



# Hydrocarbures dans le sol: Entre dépollution et assainissement

Résolution d'un  
cas pratique

Roland Mage

Swiss Environment SA, Sion



# Problématique

- Dépôt d'hydrocarbures avec 5 citernes enterrées (5 fois 100m<sup>3</sup>)
- Autorisation en 1938, installées entre 1953 et 1955?
- Plus utilisées et dégazées en 1984 (sauf ½ citerne)
- Alimentées par conduites enterrées ou par des flexibles?
- Essence, diesel, mazout
- Découverte de la pollution lors de l'excavation des citernes en mars 2008 (fuites diffuses?)
- Sol sur, autour et directement sous les citernes a été excavé en 2008, pollution restante dans le sol jusqu'à la nappe (-6 à -10m)
- Prise en charge du site par Swiss Environment SA en avril 2010





# Excavation (2008)

- Sols excavés déposés en 2 tas sur site: 1'800 et 860m<sup>3</sup>
- Sols “imbibés” avec 2'600 mg/kg de HC<sub>tot</sub>, pas de HAP, peu de C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub>, pas de BTEX, 1mg/kg de Pb
- Analyse des sols enlevés:

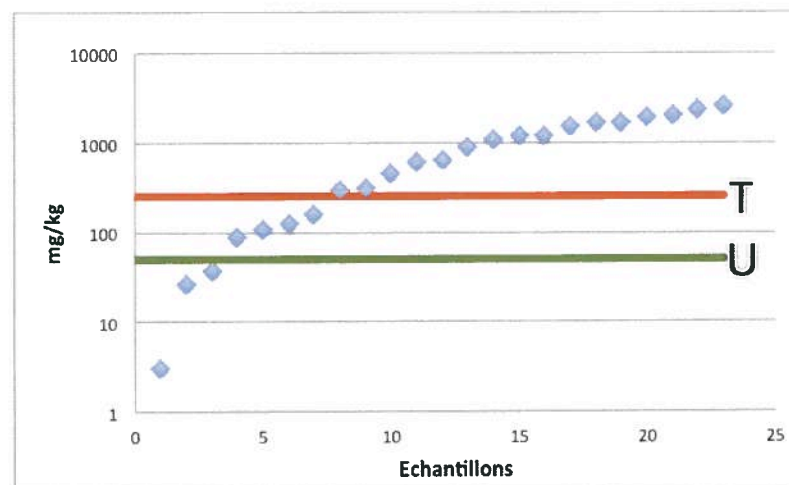
(HC C<sub>10</sub>-C<sub>40</sub>) :

<50ppm: non pollué

entre 50 et 250: valorisable

>250: traitement et/ou décharge

- Si > 5'000mg/kg → traitement obligatoire





SWISSENVIRONMENT S.A.

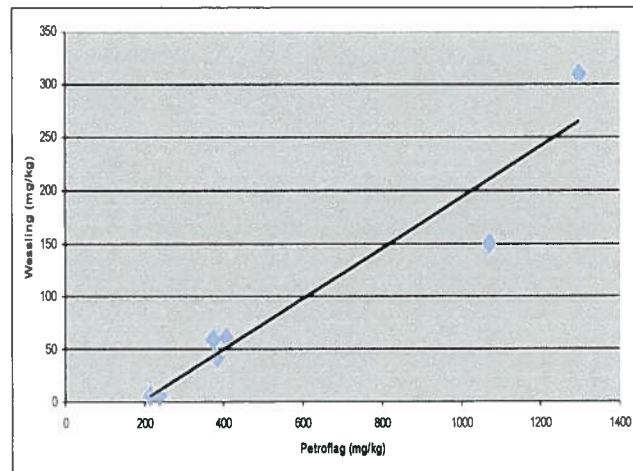
# Dégradation naturelle

- Couverture en plastique (PVC?) dégradée, en morceaux
- Tas recouverts de végétation
- Valeur de la dégradation naturelle entre mars 2008 et juin 2010? (800 jours)



# Concentrations résiduelles: 2010

- Séparation des 2 tas en 10 petits de 100 à 500m<sup>3</sup> par technique de la “pelure d'oignon”
- Volume des tas en fonction de critères visuels et olfactifs → 1 tas “odeur”
- Analyse de composite (4-5 à 0-1.2m) par Petroflag selon méthode USEPA 9074 (26) et en laboratoire (7)



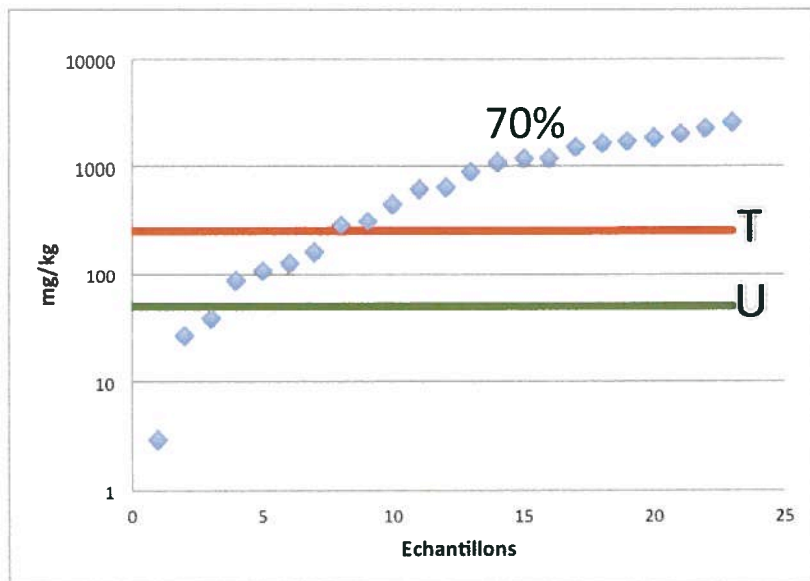
nom	A	B	C	D	E	F	G	H	I	A2	B2	C2	D2
Petroflag (mg/kg)	382	264	367	311	362	398	319	317	340	1071	1297	408	374
Laboratoire (mg/kg)										150	310	61	59
Petroflag rectifié (mg/kg)	93	64	89	75	88	97	77	77	82	263	318	99	91

nom	E2	F2	G2	A3	B3	C3	D3	E3	F3	G3	H3	I3	J3
Petroflag (mg/kg)	383	238	215	1275	1311	1271	529	726	706	628	479	555	391
Laboratoire (mg/kg)	42	5	5										
Petroflag rectifié (mg/kg)	93	57	51	313	322	312	129	177	173	153	117	135	95

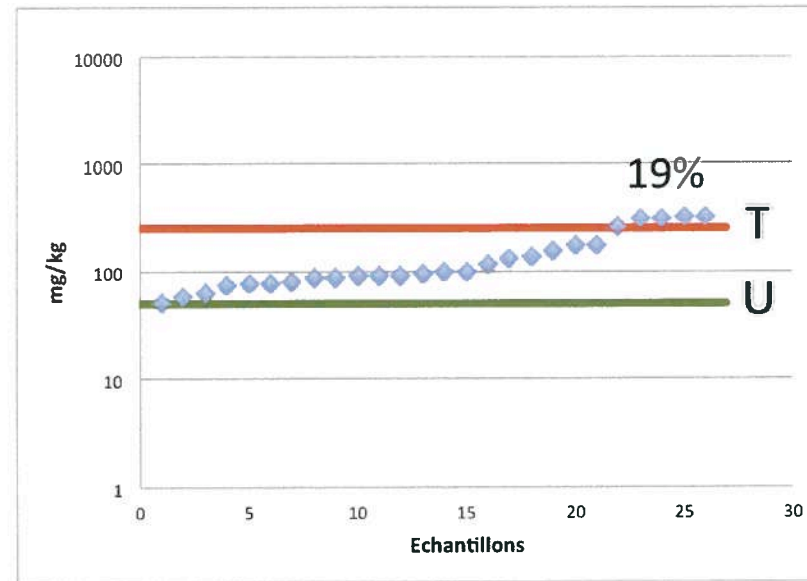


# Conclusion

mars 2008



juin 2010



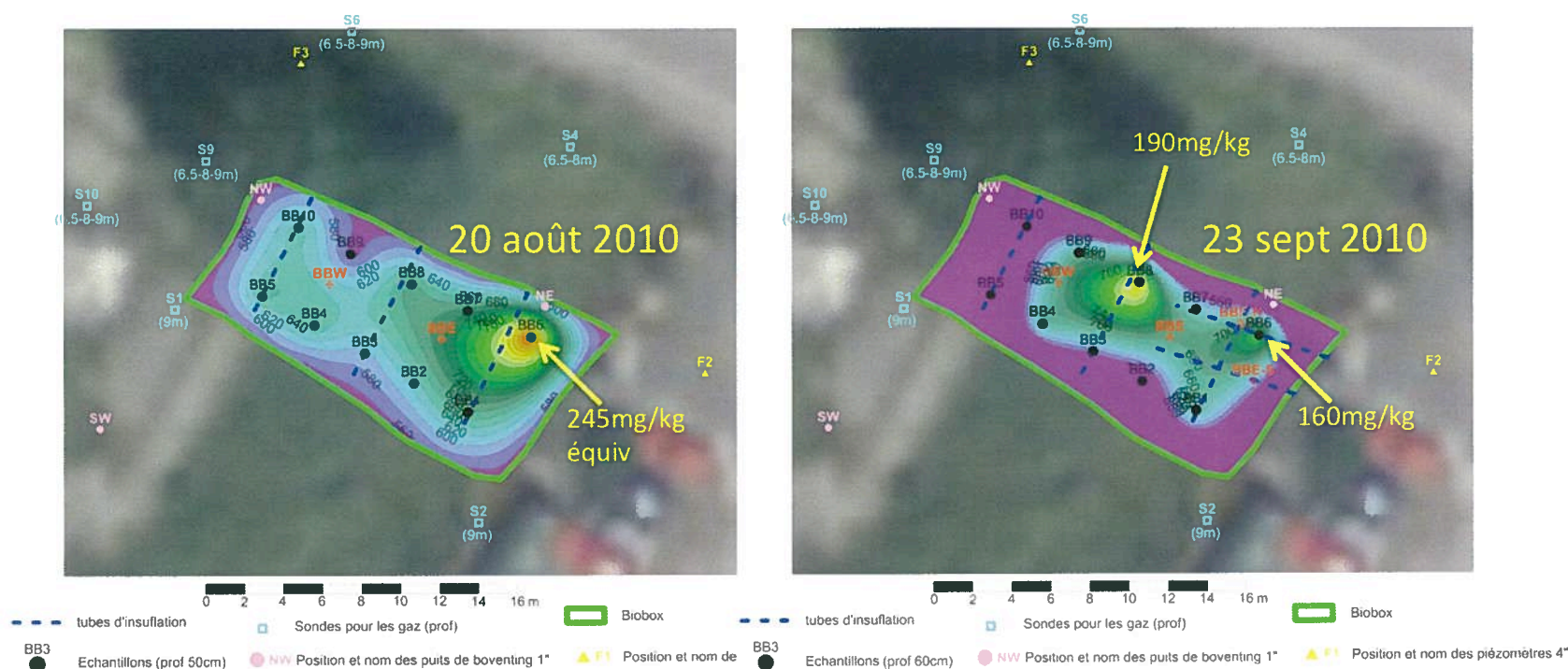
- Dégradation de 2'000mg/kg sur 800 jours: 2-3mg/kg/j
- Un procédé de biodégradation du tas "odeur" (200m<sup>3</sup>) devrait rapidement baisser les concentrations



SWISSENVIRONNEMENT S.A.

# Résultats Biobox

- Mise en place le 30 juillet 2010



- Taux de dégradation basé sur le taux de consommation de l'oxygène: <1mg/kg/j au début, puis >2mg/kg/j



# Sols en profondeur

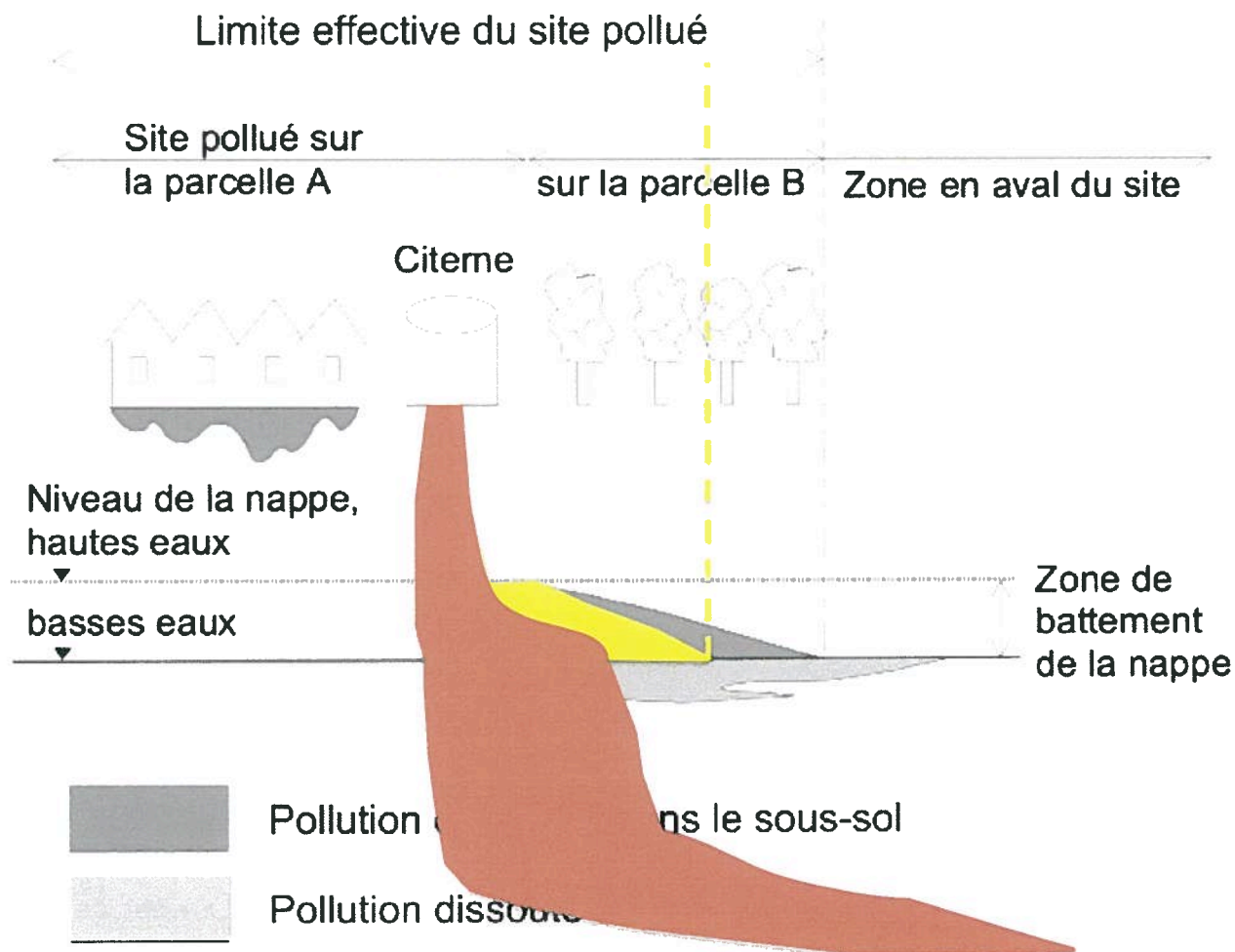
- Sols pollués mais pas d'assainissement direct requis car il ne s'agit pas d'un sol agricole, horticole, ni d'une place de jeu potentiel pour enfant (les sols pollués sont à une profondeur de 6m ou plus)
- Assainissement requis pour la protection de la nappe (art 9 Osites) si:
  - Présence de substances polluantes provenant de ce site et polluant les captages d'eaux souterraines ou
  - Concentration HC C<sub>5</sub>-C<sub>10</sub>, BTEX ou naphtalène supérieure à une certaine valeur (½ Osites) en aval à proximité ou
  - Le site nécessite une surveillance (lixiviats >Osites) et les polluants ont une rétention ou une dégradation insuffisante





SWISSENVIRONNEMENT S.A.

# Limite du site pollué



Le site pollué se termine lorsque les concentrations dans la tranche de sous-sol non saturé en période de basses eaux sont inférieures aux valeurs  $U$  pour les matériaux d'excavation.

Les limites peuvent fluctuer avec le temps, pas les piézomètres.

Source: prélèvement d'eau souterraine en relation avec les sites pollués, l'environnement pratique, OFEFP, 2003



SWISSENVIRONNEMENT<sub>S.A.</sub>

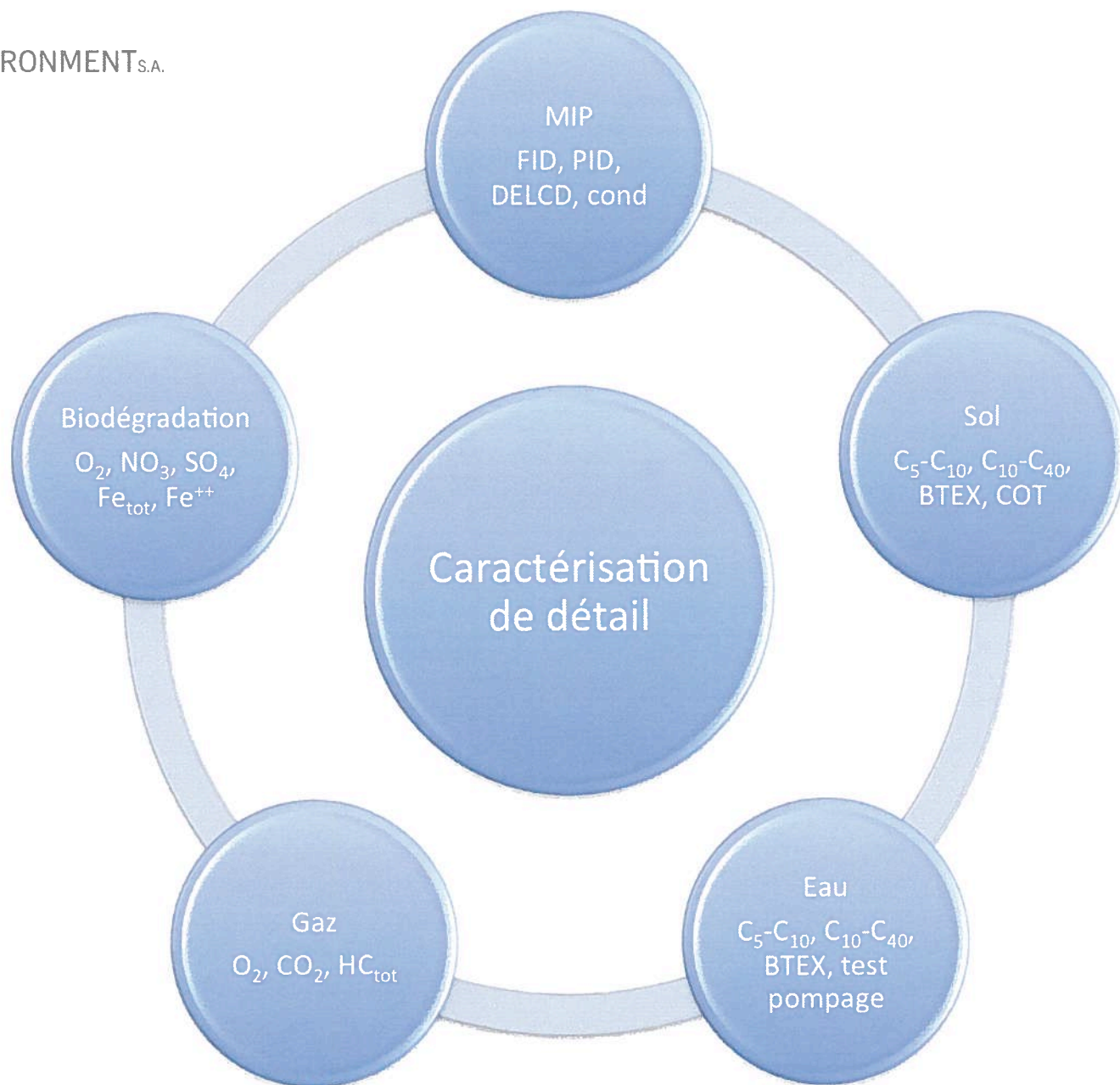
# Echantillonnage d'eau

- Concentrations dépendent de:
  - Position latérale du piézomètre par rapport au panache
    - Les concentrations sont plus élevées au centre du panache
  - Profondeur de la pompe
    - Forme du panache en vertical
  - Débit de pompage
    - Mélange du panache, intégrité, dilution, interprétation des résultats pour assainissement, (déchets à traiter)
  - Position de la crépine
    - Lignes de courant
  - Position des couches perméables/imperméables (meubles)
    - Lignes de courant, dilution adsorbés → couches « propres »

Il vaut mieux savoir où se trouve le cœur et la répartition de la pollution, mais: faut-il assainir si limite dépassée dans un très petit volume au cœur (effet pépite)?



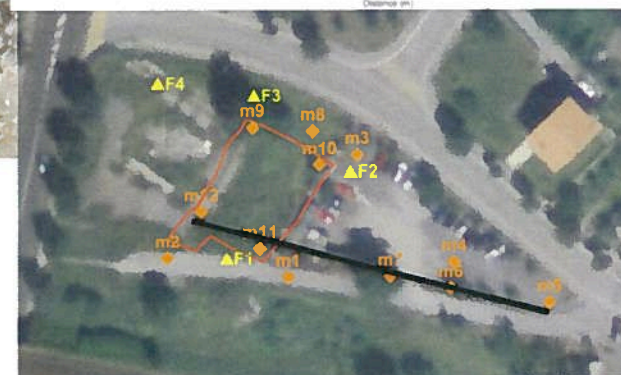
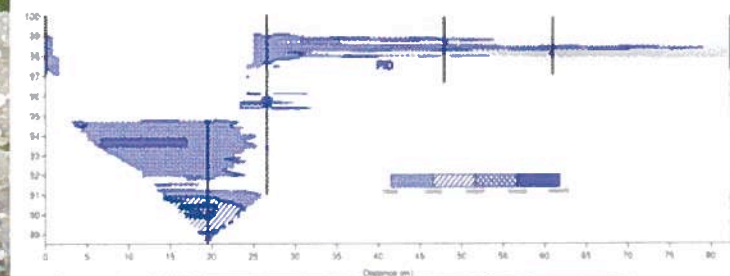
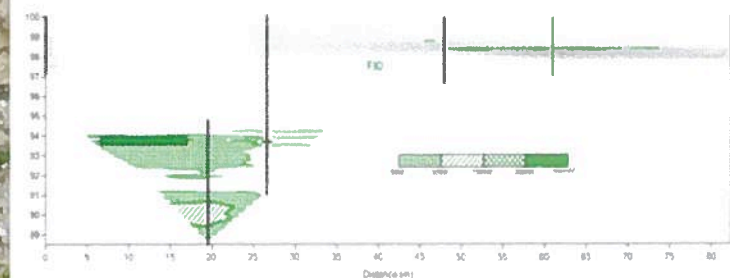
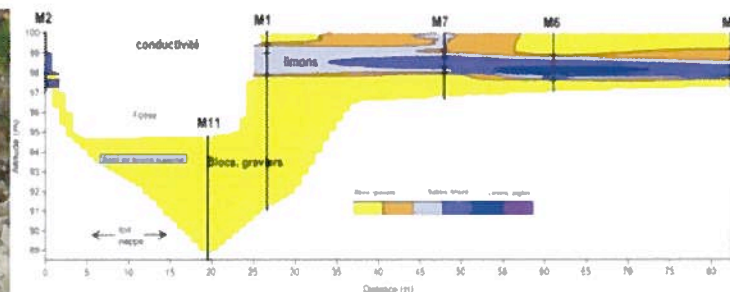
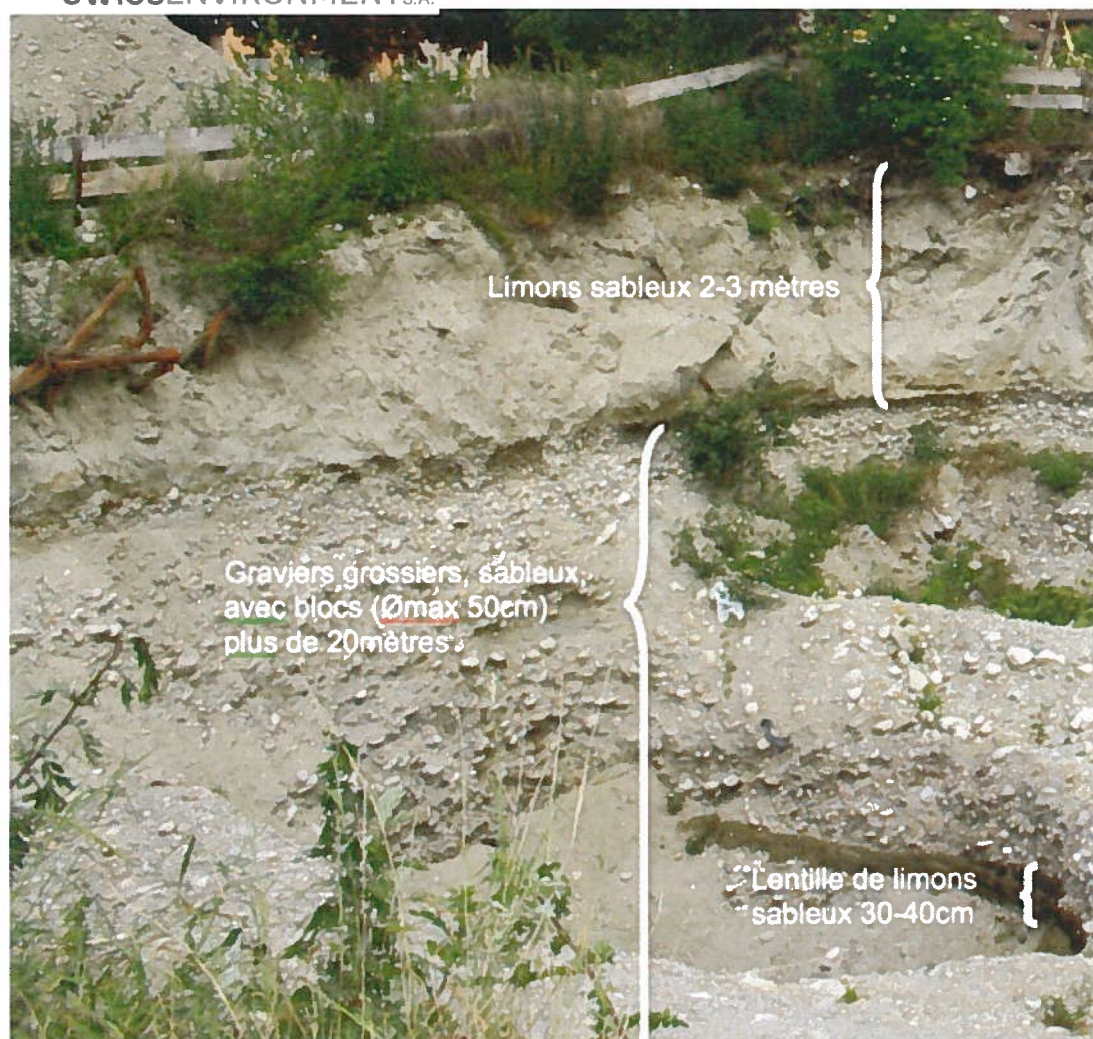
SWISSENVIRONMENT S.A.







SWISSENVIRONNEMENT S.A.



Nappe: V = 40 → 180m/an min  
pente: 0.5 → 1% vers le NW  
prof: 10 → 10.7m





SWISSENVIRONNEMENT S.A.

Nitrates: 6mg/L, Fe: <0.5mg/L, Fe<sup>++</sup>: <0.3mg/L

		O <sub>2</sub>	SO <sub>4</sub>
F1	amont	6.9	250
SE	amont++	1.5	265
F2	dedans	0.4	95
NW	dedans	0.3	85
NE	dedans	0.3	65
SW	dedans	0.2	70
F3	aval ++	5.7	200
F4	aval	6.6	220

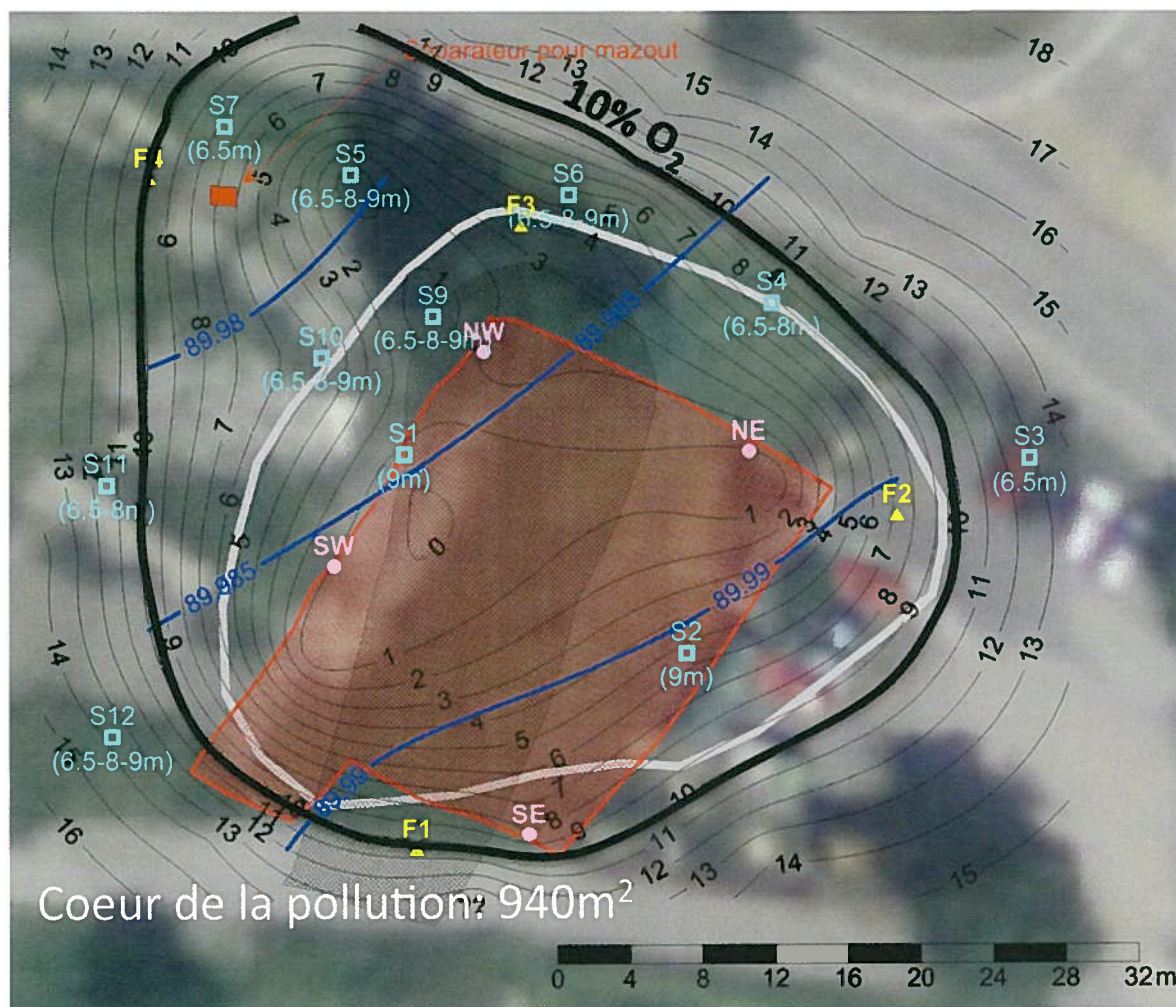
6.7 mg/L consommé en zone aérobie  
200 mg/L consommé en zone anaérobie

Colonies de  
bactéries dans F3

Débit unitaire: 30 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/an → 38m de front, 2m épaisseur = 6 (O<sub>2</sub>)+100 (SO<sub>4</sub>) kg/an



## Détermination de l'emprise spatiale du cœur de la pollution



3 mètres d'épaisseur:  
zone de battement et en  
dessus

F1 = amont proche  
F2 = dedans  
F3 = aval à proximité  
F4 = aval

Pollution bien confinée  
par la nappe par  
biodégradation



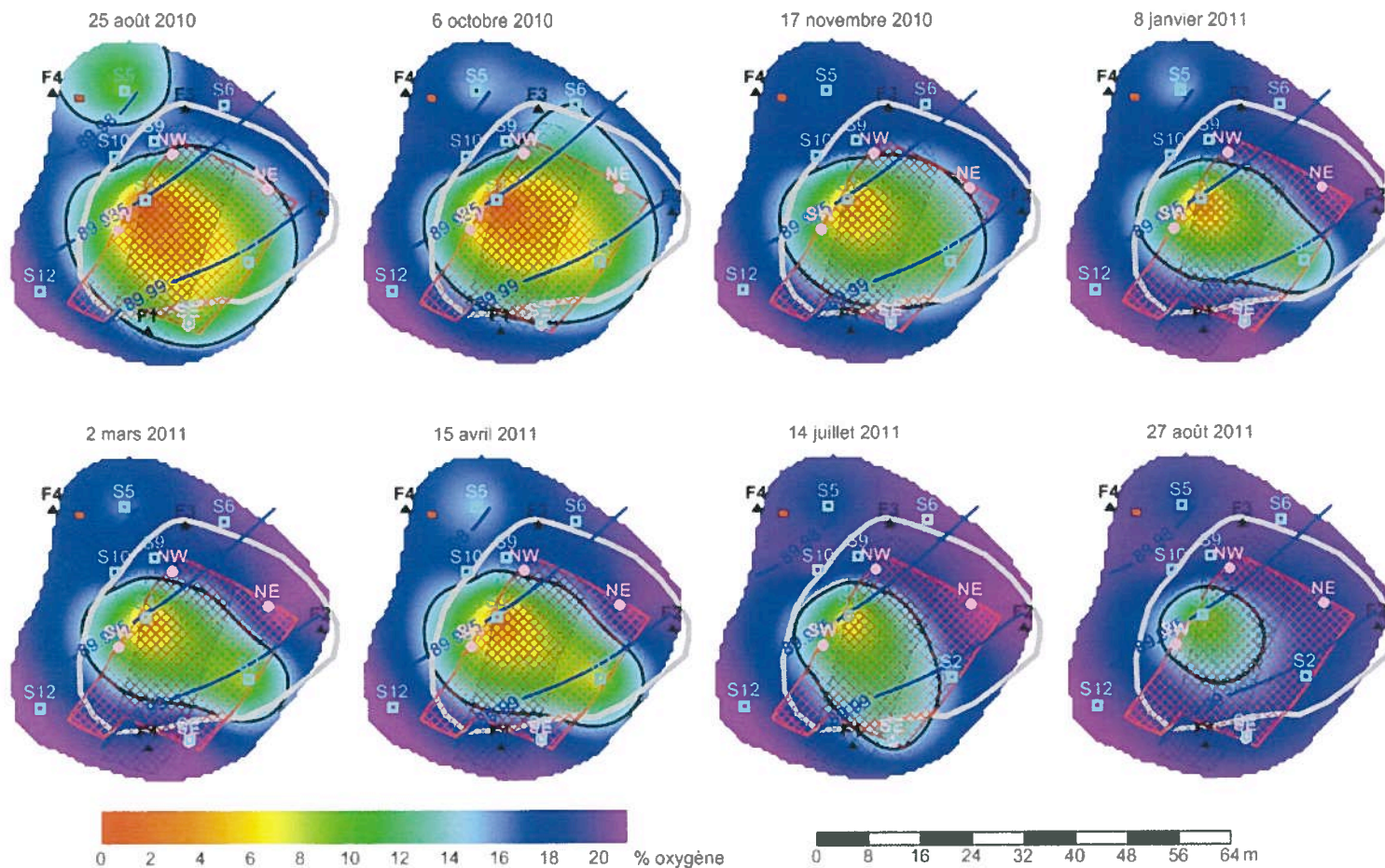
# Bioventing

- But: diminuer les concentrations dans la zone vadose pour s'assurer qu'il n'y aura pas de phase mobile sur la nappe afin d'avoir une rétention suffisante.
- Le bioventing dégrade surtout les hydrocarbures les plus légers qui sont également les plus susceptibles de passer en phase dissoute.
- Possible, car consommation de l'oxygène visible dans les sondes de mesure du gaz interstitiel et production de  $\text{CO}_2$ . Biodégradation naturelle des tas excavés démontrée. Les bactéries sont donc présentes, l'oxygène est le facteur limitant.
- Permet de traiter en même temps les éventuelles pollutions secondaire proches.
- 4 puits de bioventing suffisent à couvrir la pollution ( $R \Rightarrow 15\text{m}$  pour  $Q=120\text{L/min}$ ) selon le test effectué dans NW.
- Suivi par tests de respiration.



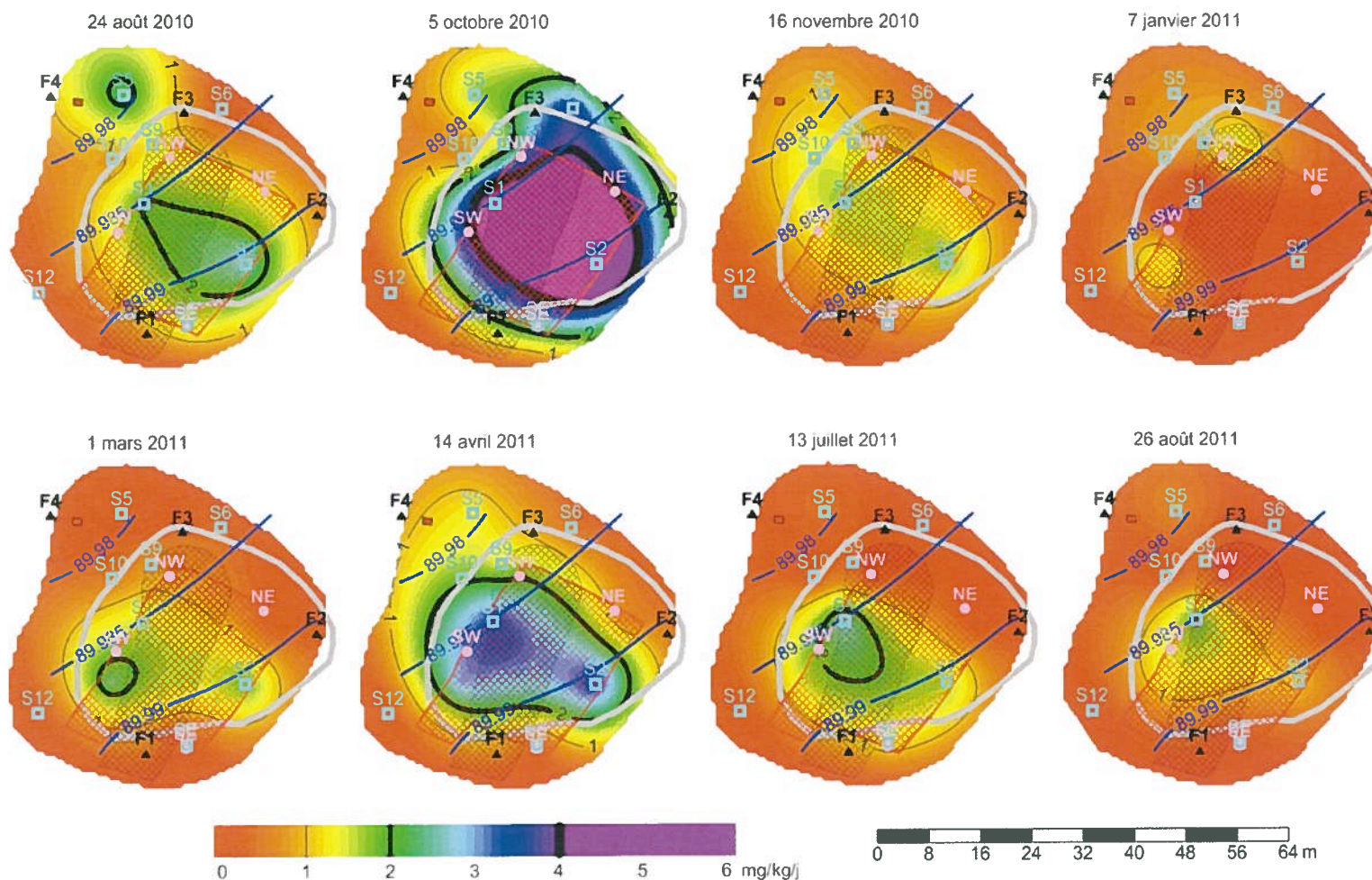
SWISSENVIRONNEMENT S.A.

## Evolution des teneurs en oxygène à 9m de profondeur, 48 heures après le début de chaque test





## Taux de biodégradation moyen à 9m de profondeur, pour les premières 24h de chaque test





# Conclusions

- Dégradation moyenne de 730mg/kg dans la zone centrale pendant la durée du bioventing: 17 août 2010 → 25 août 2011
- Moitié des concentrations dégradée dans le sol → plus de risque de retrouver une phase flottante
- Confirmation de concentrations  $< 1/10$  Osites dans les piézomètres amont, dedans, aval à proximité et aval
- Biodégradation naturelle de la nappe non affectée ( $O_2$ ,  $SO_4$ , pH,  $T^\circ$ , RedOx, K
- Site assaini mais non dépollué actuellement
- Atténuation naturelle active dans le sol et la nappe → dépollution continue
- Question ouverte: pollution (Oeaux) non traitée des sulfates venant de l'amont ?