



Simulation du transfert de polluants dans les sols et les eaux souterraines : recommandations pour le choix du modèle et de la démarche

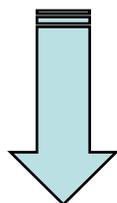
Fabrice QUIOT, Claire ROLLIN, Guillaume MASSELOT

*Unité comportement des contaminants dans les sols et les matériaux
Direction des Risques Chroniques*

INERIS

Rappel du contexte

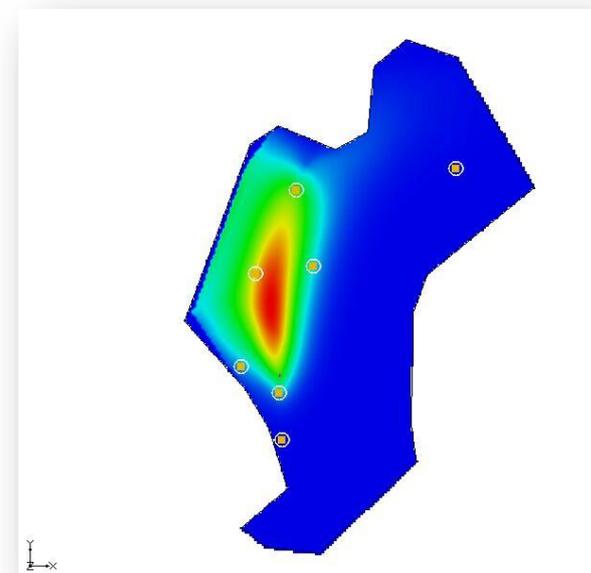
Etude rejet accidentel et/ou chronique de polluant(s)



Modèle

Outil d'aide à la
décision complémentaire à la mesure :

- simulation de l'évolution de la pollution après travaux
- orientation des investigations
- orientation de la surveillance



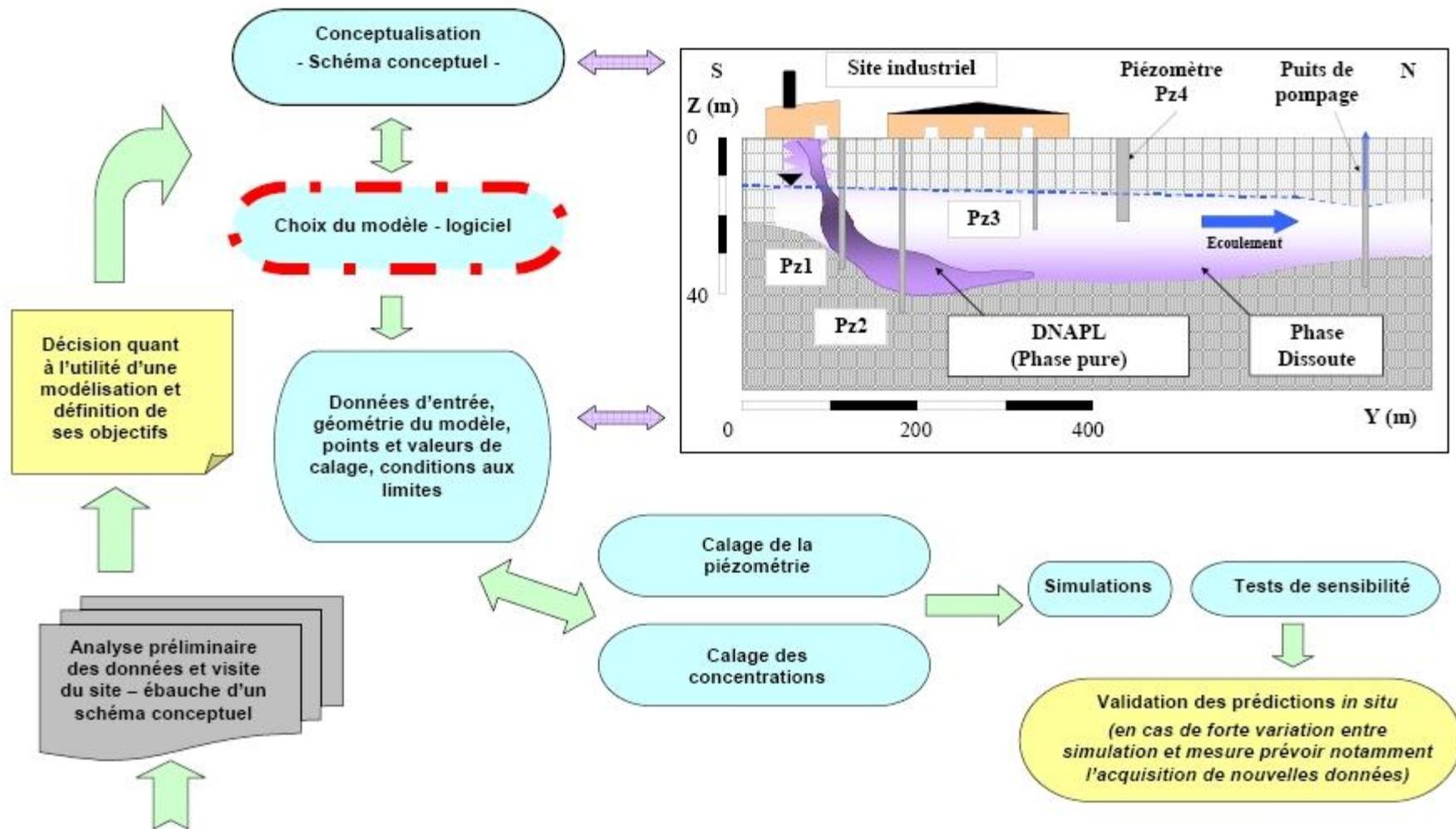
Choix de l'outil adapté et proportionné ?

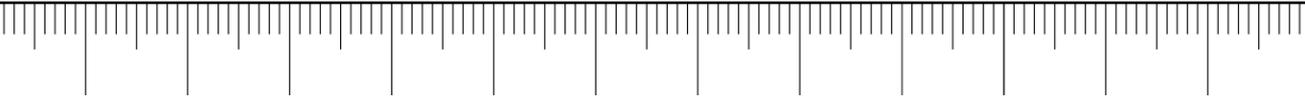
Plan de la présentation

- Démarche générale recommandée, objectifs d'un modèle et phénomènes à considérer
- Informations relatives aux outils disponibles
- Tests de modèles analytiques et comparaisons avec résultats précédents (modèles numériques / mesure)
- Recommandations pratiques quant au choix d'un modèle



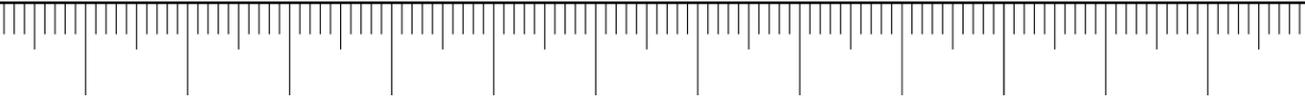
Démarche générale de modélisation recommandée





Objectifs d'un modèle

- **Synthétiser** les données disponibles
 - Orienter l'état des lieux
 - Identifier les nouvelles zones à investiguer ou à surveiller plus particulièrement
- **Prédire** l'évolution d'une pollution
 - Temps d'arrivée du panache - au droit d'une zone sensible
 - Concentration donnée - au droit d'une zone sensible

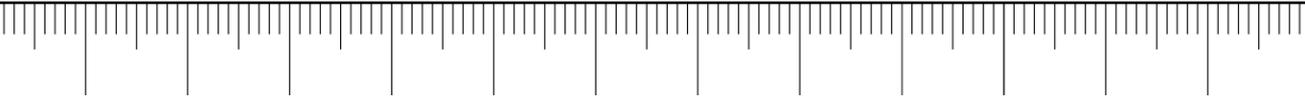


Objectifs d'un modèle (suite)

- **Tester** l'efficacité, l'impact d'un procédé de réhabilitation
 - Sur les écoulements
 - Sur le panache - atteinte des seuils définis
- **Tester** l'effet de l'atténuation naturelle
 - Concentrations
 - Temps nécessaire à la régression du panache

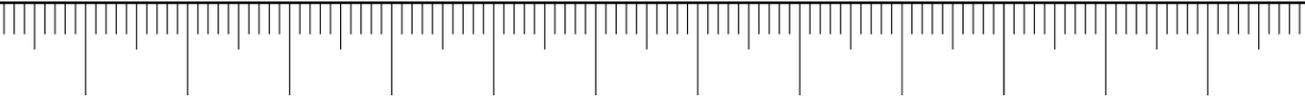
Phénomènes ou mécanismes (en nappe)

Mécanismes	Principaux paramètres associés
Advection (ou convection)	coefficient de perméabilité K porosité efficace n_e
Dispersion cinématique	coefficient de dispersivité longitudinale α_L coefficient de dispersivité transversale α_T
Diffusion moléculaire	coefficient de diffusion moléculaire D
Adsorption (ou sorption)	coefficient de partage sol-eau K_d (hypothèse K_d)
Biodégradation	constante de dégradation λ ou temps de demi-vie $T_{1/2}$ (hypothèse cinétique de biodégradation ordre 0 et 1)
Volatilisation	constante de Henry pression de vapeur saturante



Outils existants et principales caractéristiques

- 1D, 2D et/ou 3D
- Zone Saturée et/ou Zone Non Saturée
- Milieu poreux ou autre
- Phases (dissoute, gazeuse), polluants
- Phénomène de retard (sorption)
- Phénomène de dégradation
- Coût (logiciel libre ou payant)
- Retour d'expérience +/- important
- ...



*Test d'outils analytiques
(nappe alluviale polluée par du Perchloroéthylène)*

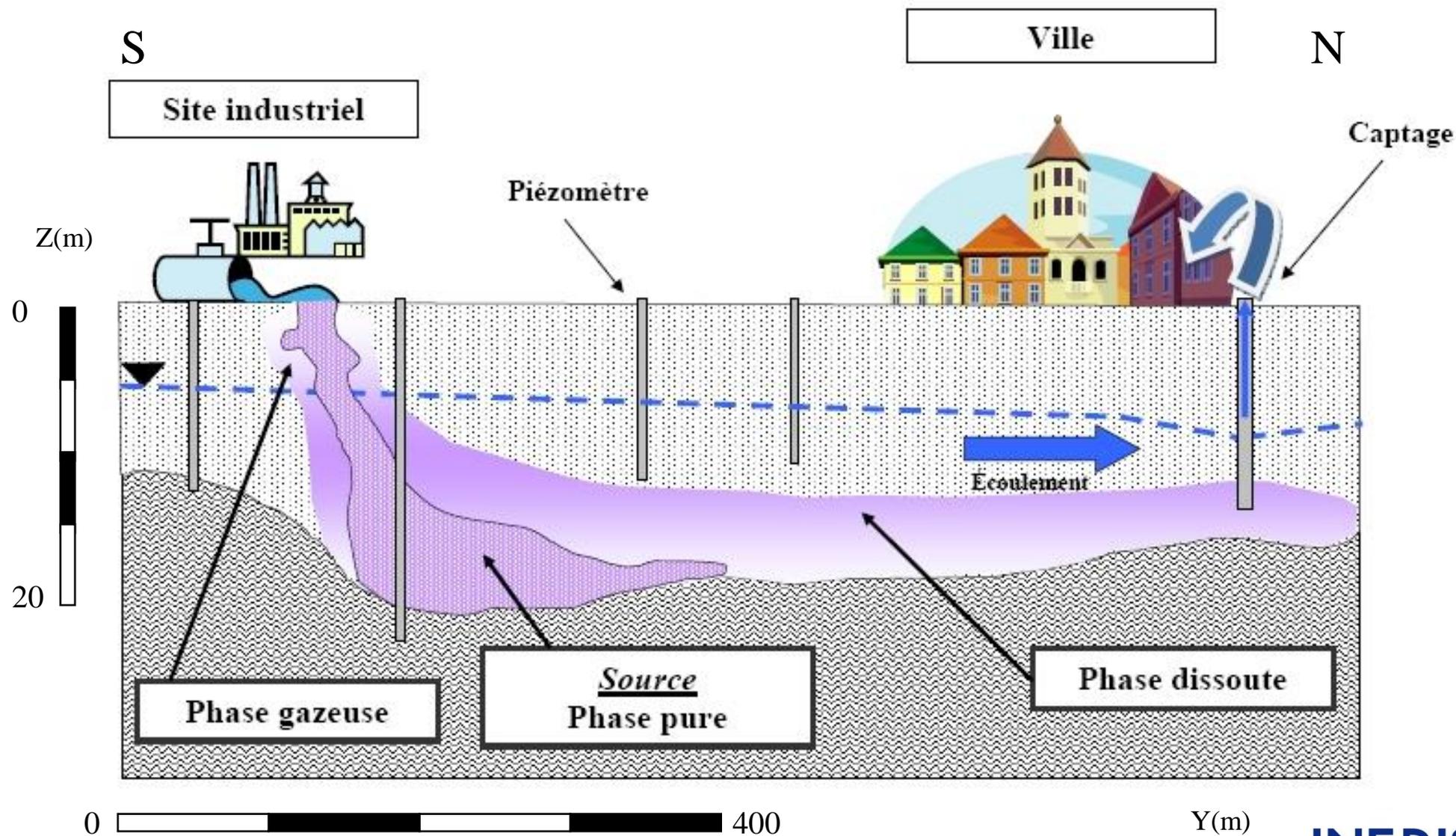
Etape 1

Utilisation de **BIOCHLOR** (US-EPA) et **NAS** (USGS-VirginiaTech-NAVFACT), avantages et inconvénients

Etape 2

Comparaison aux résultats de modèles numériques
(précédemment acquis)

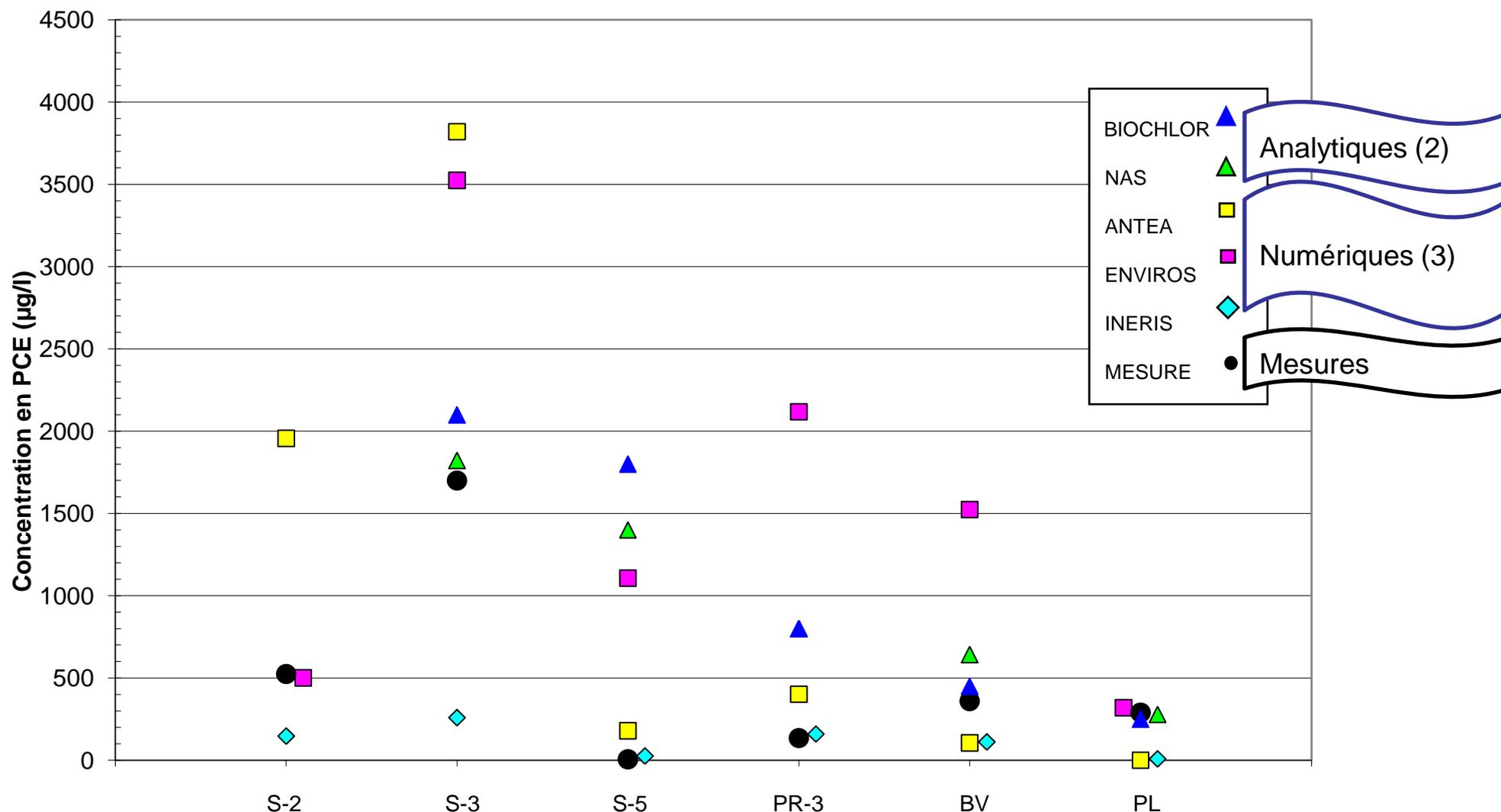
TRANSPOL - site PCE - Schéma conceptuel



TRANSPOL - site PCE - Synthèse BIOCHLOR et NAS

	BIOCHLOR	NAS
Conceptualisation	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <u>Adapté aux COHV</u> ▪ Dégradation séquentielle du 1er ordre ▪ Un seul coefficient de retard 	<ul style="list-style-type: none"> • Principalement destiné à évaluer les objectifs de dépollution d'une source • <u>Pas de dégradation séquentielle</u> du 1er ordre
Source	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Option permettant de considérer une <u>source variable</u> dans l'espace mais pas dans le temps 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Source constante</u> dans l'espace et dans le temps
Paramètres et calibration	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Calage des concentrations (calculs/mesures) à <u>une seule date</u> et pour quelques ouvrages de surveillance 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Comparaison calculs/mesures non disponible directement</u> • <u>Définition auto par le calcul de plusieurs paramètres</u> (sans ajustement possible)
Bilan de masse	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Option pratique permettant de <u>visualiser l'effet de la biodégradation</u> 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Non disponible</u>
Utilisation	<ul style="list-style-type: none"> ▪ <u>Interface simple</u> à appréhender mais unités anglo-saxonnes (nécessite une étape de conversion) ▪ Manuel d'utilisation et exemples 	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Manuel incomplet</u> (notamment pour justifier les calculs des paramètres). • Exemples disponibles

Comparaison des résultats (numériques vs. analytiques / mesures)



Exemple des concentrations calculées pour le PCE (à la date de calage) / mesures

Recommandations – Choix de l'outil

Informations à considérer

Liées aux phénomènes



- Prise en compte des phénomènes identifiés et retenus
- Complexité du site et hypothèses simplificatrices
- Comportement et toxicité des polluants à considérer

Liées aux objectifs



- Calculs doivent permettre de répondre aux attentes
- Enjeux en termes de santé publique et d'environnement
- Coûts et délais

Liées aux données/outils



- Quantité et qualité des données
- Retour d'expérience
- Facilité d'utilisation

Recommandations - Approche pragmatique et itérative

En complément de la démarche générale proposée précédemment  :

- Privilégier une **approche pragmatique et itérative** en justifiant les réserves relatives aux résultats présentés
- **Débuter par un modèle simple** (analytique ou numérique avec des hypothèses simplificatrices) avant de compliquer le modèle si nécessaire et en fonction des données disponibles
- En cas de **trop fortes incertitudes, recommander de nouvelles investigations**

Outil d'aide à la modélisation :

- Base de données paramètres de sorption/dégradation
- Usage justifié en l'absence de données de terrain
- Contexte de l'étude similaire
(lithologie, teneur en Carbone organique...)
- Discussion de l'incertitude
(dispersion, uniformité des valeurs...)

Actuellement* (solvants chlorés et hydrocarbures aromatiques polycycliques) :

- 197 références bibliographiques
- 596 entrées en K_d
- 753 entrées en $T_{1/2}$

Pour en savoir plus : <http://transpol.ineris.fr/> et
<http://www.sites-pollues.developpement-durable.gouv.fr/>



(* fin octobre 2009)