

NOTE TECHNIQUE

Différenciation scientifique des 11 outils GMEP

Analyse comparative vis-à-vis des solutions internationales

Version	4.0 — Juillet 2026
Statut	Document scientifique
Référence	GMEP-NT-004-v4.0

Sommaire

- 1 Méthodologie de comparaison scientifique
- 2 Focus PFAS et enjeux réglementaires
- 3 Outil n°1 — EQRS V7 Johnson & Ettinger
- 4 Outil n°2 — EQRS V31.05 + ECOTOX V8
- 5 Outil n°3 — TSN Nouvelle Génération
- 6 Outil n°4 — Rabattement V15.89
- 7 Outil n°5 — GMEP Piézomètres v2.9c
- 8 Outil n°6 — Schéma Conceptuel IEM + PG
- 9 Outil n°7 — Versions Historiques
- 10 Outil n°8 — EQRS V8 + Module HUMAIN
- 11 Outil n°9 — MSP GMEP V1
- 12 Outil n°10 — 3D_SSP
- 13 Outil n°11 — GMEP Suite Complète
- 14 Synthèse globale comparative
- 15 Positionnement scientifique — un outil de contrôle indépendant
- 16 Conclusion scientifique

1. Méthodologie de comparaison scientifique

La grille multicritères GMEP évalue les outils de gestion des sites et sols pollués selon six dimensions scientifiques fondamentales, couvrant l'ensemble du cycle d'évaluation quantitative des risques sanitaires (EQRS) et environnementaux.

Dimension	Description scientifique
Couverture réglementaire FR	Décrets, arrêtés ministériels et normes NF/ISO applicables aux sites et sols pollués, intégrés et mis à jour en continu
Substances intégrées	Base de données substances : VTR, Koc, DL50, BCF, propriétés PFAS (>2 500 substances)
Modélisation PFAS	Exposition multi-voies et bioaccumulation selon EFSA (2020) et Burkhard (2021)
Approche probabiliste	Simulation Monte-Carlo 10 000 itérations, distributions log-normales, IC 5 %-95 %
Automatisation rapport	Génération automatique du rapport d'EQRS conforme aux formats réglementaires en vigueur
Visualisation 3D	Cartographie et modélisation tridimensionnelle des sources de pollution, panaches et ouvrages (interpolation IDW, superposition sols/nappe/structures)

Le graphique ci-dessous synthétise la comparaison de GMEP avec des solutions internationales privées de référence (RISC5, États-Unis ; CLEA, Royaume-Uni ; CSOIL, Pays-Bas) selon ces six critères scientifiques, sur une échelle de 0 à 10.

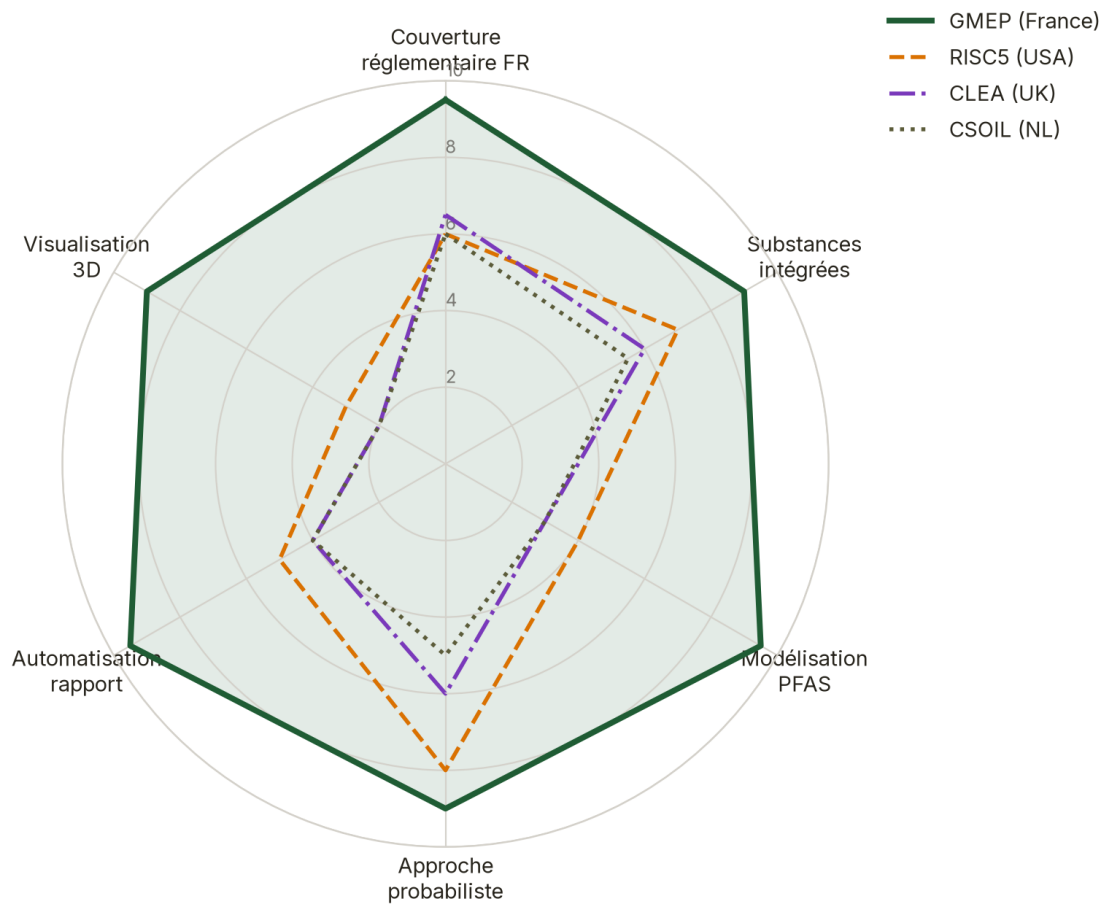
Comparatif scientifique — GMEP vs solutions internationales

Figure 1 — Comparatif scientifique GMEP vs solutions internationales privées (RISC5, CLEA, CSOIL) selon 6 critères scientifiques.

2. Focus PFAS et enjeux réglementaires

Les substances per- et polyfluoroalkylées (PFAS) représentent aujourd'hui l'un des enjeux les plus critiques pour l'évaluation des risques sur les sites pollués. Leur persistance environnementale exceptionnelle (« polluants éternels »), leur bioaccumulation dans les chaînes trophiques et leur toxicité à faible dose ont conduit à un renforcement réglementaire majeur au niveau européen et national.

A. Cadre réglementaire européen et national PFAS

- Directive 2020/2184/UE — Qualité des eaux destinées à la consommation humaine : fixe une limite de qualité de 0,10 µg/L pour la somme de 20 PFAS et 0,50 µg/L pour la somme totale des PFAS. Transposée en droit français par le décret n°2023-1408
- EFSA (2020) — Dose hebdomadaire tolérable (TWI) : avis scientifique du panel CONTAM (EFSA Journal 2020;18(9):6223) établissant une TWI de 4,4 ng/kg pc/semaine pour la somme de PFOS, PFOA, PFNA et PFHxS
- Décret n°2023-1408 du 29 décembre 2023 — Transposition nationale de la Directive 2020/2184, incluant les paramètres PFAS dans les analyses d'eau potable, applicable au 1er janvier 2026
- ECHA — Proposition de restriction PFAS (2023) : restriction de fabrication, d'utilisation et de mise sur le marché de l'ensemble des PFAS en Europe
- ANSES (2022) — Valeurs guides environnementales (VGE) pour les PFAS

B. Intégration PFAS dans GMEP

- Base VTR PFAS : PFOS, PFOA, PFNA, PFHxS, PFBS, HFPO-DA — sources EFSA, US-EPA IRIS, ANSES
- Paramètres de transfert : Koc, Kd, Kaw, BCF aquatique, BAF terrestre spécifiques PFAS
- Simulation Monte-Carlo avec distributions adaptées aux incertitudes toxicologiques PFAS
- Rapport EQRS intégrant les seuils réglementaires de la Directive 2020/2184 et la TWI EFSA (2020)

3. Outil n°1 — EQRS V7 Johnson & Ettinger

A. Description scientifique

L'outil EQRS V7 implémente le modèle de Johnson & Ettinger (1991) pour le calcul du flux de vapeurs de composés organiques volatils (COV) depuis un sol contaminé vers l'intérieur d'un bâtiment. Ce modèle constitue le standard international pour l'évaluation de la voie d'exposition par inhalation de vapeurs (VI).

B. Référentiels intégrés

- Johnson & Ettinger (1991) — Environ. Sci. Technol., 25(8), 1445-1452
- Circulaire du 8 février 2007 (MEDD) — Modalités de gestion et de réaménagement SSP
- ASTM E1739-95 — Risk-Based Corrective Action

C. Différenciation scientifique

Critère	GMEP EQRS V7	Solutions internationales
Substances	2 500+ substances, PFAS inclus	200-500 substances
Voies d'exposition	12 voies simultanées	4-8 voies
Rapport auto.	PDF conforme aux formats réglementaires en vigueur	Export tableur uniquement

D. Accès et déploiement

Accès : www.gmep-france.eu — interface SaaS 100 % web, aucune installation requise.

4. Outil n°2 — EQRS V31.05 + ECOTOX V8

A. Description scientifique

L'outil EQRS V31.05 constitue la version complète multi-milieux de l'évaluation quantitative des risques sanitaires, couplée au module ECOTOX V8 pour l'évaluation des risques écotoxicologiques. Cette combinaison permet une évaluation simultanée des risques pour la santé humaine et pour les écosystèmes.

B. Référentiels intégrés

- Norme NF X31-620 — Qualité du sol, prestations des sites et sols pollués
- Lignes directrices OCDE TG 207-222 — essais d'écotoxicité
- US-EPA Risk Assessment Guidance for Superfund (RAGS), Volumes I-III
- ANSES (2017) — Valeurs guides environnementales (VGE) pour les PFAS
- ECOTOX Database (US-EPA) — données de toxicité aquatique et terrestre

C. Différenciation scientifique

L'outil V31.05 intègre la modélisation complète de la chaîne trophique selon la méthodologie de Barnthouse (2003), incluant les facteurs de bioconcentration (BCF), de bioaccumulation (BAF) et de bioamplification (BMF) pour six niveaux trophiques.

D. Accès et déploiement

Accès : www.gmep-france.eu — interface SaaS 100 % web, aucune installation requise.

5. Outil n°3 — TSN Nouvelle Génération

A. Description scientifique

Le module TSN (Transfert Sol → Nappe → Captage) Nouvelle Génération implémente le modèle analytique de Domenico & Robbins (1985) pour la modélisation du panache de contamination dans les eaux souterraines. Ce modèle est une référence pour l'évaluation de la migration des polluants vers les captages AEP.

B. Référentiels intégrés

- Domenico & Robbins (1985) — Groundwater, 23(4), 476-485
- Arrêté du 19 juillet 2011 — SSP : modalités de gestion des sols pollués
- Circulaire MEDD du 8 février 2007 — Modalités de gestion SSP
- Carsel & Parrish (1988) — propriétés hydrodynamiques des sols

C. Différenciation scientifique

Le module TSN intègre 24 types de sols avec leurs paramètres hydrodynamiques spécifiques (K_h , n_e , α_L , α_T , R_d) déterminés selon les travaux de Carsel & Parrish (1988). Le graphique ci-dessous illustre l'atténuation des polluants et le facteur DAF.

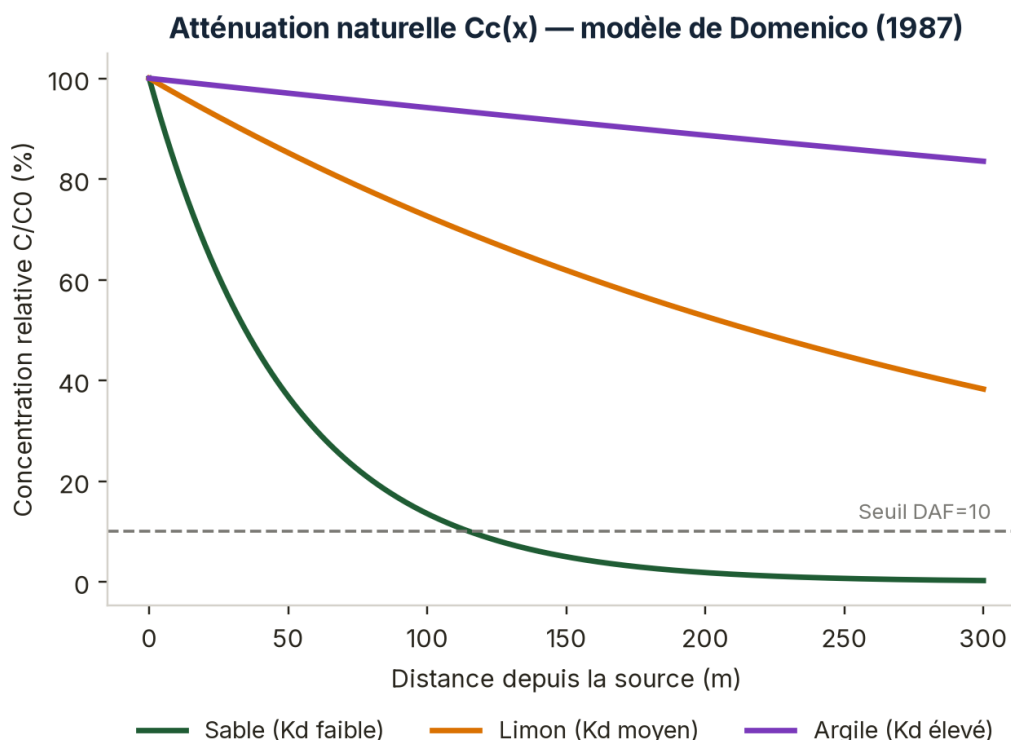


Figure 2 — Module TSN GMEP : atténuation des polluants (modèle de Domenico, 1987) et facteur DAF selon la lithologie (24 types de sol disponibles).

D. Accès et déploiement

Accès : www.gmep-france.eu — interface SaaS 100 % web, aucune installation requise.

6. Outil n°4 — Rabattement V15.89

A. Description scientifique

Le module Rabattement V15.89 implémente les modèles analytiques de Theis (1935) et Cooper-Jacob (1946) pour le calcul du rabattement de nappe autour d'un puits de pompage. Ces modèles constituent les références fondamentales de l'hydrogéologie quantitative, permettant de dimensionner les installations de pompage-traitement.

B. Référentiels intégrés

- Theis (1935) — Trans. Am. Geophys. Union, 16, 519-524
- Cooper & Jacob (1946) — Trans. Am. Geophys. Union, 27, 526-534
- Hantush (1955) — Extension aux aquifères à perméabilité verticale
- NF EN ISO 22475-1 — reconnaissance géotechnique

C. Différenciation scientifique

Le module produit la coupe lithologique multicouche du site et permet la superposition automatique de plusieurs puits de pompage selon le principe de superposition, avec export normalisé pour intégration dans un rapport hydrogéologique.

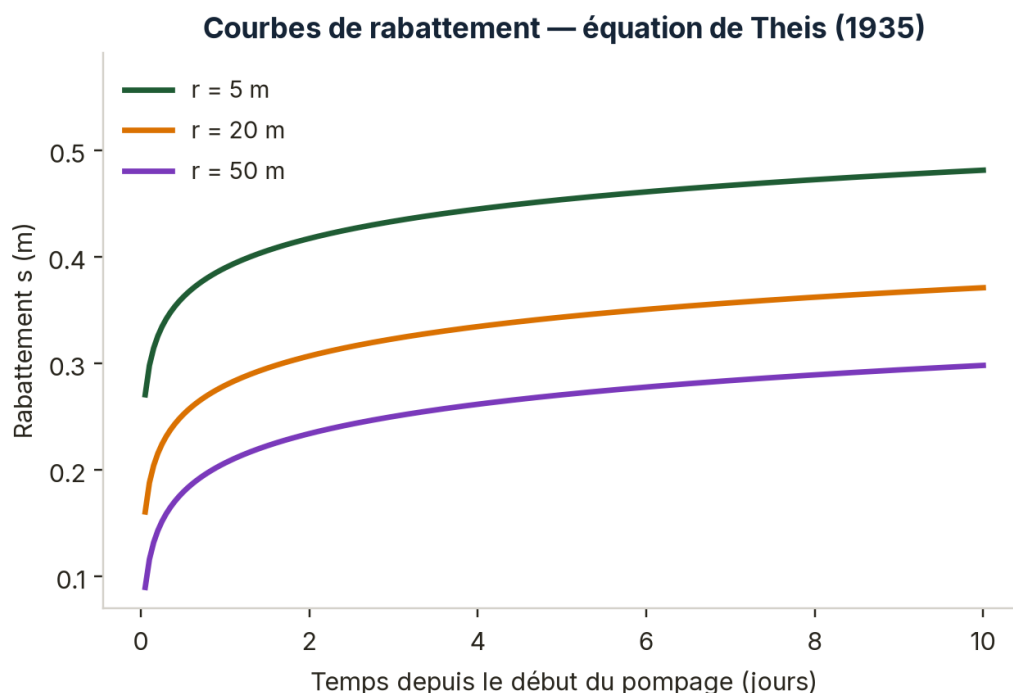


Figure 3 — Module Rabattement GMEP : courbes de rabattement à différentes distances du puits de pompage, équation de Theis (1935).

D. Accès et déploiement

Accès : www.gmep-france.eu — interface SaaS 100 % web, aucune installation requise.

7. Outil n°5 — GMEP Piézomètres v2.9c

A. Description scientifique

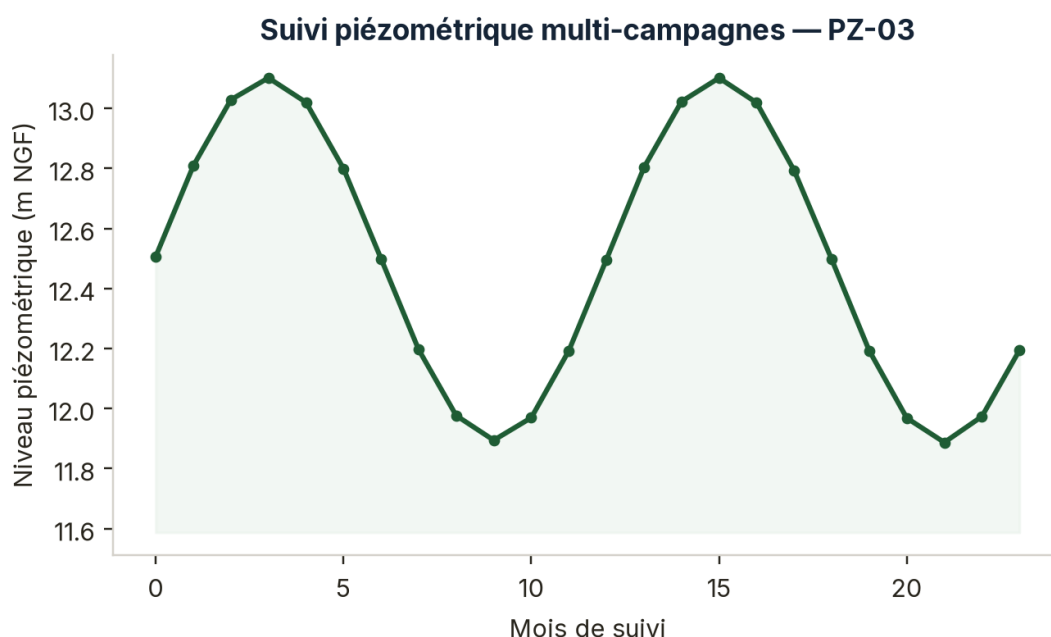
Le module Piézomètres v2.9c assure la gestion intégrée des réseaux piézométriques sur sites pollués. Il implémente les méthodes de krigeage ordinaire (Matheron, 1963) et d'interpolation IDW pour la cartographie automatique des niveaux piézométriques et des concentrations en polluants dans les eaux souterraines.

B. Référentiels intégrés

- ISO 5667-11:2009 — Qualité de l'eau, échantillonnage des eaux souterraines
- Norme NF X31-620-3 — sols pollués, prestations d'investigations
- Directive 2000/60/CE — cadre sur l'eau

C. Différenciation scientifique

Fonctionnalités avancées : import automatique des données LIMS (Laboratory Information Management System) ; cartographie automatique des panaches par krigeage ordinaire, IDW et Thiessen ; calcul automatique des tendances statistiques (test de Mann-Kendall, régression linéaire).



Suivi piézométrique multi-campagnes — exemple sur 24 mois (point PZ-03).

D. Accès et déploiement

Accès : www.gmep-france.eu — interface SaaS 100 % web, aucune installation requise.

8. Outil n°6 — Schéma Conceptuel IEM + PG

A. Description scientifique

Le module Schéma Conceptuel intègre la méthodologie d'Interprétation de l'État des Milieux (IEM) avec le Plan de Gestion (PG), conformément à la méthodologie nationale de gestion des sites et sols pollués. Il permet la génération automatique du Schéma Conceptuel de Site (SCS) sous forme de diagramme vectoriel intégré au rapport EQRS.

B. Référentiels intégrés

- Guide méthodologique national de gestion des sites et sols pollués (2017)
- Circulaire MEDD du 8 février 2007 — Modalités de gestion et de réaménagement SSP
- Norme ISO 10381-1:2002 — stratégie d'échantillonnage des sols

C. Différenciation scientifique

La génération automatique du SCS vectoriel constitue une différenciation notable : GMEP génère le schéma directement depuis les données d'investigation, avec mise à jour automatique, sans ressaisie manuelle sous logiciel de dessin technique.

D. Accès et déploiement

Accès : www.gmep-france.eu — interface SaaS 100 % web, aucune installation requise.

9. Outil n°7 — Versions Historiques

A. Description scientifique

Le module Versions Historiques assure la conservation et l'accès aux versions antérieures de tous les calculs EQRS réalisés sur un site. Cette fonctionnalité répond aux exigences de traçabilité documentaire des procédures administratives (Plans de Gestion, compatibilité d'usage).

B. Référentiels intégrés

- Code de l'Environnement — Articles L.556-1 à L.556-3 (traçabilité SSP)
- ISO 9001:2015 — gestion de la qualité

C. Différenciation scientifique

Fonctionnalités : horodatage de chaque version de calcul ; comparaison inter-versions avec évolution des concentrations et des risques ; export PDF de toute version antérieure avec métadonnées complètes.

D. Accès et déploiement

Accès : www.gmep-france.eu — interface SaaS 100 % web, aucune installation requise.

10. Outil n°8 — EQRS V8 + Module HUMAIN [NOUVEAU]

A. Description scientifique

L'outil EQRS V8 constitue la version la plus avancée de l'évaluation quantitative des risques sanitaires, intégrant le nouveau Module HUMAIN. Ce module implémente l'évaluation de l'exposition humaine par l'ensemble des voies alimentaires selon la méthodologie de l'EFSA (2020) pour les PFAS, intégrant la chaîne trophique complète sol → végétaux → animaux d'élevage → poissons → humain.

B. Référentiels intégrés

- EFSA (2020) — Scientific Opinion on PFAS in food, EFSA Journal 2020;18(9):6223
- Burkhard (2021) — Predicting BAF from BCF for organic chemicals in fish, Environ. Toxicol. Chem., 40(5), 1197-1208
- Décret n°2023-1408 — Transposition de la Directive 2020/2184 pour les PFAS dans l'eau potable
- US-EPA IRIS — Integrated Risk Information System (VTR cancérigènes/non-cancérigènes)
- ANSES (2022) — Valeurs toxicologiques de référence PFAS (PFOS, PFOA, PFNA, PFHxS)

C. Différenciation scientifique

La validation du Module HUMAIN repose sur la comparaison des facteurs de bioaccumulation (BAF) mesurés sur le terrain avec les valeurs modélisées selon Burkhard (2021), pour trois couples contaminant/espèce (Figure 4). Le graphique 5 illustre la modélisation de l'exposition cumulée par classe d'âge pour la somme de quatre PFAS (PFOS, PFOA, PFNA, PFHxS), rapportée à la TWI EFSA (2020) de 4,4 ng/kg pc/semaine.

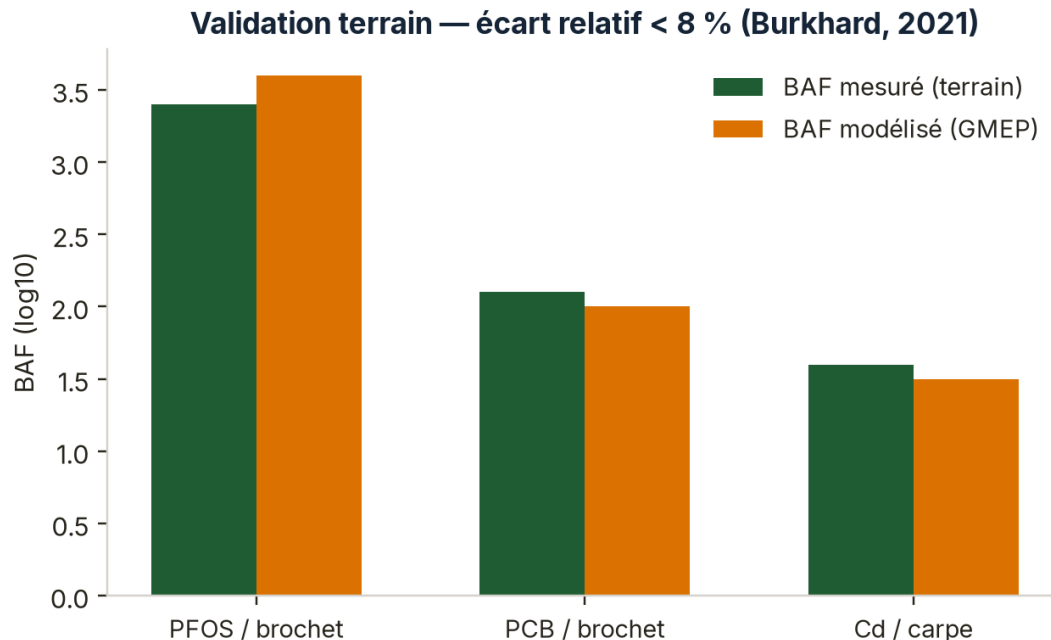


Figure 4 — Validation terrain : BAF mesuré vs BAF modélisé selon Burkhard (2021) pour PFOS/brochet, PCB/brochet et Cd/carpe.

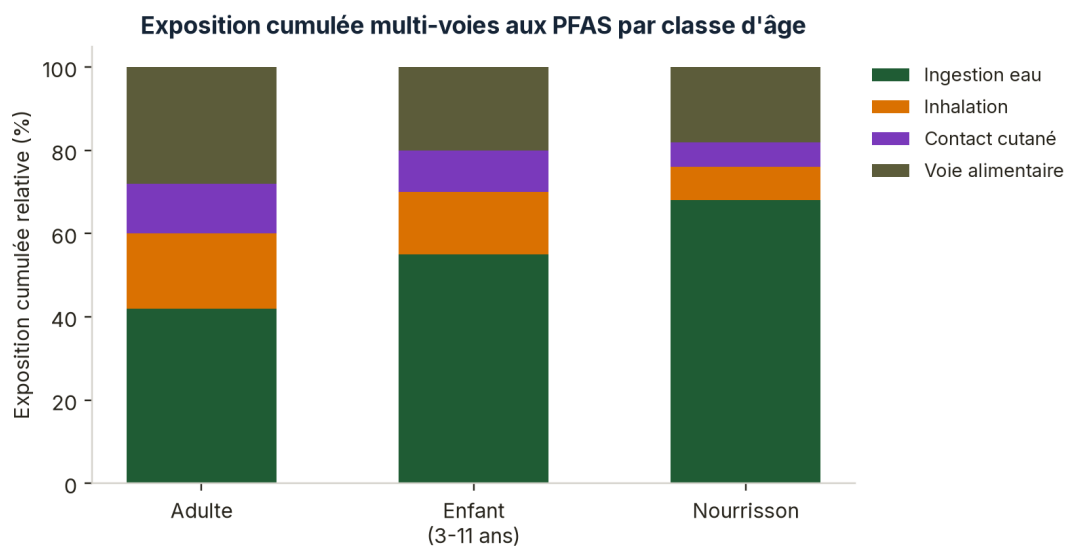


Figure 5 — Exposition cumulée multi-voies aux PFAS par classe d'âge (PFOS, PFOA, PFNA, PFHxS) — TWI EFSA (2020) = 4,4 ng/kg pc/semaine.

D. Accès et déploiement

Accès : www.gmep-france.eu — interface SaaS 100 % web, aucune installation requise.

11. Outil n°9 — MSP GMEP V1 [NOUVEAU]

A. Description scientifique

Le module MSP (Modélisation Spatiale de la Pollution) GMEP V1 constitue une innovation dans la visualisation tridimensionnelle des contaminations de sols. Il implémente la méthode d'interpolation spatiale IDW (Inverse Distance Weighting) en mode 3D, permettant une représentation volumétrique des panaches de contamination à partir des données d'investigation (sondages, puits de surveillance).

B. Référentiels intégrés

- Shepard (1968) — Technique IDW, ACM National Conference Proceedings
- ISO 11074:2015 — qualité du sol, vocabulaire et modélisation des sources
- Norme NF EN ISO 10381-5 — stratégie d'investigation en volume (3D)

C. Différenciation scientifique

Le module MSP génère des surfaces de concentration 3D interpolées par la méthode IDW, avec représentation des isosurfaces par profondeur et calcul automatique du volume et de la surface impactés selon le seuil réglementaire retenu.

Cartographie 3D par interpolation IDW — source de pollution des sols

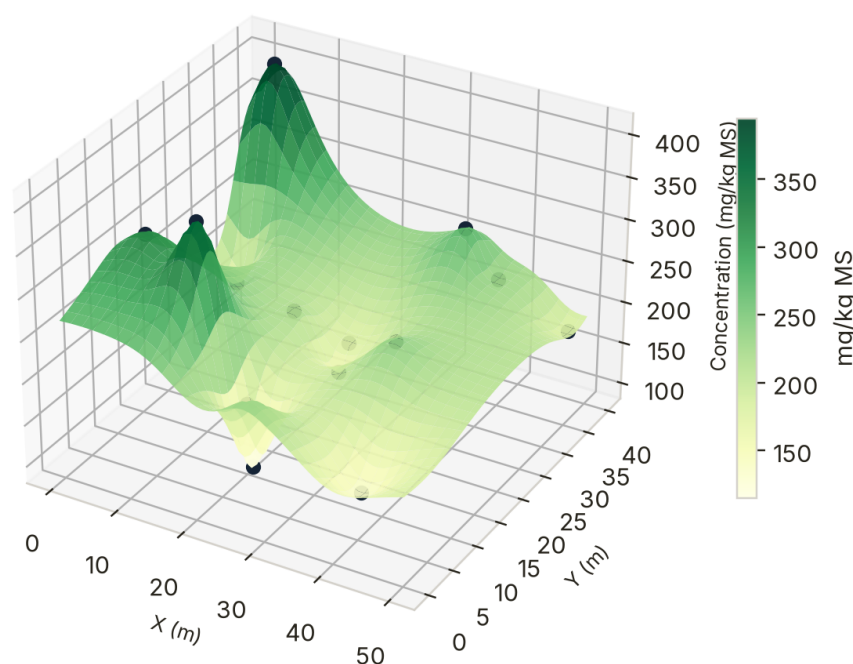


Figure 6 — MSP GMEP : modélisation 3D de la distribution des concentrations par interpolation IDW (vert foncé = forte concentration, vert clair = faible concentration).

D. Accès et déploiement

Accès : www.gmep-france.eu — interface SaaS 100 % web, aucune installation requise.

12. Outil n°10 — 3D_SSP [NOUVEAU]

A. Description scientifique

L'outil 3D_SSP réalise la modélisation tridimensionnelle intégrée d'un site pollué : il superpose dans une scène 3D interactive la source de pollution des sols, le panache de pollution de la nappe souterraine et l'implantation des ouvrages du site (bâtiments, voiries, parkings, espaces verts). Les données sont importées automatiquement à partir des fichiers d'étude produits par les autres outils GMEP (TSN, MSP) au format JSON, avec détection automatique du format et un éditeur de données intégré permettant d'ajuster ouvrages, plume et points de sondage directement dans l'interface.

Public cible

- Maîtres d'ouvrage, exploitants et aménageurs de sites SSP / ICPE
- Services techniques de collectivités et opérateurs fonciers
- Organismes tiers chargés du contrôle et de la vérification indépendante des études et des plans de gestion

B. Référentiels intégrés

- Arrêté du 12 décembre 2014 relatif aux installations de stockage de déchets inertes (ISDI)
- Règlement (UE) 2017/997 modifiant le règlement (CE) n°1272/2008 — propriété de danger HP14 (écotoxique)
- Guide méthodologique national de réutilisation des terres excavées (2020)
- NF EN ISO 10381-5 — lignes directrices pour les investigations des sites

C. Différenciation scientifique

3D_SSP est le premier module de la suite GMEP combinant, dans une scène 3D unique, la source de pollution des sols, le panache de pollution de la nappe et l'implantation du bâti. Il intègre un Module Plan de Gestion pour la classification des terres excavées (codes déchets 17 05 04 non dangereux / 17 05 03* dangereux) avec estimation des coûts associés, ainsi qu'une analyse de superposition polygonale ouvrages/plume avec détection des zones de recouvrement et alertes. Le rapport et le fichier projet (JSON) sont exportables et réutilisables dans les autres outils GMEP.

D. Accès et déploiement

Accès : www.gmep-france.eu — interface SaaS 100 % web, aucune installation requise.

13. Outil n°11 — GMEP Suite Complète

A. Description scientifique

La Suite Complète GMEP regroupe, au sein d'un accès unique, les dix outils métier de la suite : EQRS V7 Johnson & Ettinger, EQRS V31.05 + ECOTOX V8, TSN Nouvelle Génération, Rabattement V15.89, GMEP Piézomètres v2.9c, Schéma Conceptuel IEM + PG, Versions Historiques, EQRS V8 + Module HUMAIN, MSP GMEP V1 et 3D_SSP. Elle assure la continuité des données entre les modules grâce à un format d'échange commun (JSON) et une interface homogène.

Public cible

- Bureaux d'ingénierie, maîtres d'ouvrage et collectivités menant des études combinant plusieurs domaines (sanitaire, hydrogéologique, 3D) sur un même site
- Organismes tiers assurant un contrôle transversal des études et des conclusions produites sur l'ensemble du cycle d'une étude SSP

B. Référentiels intégrés

- Ensemble des référentiels scientifiques intégrés dans les dix outils de la suite (cf. chapitre 1 — Méthodologie de comparaison scientifique)
- Aucun référentiel scientifique supplémentaire : la Suite Complète unifie l'accès aux outils métier sans ajouter de méthode nouvelle

C. Différenciation scientifique

La Suite Complète ne constitue pas un outil scientifique supplémentaire mais un mode d'accès unifié aux dix outils métier de la suite, avec authentification centralisée, continuité des données via un format d'échange JSON commun (Schéma Conceptuel, TSN, MSP, 3D_SSP) et une interface homogène entre tous les modules.

D. Accès et déploiement

Accès : www.gmep-france.eu — interface SaaS 100 % web, aucune installation requise.

14. Synthèse globale comparative

Le tableau ci-dessous présente la synthèse comparative des onze outils de la suite GMEP selon leur domaine d'application et leur référentiel scientifique principal.

N°	Outil GMEP	Domaine	Référentiel principal
01	EQRS V7 J&E	EQRS vapeurs	Johnson & Ettinger (1991)
02	EQRS V31.05 + ECOTOX V8	EQRS + Écotoxicologie	OCDE TG 207-222
03	TSN Nouvelle Génération	Transfert sol-nappe	Domenico & Robbins (1985)
04	Rabattement V15.89	Hydrogéologie pompage	Theis (1935) / Cooper-Jacob (1946)
05	Piézomètres v2.9c	Réseau piézométrique	ISO 5667-11:2009 / Krigeage
06	Schéma Conceptuel IEM+PG	Méthodologie gestion SSP	Guide national (2017)
07	Versions Historiques	Traçabilité documentaire	Code Environnement L.556
08	EQRS V8 + Module HUMAIN	EQRS + chaîne alimentaire	EFSA (2020) / Burkhard (2021)
09	MSP GMEP V1	Modélisation 3D SSP	Shepard (1968) / ISO 11074:2015
10	3D_SSP	Visualisation 3D intégrée	Arrêté 12/12/2014 · Règl. UE 2017/997
11	Suite Complète	Multi-domaines	Multi-référentiels

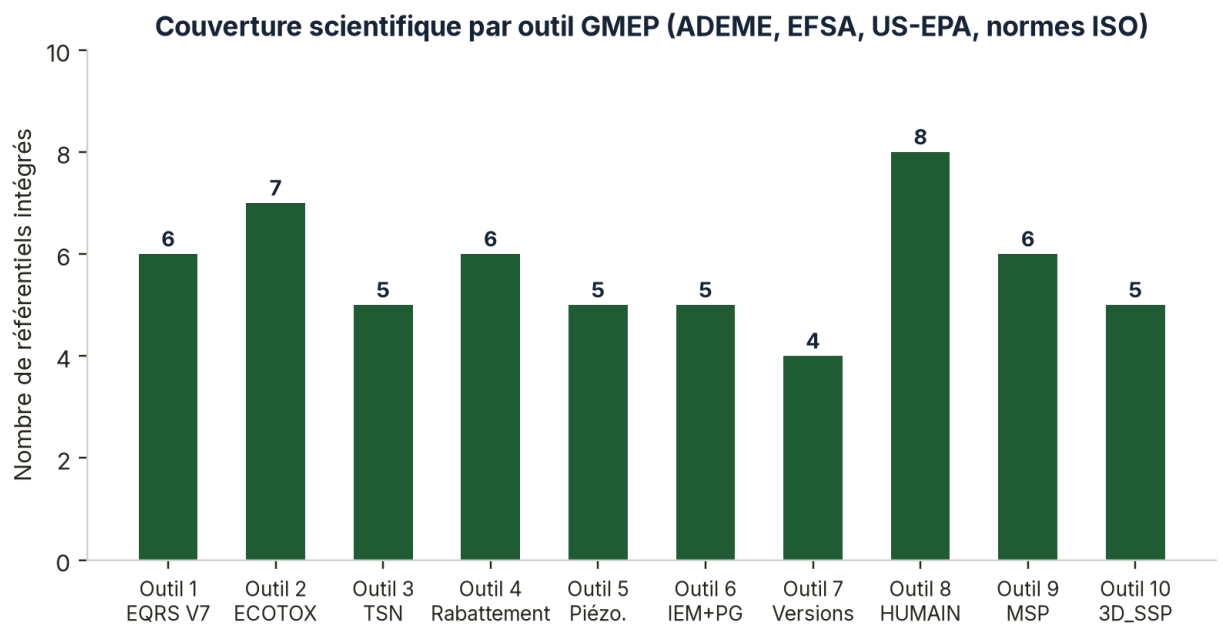


Figure 7 — Couverture scientifique par outil GMEP : nombre de référentiels réglementaires et normatifs intégrés (ADEME, EFSA, US-EPA, normes ISO).

15. Positionnement scientifique — un outil de contrôle indépendant

La suite GMEP n'a pas vocation à se substituer aux missions réglementaires confiées aux bureaux d'études dans le cadre des procédures Sites et Sols Pollués (SSP) et ICPE. Les outils GMEP sont conçus comme des instruments de calcul, de modélisation et de vérification indépendants, destinés à permettre aux maîtres d'ouvrage, aux autorités compétentes et à tout organisme tiers de contrôler la cohérence méthodologique des études réalisées et de détecter d'éventuelles dérives dans les résultats et les conclusions produits.

Cas d'usage de contrôle et de vérification indépendante

- Reproduction indépendante des calculs EQRS (Johnson & Ettinger, écotoxicologie, PFAS) pour confronter les résultats à ceux d'un rapport tiers
- Vérification de la cohérence hydrogéologique (rabattement, transfert sol-nappe) d'une étude déjà rendue
- Contrôle de la classification réglementaire des terres excavées avant validation d'un Plan de Gestion
- Traçabilité méthodologique entre campagnes successives grâce au module Versions Historiques
- Second avis scientifique avant décision d'un maître d'ouvrage, d'un aménageur ou d'une autorité compétente

GMEP se positionne ainsi comme un outil d'aide à la décision et de contrôle, complémentaire aux missions des bureaux d'études, sans lien de dépendance ni de soutien d'un organisme public quel qu'il soit.

16. Conclusion scientifique

La présente note technique démontre le positionnement différenciant de la suite logicielle GMEP dans le paysage des outils d'évaluation des risques sur sites et sols pollués, tant au niveau national qu'international.

Points de différenciation scientifique majeurs

- Couverture réglementaire exhaustive — GMEP intègre nativement l'ensemble des textes réglementaires français applicables (circulaires, arrêtés ministériels, décrets PFAS 2023) avec mise à jour continue
- Module HUMAIN PFAS (Outil 8) — évaluation de l'exposition humaine multi-voies aux PFAS selon EFSA (2020), avec validation terrain (BAF mesurés vs modélisés, Burkhard 2021)
- Modélisation 3D IDW (MSP, Outil 9) et superposition intégrée (3D_SSP, Outil 10) — solutions SaaS françaises de visualisation volumétrique des contaminations de sols, directement intégrées au flux de travail EQRS
- SaaS 100 % web — accès entièrement en ligne, sans installation locale, avec gestion multi-sites et multi-utilisateurs simultanés
- Monte-Carlo 10 000 itérations — simulation probabiliste complète, au-delà des approches déterministes ou semi-probabilistes de solutions internationales comme RISC5 (USA) ou CSOIL (NL)
- Positionnement en outil de contrôle indépendant — les onze outils GMEP sont conçus pour permettre à des organismes tiers, maîtres d'ouvrage et autorités compétentes de vérifier et de contrôler les études et conclusions produites par les bureaux d'études, sans se substituer à leurs missions réglementaires ni bénéficier du soutien d'un organisme public

Accès à l'ensemble de la suite GMEP : www.gmep-france.eu

Document à usage scientifique — sans indication tarifaire — Version 4.0, Juillet 2026