

# Les apports potentiels de la carte numérique des sols de Wallonie pour la cartographie de la vulnérabilité des eaux souterraines

---

I.-C. Popescu<sup>2</sup>, S.Brouyère<sup>1</sup>, J.Derouane<sup>2</sup>, A.Dassargues<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Université de Liège, Département ArGEnCo, Geo<sup>3</sup>-Hydrogéologie et Géologie de l'Environnement

<sup>2</sup>Service Public de Wallonie, DGO3-DGARNE

Contact: [Serge.Brouyere@ulg.ac.be](mailto:Serge.Brouyere@ulg.ac.be) - 043662377



# Problématique : Risque de pollution des eaux souterraines dans un bassin versant

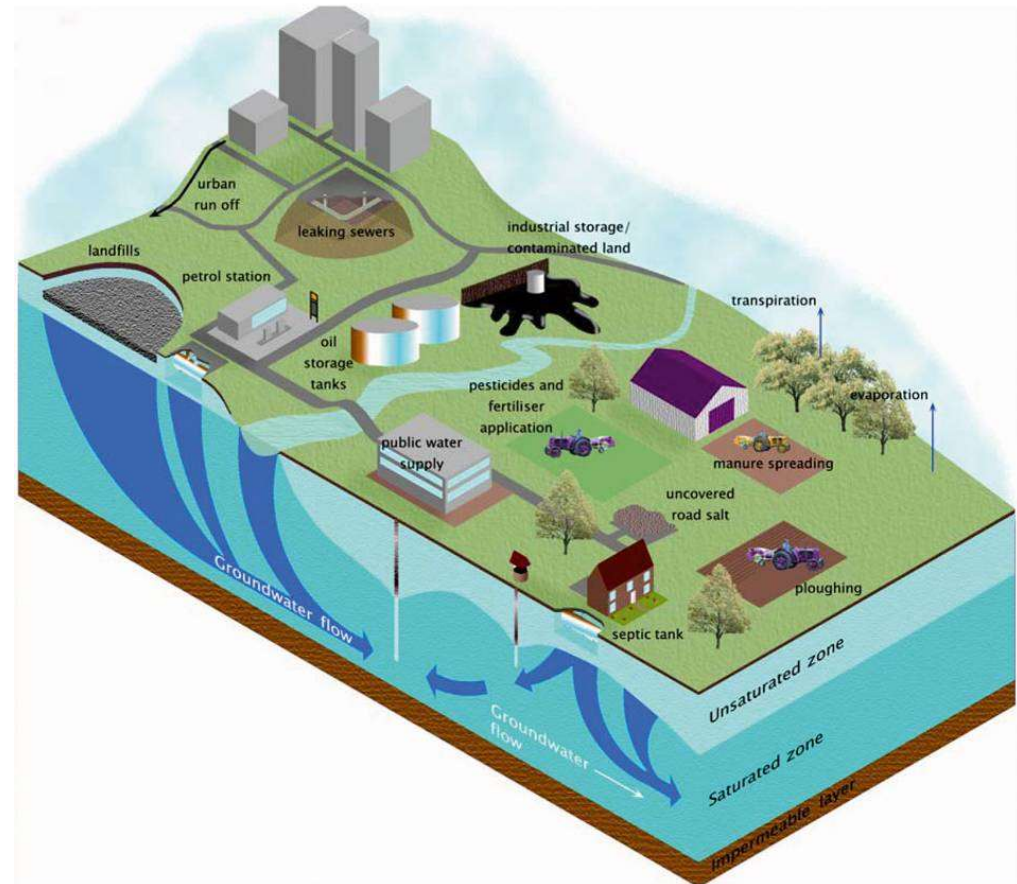
Nombreuses sources potentielles de pollution à la surface du sol



En cas de pollution : conséquences, temps et efforts potentiellement considérables



Besoin de protéger au mieux et, dans une perspective de gestion d'évaluer les risques a priori  
Sensibilité à la pollution → vulnérabilité



Source: <http://www.euwfd.com/html/groundwater.html>

# Problématique : Risque de pollution des eaux souterraines dans un bassin versant

## Cartographie de la vulnérabilité des eaux souterraines:

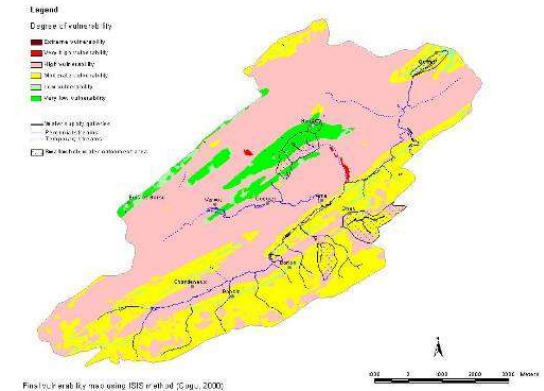
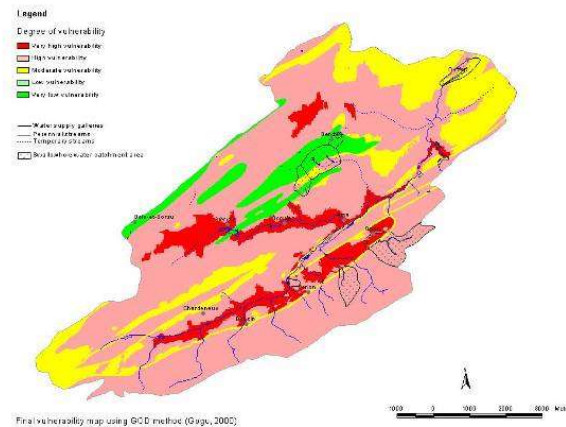
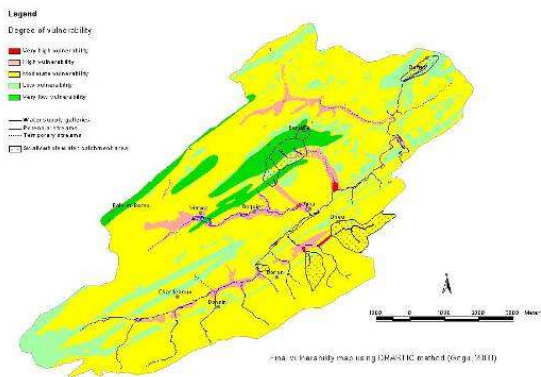
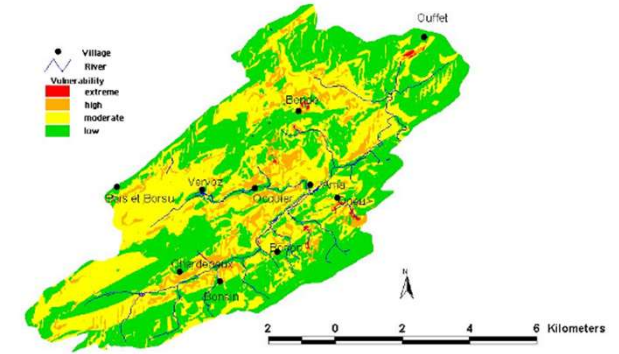
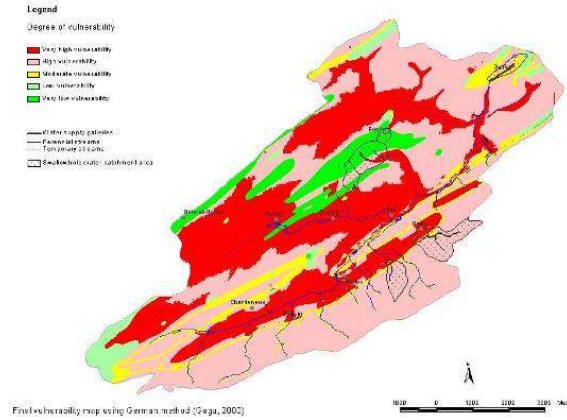
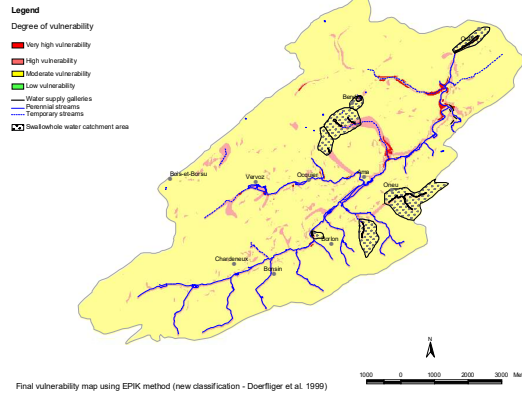
Evaluation, sur base de divers critères cartographiés dans le bassin, de la sensibilité de l'eau souterraine aux pollutions

- Portée large (types de pollution, objectifs ...)
- Approches traditionnelles empiriques, basées sur indexations / pondérations de critères subjectifs
- Résultats difficiles à interpréter et valider, peu fiables et sans utilité pratique

### Ex: méthode DRASTIC (EPA-USA)

		DRASTIC		Pesticide DRASTIC
» Depth to water	Indexation 1, 2, 3, ..., 10	5	Pondération	5
» Net Recharge		4		4
» Aquifer media		3		3
» Soil media		2		5
» Topography		1		3
» Impact of the vadose zone		5		4
» Hydraulic Conductivity		4		2

$$D_i = \sum_{j=1}^7 (R_j \times W_j)$$



Apsû = ...

→ Mythologie sumérienne et akkadienne:  
Dieu de l'océan souterrain d'eau douce;  
selon ces croyances, les lacs, sources, rivières,  
puits et autres points d'eau douce découleraient  
tous d'Apsû ...

→ Aquifer protection based on sensitivity -  
vulnerability

Eau souterraine est vulnérable si ...

➤ des polluants sont susceptibles de s'infiltrer dans le sol et le sous-sol ..

...**ET**...

➤ l'atténuation naturelle du milieu (sol – zone non saturée) insuffisante pour atténuer cette pollution

➔  $\text{Vulnérabilité} = \text{Dangerosité} \times \text{Atténuation}$

**Risque**

- + *probabilité d'occurrence et conséquences associées*
- + *fonction d'entrée*
- + *masse de contaminant*
- + *concentration critique*

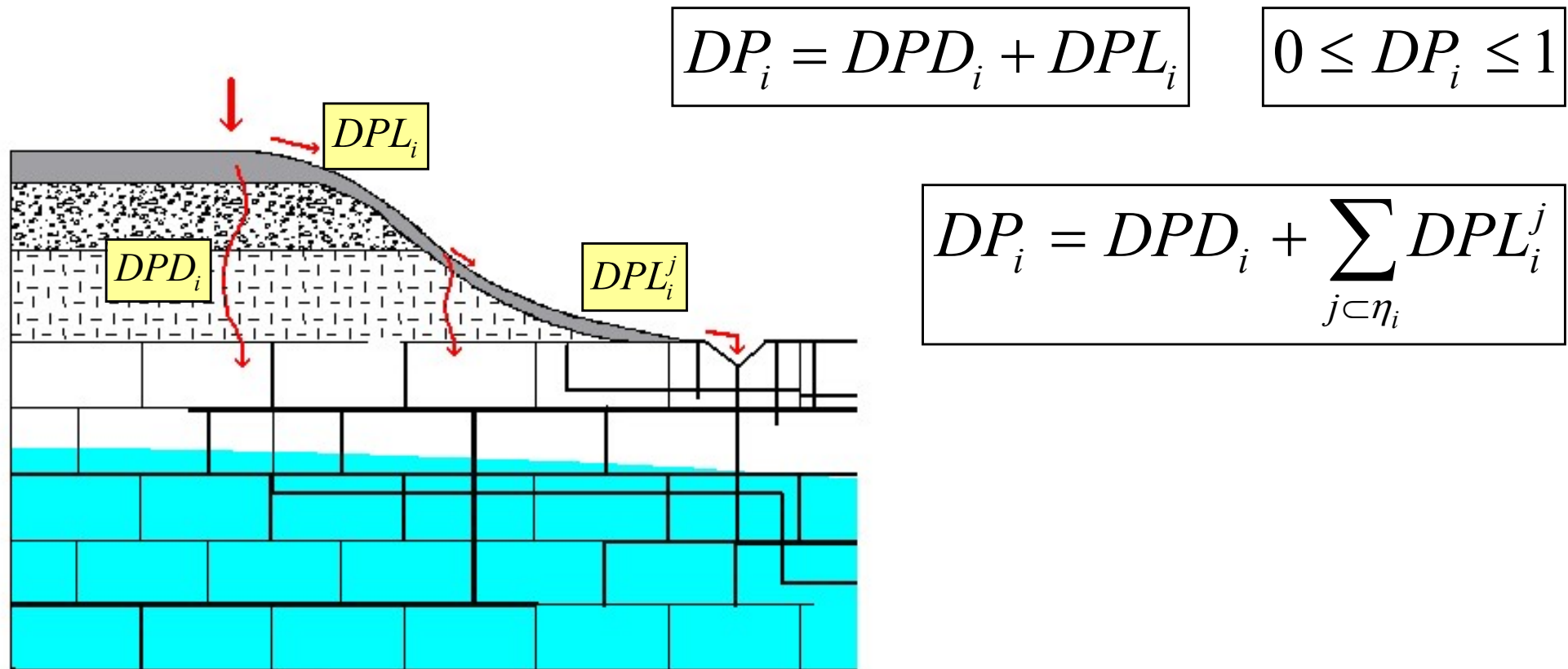
**Vulnérabilité spécifique**

- + *comportement chimique d'un contaminant en souterrain*

**Vulnérabilité intrinsèque**

**la réponse\* du système à un input de type Dirac d'un contaminant conservatif**  
*\*arrivée, durée, degré d'atténuation*

1. DANGEROUSITE: Si une pollution se produit dans le bassin d'alimentation de la ressource en eau souterraine, où le polluant peut-il s'infiltrer et en quelle quantité (relative)?





1. ATTENUATION : Quel est le devenir de la pollution au cours de son cheminement vers la nappe à travers le sol et la zone non saturée?

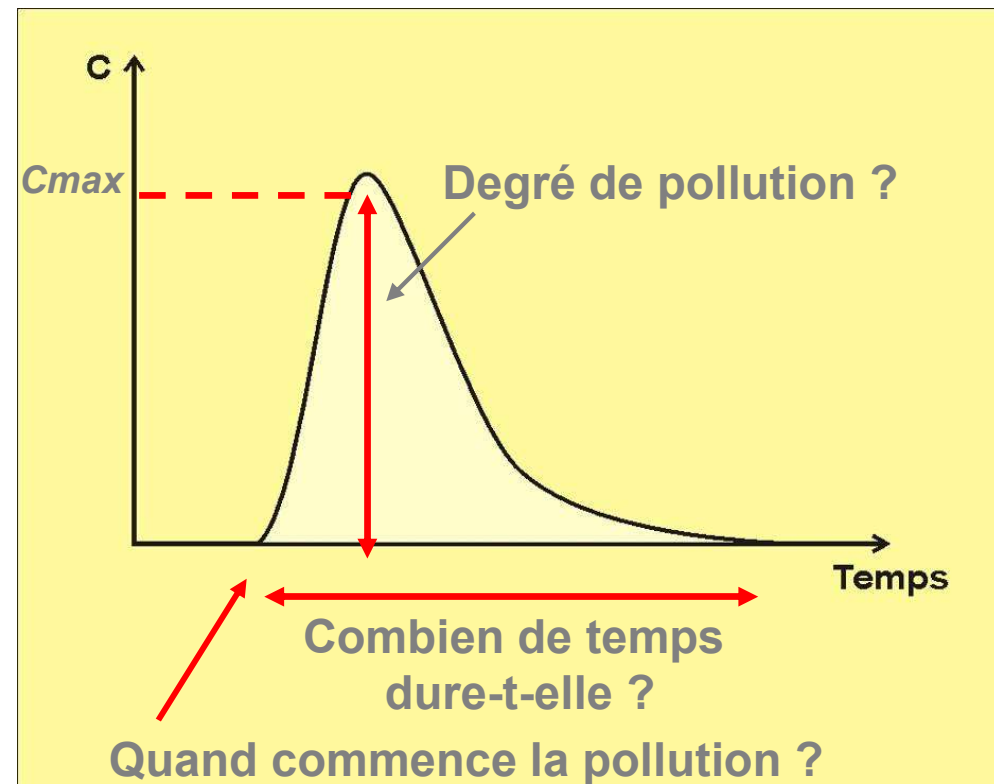
« Idéalement », quantité relative de polluant qui atteint la nappe  
( $R = M_{out}/M_{in}$ )

! Vulnérabilité intrinsèque  $\rightarrow R=1$



Critères physiques adaptés:

- $\rightarrow$  temps de transfert
- $\rightarrow$  niveau de concentration
- $\rightarrow$  durée



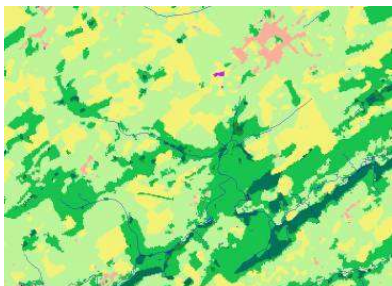
Utilisations actuelles et **potentielles** des données « sol »

1. Eau disponible → Infiltration + Ruissellement
2. Lessivage polluants vers la nappe : sol = première couche traversée
3. **Comportement spécifique des polluants dans le sol et la zone non saturée : sorption (TOC, %A...), dégradation**

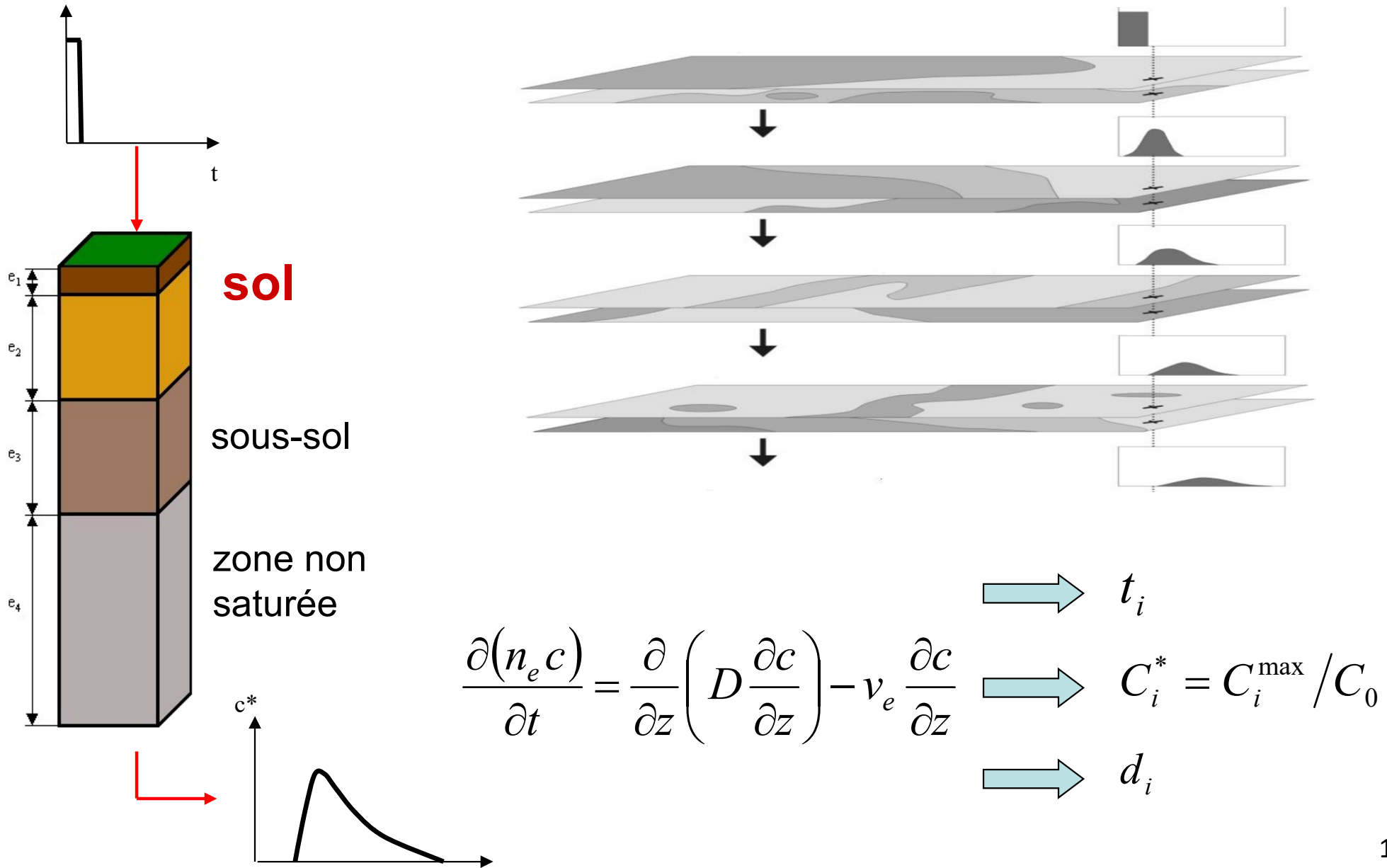
Eau disponible : Bilan hydrologique (Thorntwaite)  $EU = P - ETR$

$EU \rightarrow R + I$  : coefficients de ruissellement (Ebener 2000)

$DPD = C_I/EU$ ,  $DPL = C_R/EU$



	PENTE	Sol absent	Sables	Sables limoneux	Limons sableux	Limon	Limon lourd	Limons argileux	Sables limono-	Limon argileux	Argile limoneuse	Argile sableuse	Argile lourde	Argile lourde sableuse	Sol imperméable
FORÊTS	< 0,5	0	0,03	0,07	0,10	0,13	0,17	0,20	0,23	0,27	0,30	0,33	0,37	0,40	1,0
	0,5– 5,0	0	0,12	0,13	0,15	0,17	0,19	0,22	0,25	0,28	0,32	0,36	0,40	0,45	1,0
	5,0 - 10	0	0,28	0,26	0,25	0,25	0,25	0,27	0,29	0,32	0,35	0,39	0,44	0,50	1,0
	> 10	0	0,23	0,27	0,30	0,33	0,33	0,37	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53	0,57	0,60
PÂTURAGE	< 0,5	0	0,03	0,07	0,10	0,13	0,17	0,20	0,23	0,27	0,30	0,33	0,37	0,40	1,0
	0,5– 5,0	0	0,07	0,09	0,12	0,15	0,18	0,21	0,24	0,28	0,32	0,36	0,40	0,45	1,0
	5,0 - 10	0	0,15	0,09	0,16	0,18	0,20	0,23	0,27	0,31	0,36	0,42	0,48	0,55	1,0
	> 10	0	0,20	0,21	0,22	0,24	0,26	0,29	0,33	0,37	0,42	0,47	0,53	0,60	1,0
CULTURES	< 0,5	0	0,23	0,27	0,30	0,33	0,37	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53	0,57	0,60	1,0
	0,5– 5,0	0	0,27	0,31	0,34	0,37	0,41	0,44	0,47	0,51	0,54	0,57	0,61	0,64	1,0
	5,0 - 10	0	0,33	0,37	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53	0,57	0,60	0,63	0,67	0,70	1,0
	> 10	0	0,45	0,49	0,52	0,55	0,59	0,62	0,65	0,69	0,72	0,75	0,79	0,82	1,0
SOL NU	< 0,5	0	0,33	0,37	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53	0,57	0,60	0,63	0,67	0,70	1,0
	0,5– 5,0	0	0,37	0,41	0,44	0,47	0,51	0,54	0,57	0,61	0,64	0,67	0,71	0,74	1,0
	5,0 - 10	0	0,43	0,47	0,50	0,53	0,57	0,60	0,63	0,67	0,70	0,73	0,77	0,80	1,0
	> 10	0	0,55	0,59	0,62	0,65	0,69	0,72	0,75	0,79	0,82	0,85	0,89	0,90	1,0



Vulnérabilité = Dangersité × Atténuation

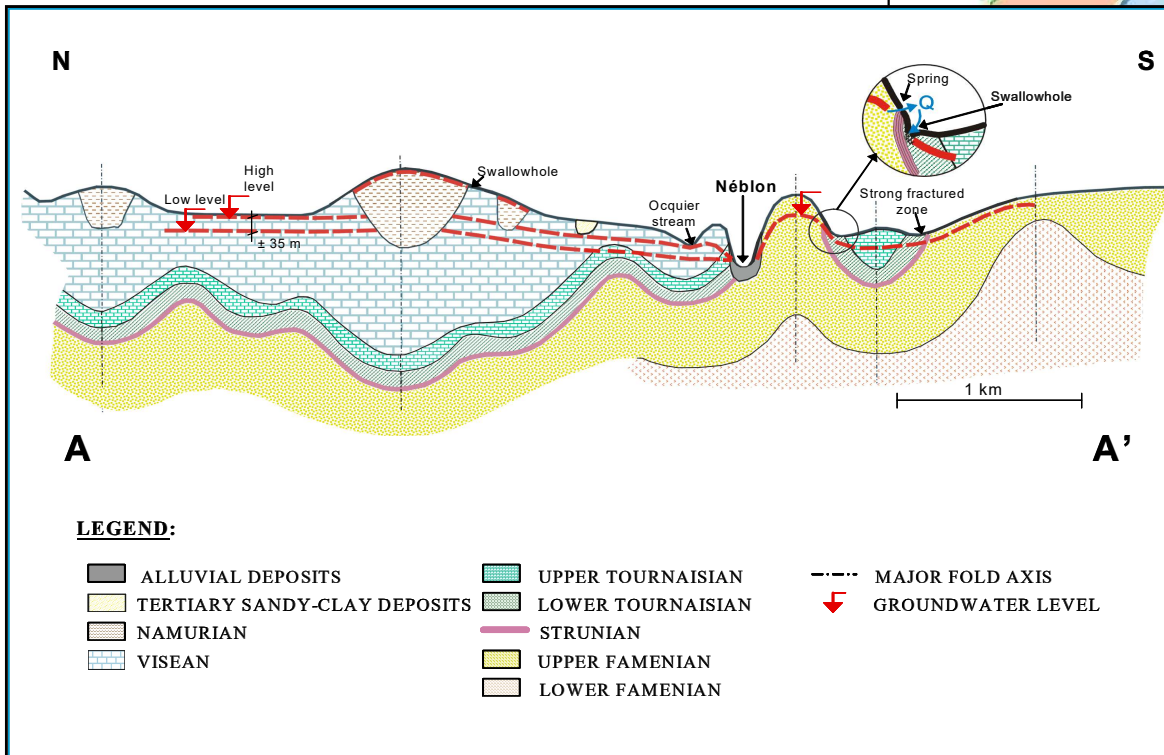
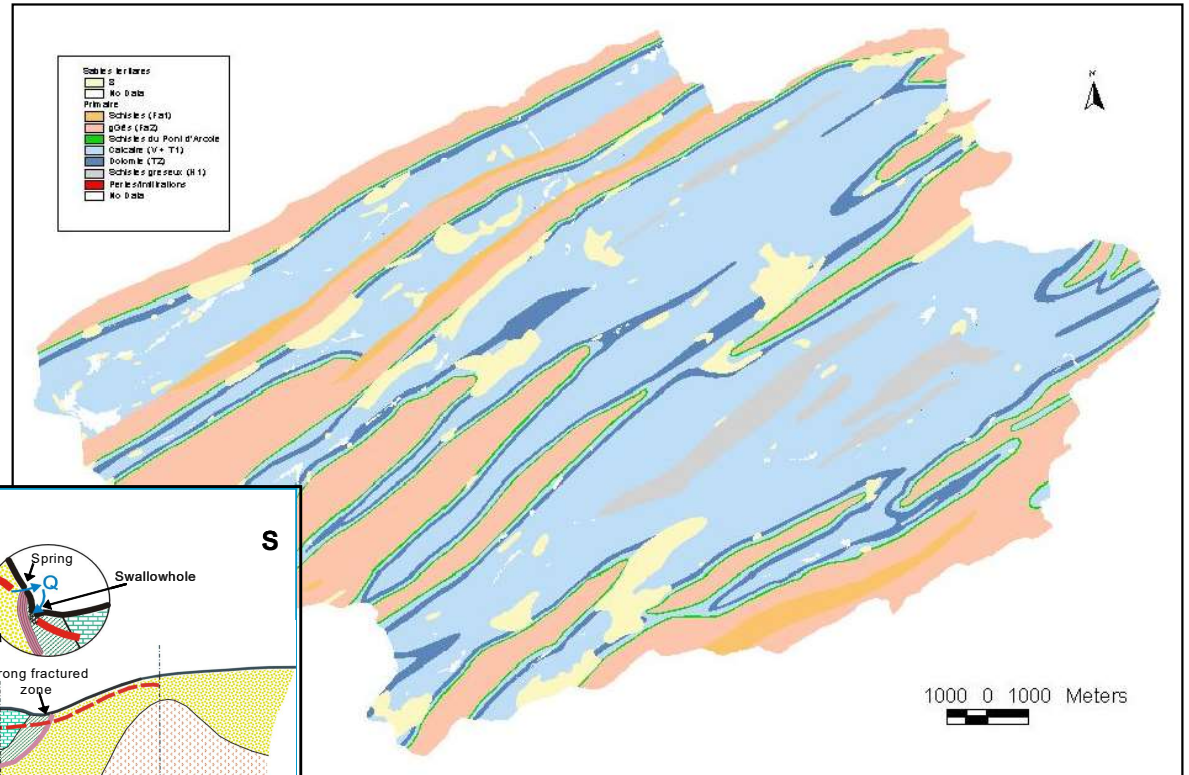
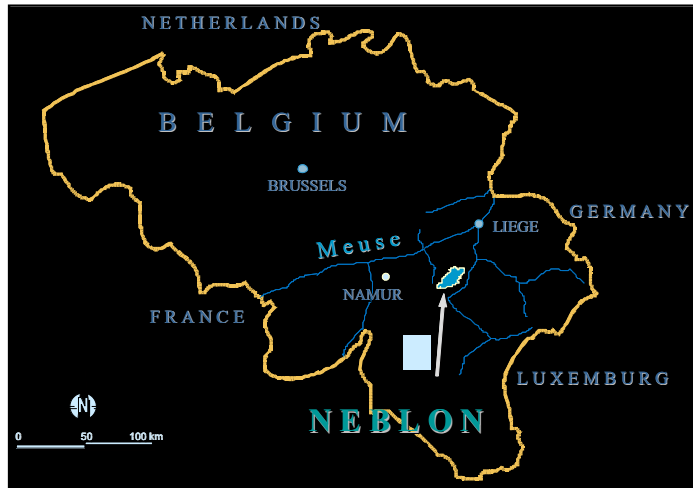
### 1. Pondération des critères

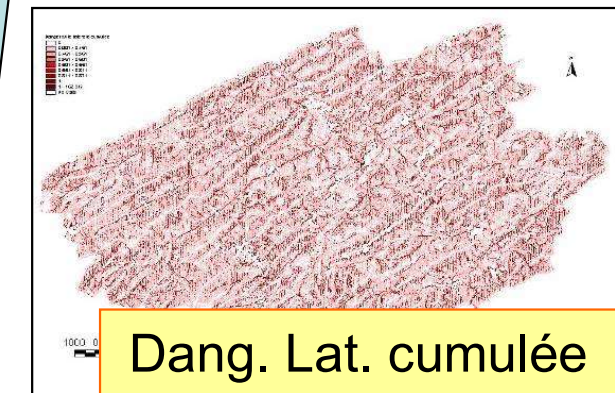
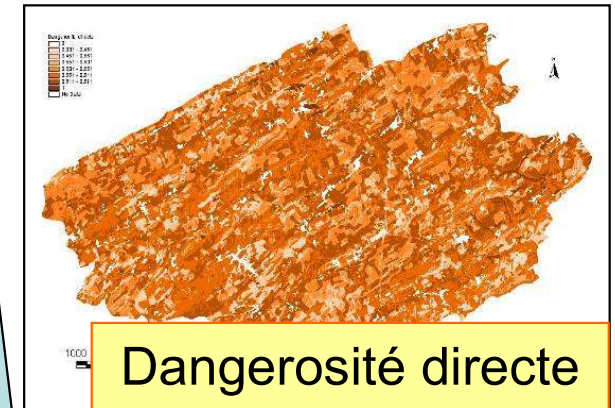
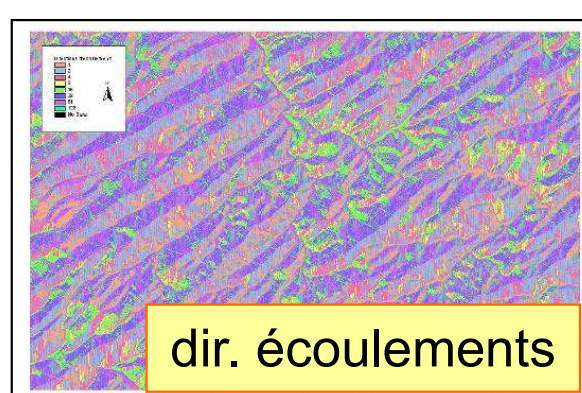
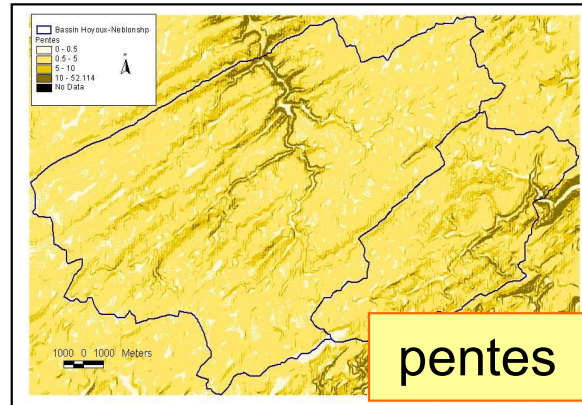
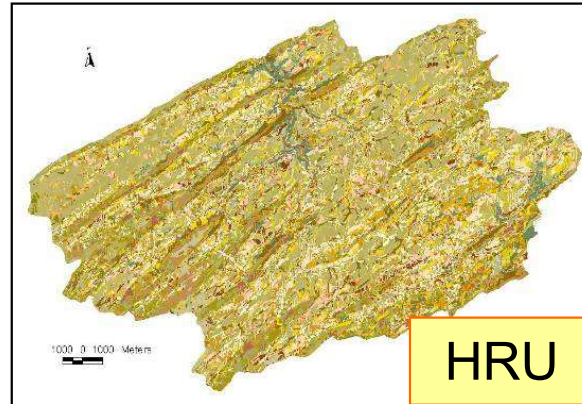
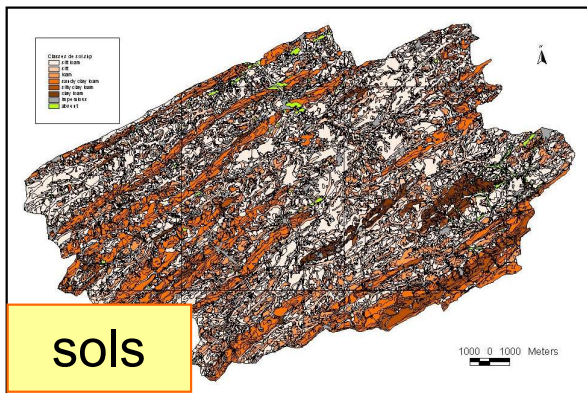
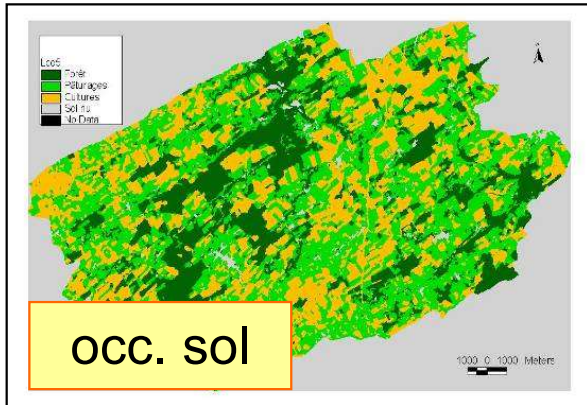
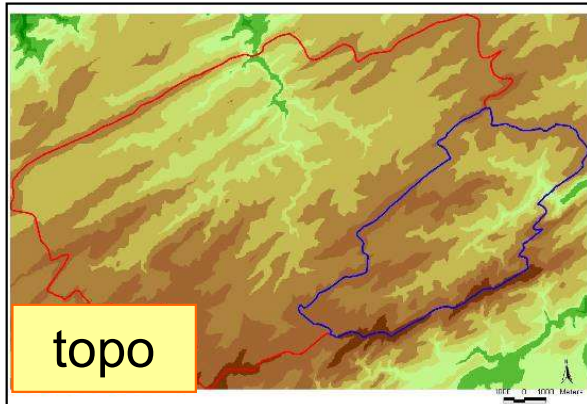
- Temps de transfert équivalent  $\hat{t}_i = DPD_i \cdot t_i + \sum_{j \in \eta_i} DPL_i^j \cdot t_j \Rightarrow V_t$
- Atténuation équivalente  $\overline{c_i^{max}} = DPD_i \cdot c_i^{max} + \sum_{j \in \eta_i} DPL_i^j \cdot c_j^{max} \Rightarrow V_c$
- Durée de pollution équivalente  $\tilde{d}_i = DPD_i \cdot d_i + \sum_{j \in \eta_i} DPL_i^j \cdot d_j \Rightarrow V_d$

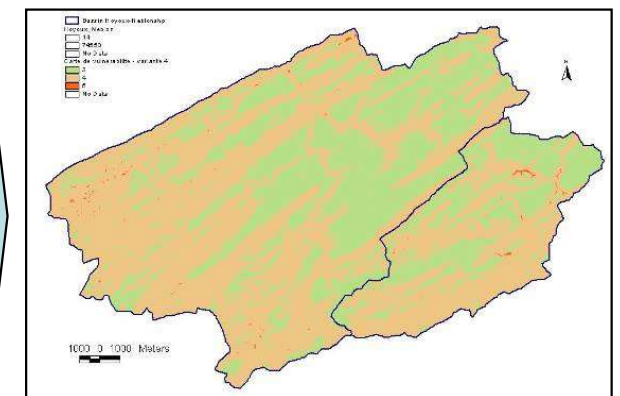
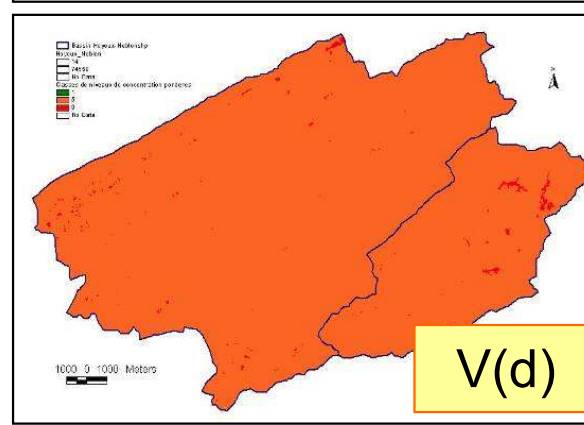
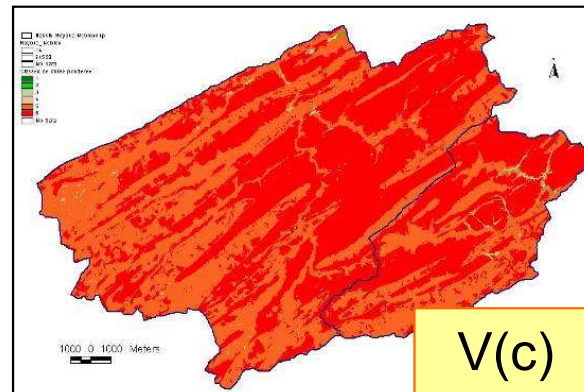
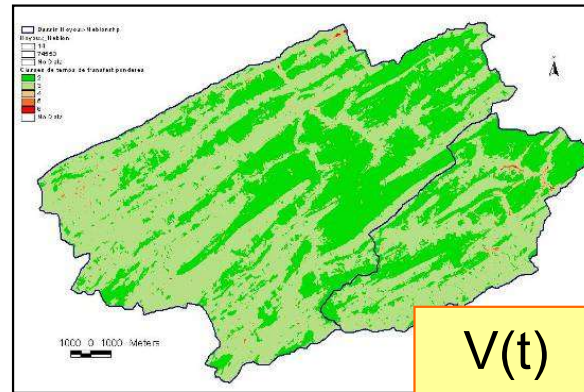
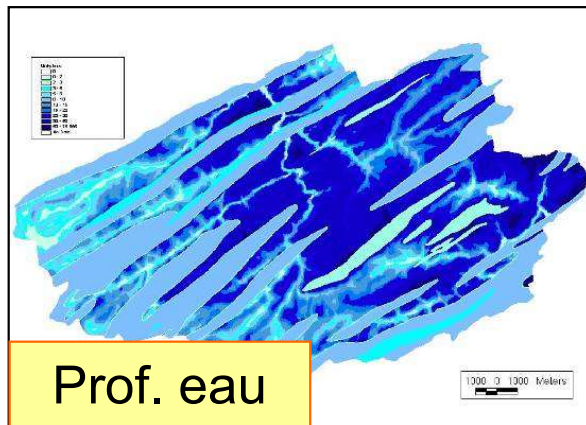
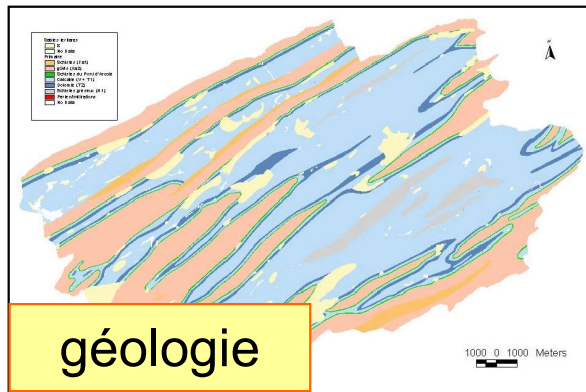
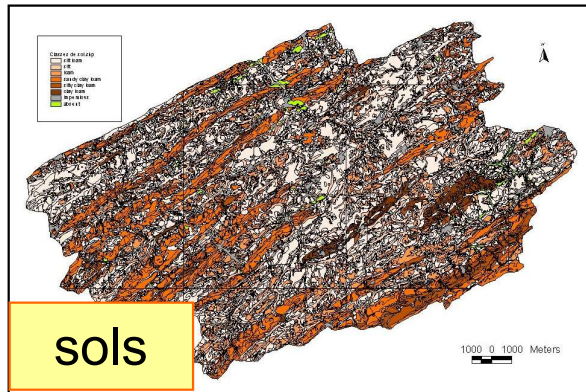
### 2. Analyse multicritère

$$V = \alpha V_t + \beta V_c + \gamma V_d$$

$$\alpha + \beta + \gamma = 1$$







$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
0.45	0.10	0.45



---

Apsû maintenant ...

- Intégration d'informations cartographiques (topographiques, sols, occupation du sol, géologiques, hydrogéologiques ...)
- On sait pourquoi c'est **vert**, pourquoi c'est **rouge**
- Approche cartographique  $\neq$  modèle mathématique hydrogéologique  $\rightarrow$  application potentielle « aisée »

$\rightarrow$  Outil d'aide à la décision pour: gestion et protection des eaux souterraines (plans de gestion DCE), police de l'environnement, protection civile, aménagement du territoire, ...

## Apsû dans le futur ...

- développements vulnérabilité spécifique & risque
- améliorations concepts (infiltration – ruissellement, transport vers la nappe, sorption – dégradation polluants...)
- interfaçage SIG
- autres applications en Région wallonne