gestion de la pollution d'un terrain apparaît extrêmement complexe, tant d'un point technique que réglementaire ou financier, avec de multiples sources d'incertitude, qui engagent la responsabilité des acteurs impliqués dans son étude, sa réhabilitation et son aménagement. Les incertitudes pouvant être quantifiées par des modèles mathématiques ne constituent qu'une composante des incertitudes, et donc des risques, qui jalonnent les projets, que ceux-ci s'inscrivent dans une procédure de cessation d'activité d'installation classée par un exploitant industriel ou de reconversion de friche sans ICPE par une collectivité territoriale.

Même si la question n'a pas été posée explicitement, la forme des résultats de modélisation fournis aux acteurs de la gestion des SSP n'a pas été relevée comme une difficulté. Pour les professionnels du domaine, bureaux d'étude, entreprises de dépollution et inspecteurs des installations classées des DREAL, les notions de probabilités sont déjà utilisées pour apprécier les risques sanitaires associés à une pollution, et ne suscitent donc pas de problèmes de compréhension. Les autres acteurs s'attendent à une interprétation des résultats scientifiques par les professionnels SSP, avec une traduction dans leur langage, sous forme d'enveloppes de coûts de dépollution, de risques de dérives budgétaires et calendaires ou de conséquences juridiques pour leur projet d'aménagement, de construction, ou de vente ou achat de terrain.

L'enquête montre également que certains contextes sont plus favorables que d'autres à l'utilisation de modèles mathématiques de quantification des incertitudes. Lorsqu'il s'agit d'un industriel gérant un parc immobilier et disposant en interne d'une équipe de spécialistes SSP, les risques associés aux incertitudes sont pleinement perçus par cette équipe, qui a toutes les compétences pour les traduire aux équipes assurant les projets de revalorisation de leur foncier. Leur intervention en amont des projets autorise de plus une mise en adéquation des aménagements avec la pollution, et donc une optimisation globale des projets avec réduction

des risques. Lorsqu'il s'agit d'un promoteur immobilier n'ayant pas de compétences SSP et dont le seul but est d'obtenir un bénéfice financier maximal de son opération, il est difficile pour les prestataires de services SSP de faire passer une modélisation alors que le donneur d'ordre n'a pas conscience des risques qu'il prend et a pour simple objectif de réduire ses coûts et ses délais. Toute évaluation complémentaire se rajoutant aux études de base des SSP est perçue comme une perte de temps et d'argent, et non comme un outil de *derisking*.

## B. Perspectives pour la suite du projet

Au-delà de la question initiale sur l'utilisation d'outils de quantification de l'incertitude, l'enquête met le doigt sur des difficultés qui nuisent à la bonne réalisation des projets. Ce sont avant tout des problèmes de communication et de transfert de l'information :

- La plupart des acteurs interrogés expriment des frustrations : les bureaux d'étude souhaiteraient disposer de plus d'informations contextuelles pour optimiser les résultats qu'ils fournissent aux MO, les MO attendent une interprétation et des conclusions aux études dans leur langage, qui soient directement utilisables dans la suite de leur projet d'aménagement,
- Le processus d'aménagement d'un terrain pollué est généralement linéaire, sans possibilité d'itérations permettant des mises en adéquation spatiales des équipements prévus avec la pollution,
- La consultation des entreprises de dépollution à partir d'un cahier des charges établi par un BE est un point de tension, car l'entreprise doit s'engager (obligation de résultats) sur ce plan de conception de travaux alors que celle-ci sait pertinemment que le dimensionnement prévu par le BE (obligation de moyens) est inadéquat,
- La spécificité des objectifs de gestion des SSP en fonction de l'usage actuel ou futur du terrain fait peser une grande incertitude sur les projets. Le contenu des avis des services de l'État (DREAL, DRIEAT) aux étapes cruciales de la gestion des sites ICPE (arrêté préfectoral de cessation d'activité, définition des objectifs d'assainissement sur base du PCT, attestation ALUR de remise en état) est le sujet d'une grande anxiété. Cette définition au cas par cas fait craindre également aux exploitants d'ICPE la phase de transfert du dossier au nouvel acquéreur, car celui-ci peut changer son projet d'aménagement par-rapport aux usages pris en considération dans les études SSP (il faut alors recommencer tout le processus d'évaluation et de gestion),
- Le transfert des données brutes et des résultats d'interprétation d'un propriétaire ou exploitant à l'autre tout au long de la « vie » d'un site est étonnamment également une

source de problèmes car il peut être lacunaire. Et même si la loi ALUR du 24 mars 2014 conduit à la mise en place par les services de l'état de dispositifs de conservation de la mémoire des pollutions résiduelles dans les terrains en fonction des usages (SIS), les dossiers détaillés sur la pollution des sites n'y sont pas conservés.

La recherche de solutions permettant de fluidifier les processus de gestion des pollutions en les articulant avec les étapes de réaménagement des sites se situe en dehors du cadre de notre étude et de nos prérogatives.

Nous pouvons en revanche formuler quelques voies d'amélioration pour une meilleure prise en compte des incertitudes au sens large, et des risques et responsabilités associés :

- Un travail sur la traduction des risques pris par les MO non-sachants dans les termes de projets de construction permettrait de mettre en lumière les atouts des méthodes d'estimation, et d'élargir leur utilisation à une plus grande variété de contextes,
- Quel que soit leur rôle, tous les acteurs interrogés sont convaincus que leur prise de risque est très élevée, ce qui les incite à avoir un comportement très « frileux » (ne pas lancer de projet d'aménagement ou vendre un terrain pour un propriétaire, ne pas rendre de conclusions interprétatives pour un BE, répondre strictement au cahier des charges de la dépollution avec des clauses juridiques pour une entreprise de travaux). Une clarification des responsabilités de chacun des acteurs en fonction de leur rôle, des risques encourus, et des solutions à disposition pour se protéger sans se limiter dans ses actions, avec des exemples à l'appui, permettrait de redonner de la confiance et favoriserait l'émergence d'un plus grand nombre de projets de reconversion,
- Il manque un référentiel – qualitatif et quantitatif - sur les risques pris par les porteurs de projet, et sur l'évolution de leur prise de risque au fur et à mesure de l'acquisition de connaissances sur l'état de pollution d'un site, auquel pourraient se référer les donneurs d'ordre. En plus de l'expertise que peuvent apporter les professionnels SSP aux donneurs d'ordre, des retours d'expérience sur des cas concrets reflétant différents types de situation pourraient servir de base à la construction d'un tel référentiel.

Nous avons identifié trois pistes inspirées d'autres domaines pour nous aider à concevoir des méthodes et outils qui amélioreraient la prise en compte de l'incertitude dans la gestion de la pollution des sites pollués et des friches.

## 1. Développer la culture du risk management

Plusieurs personnes interrogées ont évoqué la mise en œuvre dans leur pratique d'une démarche d'atténuation des risques ou de *derisking*. Ce terme semble emprunté aux domaines financier et géopolitique (Daoudal 2023) où il désigne une stratégie de désengagement de positions non maîtrisables ou sous influence exogène, pouvant s'avérer dommageables.

Cette démarche ne semble pas usuelle dans le domaine du réaménagement des friches, où le volet « risque » n'intervient le plus souvent qu'en bout de chaîne, soit parce que les risques ne sont pas perçus par les acteurs, soit parce qu'il se sentent démunis pour les gérer.

Pour autant, la culture de la gestion du risque est bien établie dans d'autres domaines, notamment l'industrie et la finance. Notons que la gestion d'un SSP n'est généralement pas une activité récurrente d'une entreprise comme l'exploitation d'un actif industriel : c'est plutôt un coût ponctuel, « avant de faire », pour établir un capital. En ce sens, il nous semble intéressant d'approfondir le parallèle avec le domaine financier, dans lequel *risk manager* est une carrière standard. D'une certaine manière, gérer les risques n'est pas seulement éviter les ennuis : on peut y gagner, comme en finance. L'intégration de la gestion du risque SSP au modèle d'affaires des organisations pourrait prendre deux formes :

- Un risque SSP vu comme une externalité financière de l'activité de l'organisation. Les organisations peuvent spéculer sur la nature du SSP qui va se révéler dans le projet d'action et sur l'usage projeté. Ici la gestion du risque s'inscrit dans l'écart entre le prix du foncier négocié selon une étude SSP partagée fonction des usages, et les plus- ou moins-values des travaux par rapport à un site adapté à l'usage projeté.
- Un risque SSP vu comme un coût nécessaire associé à l'investissement en capital que représente la parcelle et son sous-sol associé. Les coûts de travaux de dépollution sont donc dissociés des travaux de construction car ces coûts sont engagés pour préserver ponctuellement et structurellement un capital nécessaire à l'organisation. Les coûts des travaux de construction sont des coûts d'exploitation.

## 2. Vers un suivi évolutif du parcours de gestion des SSP

Dans le secteur agricole, le lien entre bon état des sols et services rendus est plus ou moins admis : c'est une boîte noire pour la plupart des acteurs. Même si les critères de bon état peuvent être sujets à débat, les acteurs entrent spontanément dans une démarche :

- De suivi (surveillance, *monitoring*) : est-ce que mon terrain s'améliore ?
- De comparaison : tel terrain est-il meilleur que tel autre ?
- Et pour certains de recherche de lien de causalité.

Ces pratiques s'inscrivent souvent dans une recherche de rendement, là encore intimement liée à l'usage. Néanmoins, le suivi et la comparaison mettent en lumière l'intérêt de la caractérisation des incertitudes. La question « est-ce que tel écart est significatif ? » est posée explicitement.

Plusieurs personnes interrogées souhaiteraient disposer de référentiels pour l'état des sols (quelle situation est « grave » ou non ?) et pour la prise en compte de l'incertitude (quelle zone présente un risque faible, moyen ou fort ?). Or, il n'existe pas vraiment dans la gestion des SSP de critère partagé pour qualifier une évolution de l'état du sol pensé comme un bien commun.

La directive Corporate Sustainability Reporting Directive (« CSRD » 2023) adoptée en novembre 2022 par la Commission Européenne introduit dans les mesures économiques des organisations, l'écologie en imposant le principe de la double matérialité (Ben Saad, Viallanex, et Palencher 2023). Cette métrologie propose que les capitaux financiers, comme les capitaux environnementaux et sociaux, doivent être préservés pour assurer la soutenabilité de l'activité de l'organisation. Pour les organisations, il sera donc nécessaire de prendre en compte, compter et rendre compte de l'évolution de l'état des SSP suite à leurs activités de construction et exploitations. La transition d'une manière de penser binaire (pollué ou non) au suivi quantitatif d'un état de santé évolutif nécessite l'agrégation des données dans une archive pérenne. Se pose alors la question de la gouvernance (qui conserve ? détient ? peut consulter ?) des données.

### **3. Vers un mode de coopération propice à L'appropriation des raisonnements**

La transcription de modèles d'incertitudes à l'adresse des non-spécialistes est délicate en général (Padilla et al. 2021), et l'est encore plus quand s'agit de phénomènes spatiaux comme c'est le cas pour la gestion des SSP. Sans chercher à épuiser le sujet, nous relevons les trois difficultés suivantes :

1. Une carte utilise les deux dimensions de la page. Il est impossible de représenter simplement l'exposition et l'aléa sur une seule carte, sans parler des informations complémentaires à mobiliser pour éclairer la décision (Bonneau et al. 2014). Or le sol est un compartiment de l'environnement à trois dimensions, qui peut être affecté par plusieurs polluants, auxquels plusieurs seuils de coupure doivent être appliqués.
2. Un modèle d'incertitudes est un raisonnement avec de nombreuses hypothèses, souvent assez techniques, comme le choix arbitraire de certains paramètres.
3. Une estimation d'incertitudes est elle-même incertaine : une source intarissable de confusion. Nous proposons dans la suite de cette section des idées pour contourner ces difficultés, offrant par ailleurs des opportunités de valorisation.
4. Promouvoir l'appropriation des raisonnements. Nous supposons que l'utilisation des estimations d'incertitude nécessite une appropriation du raisonnement dont elles sont issues, mais que cette appropriation peut passer par un autre chemin, mobilisant d'autres compétences.

Nous proposons trois préceptes pour y parvenir (Figure 4) :

1. Dissocier les données « brutes » des interprétations. Les données brutes sont « figées » : elles peuvent être complétées ou remises en question mais constituent le point de départ du raisonnement,
2. Agréger le produit final d'aide à la décision (par exemple une carte). C'est-à-dire, intégrer-combiner les sources de données (fond cartographique, probabilités de dépassement de seuil avec intervalle de confiance, risque...) de façon à proposer des cartes interprétables de façon autonome.
3. Rendre activables les étapes du raisonnement, la formulation d'hypothèses et le choix des paramètres. Par exemple en rendant la carte d'aide à la décision interactive à l'aide de curseurs, menus déroulants ou cases à cocher.

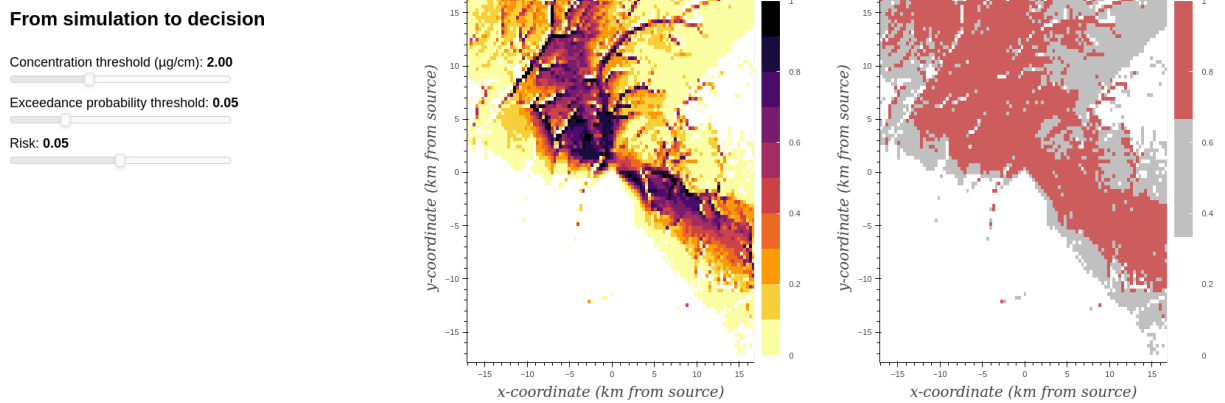


Figure 4 Exemple interactif ([https://showroom.phimeca.com/decision\\_map](https://showroom.phimeca.com/decision_map)) de transition d'une carte d'estimation de probabilité de dépassement de seuil à une carte d'aide à la décision s'appuyant sur le concept de significativité statistique et de curseur pour tester la robustesse des décisions vis-à-vis des paramètres du modèle (Caillat et al. 2023).

#### 4. Création de connaissances par La coopération

Le recours à l'interaction permet de s'appuyer sur des mécanismes cognitifs de rétroaction pour créer des connaissances à partir d'informations trop complexes pour être transcrites par des nombres ou des images figées, par exemple l'effet sur une carte d'interactions multifactorielles entre de nombreux paramètres.

Plus généralement, Polanyi (1966) qualifie d'explicites les connaissances pouvant être transcrites dans un langage : texte, diagramme, équations... Il argumente que ces connaissances sont toujours enracinées dans des connaissances tacites (intuition, expérience personnelle, savoir-faire...) qui ne se prêtent pas à la transcription. L'interaction au moyen d'une interface dédiée nous semble susceptible de permettre la transmission, ou plutôt la (re)création, de connaissances tacites.

Dans le modèle SECI (Nonaka et Takeuchi 1995, 2019), l'innovation résulte de conversions successives de connaissances entre tacite et implicite, impliquant un nombre croissant de personnes. La socialisation est l'étape initiale de transfert de connaissances tacites au travers d'une coopération étroite autour d'objets partagés. Le support interactif d'aide à la décision et les données brutes sous-jacentes constituent un objet commun propice à la socialisation des connaissances.

Selon Laurent (2018) « on collabore pour faire, on coopère pour savoir ». Il définit la coopération comme un processus libre de découverte mutuelle mobilisant l'ensemble des capacités et finalités humaines (au-delà du seul travail), pouvant s'étendre dans le temps et les objets traités. Le changement de paradigme d'un outil qui « donne la solution » à un « outil

de dialogue » suppose une transition de la collaboration vers la coopération. Nouer des relations de coopération entre les acteurs de la gestion élargie SSP et de la revalorisation des friches pourrait contribuer à transformer une séquence unique d’actions ponctuelles en un processus cyclique itératif. Ce pourrait être un autre axe d’alignement des intérêts des parties prenantes. En effet, les pratiques industrielles de conception concourante (Takeuchi et Nonaka 1986) nous enseignent que l’agilité, un concept formulé dans le domaine du développement logiciel et enraciné dans le pragmatisme et la pensée *lean* (Schwaber et Sutherland 2011), peut être un levier de réduction de coût et de délais.

La méthode Cartorisk (Demougeot-Renard et al. 2016; Demougeot-Renard et al. 2024) a été développée dans cet objectif (Figure 5). En facilitant la cartographie des risques à partir d’un modèle géostatistique de la pollution des sols, la méthode permet de tester et comparer différentes variantes d’aménagement, pour rechercher un optimum technique et financier tenant compte de la pollution. En permettant d’obtenir rapidement des cartographies et des estimations de coûts, le code informatique Cartorisk devient alors un outil de dialogue entre les acteurs du réaménagement et de la gestion des SSP pour trouver un meilleur compromis. Cette méthode ne peut être mise en œuvre que si les parties prenantes acceptent un changement de paradigme, en caractérisant très tôt l’état de pollution du sol, et en intégrant de la flexibilité dans les usages et équipements prévus sur la friche à reconverter.

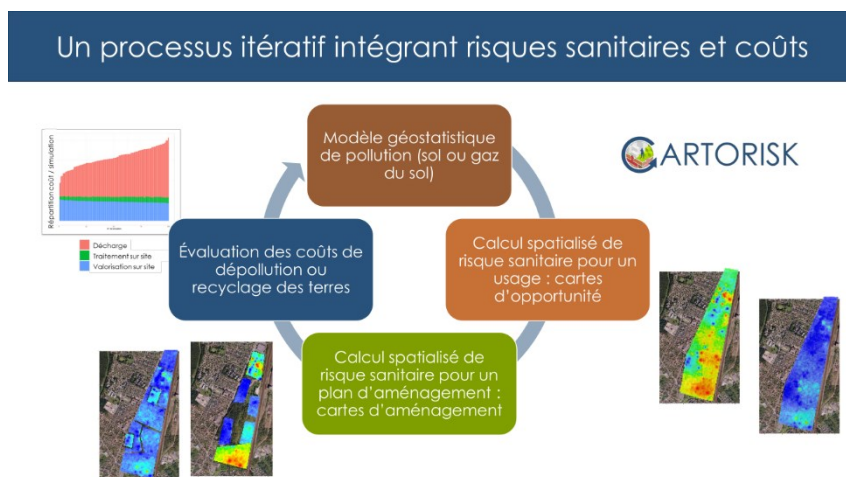


Figure 5 Méthode interactive Cartorisk pour trouver un aménagement compatible avec les risques sanitaires et les coûts de dépollution des terres excavées.

## Partie 3 : maquette

### I. Test d'hypothèses avec un prototype

À l'issue de l'enquête restituée dans la partie précédente, nous avons poursuivi notre démarche itérative de *design thinking* (Constable 2014; Schanks 2013 ; IDEO 2025), avec une expérience menée auprès d'un petit groupe de MO et BE.

Les trois sections qui suivent décrivent successivement :

- A. L'état initial : notre compréhension des enjeux et besoins de utilisateurs, et nos premières idées pour y répondre,
- B. La maquette-prototype et le protocole que nous avons élaborés pour tester ces hypothèses,
- C. Les découvertes et nouvelles questions qui ont résulté de la séance de test de la maquette-prototype.

## A. A priori et hypothèses avant l'expérience

L'enquête nous a permis de dresser des constats venant compléter ou se substituer à ceux qui motivèrent initialement le projet. Nous avons en particulier formulé des « brèches » (OA. Les entretiens dits « de l'extra-terrestre »<sup>19</sup>), des dissonances dans les pratiques et convictions des acteurs du processus de gestion des SSP.

Pour cette étape, nous nous sommes concentrés sur les trois tensions suivantes :

- Les acteurs interrogés sont peu nombreux à mobiliser les estimations mathématiques des incertitudes, bien que les méthodes soient robustes, matures et comprises dans leur format actuel par les experts SSP.
- Les incertitudes pouvant être modélisées ne constituent qu'une composante des multiples incertitudes, et donc des risques, qui jalonnent les projets, eux-mêmes très complexes.
- Les processus décisionnels de la gestion des pollutions manquent de fluidité, avec certains contextes (ICPE avec spécialistes SSP en interne) plus favorables que d'autres (promotion immobilière) à l'anticipation et la gestion des risques.

De là découle notre conclusion principale.

**Il faut repenser la gestion SSP comme d'abord une gestion des risques, en se plaçant du point de vue du maître d'ouvrage.**

Cette assertion qui peut sembler anodine propose néanmoins deux renversements importants. Nous avons en effet pris conscience que l'essentiel des travaux menés sur l'incertitude jusqu'à présent étaient de teneur essentiellement scientifique, et s'adressaient presque exclusivement aux spécialistes, notamment aux BE.

Reformulons un premier volet de notre hypothèse : « On ne peut pas greffer l'incertitude sur un processus qui la nie fondamentalement ». Au présupposé (implicitement) établi que « la technique (de prise en compte des incertitudes) va percoler dans la gestion », nous opposons ce contre-pied : « il faut proposer une gestion qui considère le risque – qui gravite autour même – et qui créera progressivement un besoin de technique ».

Second point, certes les BE disposent de connaissances et de savoir-faire technoscientifiques, et sont (théoriquement au moins) mandatés pour prodiguer des conseils.

Cependant, ils sont en pratique acculés par les contraintes économiques et temporelles. De plus, ils ne sont pas décisionnaires, et n'ont pas accès à toutes les informations (p. ex. dans de nombreuses situations, ils n'ont pas de contacts avec les DREAL, ne détiennent pas toutes les pièces du dossier, n'ont pas accès aux rapports constitués par leurs mandataires en utilisant les leurs). A ces difficultés s'ajoute celle de la communication : les échanges entre parties-prenantes (BE, MO, administrations) sont très peu nombreux, suscitant de la frustration, une perte d'information et un manque d'efficacité. Nous supposons a rebours que celles et ceux qui ont le plus à gagner à adapter leur gestion en y intégrant la dimension « risque » sont les MO.

Partant de cette assertion, nous pensons que la prise en compte des incertitudes liées à la pollution du sol, et de manière plus générale, qu'une amélioration du processus de réhabilitation des SSP pourraient être obtenues si les acteurs disposaient d'un outil numérique de gestion des risques SSP. De plus, la communication autour des incertitudes – et donc des risques, nous paraît fondamentale pour une prise de conscience large, quel que soit le domaine de compétence et niveau d'expérience des interlocuteurs, et pourrait être menée par l'intermédiaire de l'outil. Nous sommes donc arrivés à la conclusion que nous devons tester cette hypothèse en concevant une **ébauche de l'outil – maquette ou prototype de ce que pourraient être le contenu et la forme de l'application informatique finale** - et en la soumettant à un petit nombre d'acteurs du domaine SSP.

Nous avons imaginé un prototype en déclinant quatre principes de conception :

1. Travailler sur la traduction des risques pris par les MO non-sachants dans les termes des projets de construction,
2. Penser des traducteurs d'incertitude et des outils de gestion des risques selon le flow de travail et de prise de décision des MO, puisque ce sont eux qui orchestrent la revalorisation des SSP,
3. Développer la culture du risk-management dans le domaine SSP, en s'inspirant p.ex. des secteurs de la finance et de l'industrie,
4. Clarifier les responsabilités des acteurs en fonction de leur rôle, des risques et des solutions pour se protéger sans se limiter dans les actions, pour redonner confiance et augmenter les reconversions.

## **B. Protocole expérimental : confrontation d'experts à une maquette-prototype**

Partant des hypothèses formulées dans la section précédente, nous avons construit une ébauche d'outil et nous l'avons soumis à l'avis de quelques MO et BE spécialistes de la gestion SSP dans le cadre d'une visioconférence. Nous avons observé leurs réactions à la présentation de la maquette et la façon dont ils s'en saisissent dans le contexte de leurs pratiques (par projection, cette maquette n'étant pas fonctionnelle).

### **1. Conception de La maquette**

Pour les besoins de notre expérience, nous avons conçu une maquette de l'outil avec des planches PowerPoint animées (Annexe 2).

Un scénario fictif a été imaginé afin de refléter un cas pratique tout en permettant d'illustrer le plus de spécificités possibles de la méthodologie nationale SSP. Le cas fictif retenu est celui d'une cessation d'activité d'une ICPE avec vente du site. Le MO ciblé dans la maquette est alors le propriétaire actuel de l'ICPE (qui vend son site) et est considéré comme non-sachant du point de vue de la démarche SSP.

Afin de respecter au mieux la démarche, il a été considéré que l'usage du site, une fois vendu, est connu et reste industriel. De la même façon, un budget et une date limite pour les investigations et travaux ont été indiqués comme respectivement provisionnés par le MO et fixé pour la vente. Ces valeurs sont indicatives, mais servent de référence pour les estimations financières et temporelles calculées lors du déroulement des différentes étapes d'investigation et de gestion du site.

On part de l'hypothèse que le MO pilotera l'outil, mais pourra donner accès à ses prestataires pour que ceux-ci renseignent les informations les plus techniques du projet de gestion SSP.

Des informations techniques, financières, temporelles et administratives seront saisies dans l'outil, afin de fournir tous les éléments pour qualifier le niveau d'incertitude, et donc de risque, associé à la pollution, et pour disposer d'un tableau de bord sur l'avancement et la gestion du projet.

La maquette se divise donc en trois parties majeures comprenant les informations à remplir par le MO ou ses prestataires, les calculs ou estimations réalisées par l'outil (dont les estimations d'incertitudes) et une partie « restitution » sous la forme d'un tableau de bord récapitulatif à destination du MO et l'aidant dans ses décisions (Figure 6 et Figure 7).

Le tableau de bord évolue au fil de cinq étapes de la méthodologie SSP :

1. Création du projet dans l'outil
2. Étude historique
3. Diagnostic
4. Évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS)
5. Plan de gestion.

La maquette simule un outil dynamique et visuel, qui comporterait des curseurs, des boutons d'action, et des graphiques, permettant une appropriation ou une réappropriation du projet et de ses risques.

Le processus de création de la maquette nous a permis d'affiner la réflexion autour de l'estimation de l'incertitude, et nous a conduit à séparer l'incertitude en deux catégories : 1) celle liée à la contamination elle-même (p.ex. hétérogénéité de la pollution), 2) celle liée aux méthodes mises en place par le MO et ses prestataires (p.ex. type et densité de données). La catégorie 1 permet de différencier p.ex. une contamination très localisée avec un polluant peu mobile (peu d'incertitude) par rapport à une contamination étendue en profondeur, multiple et très mobile (forte incertitude). La catégorie 2 permet de différencier le cas où les échantillons collectés sont bien répartis sur la zone d'étude et délimitent clairement la zone impactée, par opposition à un échantillonnage très succinct laissant des zones vides d'information.

Enfin, cette première maquette a été pensée pour redonner de l'importance à l'expertise des prestataires en leur offrant l'occasion d'apporter leur point de vue sur les résultats et les méthodes mises en place. Ces indications transmises et traduites au sein de l'outil ont pour but d'encourager les échanges entre parties prenantes pendant le déroulement d'une étude.

Le détail des principaux partis-pris sous-jacents à la conception de la maquette sont disponibles en Annexe 2.

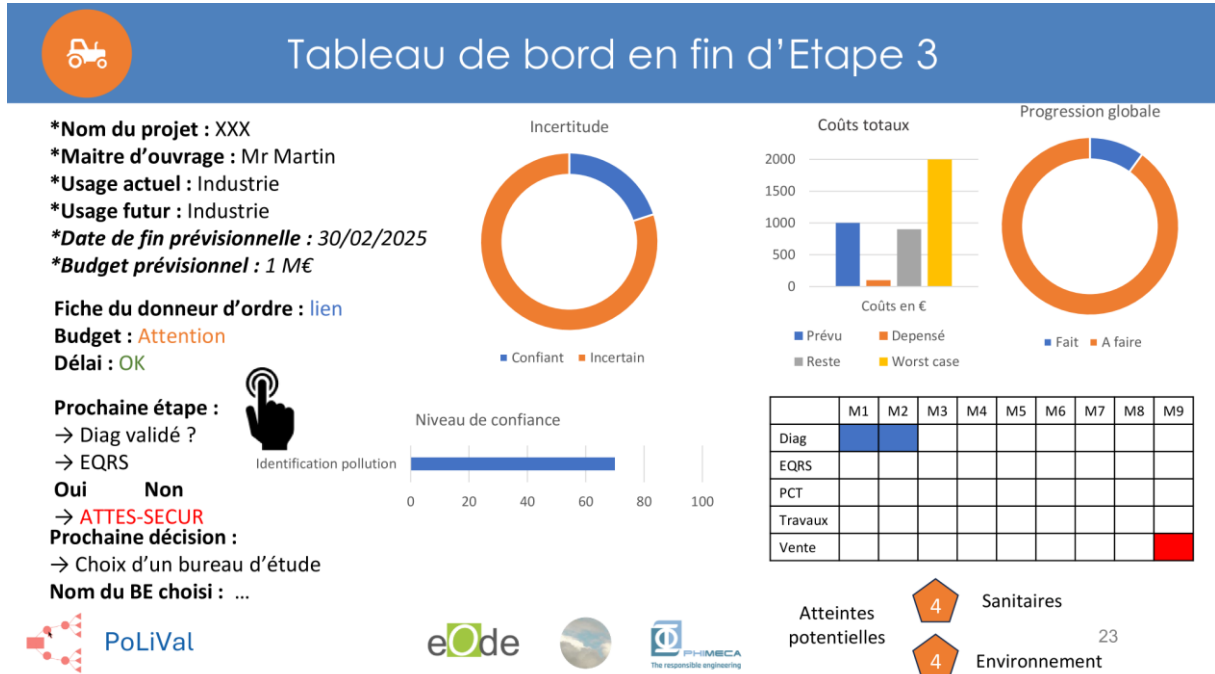


Figure 6 Vue du tableau de bord à l'issue de la troisième étape (Diagnostic). Se référer au fichier de la maquette pour le détail des interactions.

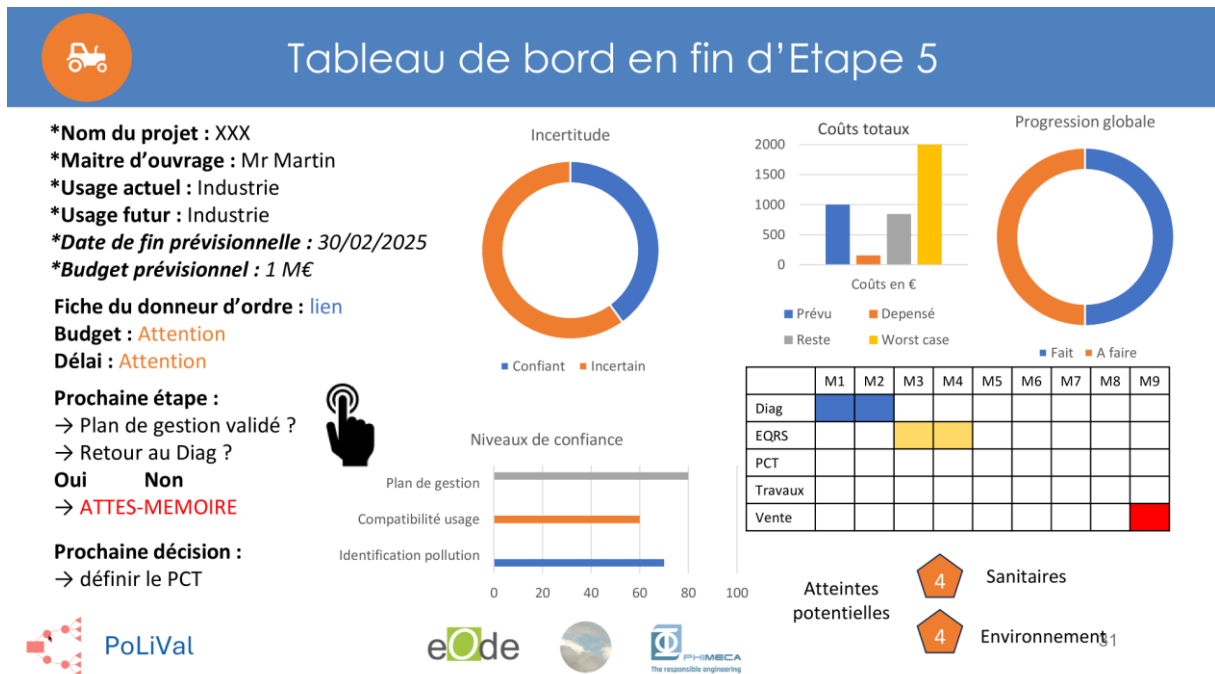


Figure 7 Vue du tableau de bord à l'issue de la cinquième étape (Plan de gestion). Les jauges circulaires d'« Incertitude » et de « Progression globale » ont progressé depuis la troisième étape. À chacune des étapes 3, 4 et 5 est associée une jauge linéaire de niveau de confiance. Se référer au fichier de la maquette pour le détail des interactions.

## 2. Test de La maquette

Un atelier en visioconférence d'une durée d'environ 1h30 a été organisé le 30 avril 2025 pour soumettre la maquette à quelques spécialistes SSP et observer leurs réactions. Cet atelier a réuni plusieurs parties prenantes déjà impliquées dans la phase d'investigation du projet : Hubert Leprond (MO, EDF), Nathalie Montigny (BE, Veolia), Hélène Roussel (MO, ADEME), Jean-Marc Bonzom (MO, ADEME), Ronald Charvet (MO, Ville de Paris), Thomas Lacaze (MO, EPF) et Philippe Monier (ancien MO, TotalEnergies).

Le prototype a été présenté et les participants ont pu s'exprimer directement, ou bien par email après la réunion.

À chaque étape, l'animateur de la séance expliquait les interactions possibles entre le MO et les différents prestataires ainsi que les informations à remplir par chaque partie prenante et illustrait leurs effets par des exemples. Nous collectons alors les réactions des participants.

## C. Résultats de l'expérience : étonnements et nouvelles directions

L'enjeu principal de cette expérience était de tester les partis pris de notre proposition : est ce que les participants - déjà avec cette maquette - percevaient des avantages à utiliser un outil de ce type ? En d'autres termes, notre objectif était d'évaluer si l'outil tel qu'il était formulé suscitait une forme d'adhésion ou, au contraire, soulevait des interrogations critiques. Nous souhaitons également clarifier sa place : apparaissait-il comme un simple complément aux dispositifs existants, ou bien comme une avancée significative — un outil-pont, capable de traduire et d'intégrer les incertitudes dans les processus décisionnels autour des SSP ?

Une attention particulière a été portée à la manière dont cet outil se distingue des approches classiques : sa dimension holistique, en particulier, invite à réinterroger non seulement les critères d'analyse et d'arbitrage, mais aussi la nature des échanges entre acteurs — y compris dans des contextes où les porteurs de projets ne sont pas nécessairement des spécialistes (notamment hors cadre ICPE).

Les réactions recueillies ont été d'une grande richesse. Malgré la forme encore brute du prototype présenté, les échanges ont permis de dégager des points d'appui précieux pour la suite du développement : ils confirment que la proposition, bien que perfectible, contient le potentiel de rebattre les cartes, tant sur le plan des outils que sur celui des processus et des dynamiques relationnelles au sein des projets SSP.

### MO non-sachants

Le panel a validé l'idée de destiner l'outil aux maîtres d'ouvrage, en soulignant l'importance de ne pas exclure les MO « non-sachants », souvent éloignés des circuits d'information et difficiles à atteindre. Plusieurs participants ont insisté sur la valeur ajoutée d'un tel outil pour éclairer les décisions en matière d'évaluation environnementale : « Ce genre de tableau de bord serait hyper précieux pour l'évaluation environnement : on est au milieu du gué et on doit se prononcer pour dire si on est bien partis ou pas. » Cette proposition a suscité un vif intérêt, notamment pour sa capacité à faire émerger une réflexion plus inclusive sur les destinataires des outils et dispositifs : « Je trouve que c'est très, très intéressant comme réflexion, parce qu'on se place toujours dans un monde de sachants : MO experts, bureaux d'études pointus, DREAL... Mais on oublie qu'on a beaucoup de MO qui n'y connaissent absolument rien. Pour eux, ces histoires de SSP, c'est une dépense brute. »

L'échange a également mis en lumière la nécessité de se décentrer des logiques purement expertes pour mieux comprendre les besoins et les contraintes des MO peu familiers des enjeux environnementaux : « Descendre un peu de notre piédestal, et se demander : c'est quoi leur problème ? Leurs risques ? À quoi ils s'engagent, et comment on peut les aider ? » Enfin, les participants ont souligné le défi que représentera, une fois l'outil disponible, sa diffusion auprès des MO non-sachants, qui ne sont confrontés à ces problématiques que de manière ponctuelle. « Le jour où on aura un outil, la difficulté sera de toucher les MO non-sachants qui ne sont confrontés que très épisodiquement à ces problématiques. Là, effectivement, il y a un problème pour aller les trouver. » Une proposition a été formulée pour améliorer la portée de l'information : « Est-ce qu'une communication ne pourrait pas se faire sous l'égide du ministère, via les DREAL ? Souvent, on ne voit pas la communication au bon moment. »

### Intérêt de l'outil pour les BE dans leurs interactions avec les MO

Les bureaux d'études seraient amenés à utiliser l'outil conçu à l'origine pour les maîtres d'ouvrage, notamment en renseignant certaines informations directement après que ces derniers leur aient donné accès à leur espace. Cet outil constitue un moyen structurant pour les BE, leur permettant de bien jalonner les différentes phases des études SSP à réaliser pour les MO, de spécifier clairement les livrables attendus, et donc d'explicitier le type d'informations que les MO peuvent attendre pour chaque type d'étude. Ce cadre pour clarifier les étapes et les attendus, permet par exemple de « bien différencier le diagnostic initial et le diagnostic complémentaire ».

L'outil est perçu comme un levier permettant de valoriser l'expertise des BE et de mieux les intégrer dans le processus de décision SSP. Grâce à l'interface, le BE peut accéder aux informations du MO, échanger avec lui à chaque étape, partager ses compétences et expériences. Il bénéficie également d'un espace pour documenter la progression du processus de décision du MO au fur et à mesure de l'accès aux données SSP, ce qui permet de mieux soutenir et expliquer ses résultats. En étant ainsi intégré tout au long du processus, le BE a l'opportunité de proposer des études plus approfondies dans certaines situations, en explicitant les bénéfices que le MO peut en tirer : « cela peut nous aider à vendre certaines prestations un peu plus loin ». L'outil constitue un support à cette logique de montée en valeur du rôle du BE, qui passe d'un agent de mise en conformité à un véritable partenaire des MO pour sécuriser leurs projets, améliorer leur maîtrise et le contrôle des risques. Ainsi, « le BE peut communiquer sur l'outil », ce qui renforce sa légitimité et sa visibilité dans la démarche globale de gestion des sites et sols pollués.

### Risques, opportunités, incertitudes, niveaux de confiance...

Afin d'améliorer la lisibilité et l'appropriation de l'outil, il est essentiel de renforcer l'encodage des notions de risques, d'opportunités, d'incertitudes et de niveaux de confiance tout au long du parcours utilisateur. Le choix des mots, le champ lexical mobilisé ainsi que les signes visuels (formes, couleurs, symboles) doivent permettre à chacun – quel que soit son niveau de culture du risque, de technicité ou de compréhension scientifique – de percevoir et comprendre les informations de manière claire, cohérente et activable. Le vocabulaire doit être rigoureusement qualifié pour que les risques ne soient pas uniquement perçus comme des menaces, mais aussi comme des potentiels d'action ou des opportunités à explorer.

Il est nécessaire, par exemple, de veiller à ce que le *worst case scenario* n'apparaisse pas trop tôt dans la démarche (notamment pas avant l'étude historique), afin de préserver une logique d'analyse progressive de l'incertitude.

L'incertitude elle-même ne doit pas être réduite à un flou négatif, mais au contraire présentée comme une marge d'exploration, un champ encore ouvert, porteur de menaces certes, mais aussi de possibles. Ainsi, l'intensité d'un risque, sa probabilité et les moyens d'y répondre doivent être rendus visibles et compréhensibles via une représentation graphique lisible et

engageante, pour permettre au maître d'ouvrage de ne pas subir mais d'agir, en connaissance de cause.

Plusieurs participants ont souligné l'importance d'une terminologie plus constructive : « Le risque est une notion qui n'est pas positive. Il y a aussi peut-être opportunité. Le risque, ça fait peur. » ou encore : « J'aime les niveaux de confiance, plus positifs que risque. » Toutefois, il convient de distinguer clairement les niveaux de confiance de l'incertitude, comme le rappelle un autre participant : « Niveaux de confiance n'est pas la même chose qu'incertitude.»

### Gagner du temps

Il est impératif que l'outil n'entraîne pas un surcroît de travail significatif, au risque d'être immédiatement rejeté par les utilisateurs. Dans un contexte déjà marqué par une forte charge administrative, de quête de simplification et de perceptions de timing / budgets asymétriques – « Trop de choses à remplir ? Chaque minute représente un coût pour nous. On a déjà beaucoup de baratin administratif dans le LNE »

L'introduction d'un nouvel outil doit s'inscrire dans une logique d'accompagnement fluide et pragmatique. Une stratégie de déploiement progressif pourrait ainsi consister à proposer dans un premier temps un outil de gestion qui s'intègre naturellement aux pratiques actuelles, apportant des bénéfices immédiats sans exiger d'effort cognitif ou de temps supplémentaire. Cet outil serait néanmoins pensé dès le départ autour de la gestion des risques. Dans un second temps, il s'agirait de faire émerger progressivement les opportunités liées à une prise en compte plus fine – et implicite, « sous le capot » – des incertitudes.

## II. Pistes pour la communication

La stratégie de communication du projet Polival vise à rendre visibles, compréhensibles et opérationnels les enjeux liés à la gestion des risques SSP pour les MO. Elle repose sur une plateforme numérique pensée comme un véritable traducteur des incertitudes et des risques : un outil d'aide au pilotage permettant aux MO de mieux appréhender les marges de manœuvre techniques, juridiques et économiques à chaque étape de leurs projets. Pour atteindre cet objectif, le projet prévoit de déployer une campagne de sensibilisation multicanal ciblant spécifiquement les acteurs de l'urbanisme, de l'immobilier, du foncier et du BTP. Les supports envisagés incluent des formats courts et percutants – vidéos, carrousels pour réseaux sociaux, panneaux explicatifs – diffusés via LinkedIn, Xerfi Canal, les canaux de l'ADEME et les réseaux professionnels. Le ton adopté sera à la fois rigoureux et accessible, articulant précision mathématique, enjeux financiers et leviers d'action. Le message central est clair : mieux gérer l'exposition aux risques liés aux pollutions des sols, tout au long du projet, permet de prévenir les dérives budgétaires et d'augmenter la fiabilité des opérations. En ancrant la communication dans une logique de valorisation de la décision éclairée, Polival entend faire émerger une culture partagée du risk management appliqué aux friches et sites pollués.

### **III. Spécifications et plan d'action pour un outil fonctionnel de gestion des risques SSP**

Une application informatique, dont un exemple de maquette a été soumis à l'avis de spécialistes SSP, semble une voie appropriée pour améliorer la gestion des risques SSP, et de manière plus générale, pour apporter de la fluidité entre parties prenantes dans la gestion des SSP. Des pistes d'actions de communication qui permettraient d'assurer une utilisation large de l'outil et une acculturation à la notion de risque ont également été formulées.

Pour aller plus loin, nous décrivons ici plus précisément la forme que pourrait prendre l'outil, et nous proposons un plan d'action pour aboutir à terme à une solution numérique opérationnelle.

#### **A. Notre vision de l'outil**

L'outil consisterait en une application informatique, mise à disposition des maîtres d'ouvrage de la revalorisation de terrains dégradés (collectivités, exploitants ICPE, EPF, promoteurs immobiliers), pour qu'ils puissent suivre la réduction des risques au fur et à mesure de l'acquisition de connaissances sur la pollution, et de la prise de mesures de gestion (mise en sécurité, dépollution,...), dans le cadre réglementaire en vigueur.

L'outil aurait un caractère incitatif à la gestion et à l'anticipation des risques financiers, juridiques et calendaires associés à la pollution d'un site. Il permettrait de sécuriser les projets, par la prise en compte des incertitudes liées à la pollution et aux méthodes mises en œuvre.

Dans l'idéal, nous imaginons un outil :

- Développé dans une démarche d'innovation ouverte (l'innovation ouverte n'étant pas nécessairement synonyme d'*open source* ou de gratuité (Chesbrough 2019)),

- S'inscrivant dans la lignée des outils existants (p.ex. Seledepol, Bénéfriches), mais s'en démarquant par des innovations significatives,
- Dont le pilote serait le MO, mais dont l'accès pourrait être donné à des prestataires pour l'appuyer dans l'alimentation de l'outil (p.ex. bureau d'étude, entreprise de dépollution),
- Simple, facile d'accès, dans un langage projet adapté aux MO, peu demandeur en ressources informatiques,
- Qui aurait comme bénéfice ultime un meilleur pilotage des projets et une meilleure maîtrise des incertitudes, donc des risques liés aux pollutions, s'il est utilisé tout au long du processus de réhabilitation et de reconstruction du terrain dégradé,
- Qui apporterait aussi un bénéfice immédiat à l'effort consenti à la saisie de données, dans l'idée que son utilisation ne doit pas entraîner un surcroît de travail, mais au contraire apporter une aide instantanée, un gain de temps et d'efficacité, en plus du bénéfice à long terme (p.ex. le BE pourrait exporter du texte ou des illustrations synthétiques et esthétiques après saisie, qui soient directement utilisables dans son rapport de diagnostic),
- Modulable, pour s'adapter au niveau de connaissance SSP du MO, et aux différentes situations de réaménagement (site ICPE/non ICPE, cessation d'activité ICPE, projet d'aménagement de collectivité, projet immobilier privé, etc.),
- Dont l'utilisation garantirait la conformité avec la procédure réglementaire et permettrait de valoriser les prestations des professionnels SSP,
- Qui pourrait servir de support de communication vis-à-vis de tiers (administrations, acheteurs, citoyens), en dressant un état des lieux visuel de l'avancement du projet et de la gestion de la pollution (tableau de bord avec graphes résumés),
- Qui permettrait de valoriser les développements et réflexions en cours du GT Incertitude.

## B. Plan d'action

L'obtention d'un outil opérationnel, à disposition des acteurs, passera par deux étapes.

### 1. *Élaboration d'un prototype fonctionnel (durée estimée : 18 mois)*

La première étape consistera à développer un prototype informatique, à partir duquel la maquette de l'outil définitif sera co-construite avec un petit *pool* d'acteurs SSP. La maquette informatique de l'outil sera ensuite soumise à l'avis d'un panel plus large, par une enquête auprès des MO, à partir de laquelle une analyse de marché sera menée. Un budget de réalisation de l'outil sera établi, ainsi qu'une économie du projet, en comparant différents modèles (variante open-source seule, open-source avec service autour, etc.), et différentes voies de financement (p.ex. aides publiques, montage de consortium).

Cette première étape constituera le projet Polival 2, pour lequel nous souhaiterions bénéficier d'un soutien financier de la part l'ADEME. Le prototype sera développé dans une démarche de *design thinking* selon les étapes décrites ci-dessous, résumées au Tableau 1 Détails de la première étape du plan d'action (Polival 2) Tableau 1 et à la Figure 8. Le présent projet objet du rapport est alors nommé Polival 1.

#### Étape 1 : Scénario d'utilisation, version papier ou jeu de rôle

Lors du premier atelier, nous avons joué une étape de discussion inspiré d'un scénario réaliste. Lors du test de la maquette, nous avons présenté un déroulement possible d'une gestion des risques par un MO.

Dans cette première étape de Polival 2, nous concevrons un scénario réaliste interactif, c'est-à-dire permettant de jouer les choix successifs du processus de gestion.

En observant les raisonnements d'un panel de testeurs, nous pourrions identifier là où l'outil apporterait une plus-value. En particulier, nous identifierons les besoins d'automatisation et de synthèse des informations, ainsi que les besoins de traduction des risques et opportunités. Ce faisant, nous pourrions réviser la structure de la maquette présentée à l'issue de Polival 1, et nous disposerons d'un scénario interactif que nous pourrions utiliser ensuite pour le second prototype plus abouti.

Nous procéderons à plusieurs séries de tests, en intégrant progressivement des éléments de traduction.

Exemple : supposons une cessation d'activité d'une ICPE. Un état des lieux du sol doit être réalisé. Le joueur peut demander des devis. Il en reçoit trois avec des tarifs échelonnés. Le choix d'une étude plus approfondie lui donnera accès à une information plus précise. Nous préparerons des descriptions synthétiques de ces devis, et simulerons les données produites.

Nous avons utilisé un cas tiré et adapté de l'étude RECORD lors de Polival 1 pour faire réagir notre panel d'experts. Nous pourrions reprendre l'un de ces cas, en adoptant cette fois -ci le point de vue d'un MO : il dispose d'un budget et tente de mener à bien la gestion du site en faisant des choix à partir de données macroscopiques.

Ces données seront issues par exemple d'une interaction avec un acteur, ou d'un outil ou base de données supposé disponible.

eOde a déjà mis en scène un scénario de ce type (dans un contexte plus technique lié à l'optimisation de programmes d'investigation). Phimeca pourra utiliser comme source d'inspiration les exercices de gestion de crise observés à l'ASNR.

### Étape 2 : Traduction du risque pour la gestion

L'importance de la terminologie et des représentations graphiques des risques, opportunités, incertitudes, aléa... a été mentionnée avec insistance.

Il existe un corpus important de travaux sur le sujet, mais plutôt dans une sphère technico-scientifique.

Nous élaborerons et testerons des traductions spécifiquement adaptées à nos utilisateurs (MO sachants et non-sachants) en nous inspirant de ces travaux, mais aussi de représentations en usage dans des contextes analogues. Notre stratégie est davantage d'adapter nos langages textuels et graphiques aux pratiques ayant cours, plutôt que de chercher à les bouleverser.

Dès le début du projet Polival 1, nous avons établi qu'essayer greffer l'incertitude et le risque en les nommant ainsi était perdu d'avance.

Par exemple, nous avons observé qu'un vocable comme « sécurisation d'un projet » est bien reçu par les MO, or il n'apparaît pas dans la littérature scientifique sur le sujet (articles et guides techniques).

Nous commencerons par une recherche par accumulation afin de constituer un catalogue de termes et représentations graphiques.

Nous les organiserons selon leurs connotations et les « mondes » dans lesquels ils sont usités (celui des MO, des BE, d'autres disciplines, etc.).

### Étape 3 : Prototype interactif informatique

Nous développerons une interface informatique permettant de jouer le scénario créé à l'étape 1 de façon automatique.

Nous intégrerons les éléments de traduction issus de l'étape 2.

Ce prototype pourra avoir une apparence inspirée de celle de la maquette présentée à la fin de Polival 1.

Néanmoins, il ne s'agit pas encore d'un outil permettant de traiter un projet donné : nous en resterons encore à la mise en scène interactive d'un scénario préétabli.

Dans cette étape nous commencerons à tester des modes d'interaction avec les données, et à réfléchir à l'expérience utilisateur.

#### Étape 4 : Mieux connaître notre cible

Nous recruterons un panel plus large de MO sachants et non-sachants.

Nous leur proposerons un questionnaire bref leur soumettant une série de choix en lien avec la gestion des risques.

Nous analyserons quantitativement les résultats pour évaluer l'homogénéité (ou l'hétérogénéité de notre population cible).

Ce faisant, nous pourrions tester la pertinence des éléments de traduction constitués à l'étape 2.

Les questions seront pour partie issues du prototype de l'étape 3.

#### Étape 5 : Prototype fonctionnel

Partant du prototype de l'étape 3, nous développerons un produit minimum viable (*minimum viable product*, MVP), c'est-à-dire un outil ayant un intérêt pratique (même restreint, par exemple gagner un peu de temps, ou donner une vision synthétique) applicable à une classe de véritables projets.

#### Étape 6 : Valorisation

Nous consignerons le processus d'élaboration dans un rapport, et le communiquerons dans au moins une conférence.

Tableau 1 Détails de la première étape du plan d'action (Polival 2) : élaboration d'un prototype fonctionnel.

Intitulé	Description	Durée
1. Conception papier (« jeu de rôle » — tester le scénario type, le « workflow », de gestion)	<p>Décrire/scénariser une séquence de prises de décision :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reprendre par exemple l'un des scénarios de l'atelier Polival 1</li> <li>- Succession de choix avec des données disponibles</li> <li>- Les actions modifient le résultat</li> <li>- On pourrait en tirer un atelier avec un petit pool d'acteurs SSP</li> <li>- On pourrait en tirer un support de communication narratif (une BD ?!).</li> </ul>	2 mois
2. Traduire le risque pour le donner à gérer (langages, et mode de représentation)	<p>Adopter pragmatiquement un langage (mots et graphiques) « satisfaisant » :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- S'inspirer d'autres contextes (p.ex. IPCC <a href="https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2021/02/Risk-guidance-FINAL_15Feb2021.pdf">https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2021/02/Risk-guidance-FINAL_15Feb2021.pdf</a>, ou domaine financier <a href="https://www.amf-france.org/fr/document-dinformatons-cles-comprendre-linformation-sur-le-risque-du-placement">https://www.amf-france.org/fr/document-dinformatons-cles-comprendre-linformation-sur-le-risque-du-placement</a>) → étude biblio, interviews</li> <li>- Élaborer une terminologie et un langage graphique pour parler de l'incertitude, des risques, des opportunités, etc.</li> <li>- Le but <i>n'est pas</i> de mener une énième recherche sur le sujet.</li> </ul>	2 mois
3. Prototype 01 (« jeu vidéo » — tester les modes d'interaction)	<p>Version informatique interactive du scénario papier :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Simulation numérique des aléas.</li> <li>- On peut rejouer pour améliorer son score.</li> <li>- Les données et calculs sont simulés simplement.</li> <li>- Juste assez complexe pour induire un peu de réalisme.</li> <li>- Test par des MO/BE.</li> </ul>	2 mois
4. Enquête quantitative	<p>Analyser la population des MO avec un questionnaire testant leur façon d'appréhender le risque :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Questionnaire à la « Investir comporte des risques » : Les publicités pour des produits financiers portent la mention « Investir comporte des risques de perte de capital » (<a href="https://blog.yomoni.fr/idees-recues-investissement/">https://blog.yomoni.fr/idees-recues-investissement/</a>). Les nouveaux clients - souscrivant une assurance vie ou autre - doivent répondre à un questionnaire pour évaluer leur connaissance des produits financiers.</li> <li>- En supposant une liste de participants potentiels, et en s'inspirant du scénario du prototype 01.</li> <li>- Analyse des résultats avec une Analyse en composantes principales (ACP).</li> <li>- But : dégager des archétypes.</li> </ul>	2 mois
5. Prototype 02 (tester l'intérêt pratique immédiat de l'outil)	<p>Développer un prototype utilisable pour des « vrais projets » :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Formaliser les besoins, profils d'utilisateurs, des spécifications techniques</li> <li>- Conception</li> <li>- Développement V0</li> <li>- Test alpha avec MO/BE</li> <li>- Développement V1</li> <li>- Debuggage</li> <li>- Doc</li> <li>- Test beta avec MO/BE</li> <li>- Améliorations</li> </ul>	7 mois
6. Valorisation	<p>Rapport de synthèse Une communication en conférence</p>	3 mois

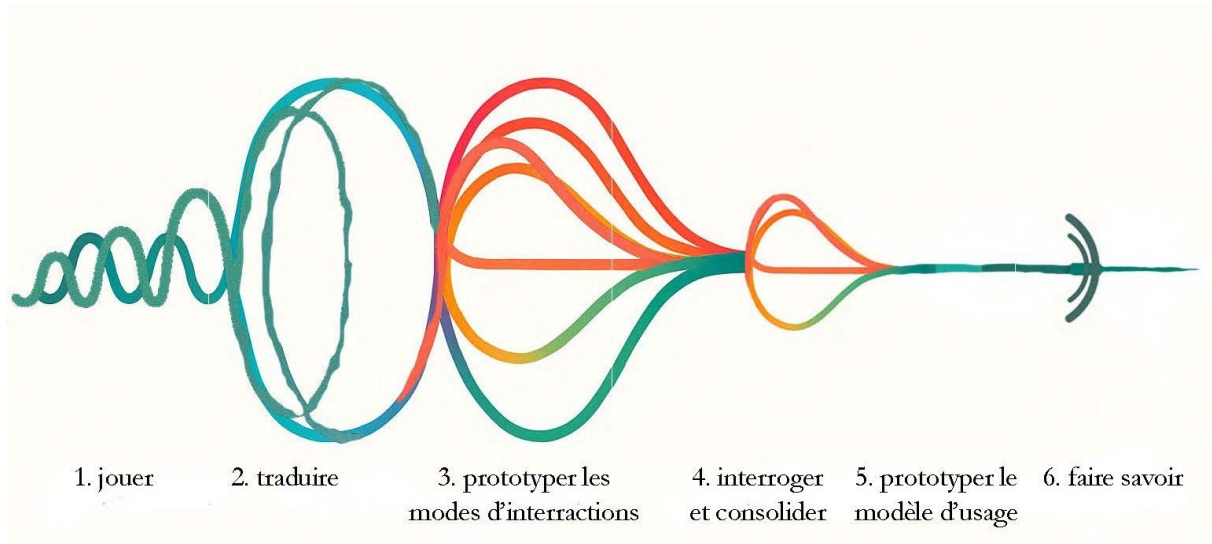


Figure 8 Illustration du déroulement de la première étape du plan d'action (Polival 2) : élaboration d'un prototype.

## **2. Construction de l'outil définitif, mise en ligne et communication (durée estimée : 18 mois)**

La deuxième étape consistera à développer l'application informatique complète, à organiser son hébergement, et à assurer sa diffusion et son utilisation par une campagne de communication ciblée. Le programme de travail pour aboutir à ce résultat ne pourra être précisé qu'en fin de projet Polival 2.

## Liste des figures

Figure 1 Illustration des phases d'abord divergentes puis convergentes du design thinking (Rolf Faste, directeur à l'université de Stanford).....	8
Figure 2 Infographie qui synthétise les résultats de l'enquête sur les SSP effectuée dans le cadre du projet entre mai et juin 2024.....	29
Figure 3 Les trois types de situation pouvant s'accompagner d'une gestion de SSP étudiées dans l'atelier d'experts. ....	35
Figure 4 Exemple interactif ( <a href="https://showroom.phimeca.com/decision_map/">https://showroom.phimeca.com/decision_map/</a> ) de transition d'une carte d'estimation de probabilité de dépassement de seuil à une carte d'aide à la décision s'appuyant sur le concept de significativité statistique et de curseur pour tester la robustesse des décisions vis-à-vis des paramètres du modèle (Caillat et al. 2023).....	48
Figure 5 Méthode interactive Cartorisk pour trouver un aménagement compatible avec les risques sanitaires et les coûts de dépollution des terres excavées. ....	49
Figure 6 Vue du tableau de bord à l'issue de la troisième étape (Diagnostic). Se référer au fichier de la maquette pour le détail des interactions. ....	55
Figure 7 Vue du tableau de bord à l'issue de la cinquième étape (Plan de gestion). Les jauges circulaires d'« Incertitude » et de « Progression globale » ont progressé depuis la troisième étape. À chacune des étapes 3, 4 et 5 est associée une jauge linéaire de niveau de confiance Se référer au fichier de la maquette pour le détail des interactions. ....	55
Figure 8 Illustration du déroulement de la première étape du plan d'action (Polival 2) : élaboration d'un prototype. ....	67
Figure 9 Exemple de niveaux de confiance comme illustré dans la maquette. Se référer au fichier de la maquette pour le détail des interactions. ....	78
Figure 10 Exemple de représentation des risques sanitaires et environnementaux à la manière d'un score dans la maquette. Se référer au fichier de la maquette pour le détail des interactions. ....	79
Figure 11 Exemple de représentation de l'avancement global du projet ainsi que des risques financiers et temporels. Se référer au fichier de la maquette pour le détail des interactions. ....	80
Figure 12 Exemple de fenêtre de dialogue ouverte par le bouton action du tableau de bord de la maquette pour une décision à prendre par le MO aidé de ses prestataires. Se référer au fichier de la maquette pour le détail des interactions. ....	81
Figure 13 Carte mentale établie au début du montage du projet afin de présenter nos premières réflexions à Charlotte Le Gavrian.....	82

## Liste des tableaux

Tableau 1 Détails de la première étape du plan d'action (Polival 2) : élaboration d'un prototype fonctionnel. ....	66
--	----

## Bibliographie

- Akrich, Madeleine, Michel Callon, et Bruno Latour. 2006. *Sociologie de la traduction: textes fondateurs*. Presses des MINES.
- Beck, Ulrich. 2008. *La société du risque, Sur la voie d'une autre modernité*. Flammarion.
- Ben Saad, Emma, Patrick Viallanex, et Pierre Palencher. 2023. « La CSRD on le défi de la double matérialité pour les entreprises ». *Havard Business Review France*. <https://www.hbrfrance.fr/strategie/reporting-esg-et-evaluation-de-la-materialite-un-nouveau-defi-60382>.
- Blusseau, Boursiez, Cimolino, Croze, Hirrien, Kaskassian, Lambert, Latron, et Vircondelet. 2016. « Pollution concentrée : définition, outils de caractérisation, et intégration dans la méthodologie nationale de gestion des sites pollués ». UPDS. <https://upds.org/collections/pollution-concentree-definition-outils-de-caracterisation-et-integration-dans-la-methodologie-nationale-de-gestion-des-sites-pollues-upds-2016/>.
- Bonneau, Georges-Pierre, Hans-Christian Hege, Chris R Johnson, Manuel M Oliveira, Kristin Potter, Penny Rbeingans, et Thomas Schultz. 2014. « Overview and state-of-the-art of uncertainty visualization ». *Scientific visualization: Uncertainty, multifield, biomedical, and scalable visualization*, 3-27.
- Burniat, Mathieu, et Marc-André Sélosse. 2021. *Sous terre*. Dargaud.
- Caillat, Maéva, Valentin Pibernus, Sylvain Girard, Mathieu Ribatet, Patrick Armand, et Christophe Duchenne. 2023. « Adaptive probabilistic modeling to support decision-making in the event of accidental atmospheric releases ». *Atmospheric Environment*, 119865. <https://sylvaingirard.net/pdf/caillat23-adaptive-modeling-decision.pdf>.
- Chesbrough, Henry. 2019. *Open innovation results: Going beyond the hype and getting down to business*. Oxford University Press.
- Chilès, Jean-Paul, Hélène Demougeot-Renard, Michel Garcia, Nicolas Jeannée, Gaëlle Le Loc'h, et Jean-Jacques Péraudin. 2005. « Géostatistique appliquée aux sites et sols pollués – Manuel méthodologique et exemples d'applications ». Ineris & ADEME. [http://geosipol.org/wp-content/uploads/2013/02/GeoSiPol\\_Manuel\\_MethodologiqueJuin06-2-2.pdf](http://geosipol.org/wp-content/uploads/2013/02/GeoSiPol_Manuel_MethodologiqueJuin06-2-2.pdf).
- Constable, Giff. 2014. *Talking to humans*. <https://www.talkingtohumans.com/>.
- « CSRD ». 2023. [https://finance.ec.europa.eu/regulation-and-supervision/financial-services-legislation/implementing-and-delegated-acts/corporate-sustainability-reporting-directive\\_en](https://finance.ec.europa.eu/regulation-and-supervision/financial-services-legislation/implementing-and-delegated-acts/corporate-sustainability-reporting-directive_en).
- d'Hotelans, Raoul, Guillaume Masselot, Sophie Favéreaux, Aurore Rouby, Hubert Léprond, Mabeut Emélie, Badreddine Rabia, et al. 2023. « Guide du donneur d'ordre dans le domaine des sites et sols pollués ». Ministère de la transition écologique et de la transition des territoires. [https://ssp-infoterre.brgm.fr/sites/default/files/documents/2023-12/Guide\\_du\\_Donneur\\_Ordre\\_septembre\\_2023.pdf](https://ssp-infoterre.brgm.fr/sites/default/files/documents/2023-12/Guide_du_Donneur_Ordre_septembre_2023.pdf).
- Daoudal, Marie. 2023. « Le mot du jour. Face à la Chine, l'UE prône la stratégie bien pratique de l'atténuation des risques ». *Courrier International*. <https://www.courrierinternational.com/article/le-mot-du-jour-face-a-la-chine-l-ue-prone-la-strategie-bien-pratique-de-l-attenuation-des-risques>.
- Demougeot-Renard, Hélène. 2004. *De la reconnaissance à la réhabilitation des sols industriels pollués: estimations géostatistiques pour une optimisation multicritère. Vol. 1*. vdf Hochschulverlag AG.
- Demougeot-Renard, Hélène, Véronique Croze, Claire Fauchoux, David Pitaval, et Baptiste Sauvaget. 2024. « CARTORISK 2 – Enrichissement de La Méthode de Cartographie Géostatistique Des Risques Sanitaires Pour La Reconversion Des Friches – Rapport Final ». ADEME.
- Demougeot-Renard, Hélène, Véronique Croze, Claire Fauchoux, David Pitaval, et Sylvie Traverse. 2016. « CARTORISK – Spatialisation Géostatistique Des Risques Sanitaires – Etude Méthodologique et Conditions de Mise En Oeuvre Opérationnelle – Rapport Final ». ADEME.
- Desnoyers, Yvon. 2010. « Approche méthodologique pour la caractérisation géostatistique des contaminations radiologiques dans les installations nucléaires ». Thèse de doctorat, École Nationale Supérieure des Mines de Paris.
- Epstein, Aude-Solveig. 2023. « Le droit économique de l'environnement: acteurs et méthodes ». Éditeur Éditions Mare & Martin.
- Girard, Sylvain, Patrick Armand, Christophe Duchenne, et Thierry Yalamas. 2020. « Stochastic perturbations and dimension reduction for modelling uncertainty of atmospheric dispersion simulations ». *Atmospheric Environment*, 117313. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117313>.
- Guyonnet, Dominique, D. Dubois, Chantal de Fouquet, J.-P. Ghestem, Hubert Léprond, O. Atteia, et J. M. Côme. 2019. « Prise en compte des notions d'incertitude dans la gestion des sites et sols pollués ». ADEME. <https://bibliothec.ademe.fr/sols-pollues/1761-prise-en-compte-des-notions-d-incertitude-dans-la-gestion-des-sites-et-sols-pollues.html>.
- IDEO. 2025. « IDEO: what is design thinking? » <https://designthinking.ideo.com/>.
- Jeannée, Nicolas. 2001. « Caractérisation géostatistique de pollutions industrielles de sols: cas des hydrocarbures aromatiques polycycliques sur d'anciens sites de cokeries ». Thèse de doctorat, École Nationale Supérieure des Mines de Paris.
- Jeannée, Nicolas, et Hélène Demougeot-Renard. 2016. « Méthodes d'estimation et d'optimisation des quantités de terres polluées à traiter. Retour d'expérience sur la validité des estimations à partir de données réelles ». *Geovariances, eOde*. <https://record-net.org/rapports/en-savoir-plus/188>.
- Jeannée, Nicolas, Claire Fauchoux, Hélène Demougeot-Renard, et S. Belbeze. 2013. « Retour d'expérience critique sur l'utilisation de méthodes géostatistiques pour la caractérisation des sites et sols pollués ». *Geovariances, eOde & ANTEA*. <https://record-net.org/rapports/en-savoir-plus/18>.
- Latour, Bruno et al. 2012. *Enquête sur les modes d'existence: une anthropologie des modernes*. La découverte Paris.
- Laurent, Éloi. 2018. *L'impasse collaborative: pour une véritable économie de la coopération*. Éditions Les liens qui libèrent.
- Lion, F., S. Colombano, N. Aubert, et G. Boissard. 2016. « Définir une stratégie de dépollution : Approche basée sur la masse de polluant et la capacité de relargage d'une pollution ». BRGM. <http://infoterre.brgm.fr/rapports/RP-64350-FR.pdf>.
- Mallet, Vivien, Anne Tilloy, David Poulet, Sylvain Girard, et Fabien Brocheton. 2018. « Meta-modeling of ADMS-Urban by dimension reduction and emulation ». *Atmospheric Environment* 184: 37-46. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2018.04.009>.
- Ministère de l'environnement, de l'énergie et de la mer. 2017. « Guide méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués ». Gouvernement Français.
- Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires. 2023a. *Guide du donneur d'ordre dans le domaine des sites et sols pollués*. Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires.
- Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires. 2023b. « Zéro Artificialisation nette (ZAN). Guide synthétique ». <https://artificialisation.developpement-durable.gouv.fr/guide-synthetique-zan>.

- Nègre, Anne-Louise. 2021. « Héritage et fermeture. Une écologie du démantèlement: Emmanuel Bonnet, Diego Landivar et Alexandre Monnin ». DARD/DARD, 149-49.
- Nonaka, Ikujiro, et Hirotaka Takeuchi. 1995. *The knowledge-creating company: How Japanese companies create the dynamics of innovation*. Oxford university press.
- . 2019. *The wise company: How companies create continuous innovation*. Oxford University Press.
- Padilla, Lacey M. K., Maia Powell, Matthew Kay, et Jessica Hullman. 2021. « Uncertain About Uncertainty: How Qualitative Expressions of Forecaster Confidence Impact Decision-Making With Uncertainty Visualizations ». *Frontiers in Psychology* 11 (janvier). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.579267>.
- Périllat, Raphaël, Claire-Eléuthériane Gerrer, Sylvain Girard, David Pitaval, et Juliette Chastanet. 2022. « Accounting for uncertainties in the simulation of soil pollution by metamodeling ». Poster LAMG 2022.
- Périllat, Raphaël, Sylvain Girard, et Irène Korsakissok. 2020. « Solutions rapides pour la prévision des risques de pollution atmosphérique ». In *Lambda Mu* 22. IMdR. <https://sylvaingirard.net/pdf/talk/perillat20-lambdamu21.pdf>.
- Périllat, Raphaël, Sylvain Girard, Irène Korsakissok, et Emmanuel Quentric. 2021. « Emulators for the rapid prediction of consequences in case of nuclear hazards ». Poster at HARMO20.
- Polanyi, Michael. 1966. *The tacit dimension*. University of Chicago press.
- RECORD. 2013. *Retour d'expérience critique sur l'utilisation de méthodes géostatistiques pour la caractérisation des sites et sols pollués*. RECORD.
- RECORD. 2016. *Méthodes d'estimation et d'optimisation des quantités de terres polluées à traiter. Retour d'expérience sur la validité des estimations à partir de données réelles*.
- Shanks, Michael. 2013. « An Introduction to Design Thinking ». <https://www.web.stanford.edu/~msbanks/MichaelShanks/files/509554.pdf>.
- Schwaber, Ken, et Jeff Sutherland. 2011. « The scrum guide ». *Scrum Alliance* 21 (1).
- Serres, Michel. 1974. « Hermès III, la traduction ». Paris, éditions de Minuit, 269p.
- Takeuchi, Hirotaka, et Ikujiro Nonaka. 1986. « The new new product development game ». *Harvard business review* 64 (1): 137-46.
- UPDS. 2016. *Pollution concentrée - Définition, outils de caractérisation et intégration dans la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués*.

# **ANNEXES**

## Annexe 1 : Supports de l'atelier du 30.09.24

### Projet POLIVAL



Optimiser la prise de décision en contexte d'incertitude dans le domaine de la réhabilitation des sites et sols pollués et des friches urbaines et industrielles

Dans la continuité du GT incertitude initié par l'ADEME en 2021, le projet POLIVAL (2024 – 2025) vise à proposer des solutions pour améliorer la prise en compte de l'incertitude dans les différentes étapes du processus décisionnel de la réhabilitation des sites et sols pollués (SSP) et des friches. Cet atelier intervient dans la première phase du projet, où il s'agit de comprendre et analyser les chaînes de décision, les acteurs et leurs responsabilités, ainsi que les risques qu'ils encourrent.

### Atelier du 30 septembre 2024

9h30 – 17h00

ADEME, 155 bis Av. Pierre Brossolette, 92120 Montrouge

### PROGRAMME

#### MATIN – Consolider les processus décisionnels de la gestion des SSP

Durant le 1<sup>er</sup> semestre 2024, les partenaires du projet Polival ont mené une enquête auprès de professionnels de la gestion des SSP et du réaménagement pour mieux comprendre les mécanismes décisionnels conduisant à la réhabilitation de SSP, avec ou sans projet de construction, dans le cadre réglementaire en vigueur. Des interviews et un questionnaire ont permis de préciser les acteurs et leur rôle, leurs obligations et responsabilités, ainsi que les risques qu'ils prennent aux différentes étapes du processus de gestion de la pollution et de réaménagement du site. Les résultats tirés de l'enquête seront brièvement résumés en introduction à la journée.

Pour clôturer cette partie permettant de dresser un état des lieux du fonctionnement général de la gestion des SSP, les partenaires Polival souhaitent consolider les schémas décisionnels avec les participants à l'atelier.

Les partenaires proposeront des esquisses de schémas décisionnels, et demanderont aux participants de les ajuster en fonction de leurs retours d'expérience, pour qu'ils reflètent au mieux la réalité. Ils seront invités à définir le ou les 2 nœuds décisionnels décisifs, en termes d'acteurs, d'informations à disposition, d'évaluation de l'incertitude vs risque pour les parties prenantes, de livrables ... afin de les présenter à l'ensemble du groupe pour discussion.

#### PAUSE-REPAS

#### APRES-MIDI – Analyse de cas : comment aurait-on pu mieux faire ?

Bien que cela ne soit pas la généralité, les interviews ont révélé quelques situations dégradées de gestion des SSP, emblématiques des difficultés à prendre les décisions de manière éclairée. On observe dans ces cas des effets délétères, tels que des dépassements de budget, des retards de livraison, des pollutions résiduelles non prévues, avec parfois des procédures judiciaires à l'encontre des professionnels des SSP.

Les partenaires proposeront aux participants d'analyser deux cas fictifs, un site ICPE et un site non ICPE avec projet d'aménagement, construits à partir de cas réels (issus d'une étude Record!) dont la gestion de la pollution était parfaite. A partir d'un résumé des données techniques et d'un contexte fictif pour chacun des cas, nous demanderons aux participants de réfléchir de manière générale aux éléments-clés déterminant la réussite des projets et ce qui aurait pu être amélioré pour ces cas précis.

**Polival**  
Avis de 30 septembre 2024 - Melin  
Cotignac

### Consolider les processus décisionnels de la gestion des SSP

Les partenaires proposent 3 exigences de schémas décisionnels, et demandent aux participants de les ajuster en fonction de leurs retours d'expérience, pour qu'ils reflètent au mieux la réalité.

Les participants sont invités à définir le ou les 2 **neuds décisionnels** décisifs, en termes d'acteurs, d'informations à disposition, d'indication de l'incertitude et de risque pour les parties prenantes, de délégués... afin de les présenter à l'ensemble du groupe pour discussion.

**3 principales situations identifiées**

	Site ICPE	Site non ICPE
Sans projet d'aménagement	1	2
Avec projet d'aménagement	2	3

### RESPONSABILITÉS ET RISQUES PRIS PAR LE MO

Le MO est le principal responsable de la pollution, par application du principe « pollueur-payeur ».

- Ses responsabilités sont édictées dans la loi ALUR du 24.03.14 :
  - Répartition des responsabilités « en cascade » :
    - ◊ Pour une ICPE : dernier exploitant à l'origine de la pollution des sols ou tiers demandeur ou maître d'ouvrage à l'origine du projet de construction ou d'aménagement (à l'origine du chargement d'usage)
    - ◊ Pour les sols pollués par une autre origine : producteur des déchets à l'origine de la pollution des sols ou détenteur des déchets dont la fuite a contribué
    - ◊ Si non : propriétaire du terrain ou des déchets à l'origine de la pollution des sols en cas de régimes dérogatoires.
  - Notion de tiers demandeur : possibilité de transférer les responsabilités de tout ou partie de la réalisation d'une activité ICPE.
- Obligations générales ne dépendent pas de la situation :
  - Devoir de bonne foi (Art. 1104(1)2 du code civil)
  - Obligations d'information avant et pendant le déroulement du contrat (Art. 1113-1 du code civil)
- Risques en cas de mauvaise exécution des études et travaux de dépollution : contamination et frais en cas d'impédiment par rapport à la loi ICPE, de ventes du terrain, de risques ou d'opérations sensibles consécutives à posteriori.

**Polival**  
Avis de 30 septembre 2024 - Melin  
Cotignac

### RESPONSABILITÉS ET RISQUES PRIS PAR LES PROFESSIONNELS SSP

Répartition complexe en raison de la multiplicité des liens contractuels noués entre les acteurs

- Complexité accrue avec l'implication de plusieurs BE et Entreprises de dépollution + sur une longue période.
- Nécessité d'une analyse au cas par cas du contenu des contrats en cas de contentieux et de procédures judiciaires
- Obligations générales ne dépendent pas de la situation :
  - Devoir de bonne foi (Art. 1104(1)2 du code civil)
  - Obligations d'information avant et pendant le déroulement du contrat (Art. 1113-1 du code civil)
  - Obligations de conseils (recommandations, alertes sur contentieux et risques, dans l'état de l'art et le cadre légal en vigueur)
  - Obligation de mise en garde contre le risque exécution.
- Obligations spécifiques en cas de projet de construction suivant le régime dérogatoire (ICPE, MO, Entreprise de dépollution), Livraison des obligations et de mise en jeu des responsabilités varie en fonction de la nature des engagements pris (obligations de moyens/résultat)
- Risques en cas de manquement aux obligations :
  - Non conclusion de contrats, demande de réalisation du contrat, demande de dommages et intérêts...
  - Obligations patrimoniallement lourdes pour les entreprises de travaux de dépollution.

### RESPONSABILITÉS ET RISQUES PRIS PAR LES ENTREPRISES DE TRAVAUX DE DÉPOLLUTION

- Obligation de réaliser les travaux conformément aux termes du contrat
- Possible action du MO en cas de manquement à ces obligations (dommages et intérêts, violation du contrat...)
- Recommandations : rédiger précisément les missions
  - Décrire les travaux de dépollution à réaliser (nature des substances, ampleur latérale, profondeur...)
  - Prix (tarif ne pas, mise des 2)
  - Imposition indiquer ou noter (art. 1175 du Code civil)
  - Force majeure contractuelle ou pas (art. 1218 du Code civil)

### Gestion des alicés

Art. 1195 Code civil : Notion d'appréhension si un changement de circonstances imprévisibles lors de la conclusion du contrat rend l'exécution excessivement onéreuse pour une partie qui n'avait pas accepté d'en assumer le risque, celle-ci peut demander une renégociation du contrat à son cocontractant.

Art. 1135 Code civil : Notion de force majeure Il y a force majeure en matière contractuelle lorsque l'événement échappe au contrôle du débiteur, qui ne pouvait être raisonnablement prévu lors de la conclusion du contrat et dont les effets ne peuvent être évités par des mesures appropriées, empêche l'exécution de son obligation par le débiteur.

**Polival**  
Avis de 30 septembre 2024 - Melin  
Cotignac

### Brèches observées dans le processus SSP

La réalité : la complexité de l'analyse, manque de data, adaptation à la réalité des sites et des usages.

L'interprétation : la certification, la prise en compte des avis des Bureaux d'Etudes, la compréhension des implications du résultat des études.

La Procédure : ne faire comprendre, comprendre et être compris par des acteurs qui n'ont pas les mêmes compétences, cultures et usages.

Les coûts : la prise en compte de la pollution des Sites et Sols, un coût de mise en conformité ou un investissement.

La réalité : la question de la propriété, la pollution comme une variable de rentabilité d'un projet immobilier, ou un capital financier à maximiser / améliorer ?

La temporalité : le temps technique, le temps politique et social, le temps économique et bancaire.

### Principaux risques pris par les différents acteurs vis-à-vis de la pollution

- ◊ Concomitance incomplète et/ou ignorée de la pollution et des risques sanitaires associés pour l'usage envisagé, ou de la pollution résiduelle après travaux.
- ◊ Conception inappropriée du projet de dépollution, ou des mesures constructives, pour la pollution et les risques sanitaires associés à l'usage envisagé.
- ◊ Dépollution incomplète et/ou ignorée de site pour l'usage envisagé, risques sanitaires résiduels.
- ◊ Retards, coûts supplémentaires pour dépollution complète.
- ◊ Non respect de la loi.

**Situation 1**  
Site ICPE sans projet d'aménagement : cessation d'activité, audit, vente immobilière/société,...

Etats du site : ICPE SSP

Contraintes décrites ailleurs // brèches : Préf, MO, BE, MO, BE, MO, BE

Acteurs : Exploitant ICPE, Bureaux d'Etude, Services de l'Etat (DREAL), Entreprises de dépollution, Exploitant ICPE

Actions / Livrables : diagnostics, IM (ICPE), plan de gestion, plan de conception travaux, dimensionnement, travaux ass

Arbitrages : Etat de pollution, Risques sanitaires, Risques de contamination, Risques de non-conformité

Décision / Prise de Risque ? : neuds décisionnels

Autres acteurs impactés : riverains, ONG, syndicats travailleurs, agences notation ESG

**Situation 2**  
Site ICPE avec projet d'aménagement

Etats du site : ICPE SSP

Contraintes décrites ailleurs // brèches : Préf, MO, BE, MO, BE, MO, BE, MO, BE, MO, BE

Acteurs : Exploitant ICPE, Services de l'Etat (DREAL), Bureaux d'Etude, APO Etude, MO, BE, MO, BE, MO, BE, MO, BE

Actions / Livrables : diagnostics, IM (ICPE), plan de gestion, plan de conception travaux, dimensionnement, travaux ass, Construction Nouvelle exploitation

Arbitrages : Etat de pollution, Risques sanitaires, Risques de contamination, Risques de non-conformité

Décision / Prise de Risque ? : neuds décisionnels

Autres acteurs impactés : élus, riverains, ONG, Services juridiques, notaires, Services achats, Architectes, BTP, agences notation ESG

**Situation 3**  
Site non ICPE avec projet d'aménagement

Etats du site : Terrains dépollués et réaménagés, Terrains à dépolluer et réaménager, Terrains à dépolluer et réaménager

Contraintes décrites ailleurs // brèches : Préf, MO, BE, MO, BE, MO, BE, MO, BE, MO, BE, MO, BE

Acteurs : Services de l'Etat (DREAL), Bureaux d'Etude, Services de l'Etat (DREAL), MO, BE, MO, BE, MO, BE, MO, BE

Actions / Livrables : diagnostics, IM (ICPE), plan de gestion, plan de conception travaux, dimensionnement, travaux ass, Construction Nouvelle exploitation

Arbitrages : Préf, MO, BE, MO, BE, MO, BE, MO, BE, MO, BE, MO, BE

Décision / Prise de Risque ? : neuds décisionnels

Autres acteurs impactés : élus, riverains, banques, Services juridiques, notaires, Services achats, Architectes, BTP, agences notation ESG

Site E – Ancien atelier de créosotage – HAP – Excavation

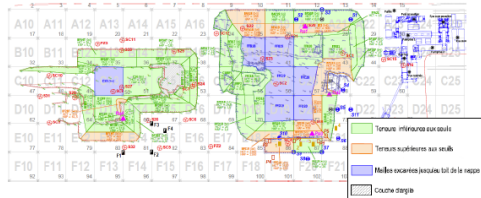


Figure 1 : Maillage et résultats d'analyses de contrôle en dépollution.

Caractéristiques générales	
Activité(s) à l'origine de la pollution	Site de fabrication d'appareils de voie (rails, aiguillages). Atelier de créosotage, cuves de fuel et créosote.
Période(s) et durée(s) d'activité	1918 – aujourd'hui (97 ans)
Surface du site (parcelle(s))	20 000 m <sup>2</sup>
Type(s) de substances justifiant une dépollution	Créosote (HAP) et hydrocarbures lourds (fuel lourd).
Gammes de concentrations par milieu atteint (sol, eau souterraine, eau surface, air intérieur, sédiments,...)	Les valeurs maximales relevées dans les sols atteignent, au droit des zones impactées : <ul style="list-style-type: none"> <li>HCT : 37 100 mg/kg<sub>sec</sub></li> <li>HAP : 14 053 mg/kg<sub>sec</sub> (somme des 15)</li> </ul>
Type(s) de terrains atteints par la pollution	<ul style="list-style-type: none"> <li>0-1,5 m : remblais anthropiques (limono-sableux, graviers, débris...)</li> <li>1,5-4 m : limons</li> <li>4-8 m : sables graveleux</li> <li>&gt;8m : argile / argile sableuse ou craie blanche altérée</li> </ul>
Caractéristiques de la (des) nappe (s) atteinte (s) par la pollution	Toit de l'aquifère régional (craie) rencontré à 9-10 m de profondeur. Plusieurs captages (eau potable, eau agricole) vulnérables à l'aval du site.
Occupation du site et de ses environs	Site encore en activité, présence d'installations.
Etudes et travaux réalisés sur le site pollué	
2007	20 sondages au carottier ou à la tarière au droit des installations potentiellement polluantes recensées et des zones d'impact observées. Profondeur investiguée : 3 à 14 mètres.

Etude RECORD n°14-0515/1A – Rapport final

82

2008	18 sondages à la tarière mécanique. Profondeur investiguée : 0 à 10 mètres.
2011	Diagnostic avant travaux, 40 sondages à la tarière selon un maillage de 15m x 15m avec prélèvement de sol tous les 50cm. Profondeur investiguée : 0 à 9 mètres. Mesure systématique COV au PID. Essais géotechniques sur les 1 <sup>er</sup> mètres.
2012	Dépollution

Caractéristiques de la dépollution	
Type(s) de dépollution	Sur site avec excavation.
Technique(s) de dépollution	Désorption thermique (14 mois).
Description détaillée des objectifs fixés à la dépollution	Seuils de dépollution à atteindre : <ul style="list-style-type: none"> <li>HAP : 50 mg/kg<sub>sec</sub></li> <li>Hydrocarbures totaux : 2500 mg/kg<sub>sec</sub></li> </ul>

Estimations des quantités et localisation de la pollution en diagnostic											
Type de méthode d'estimation utilisée	Déterministe + interpolation										
Méthode précise d'estimation	Estimation des mailles impactées en trois étapes suite au diagnostic avant travaux : <ul style="list-style-type: none"> <li>178 mailles non compatibles</li> <li>21 mailles supplémentaires issues des diagnostics précédents</li> <li>53 mailles supplémentaires suite à l'interpolation.</li> </ul> Au total, 252 mailles estimées « polluées ». Aucun détail n'est fourni concernant la méthode d'interpolation rapide utilisée par l'entreprise de travaux. Il est juste mentionné que : « L'objet de cette interpolation est de limiter, dans l'intérêt du projet, le risque d'excaver des mailles identifiées comme propre à tort (risque de faux positifs) et donc le risque de laisser en place des terres polluées. »										
Dimension											
Spécificités des données utilisées	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Nombre</td> <td>40 sondages, 720 analyses</td> </tr> <tr> <td>Types</td> <td>Analyse HCT (C10-C40) et 16 HAP.</td> </tr> <tr> <td>Support</td> <td>Tarière de 60 mm.</td> </tr> <tr> <td>Prélèvements homogènes</td> <td>50 cm.</td> </tr> <tr> <td>Répartition dans l'espace</td> <td>Maillage régulier 15m x 15m</td> </tr> </tbody> </table>	Nombre	40 sondages, 720 analyses	Types	Analyse HCT (C10-C40) et 16 HAP.	Support	Tarière de 60 mm.	Prélèvements homogènes	50 cm.	Répartition dans l'espace	Maillage régulier 15m x 15m
Nombre	40 sondages, 720 analyses										
Types	Analyse HCT (C10-C40) et 16 HAP.										
Support	Tarière de 60 mm.										
Prélèvements homogènes	50 cm.										
Répartition dans l'espace	Maillage régulier 15m x 15m										
Densité des données utilisées	1 donnée directe HCT et HAP pour 28 m <sup>2</sup> 1 donnée directe HCT et HAP pour 250 m <sup>3</sup>										
Données indirectes utilisées dans l'estimation ?	Non										

Etude RECORD n°14-0515/1A – Rapport final

83

Estimations des quantités et localisation de la pollution en dépollution	
Méthode d'estimation utilisée	Tests colonométriques, relevés organoleptiques et analyses de contrôle
Spécificités des données utilisées	En cas de doute sur l'interprétation du test (couleur grisâtre) ou en présence d'indice organoleptique faible, une analyse en laboratoire est effectuée. 31 analyses ont été réalisées dans ce cadre. Réalisation de fouilles à la pelle mécanique en bordure de la zone excavée afin de valider l'absence d'impacts résiduels. Traitement de quelques mailles complémentaires. 65 prélèvements en bord et fond de fouille d'échantillons composites (5 à 6 points par composite) par 200 m <sup>2</sup> pour analyse en laboratoire. Evaluation des impacts résiduels à proximité des fouilles sur base de sondages complémentaires.

Comparaison des estimations de diagnostic et résultats de dépollution			
Estimation globale (masses de polluants, volumes ou tonnages de terres par filière, etc...)	Diagnostic	Dépollution	
	Volume de terres à traiter : 25 648 m <sup>3</sup>	Volume de terres traitées : 32 919.70 m <sup>3</sup>	
Le volume traité représente 26% supplémentaires par rapport aux estimations réalisées en phase de diagnostic. Cet écart entre diagnostic et dépollution n'inclut cependant pas les impacts résiduels, liés à l'impossibilité de poursuivre localement certains terrassements : atteinte de la nappe, présence d'ouvrages et des infrastructures de dépollution. Bilan massique (l'état initial inclut les découvertes en phase travaux) :			
	Etat initial	Etat final	Bilan (% traités)
Volumes (m <sup>3</sup> )	38 120	5 200	86%
Tonnage (t)	68 616	5 360	86%
Concentration moyenne en HCT (mg/kgHS)	10 000	4 200	-
Tonnage HCT (t)	741	39	95%
Concentration moyenne en HAP (mg/kgHS)	2 600	1 300	-
Tonnage HAP (t)	178	13	93%
Les travaux ont donc permis le traitement de plus de 93% de la pollution présente initialement. Par contre, on note au final une sous-estimation de 32% du volume de terres polluées par rapport à la réalité du site.			
Estimation locale (localisation des zones les plus polluées)	Les principales découvertes de terres polluées en cours de travaux sont les suivantes : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Accumulation d'eau d'infiltration chargées en créosote dans des sables et graviers sur le toit d'une couche argileuse de quelques dizaines de mètres d'extension.</li> <li>• Impacts des terres sous une ancienne canalisation d'hydrocarbures à 1.5-2 m de profondeur.</li> </ul>		
Appréciation du donneur d'ordre sur ces résultats	Une sous-estimation de 26% du volume de terres à traiter est tout à fait significative pour un tel projet. Avec du recul, le donneur d'ordre pense qu'il aurait mieux valu		

Etude RECORD n°14-0515/1A – Rapport final 84

	privilégier un plus grand nombre de sondages, plus rapprochés, quitte à faire moins d'analyse par sondage (1 tous les 2 m ?). Les découvertes en dépollution ont eu lieu à la périphérie de la zone identifiée, ce qu'un maillage plus resserré aurait pu mieux appréhender. Une mauvaise classification des sols dans la zone centrale vers 3-6m a aussi été observée, probablement liée au mode d'interpolation (ponctuelle, 1 analyse valant pour la maille).
Appréciation du bureau d'étude de la société de dépollution sur ces résultats	N/A
Impacts des écarts éventuels	La principale conséquence de la sous-estimation de 26% est une augmentation du budget de dépollution, qui est passé de 3 à 4 millions. Cela a nécessité une renégociation avec les acheteurs afin de justifier le surcoût et donc des soucis administratifs. Le délai de réalisation de la dépollution n'ayant pas été contraignant sur ce projet, le temps supplémentaire requis pour traiter les 26% de terres supplémentaires n'a pas été particulièrement pénalisant.

**Avis d'expert sur les raisons des écarts ou similitudes observés entre estimations de diagnostic et résultats de dépollution**

Liste hiérarchisée des éléments pouvant expliquer les écarts ou la similitude des résultats	La qualité du diagnostic avant travaux (maillage régulier et prélèvement d'échantillons homogènes tous les 50 cm) laisse à penser que les causes d'écart peuvent être les suivantes : <ul style="list-style-type: none"> <li>• Existence d'impacts très localisés difficilement identifiables en phase de diagnostic, comme par exemple l'ancienne canalisation ;</li> <li>• Méthode d'interpolation ; cette dernière a été réalisée ponctuellement, sans prise en compte du changement de support entre échantillons ponctuels et maillage utilisé lors des excavations ;</li> <li>• Utilisation indépendante des résultats des différents diagnostics, les plus anciens ne servant qu'à rajouter localement des mailles impactées à l'estimation du volume à traiter.</li> </ul>
Suggestion d'amélioration des estimations (diagnostic/dépollution)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Envisager une meilleure intégration des données issues des différents diagnostics ;</li> <li>• Prendre en compte le changement de support lors de l'estimation des volumes impactés.</li> </ul>

**Références sur le site**

Références pour les sites sans contrainte de confidentialité, publications, etc.	<a href="http://basol.developpement-durable.gouv.fr/fiche.php?page=6&amp;index_sq=60.0095">http://basol.developpement-durable.gouv.fr/fiche.php?page=6&amp;index_sq=60.0095</a>
--	---

Etude RECORD n°14-0515/1A – Rapport final 85

Site N – Ancienne activité industrielle – Métaux et hydrocarbures – Excavation

Caractéristiques générales	
Activité(s) à l'origine de la pollution – Période(s) d'activité	Ancien négoci hydrocarbures, charbons, fabrique eau de javel, scienc, ferrailleurs
Surface du site (parcelle(s))	15600 m <sup>2</sup>
Type(s) de substances justifiant une dépollution	Métaux et hydrocarbures
Gammes de concentrations par milieu atteint (sol, eau souterraine, eau surface, air intérieur, sédiments,...)	As : 19-300 mg/kg, Cd : 1-42 mg/kg, Cr 6-1000 mg/kg, Cu 5-5000 mg/kg, Hg : 0.1-50 mg/kg, Pb 13-2000 mg/kg, HCT 21-4-7000 mg/kg
Type(s) de terrains atteints par la pollution	Remblais, d'une épaisseur moyenne de 3 m Terrains naturels (alluvions et craies) généralement exempts de pollution (métaux détectés très localement dans le toit des alluvions)
Caractéristiques de la (des) nappe (s) atteinte (s) par la pollution	Aucun impact significatif
Occupation du site et de ses environs	Urban-très sensible

Etudes et travaux réalisés sur le site pollué	
2004	Etude historique
2004	Investigation sols
2005	Diagnostic approfondi

Caractéristiques de la dépollution	
Type(s) de dépollution	Excavation des zones impactées et de l'ensemble des remblais.
Technique(s) de dépollution	Tri élimination vers filières ad hoc lors des opérations de gros œuvre et parois moulées
Description détaillée des objectifs fixés à la dépollution	VDSS/VCI et critères d'acceptation en CET1/2/3

**Estimations des quantités et localisation de la pollution en diagnostic**

Type de méthode d'estimation utilisée	Cartographie exhaustive du site en utilisant une méthode interne du BE : approche « base case / worst case »
Méthode précise d'estimation	Méthode considérée comme parmi les plus précises en raison de la densité de sondages. Maillage 10 x 10 m x 1 m avec analyse des remblais du site. Filère désigné selon concentration échantillon → Plan de base (Base case). Le « Worst case » est déterminé en supposant une mauvaise classification systématique de mailles en plus polluées → Plan défavorable (worst case).
Spécificités des données utilisées	3 campagnes d'échantillonnage : <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 29 sondages (maille 20x20 m) de 6 à 14 m de profondeur + 4 piézomètres (9 m de profondeur)</li> <li>2. À l'intérieur des anciens bâtiments (7 de 14 m) + sondages supplémentaires (10 de 14 m)</li> <li>3. Sondages plus denses avant travaux de dépollution (maille</li> </ol>

Etude RECORD n°14-0515/1A – Rapport final 121

10x10 m, 120 sondages de 5 m de profondeur	
Nombre	143 échantillons pour 1 et 2, maille lâche, évaluation générale et profonde 720 pour 3, maille serrée, focalisée remblais.
Types	Carotier HSA pour 1 et 2, carotier gauge pour 3
Support	1 et 2 : sondage à support orienté géologique le épaisseur non constante d'échantillons. 3 est, en moyenne par sondage.
Répartition dans l'espace	3 : 120 sondages, 720 échantillons. Composites métriques.
	Volumes à excaver pour futur parking : 79 200 m <sup>3</sup> / 143 700 t <ul style="list-style-type: none"> <li>- Béton : 2 640 m<sup>3</sup> / 5 800 t</li> <li>- Mailles &lt; VDSS : 59 640 m<sup>3</sup> / 107 400 t</li> <li>- Mailles ≥ VDSS : 10 380 m<sup>3</sup> / 18 700 t</li> <li>- Mailles ≥ VCI : 6 540 m<sup>3</sup> / 11 800 t</li> </ul> Incertitude des volumes prioritaires estimée à 40 %, correspondant à l'écart entre le scénario probable (base case) et le pire (worst case).
Données indirectes utilisées dans l'estimation ?	Oui : logs géologiques = base des remblais à excaver et PID.

**Estimations des quantités et localisation de la pollution en dépollution**

Méthode d'estimation utilisée	Contrôles fond de fouille
Spécificités des données utilisées	Scénario d'excavation complexe avec des parois moulées, des parois profilées, des zones d'extension. En bref c'est dépollu au fil de la construction du nouveau bâtiment.  Scénario de dépollution : <ul style="list-style-type: none"> <li>• excavation des sols jusqu'à la cote 21,25 m sur la partie parkings</li> <li>• excavation des remblais en place jusqu'à la cote 28 m NGF en dehors de la zone parkings (certaines mailles jusqu'à la cote 27 m en fonction des observations)</li> </ul> Fond de fouille, 1 échantillon par maille 20x20 m à partir de 5 prélèvements ponctuels (tanère à main) pour les métaux et un prélèvement au centre pour les composés organiques

**Comparaison des estimations de diagnostic et résultats de dépollution**

Estimation globale (masses de polluants, volumes ou tonnages de terres par filière, etc...)	Les volumes totaux diagnostiqués et dépollués sont repris ci-dessous.				
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Diagnostic (m<sup>3</sup>)</th> <th>Dépollution</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>101 324 m<sup>3</sup></td> <td>80 370 m<sup>3</sup></td> </tr> </tbody> </table>	Diagnostic (m <sup>3</sup> )	Dépollution	101 324 m <sup>3</sup>	80 370 m <sup>3</sup>
Diagnostic (m <sup>3</sup> )	Dépollution				
101 324 m <sup>3</sup>	80 370 m <sup>3</sup>				
Estimation locale (localisation des zones les plus polluées)	Non renseigné.				
Appréciation du donneur d'ordre sur ces résultats	Donneur d'ordre satisfait. Estimation sécuritaire ne s'éloignant que de 20 % de la réalité. Le BE en charge du projet devient un partenaire privilégié pour ce type d'opération.				

Etude RECORD n°14-0515/1A – Rapport final 122

Appréciation du bureau d'étude de la société de dépollution sur ces résultats	Sans commentaire particulier. Cas standard pour les pollutions de reblais sur ce type de site sensible.
Impacts des écarts éventuels	Sans impact.
<b>AVIS D'EXPERT SUR LES RAISON DES ÉCARTS OU SIMILITUDES OBSERVÉS ENTRE ESTIMATIONS DE DIAGNOSTIC ET RÉSULTATS DE DÉPOLLUTION</b>	
Liste hiérarchisée des éléments pouvant expliquer les écarts ou la similitude des résultats	<p>L'erreur d'estimation est significative (26% en surestimation) pour ce cas, relativement complexe mais bien investigué.</p> <p>L'estimation de diagnostic a été réalisée par une méthode empirique. En effet, pour ce type de reblais, le bureau d'étude privilégie une approche « minière » à forage systématique 10x10x1 sans interpolation mais avec des analyses de camions. Cette pratique pose néanmoins la question de la représentativité d'un échantillon ponctuel réalisé par maille dans des matériaux relativement hétérogènes !</p> <p>La caractérisation a été menée sur des échantillons d'1 m d'épaisseur, alors que l'épaisseur des mailles en dépollution était plutôt de l'ordre de 50 cm de façon à mieux cibler les niveaux contaminés. Il découle de cette approche un meilleur tri.</p>
Suggestion d'amélioration des estimations (diagnostic/dépollution)	Des investigations plus fines sur la verticale, combinées à une approche géostatistique, aurait pu permettre de préciser l'intérêt d'un tri fin des terres en amont des travaux.

Etude RECORD n°14-0515/1A – Rapport final

123

**Polival**  
Atelier du 30 septembre 2024 – Après 14h30

**Analyse de cas : comment aurait-on pu mieux faire ?**

Les partenaires proposent aux participants d'analyser deux cas fictifs, inspirés de cas étudiés dans l'étude Record 2015 : un site ICPE et un site non ICPE avec projet d'aménagement, construits à partir de cas réels dont la gestion de la pollution était perfectible.

Avec un résumé des données techniques et un contexte fictif pour chacun de ces cas, nous demandons aux participants de réfléchir du manière générale aux éléments-clés déterminant le réussite des projets et ce qui aurait pu être amélioré pour ces cas précis.

Pour aller un pas plus loin dans la compréhension des enjeux décisionnels, nous proposons de « jouer » acteurs / actrices ou les moments critiques de ce cas amélioré, en donnant aussi la parole aux acteurs secondaires mais déterminants pour l'amélioration (direction des achats, juristes, maîtres ...), en mettant en scène les informations ou arguments clés qui leur donneront les moyens de prendre une meilleure décision.

**5 groupes d'acteurs à retenir**

1. Les experts SSP/Bureaux d'Etudes.
2. Les experts SSP/les dépollueurs.
3. Les managers exploitants/maîtres.
4. Les managers exploitants/ouvriers.
5. Les services d'Etat, gestion des contraintes sociales et environnementales.

**Stratégie de négociation « win win » proposée**

La stratégie de la bienveillance, de Juliette Tournaud : s'engager avec un regard positif sur soi, l'autre et les autres vers la solution qui donne ses chances à chacun.

Si je cherche à améliorer ma situation, par réciprocité, je propose que l'autre cherche à améliorer sa situation.

Clairément chacune des parties doit pouvoir exprimer très clairement ce qu'elle veut pour elle, parce que c'est bon pour sa situation. Alors les parties sont libres d'inventer un type d'accord qui leur permet d'améliorer à chacune d'améliorer leur situation.

**Cas site E - étude Record 2015**

**Contexte (synopsis) :**  
Site ICPE d'une activité industrielle à proximité d'un site de dépôt agricole (matériaux divers et débris).

**ANNEE : Étude Record 2015**  
Type de pollution : déchets (dépollution) - H2, HAP  
Experte : la société d'ICPE (2015)  
Méthode de diagnostic : sondes (10x10x1) / analyse des échantillons par maille  
Méthode de dépollution : dépollution par maille

**ANALYSE :**  
L'erreur d'estimation est significative (26% en surestimation) pour ce cas, relativement complexe mais bien investigué. L'estimation de diagnostic a été réalisée par une méthode empirique. En effet, pour ce type de reblais, le bureau d'étude privilégie une approche « minière » à forage systématique 10x10x1 sans interpolation mais avec des analyses de camions. Cette pratique pose néanmoins la question de la représentativité d'un échantillon ponctuel réalisé par maille dans des matériaux relativement hétérogènes ! La caractérisation a été menée sur des échantillons d'1 m d'épaisseur, alors que l'épaisseur des mailles en dépollution était plutôt de l'ordre de 50 cm de façon à mieux cibler les niveaux contaminés. Il découle de cette approche un meilleur tri.

**CONCLUSIONS (projet) :**  
> Équilibre économique de la nouvelle activité mis en danger par le succès de la dépollution.  
> Une suspicion de mauvaise dépollution, dépollution au réels, alors que le nouveau usage du site est sensible.

**Acteurs :**  

- Experte ICPE
- Bureau d'étude
- Service d'Etat (DREAL)
- Exploitant dépollution
- Exploitant ICPE

**Portraits / Insights :**  

- Experte ICPE :** Méthode de diagnostic d'une activité industrielle à proximité d'un site de dépôt agricole. Méthode de dépollution : dépollution par maille.
- Bureau d'étude :** Appel d'offres et gestion des déchets. Méthode de diagnostic : sondes (10x10x1) / analyse des échantillons par maille.
- Service d'Etat (DREAL) :** Appel d'offres et gestion des déchets. Méthode de diagnostic : sondes (10x10x1) / analyse des échantillons par maille.
- Exploitant dépollution :** Appel d'offres et gestion des déchets. Méthode de diagnostic : sondes (10x10x1) / analyse des échantillons par maille.
- Exploitant ICPE :** Appel d'offres et gestion des déchets. Méthode de diagnostic : sondes (10x10x1) / analyse des échantillons par maille.

**Contraintes décidées ailleurs :**  

- Autres acteurs impactés / impactants.

**Les 4 enjeux :**  

- 1- Bienveillance
- 2- Réciprocité
- 3- Clarté
- 4- Liberté d'innover

**4. Liste des risques perçus vs les intérêts, besoins par les différents acteurs agissant directement ou indirectement sur le cas :**  

- a. Intérêts, négociation / les arguments, les informations
- b. Incitations ou sanctions de être prises, par qui, quand
- c. et/ou / l'existence d'un accord préalable



## Annexe 2 : Détails de conception de la maquette présentée le 30.04.25

Pour la conception de la maquette de l'outil testée sur un quelques acteurs SSP en visioconférence du 30.04.25, un certain nombre de partis-pris ont été faits. Ces partis-pris regroupent des choix conceptuels sur la méthodologie en général ou sur des formats de restitution/traduction de l'information à l'utilisateur.

Le premier était de centrer l'outil autour du tableau de bord à destination du MO et de l'orienter de façon à guider l'utilisateur dans les choix à réaliser et les informations à prendre en compte pour ces choix.

Il a été choisi qu'au départ de l'étude, l'incertitude sur la pollution et sur les risques financiers, environnementaux et sanitaires qu'elle engendre étaient maximaux. Cette incertitude diminuerait alors à mesure que des investigations sont réalisées ou que des mesures de gestion/dépollution sont prises. Néanmoins et afin de présenter cela sous un coté plus positif, il fut choisi de parler de « niveaux de confiance » croissants plutôt que d'incertitude, comme illustré à la Figure 9. Ce niveau de confiance est représenté ici de façon quantitative sur une échelle de 0 à 100 et par étape de la méthodologie SSP (traduite pour guider les MO non-sachants) ou sous forme de diagrammes plus qualitatifs où l'incertitude globale du projet laisse place à la confiance à mesure de l'avancée des investigations et des travaux.

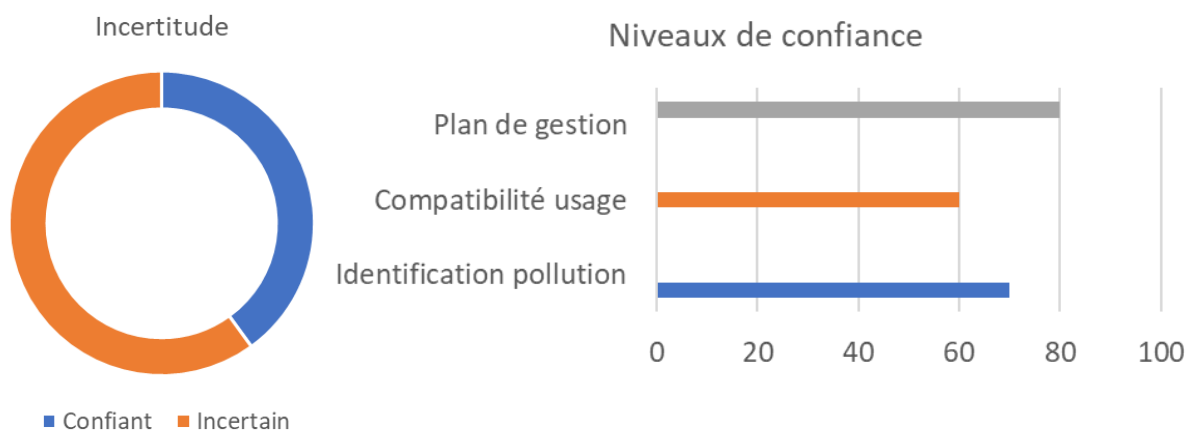


Figure 9 Exemple de niveaux de confiance comme illustré dans la maquette. Se référer au [fichier de la maquette](#) pour le détail des interactions.

Afin de rendre les incertitudes plus compréhensibles par les MO non- sachants, il a été choisi de les exprimer en termes concrets pour le projet. La première façon proposée fut celle d'un score à la manière du Nutriscore utilisé dans l'alimentation, mais pour indiquer ici les atteintes potentielles à l'environnement ou à la santé des usagers si d'autres mesures (d'investigation ou de gestion) ne sont pas prises. Ce score est illustré à la Figure 10, et est dégressif à mesure que les connaissances sur la pollution augmentent et que des mesures sont prises.

La seconde façon d'illustrer ces risques plus concrets est illustrée à la Figure 11. Elle comprend les risques financiers et temporels. Afin d'illustrer les risques financiers, un « worst case » est calculé à partir de la taille du site et en considérant une évacuation de la totalité des terres jusqu'à une profondeur donnée. Ce « worst case » est alors mis en relation avec le budget provisionné par le MO et les dépenses actuelles. A mesure que les investigations progressent et que des mesures de gestion sont prises, ce « worst case » évolue (logiquement en diminuant) et encourage ainsi aux investigations et à évaluer des filières de gestion plus optimales. Pour tenir compte des risques temporels, un calendrier simplifié est fourni et met en évidence les différentes étapes de la méthodologie SSP ainsi que la date prévue de fin du projet (ici la vente). Un diagramme fournissant la progression globale du projet évoluant au fil du temps et des étapes franchies est également fourni.



Figure 10 Exemple de représentation des risques sanitaires et environnementaux à la manière d'un score dans la maquette. Se référer au [fichier de la maquette](#) pour le détail des interactions.

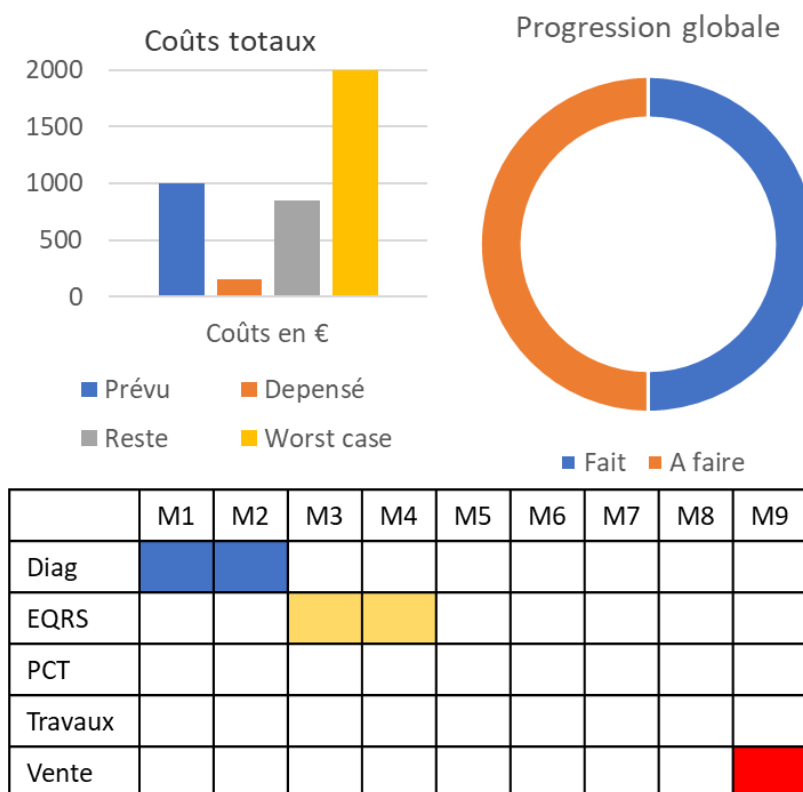


Figure 11 Exemple de représentation de l'avancement global du projet ainsi que des risques financiers et temporels. Se référer au [fichier de la maquette](#) pour le détail des interactions.

Afin d'aider à l'estimation des incertitudes, en plus des critères listés par le GT Incertitude comme pertinents, une appréciation plus qualitative des prestataires est prise en compte. Ce parti-pris a été ajouté afin de laisser un espace d'échange au sein de l'outil entre le MO et ses prestataires, où ceux-ci peuvent indiquer leurs réserves ou points de vue sur les méthodes mises en place ou sur les résultats. Ces commentaires pourront être accompagnés de recommandations ou de propositions de compléments à destination du MO. En plus de l'apport au calcul de l'incertitude, ces commentaires ont pour but de redonner de la place à l'expertise des prestataires.

Enfin la maquette, et plus généralement l'outil, est conçue pour mettre en évidence les décisions et prochaines étapes de la méthodologie SSP pour les MO non-sachants, au niveau du tableau de bord du projet. Un bouton « action » est disponible pour le MO, et lui ouvre une fenêtre de dialogue illustrée à la Figure 12. Cette fenêtre est présente pour rappeler les informations importantes à disposition du MO ainsi que les éléments de la décision à prendre. L'objectif de cela est d'accompagner les MO non-sachants dans le processus SSP et d'encourager les échanges avec les prestataires ainsi que de mettre en évidence que le processus peut être itératif. Ainsi, si les niveaux de confiance sont jugés faibles, l'outil peut

encourager le MO à envisager des investigations complémentaires ou d'autres mesures de gestion sur la base des conseils de ses prestataires.

**Décision à prendre : Le plan de gestion est-il validé ?**

**Options :**

Oui, je continue le processus vers le PCT.

Non, j'ai besoin de plus d'informations pour diminuer mes risques (ex : diagnostic complémentaire).

**Points à noter :**

- Le niveau de confiance de l'identification de la pollution et de la compatibilité avec l'usage est relativement faible.
- Des points du diagnostic de pollution sont identifiés comme améliorables (zone non étudiée)
- Une zone n'étant pas étudiée, des atteintes sanitaires ou environnementales sont possibles

Niveaux de confiance

Catégorie	Niveau de confiance (%)
Plan de gestion	80
Compatibilité usage	60
Identification pollution	70

Atteintes potentielles

- 4 Sanitaires
- 4 Environnement

PoLiVal eOde PHIMECA The responsible engineering

37

Figure 12 Exemple de fenêtre de dialogue ouverte par le bouton action du tableau de bord de la maquette pour une décision à prendre par le MO aidé de ses prestataires. Se référer au [fichier de la maquette](#) pour le détail des interactions.

# Annexe 3 : Carte mentale pour le montage du projet

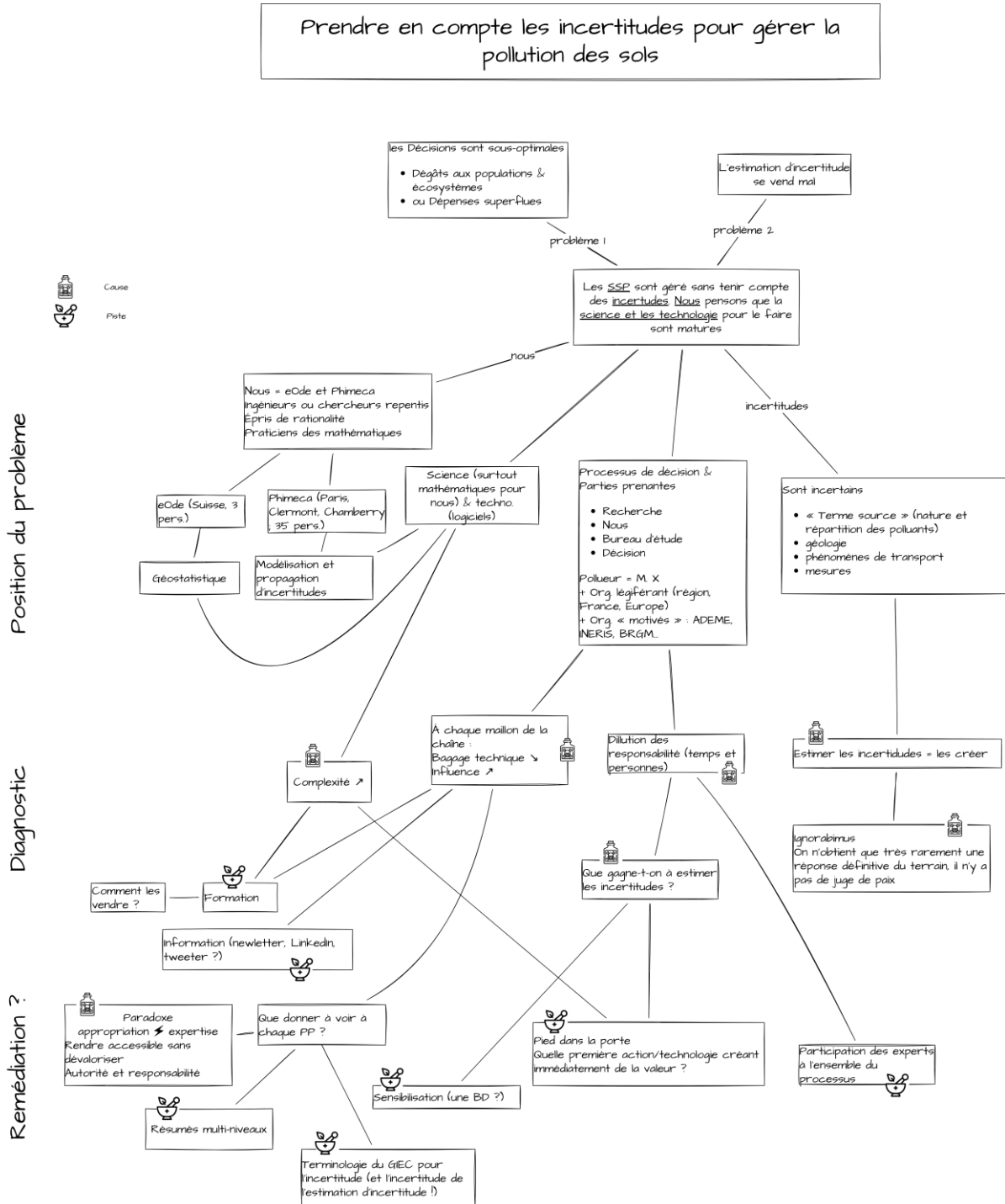


Figure 13 Carte mentale établie au début du montage du projet afin de présenter nos premières réflexions à Charlotte Le Garrian.