Carte hydrogéologique de Wallonie, outil de mémoire des acquis et des données :

réflexions, exemples et aspects scientifiques

Colloque **'La Carte hydrogéologique de Wallonie : un outil au service de tous'**
Jambes (Namur) - Belgique - 16 mai 2013

Alain **DASSARGUES**,
Professeur, Ulg & KULeuven

Cartes hydrogéologiques et …

- le nouveau paradigme de mise à disposition des données
- les types d'utilisateurs
- le paradoxe de la caractérisation en sciences de la Terre et en hydrogéologie
- les données nécessaires pour une étude hydrogéologique et la simulation
- bases de données: attention aux effets d'échelles
- bases de données: attention à la variabilité temporelle

Conclusions / Perspectives

Cartes hydrogéologiques et le nouveau paradigme de mise à disposition des données

Constat

- la mémoire des observations / mesures, les acquis sont stabilisés et mis en commun
- évolution vers un monde 'transparent' où les données sont publiques, paradigme 'open source'
- … avec l'hypothèse corollaire: 'monde adulte' où l'interprétation qu'on en fait est la responsabilité de chacun (avec chacun s'exprimant dans sa spécialité)
- … donc ce 'monde' peut potentiellement devenir 'dangereux' pour le 'end-user' si les compétences de l'interpréteur ne sont pas vérifiées

Cartes hydrogéologiques et le nouveau paradigme de mise à disposition des données

Obligations

- régler et réduire la confidentialité des données (pour un bien commun comme l'eau souterraine cela semble logique …)
- nouveaux réflexes / habitudes par rapport à la valeur et aux incertitudes liées aux données
- maintien, entretien et développement des plateformes web et BdD
- alimentation et actualisation de données via de nouvelles observations / mesures
- …

Cartes hydrogéologiques et …

- le nouveau paradigme de mise à disposition des données
- les types d'utilisateurs
- le paradoxe de la caractérisation en sciences de la Terre et en hydrogéologie
- les données nécessaires pour une étude hydrogéologique et la simulation
- bases de données: attention aux effets d'échelles
- bases de données: attention à la variabilité temporelle

Conclusions / Perspectives

Cartes hydrogéologiques (+ BdD associées) et les types d'utilisateurs

- chercheurs universitaires et/ou d'autres institutions et parastataux
- hydrogéologues du bureaux d'études
- hydrogéologues de compagnies d'eau
- géologues et experts de l'industrie extractive
- hydrogéologues d'administrations et de ministères
- … aménagement du territoire
- …

Cartes hydrogéologiques et …

- le nouveau paradigme de mise à disposition des données
- les types d'utilisateurs
- le paradoxe de la caractérisation en sciences de la Terre et en hydrogéologie
- les données nécessaires pour une étude hydrogéologique et la simulation
- bases de données: attention aux effets d'échelles
- bases de données: attention à la variabilité temporelle

Conclusions / Perspectives

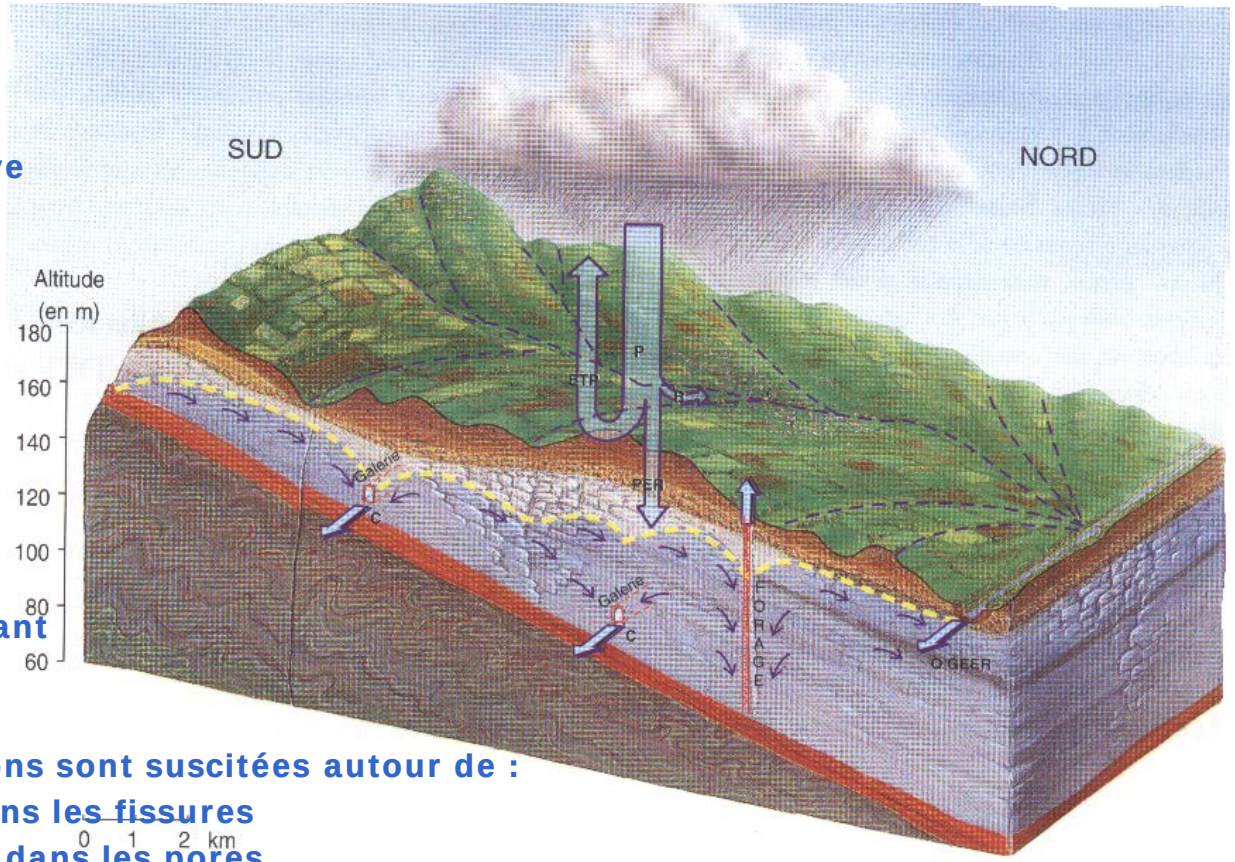
Cartes hydrogéologiques et le paradoxe de la caractérisation en sciences de la Terre et en hydrogéologie

- **… plus il y des données disponibles …plus elles soulèvent de nouvelles questions… (vue pessimiste des choses)**
- **… plus il y a des données disponibles … plus il y a des chances que l'interprétation ou la simulation soit réaliste et fiable (vue optimiste des choses)**
- **exemple**

Cartes hydrogéologiques et le paradoxe de la caractérisation en sciences de la Terre et en hydrogéologie

Exemple:

- Essais de traçages en Hesbaye



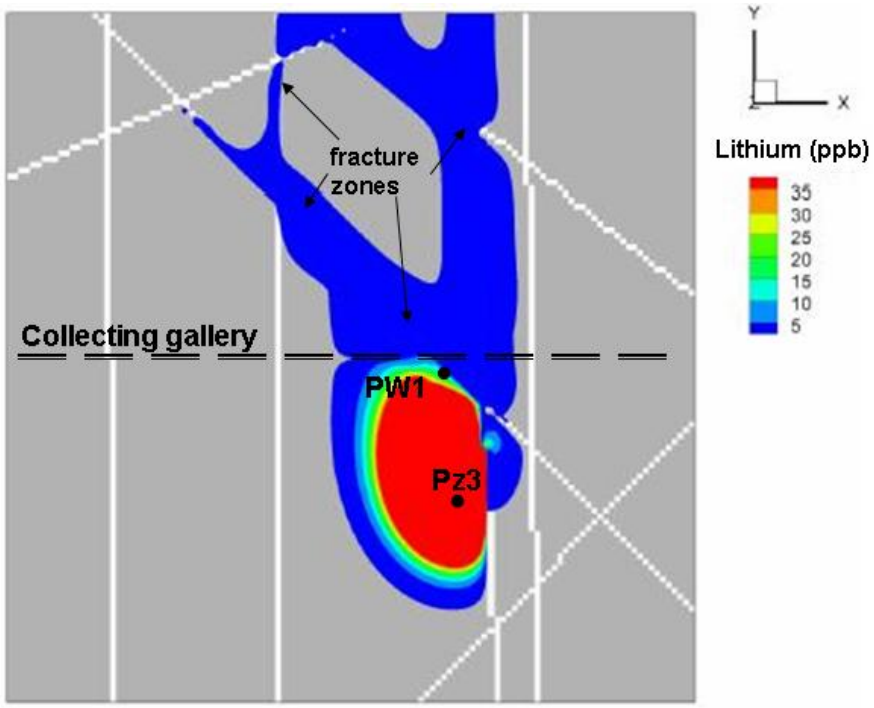
Caractère à la fois poreux et fissuré du milieu crayeux

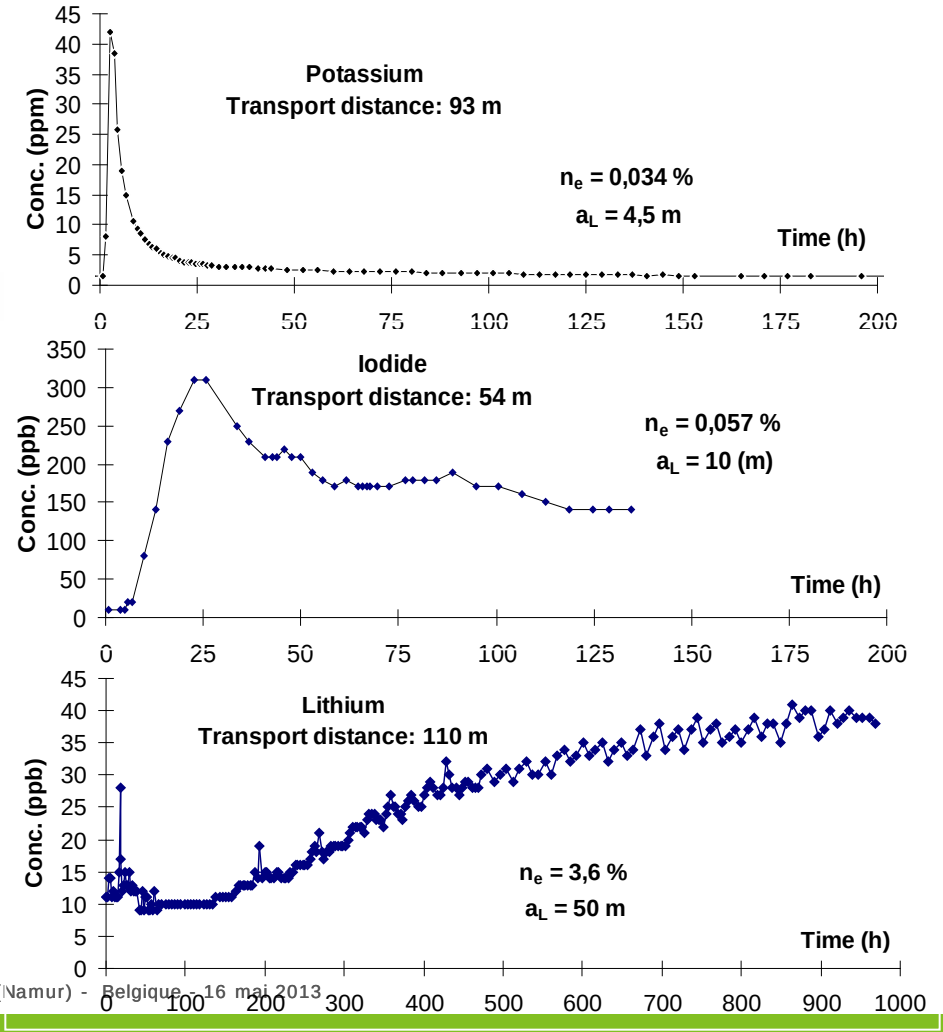
Complexité des réponses en termes de transport de contaminants

Après les essais de traçages: super jeu de données permettant d'avancer grandement pour la protection des captages mais beaucoup de nouvelles questions sont suscitées autour de :

- **l'advection très rapide dans les fissures**
- **les effets d'eau immobile dans les pores**
- **les interactions réelles des galeries avec l'aquifère**

Cartes hydrogéologiques et le paradoxe de la caractérisation en sciences de la Terre et en hydrogéologie





Cartes hydrogéologiques et …

- le nouveau paradigme de mise à disposition des données
- les types d'utilisateurs
- le paradoxe de la caractérisation en sciences de la Terre et en hydrogéologie
- les données nécessaires pour une étude hydrogéologique et la simulation
- bases de données: attention aux effets d'échelles
- bases de données: attention à la variabilité temporelle

Conclusions / Perspectives

Cartes hydrogéologiques et les données nécessaires pour une étude hydrogéologique et la simulation

- géométrie (1D, 2D ou 3D) de la zone (à modéliser): géologie, topographie, hydrologie, …
- valeurs des propriétés du milieu influençant les processus simulés (exemple pour l'écoulement: K et Ss ou T et S);
- sollicitations (stress factors) appliquées au système (exemple pour l'écoulement: infiltration, pompages, injections, …)
- données historiques (mesurées) concernant la variable dépendante du problème ou sa dérivée (exemple pour l'écoulement: hauteurs piézométriques mesurées et débits ou flux mesurés)… qui seront utilisées lors de la calibration du modèle.

Cartes hydrogéologiques et les données nécessaires pour une étude hydrogéologique et la simulation

$x_1, x_2, \ldots, x_j, \ldots x_n$ variables indépendantes

sollicitation extérieure

pompages,
réinjections,
changements
de sollicitations,…
contaminations,

Paramètres de
la nappe aquifère
$p_1, p_2, \ldots, p_i, \ldots p_k$

caractéristiques et géométrie
de la zone modélisée

réaction/réponse

$y_1, y_2, \ldots, y_i, \ldots y_n$ variables dépendantes

hauteurs piézométriques, pressions,…
concentrations

Cartes hydrogéologiques et …

- le nouveau paradigme de mise à disposition des données
- les types d'utilisateurs
- le paradoxe de la caractérisation en sciences de la Terre et en hydrogéologie
- les données nécessaires pour une étude hydrogéologique et la simulation
- bases de données: attention aux effets d'échelles
- bases de données: attention à la variabilité temporelle

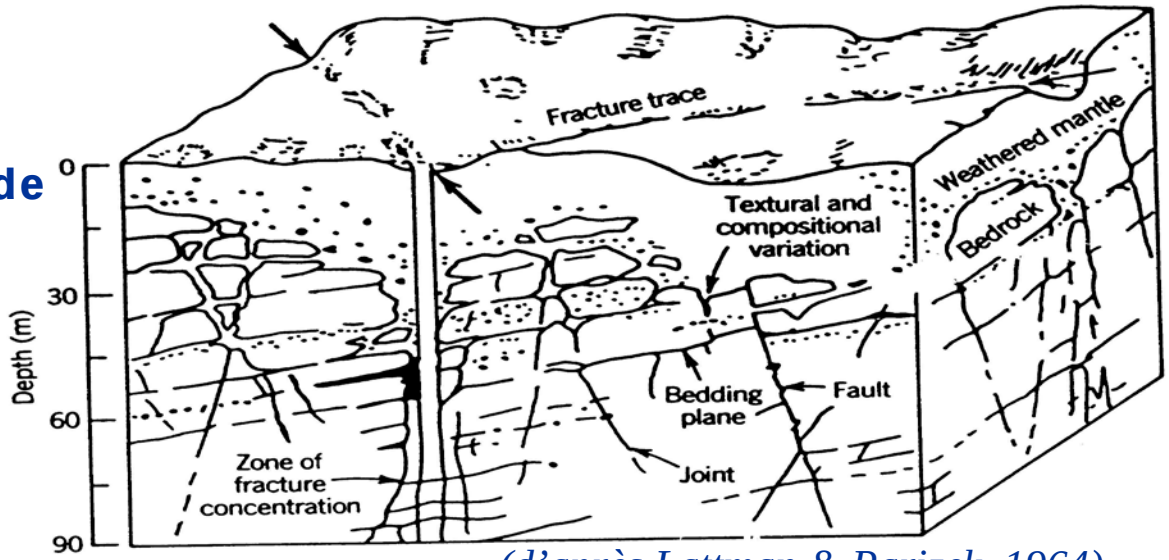
Conclusions / Perspectives

Cartes hydrogéologiques et bases de données: attention aux effets d'échelles

Concept d' EVR (REV)

… le volume considéré de milieu souterrain pour lequel les propriétés vont être quantifiées (par des valeurs moyennes, équivalentes)

- **assez grand pour être au delà de l'échelle microscopique**
- **assez petit pour éviter des lissages nuisibles à la représentation du processus**



(d'après Lattman & Parizek, 1964)

l' EVR dépend du problème étudié et des objectifs de l'étude

Cartes hydrogéologiques et bases de données: attention aux effets d'échelles

…exemple: la craie (en Hesbaye)

A) à l 'échelle microscopique (jusqu'à qq cms) :

- la craie est constituée d'agrégats de microfossiles (µm)
- la porosité peut être très dépendante d'éventuels phénomènes de diagenèses
- la distribution spatiale des vides semble homogène
- échantillons de qq centimetres : représentatifs pour la mesure de la porosité de pores
- $n_{pores} \cong 40 - 45\,\%$
- $K \cong 1.10^{-8}$ m / s
- si des microfissures sont observées dans l'échantillon, les valeurs de K peuvent être multipliées par un facteur 2 à 6

Cartes hydrogéologiques et bases de données: attention aux effets d'échelles

…exemple: la craie (en Hesbaye)

B) à l 'échelle macroscopique (jusqu'à qq dcms) :

- des réseaux de microfissures / microfractures existent et recoupent normalement les plans de stratification
- le concept de porosité efficace est modifié: maintenant elle est égale à la porosité de fissure
- $n_e \cong 1-3\,\%$
- la porosité totale reste $n \cong 40-45\,\%$
- la valeur de K équivalente est: $K \cong 1.10^{-5} - 1.10^{-4}$ m / s
- le transport peut être plus advectif que dispersif dans les fissures et microfissures et plus diffusif qu'advectif / dispersif dans la matrice crayeuse (effet d'eau immobile)

Cartes hydrogéologiques et bases de données: attention aux effets d'échelles

…exemple: la craie (en Hesbaye)

C) à l'échelle mégascopique (jusqu'à qq hms) :

- $K \cong 1.10^{-4} - 1.10^{-3}$ m / s essais de pompages
- $n_e \cong 1 \text{ à } 3\,\%$ (dans les vallées sèches, …)

… donc :

- il est indispensable de connaître l'échelle de l'essai ayant produit la valeur

- de connaître l'échelle à laquelle la valeur de la propriété va être utilisée !

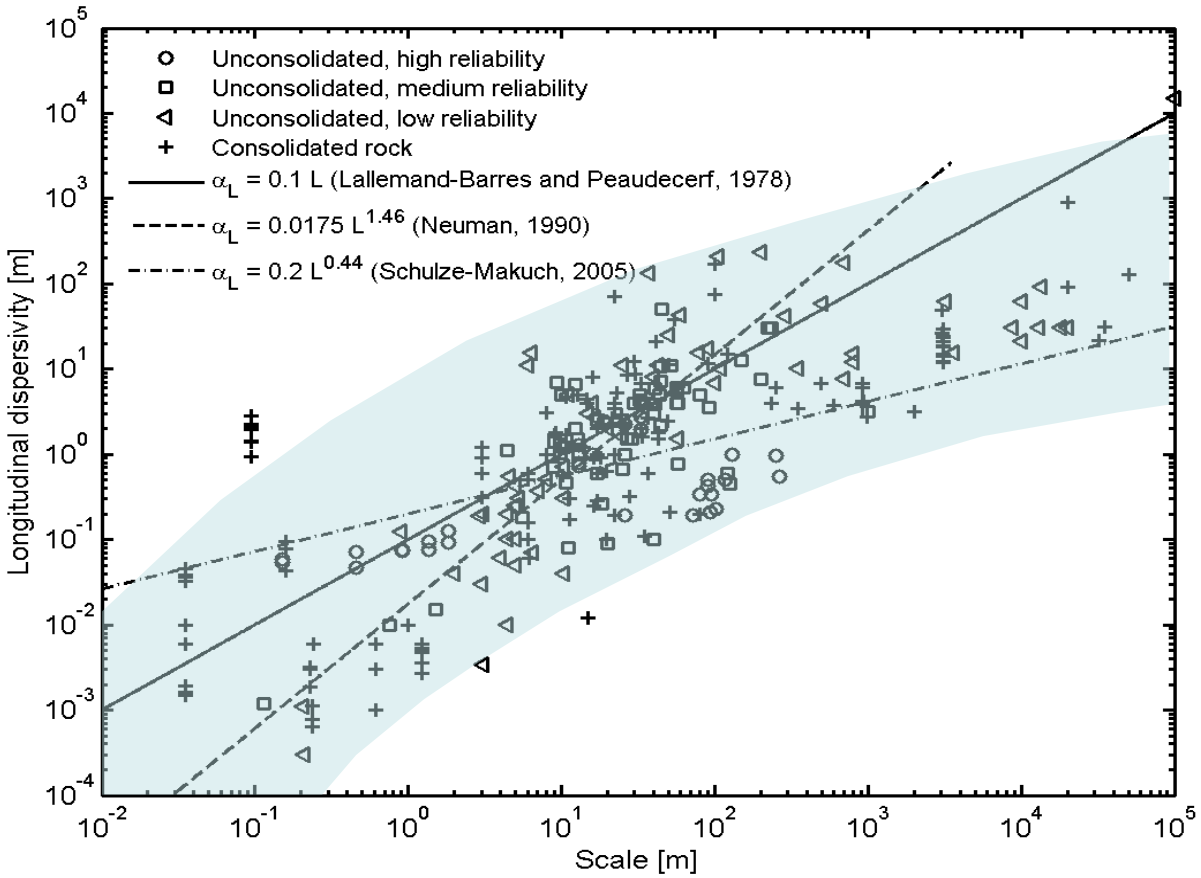
Cartes hydrogéologiques et bases de données: attention aux effets d'échelles

Coefficient de dispersivité longitudinale…

… encore plus sujet à de multiples discussions scientifiques

$$a_L = \frac{2}{e}\sigma^2_{\log K}.\lambda$$

logique d'avoir une dispersivité proportionnelle à la variance de K



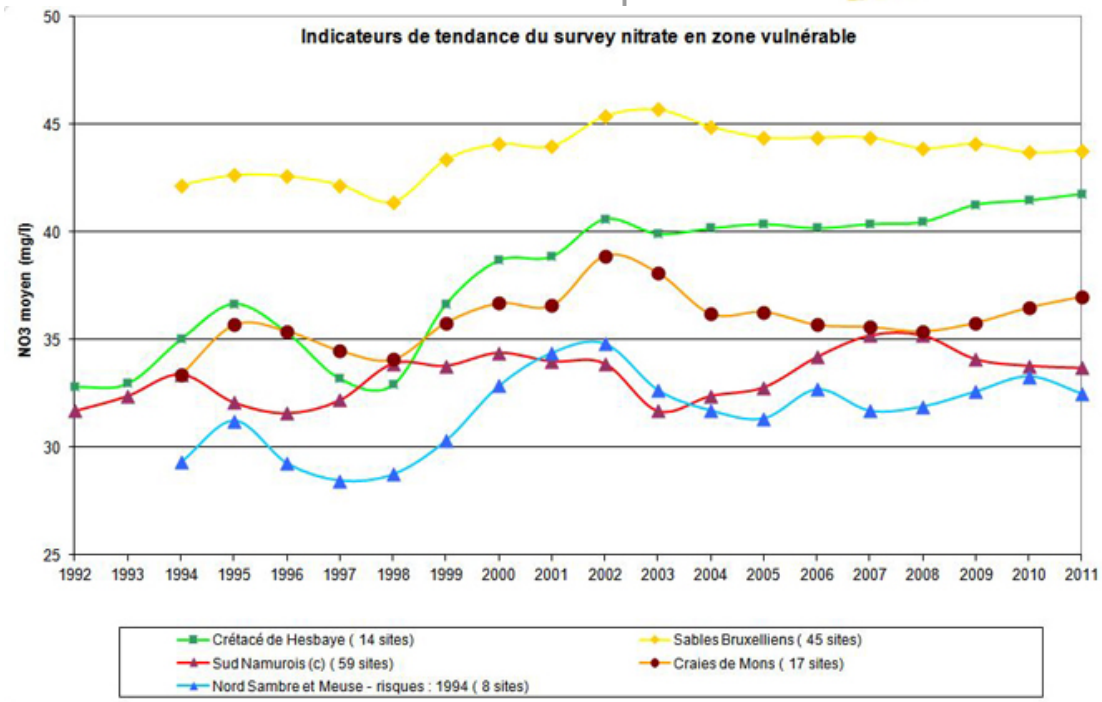
Cartes hydrogéologiques et …

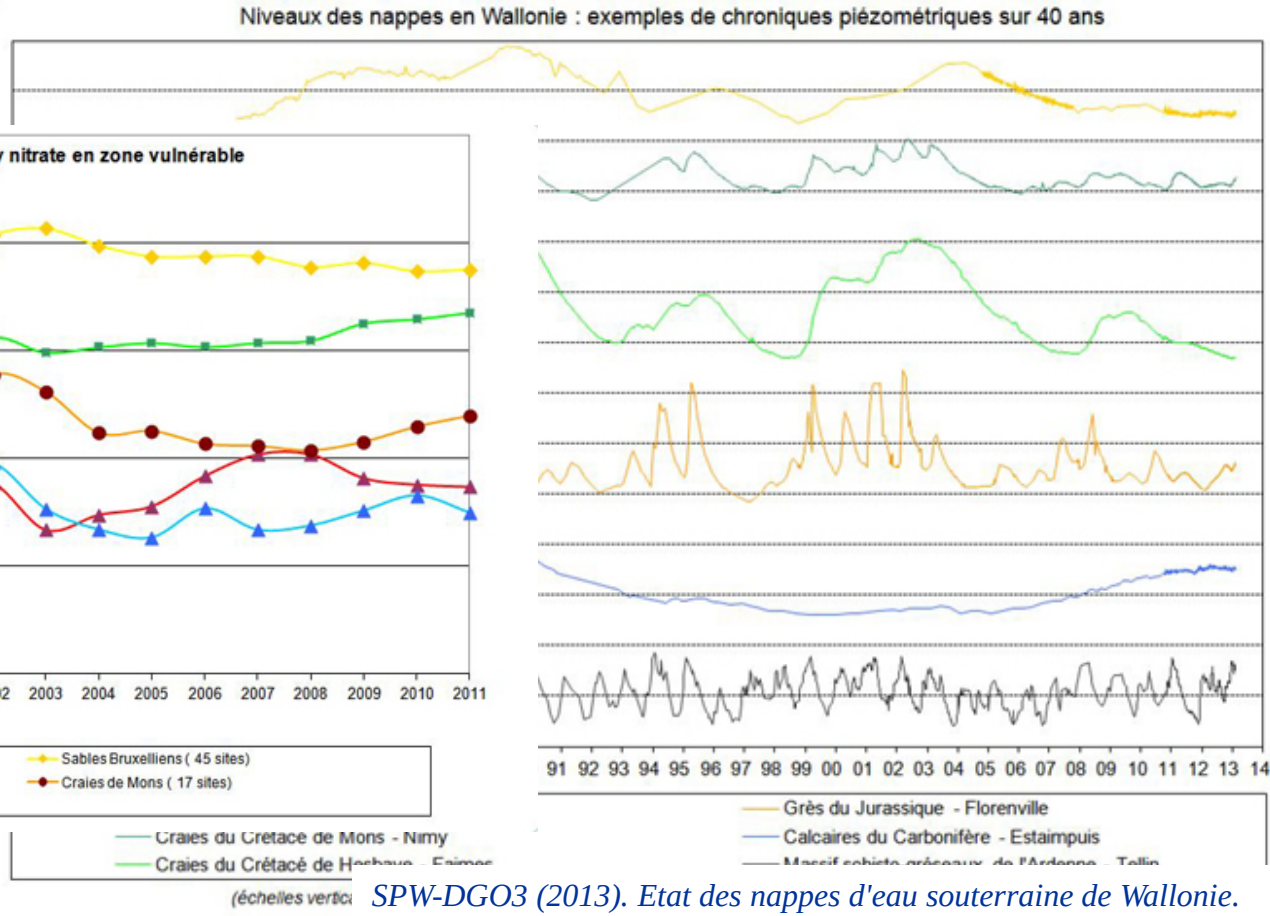
- le nouveau paradigme de mise à disposition des données
- les types d'utilisateurs
- le paradoxe de la caractérisation en sciences de la Terre et en hydrogéologie
- les données nécessaires pour une étude hydrogéologique et la simulation
- bases de données: attention aux effets d'échelles
- bases de données: attention à la variabilité temporelle

Conclusions / Perspectives

Cartes hydrogéologiques et bases de données: attention à la variabilité temporelle

Outre les variations temporelles attendues





*SPW-DGO3 (2013). Etat des nappes d'eau souterraine de Wallonie. Edition : Service public de Wallonie, DGO 3 (DGARNE), Belgique. Dépôt légal **D/2013/11802/38** - ISBN **978-2-8056-0111-8**.*

Cartes hydrogéologiques et bases de données: attention à la variabilité temporelle

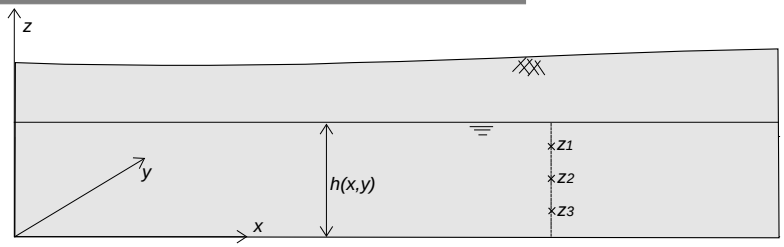
Attention aux variations temporelles comprises implicitement dans la définition de la propriété enregistrée dans la BdD

Exemple: Transmissivité

… pour un aquifère libre

dépend l'épaisseur saturée dans l'aquifère libre

$$T(x,y) = \int_0^{h(x,y)} K(x,y).dz = K.h$$



dépend de la hauteur piézométrique !

… il n'y a donc aucune raison que T soit constant dans le temps (donc il s'agit d'une donnée 'dangereuse' dans les BdD)

… d'autant plus que T est le plus souvent déterminée par interprétation d'essais de pompage … et donc en pratique conditionnée par l'épaisseur saturée crépinée

Cartes hydrogéologiques et bases de données: attention à la variabilité temporelle

Dans l'absolu, K, n, n_e peuvent être affectées par différents processus:

- **tassements;**
- **précipitations / dissolutions;**
- **clogging;**
- **effets de température influençant la viscosité de l'eau;**
- **effets de densité de l'eau**
- **...**

VIGILANCE

Cartes hydrogéologiques et …

- le nouveau paradigme de mise à disposition des données
- les types d'utilisateurs
- le paradoxe de la caractérisation en sciences de la Terre et en hydrogéologie
- les données nécessaires pour une étude hydrogéologique et la simulation
- bases de données: attention aux effets d'échelles
- bases de données: attention à la variabilité temporelle

Conclusions / Perspectives

Cartes hydrogéologiques et outil de mémoire des acquis et des données:

réflexions, exemples et aspects scientifiques

Perspectives vues par le scientifique:

2 types de recherches

- **Recherche innovante par les aspects méthodologiques**
- **Recherche innovante par les aspects de nouvelle connaissance / compréhension locale**

Dans tous les cas: la carte hydrogéologique est un instrument remarquable et indispensable !

Utilisée avec 'à propos', c'est ce type d'outil qui nous fait TOUS progresser !