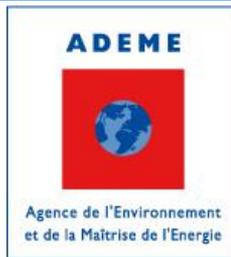


Journées techniques  
28 et 29 mai 2013

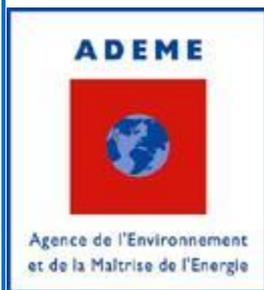
Gestion des sites et sols  
pollués



## Les substances volatiles : caractérisation, modélisation des transferts, surveillance

*Retour d'expérience des projets CITYCHLOR, FLUXOBAT et ATTENA*

# ATTENA : Protocole opérationnel d'utilisation de l'AN



## 1. Développer un protocole opérationnel d'utilisation de l'AN

- En accord avec la méthodologie nationale
- A travers le travail d'un Groupe d'Utilisateur (Administration ; Industriels ; BE ; Chercheurs)

## 2. Réaliser des opérations de démonstration

- Tester le protocole
- 3 types of polluants organiques (3 sites)
  - Hydrocarbures pétroliers (cf. E.V.)
  - HAP
  - Solvants chlorés (cf. S.K.)

## 3. Développer / tester des outils de terrain

- Outils Géophysiques (cf. J-C.G.)
  - Vision « globale » de la pollution
  - Délimitation / quantification des zones source et des panaches
- Outils Géochimiques (cf. J.M.)
  - Sondes in-situ : mesure directe de paramètres (T° ; O<sub>2</sub> ; Eh, C, ...)
  - Echantillonneurs passifs
- Outils isotopiques (cf. M.B.)
  - Mécanismes d'AN / Quantification de la biodégradation (cinétique)
- Analyse de gaz (cf. O.B.)
  - Mécanismes / évaluation du panache « gaz »

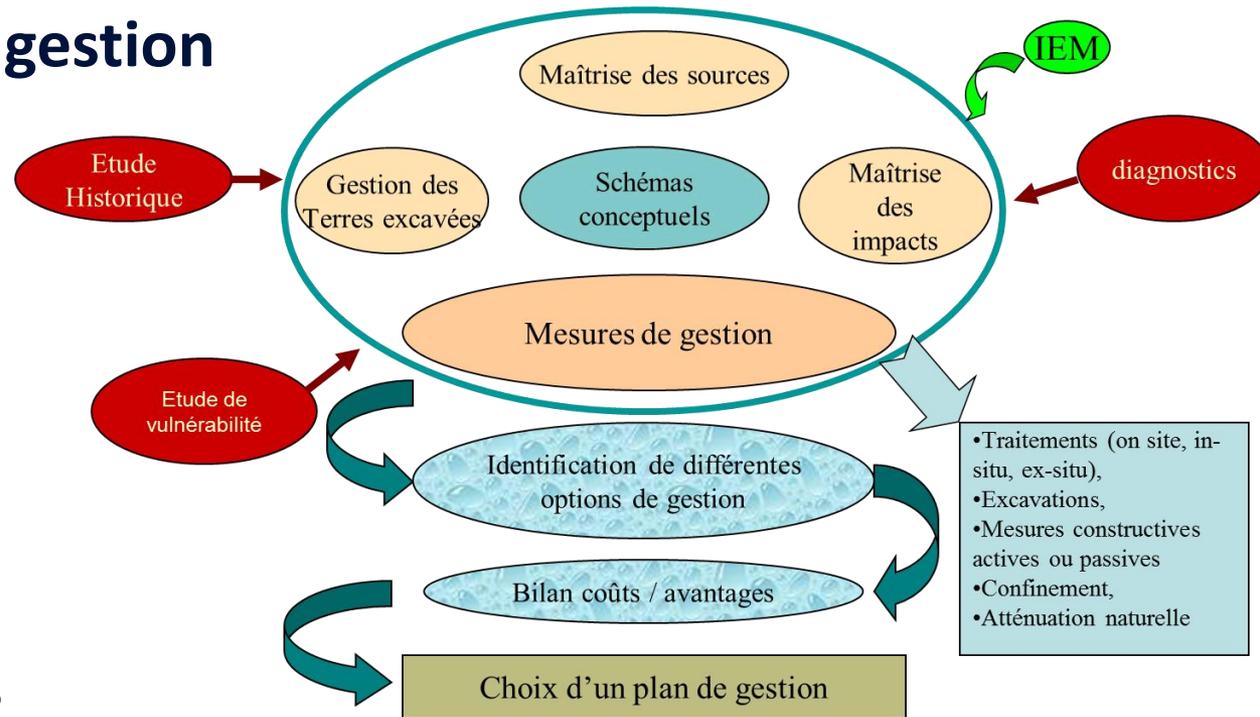
## Délivrables téléchargeables sur le site internet du projet

[www.attena.org](http://www.attena.org)



# Place de l'AN dans la méthodologie SSP

## Dans le plan de gestion



## Uniquement si :

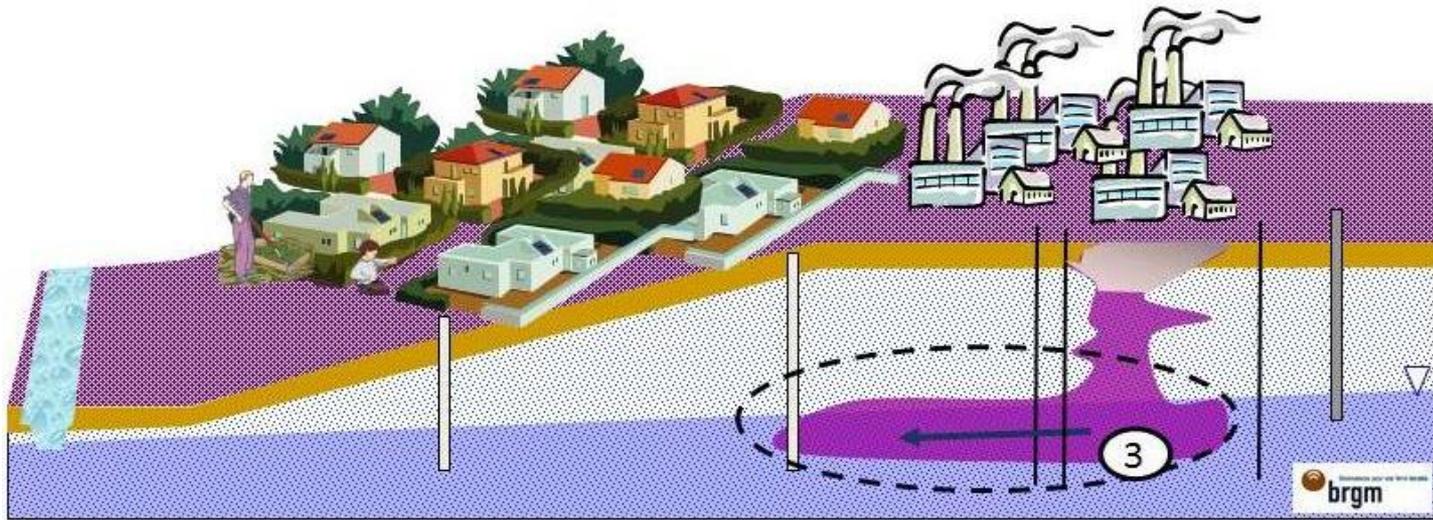
- L'impossibilité d'enlever la pollution a été démontrée (sur la base de critères techniques et/ou économiques)
- Les niveaux de contamination résiduelle sont en accord avec les usages constatés ou futurs des milieux (air, sol et eaux) ;
- L'AN est accompagnée d'une surveillance appropriée des eaux souterraines

## Protocole ATTENA en 3 parties

- Etat des connaissances sur le comportement des polluants organiques
  - Basé sur littérature scientifique et protocoles étrangers
- Mise en œuvre opérationnelle de l'AN dans le contexte réglementaire français
  - Description étape par étape de la démonstration de l'AN
- 4 scénarios de gestion dans lesquels l'AN peut être utilisée
  - CAS A: Un opérateur d'une ICPE qui surveille une pollution historique
  - CAS B: Un opérateur d'une ICPE qui vient juste de détecter une pollution dans son réseau de surveillance des eaux souterraines
  - CAS C: Un promoteur qui doit dépolluer un site avant construction
  - CAS D: Un pouvoir public ayant en charge une masse d'eau polluée.

## CAS B: Un opérateur d'une ICPE qui vient juste de détecter une pollution dans son réseau de surveillance des eaux souterraines

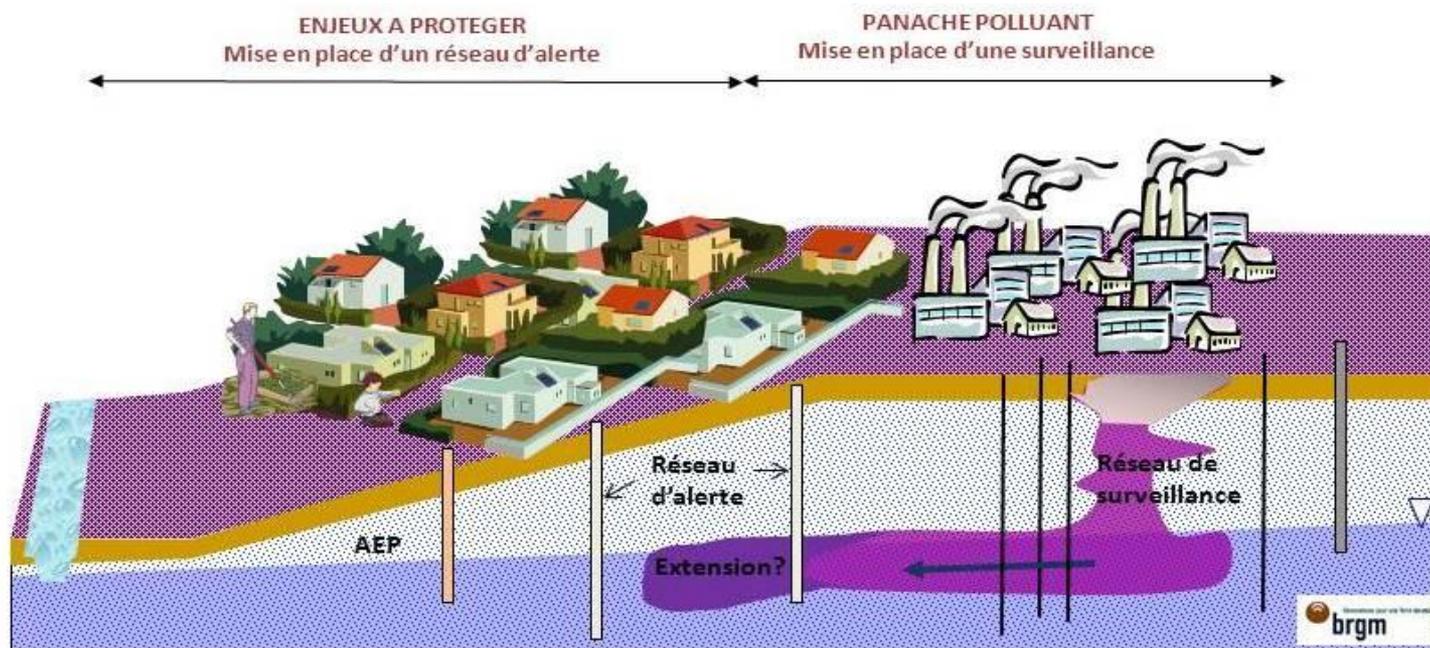
- Avant d'étudier l'AN :
  - Caractérisation et maîtrise des sources
  - Caractérisation de l'extension et de la dynamique du panache (Possibilité d'intégrer les paramètres de l'AN dès le début du diagnostic)



3- Bilan coûts-avantages sur la pollution résiduelle

## ☀️ Quels sont les enjeux ?

- Usage des sols ? ; AEP ? puits privés ? Habitations ?
- Compatibilité usage / milieux
- Mise en place d'un réseau d'alerte



5 – Suivi à mettre en place : réseau d'alerte et réseau de surveillance

## Basé sur une approche progressive, itérative et proportionnée aux enjeux

- Evaluation des données historiques
- Schéma conceptuel
- Acquisition et analyse des données de qualification de l'AN
- **Etape de quantification**
  - de la source (stock)
  - du panache (impact)
  - de chaque mécanisme : bilan de masse, ...
- Modélisation prédictive
- Mise en œuvre du plan de surveillance

## A chaque étape les résultats sont évalués et la décision de continuer ou de stopper est prise

# Protocole ATTENA – critères de faisabilité



Critères	Faisabilité		
	Fort	Moyen	Faible
<b>Paramètres techniques</b>			
<b>Source</b>	<b>Maîtrisée/ pas de source résiduelle</b>	<b>Maîtrisée / source résiduelle encore active</b>	<b>Non maîtrisée *</b>
<b>Compatibilité pollution / usages</b>	<b>Compatibilité</b>	<b>Compatibilité avec des mesures simples de gestion</b>	<b>Incompatibilité*</b>
<b>Définition du panache</b>	<b>Bien défini</b>		<b>Mal défini</b>
<b>Etat du panache</b>	<b>En régression</b>	<b>Stable</b>	<b>En expansion</b>
<b>Données de surveillance</b>	<b>Beaucoup de données</b>		<b>Peu de données sur l'évolution du panache</b>
<b>Conditions Biogéochimiques (bilan AE/DE)</b>	<b>Favorables pour le polluant considéré</b>	<b>possible</b>	<b>Défavorables pour le polluant considéré</b>
<b>Paramètres économiques</b>			
<b>Monitoring dans la zone impactée (accès)</b>	<b>Possible</b>		<b>Impossible</b>
<b>Temps pour la réutilisation du site</b>	<b>Intérêt à long terme</b>		<b>Intérêt à court terme</b>
<b>Evaluation globale</b>			
<b>* Critères limitants</b>	<b>Majorité de « fort » pas de limitant</b>	<b>Critères majoritairement « moyens » ou « faibles », pas de limitants</b>	<b>Critères limitants, pas de « fort »</b>

# Mise en œuvre opérationnelle

## Données Historiques



### Le site

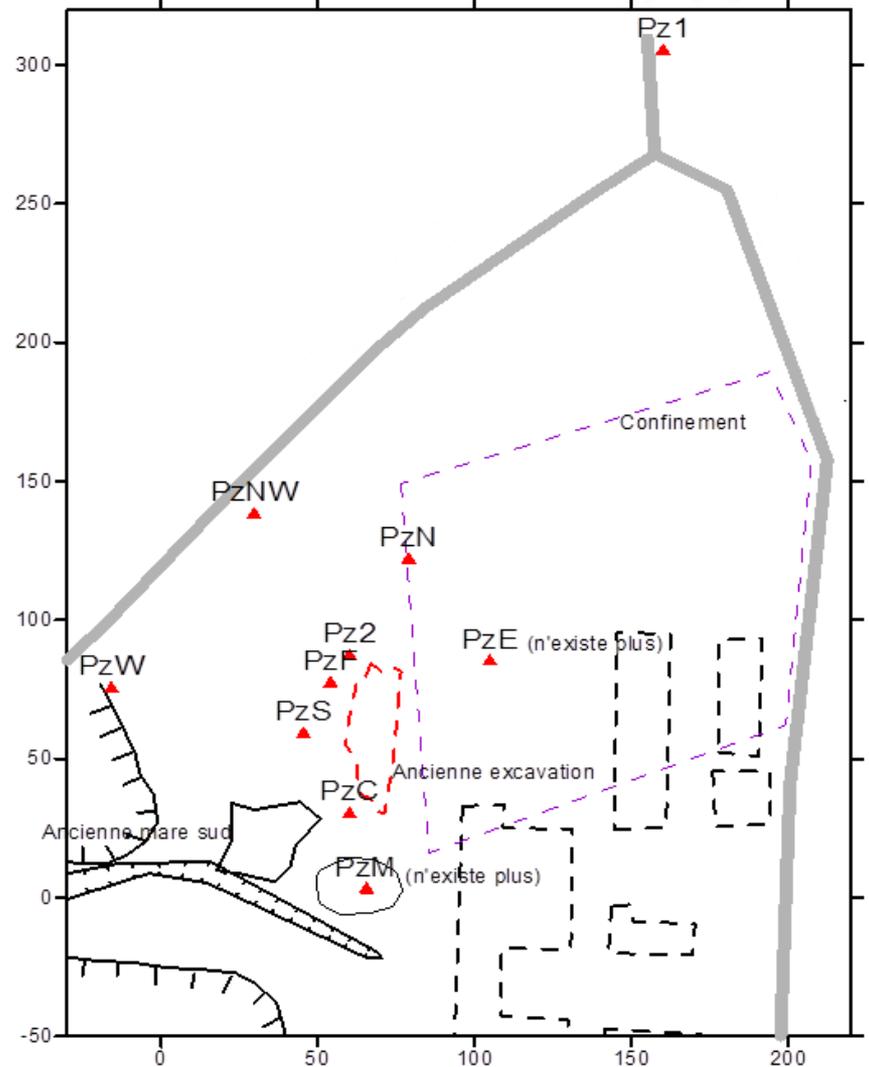
- Ancienne cokerie
- Activité : 1920-1970
- Eaux résiduaires et goudrons acides stockés dans deux mares

### Maîtrise des sources

- Excavations : 1999 ; 2004
- Sols pollués stockés sur site en alvéoles étanches

### Pollution résiduelle

- Sols sous les mares
- Goudrons ayants migrés au fond de l'aquifère avant excavation
- Panache (HAP + BTEX)

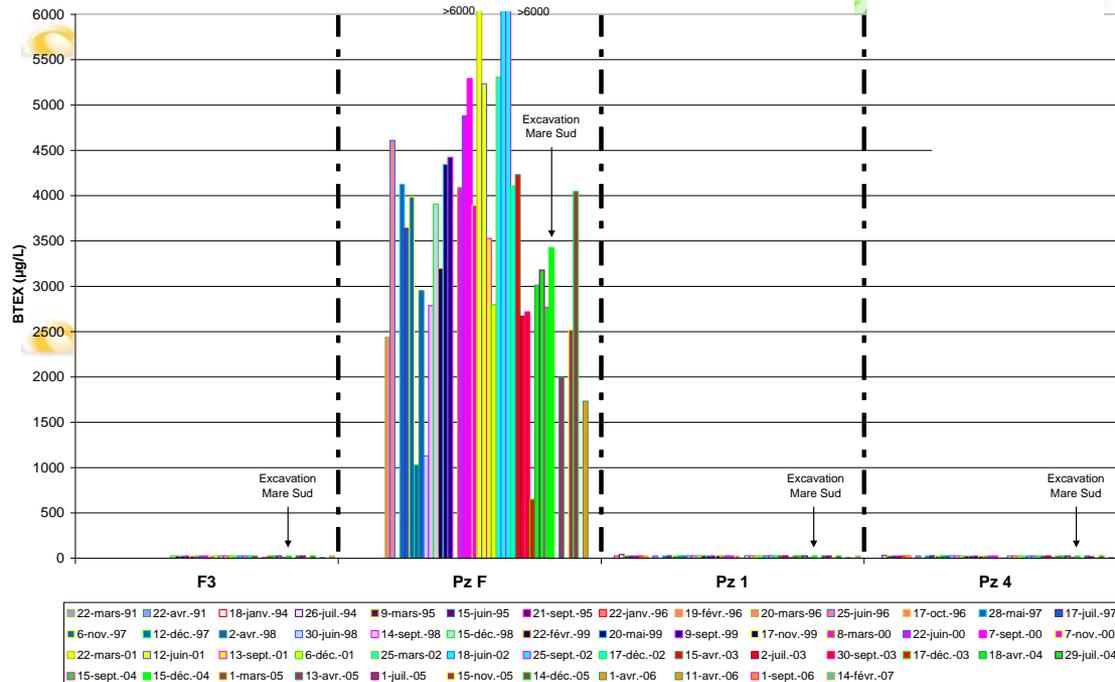
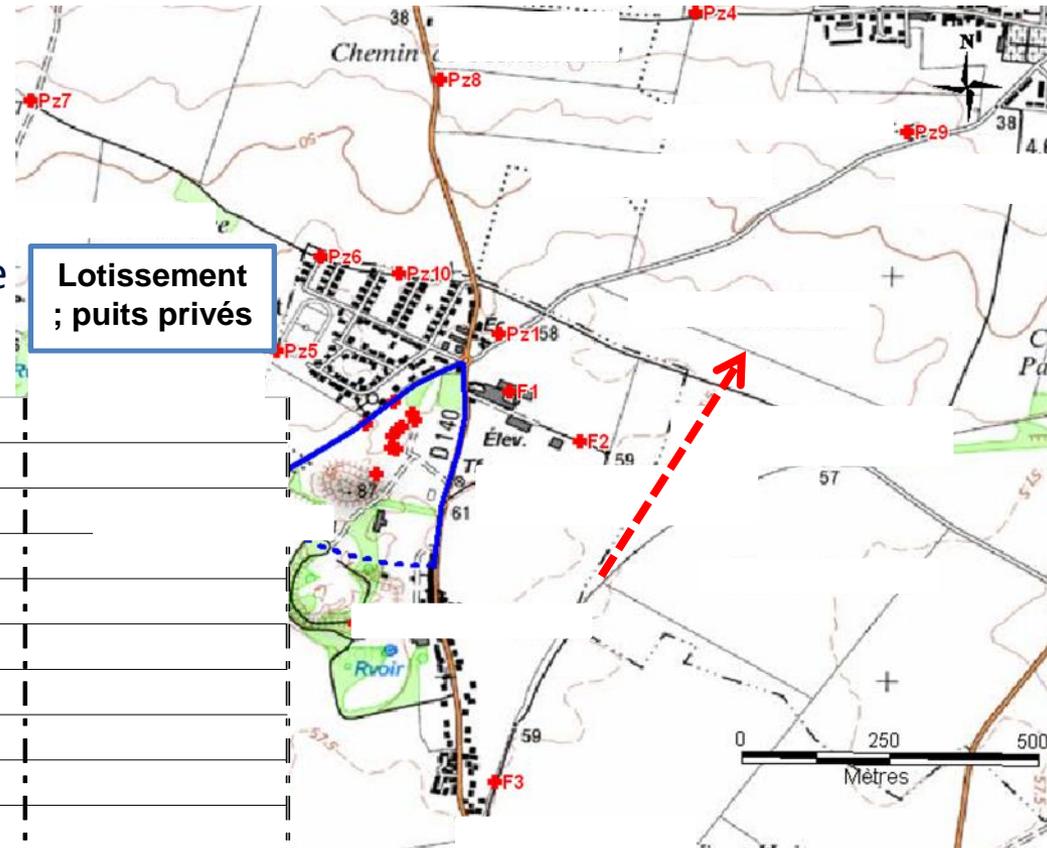


# Mise en œuvre opérationnelle

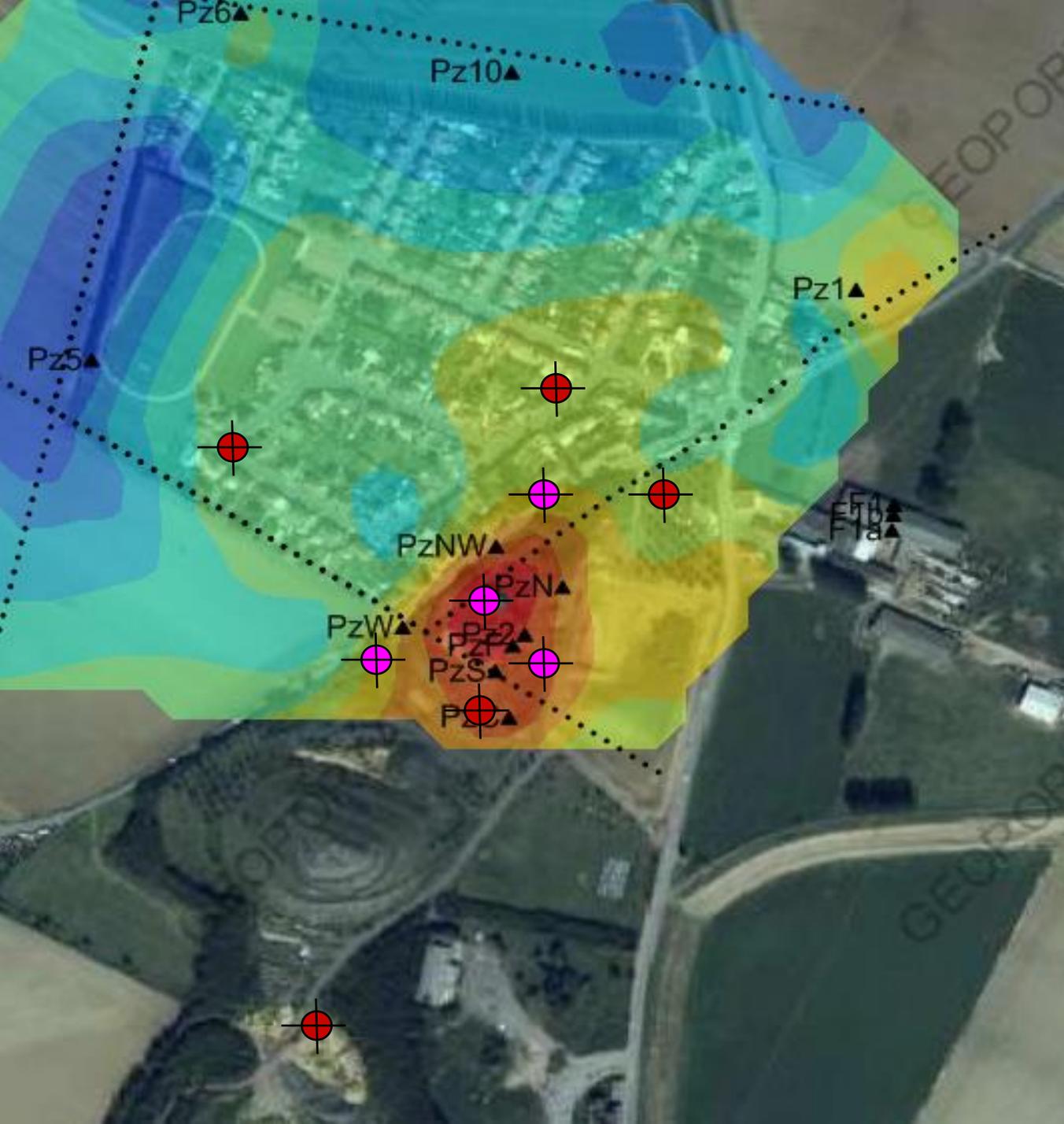
## Données Historiques

### Réseau de surveillance

- Jusqu'à 10 mg/L de BTEX et HAP au niveau des zones source
- Moins de 10 µg/L en limite de site







Old piezometers  
(- 80 m)



New piezometers  
(- 80 m)



Piézairs - 20 m



## Cartographie géophysique du panache

(Naudet et al., 2013)

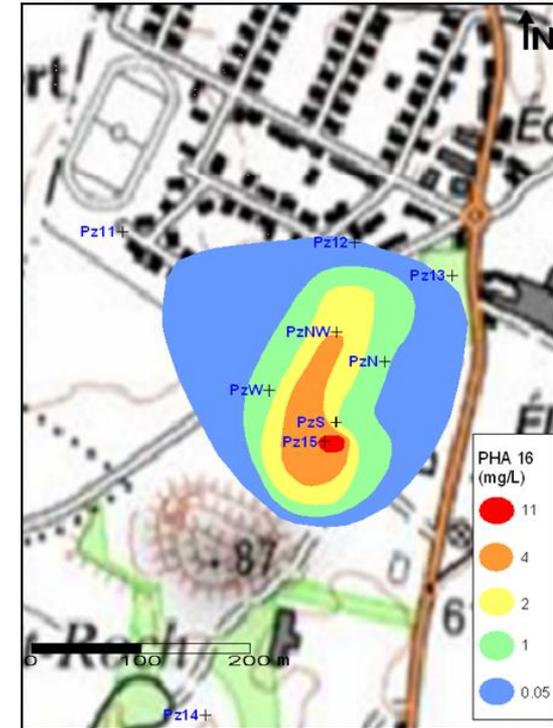
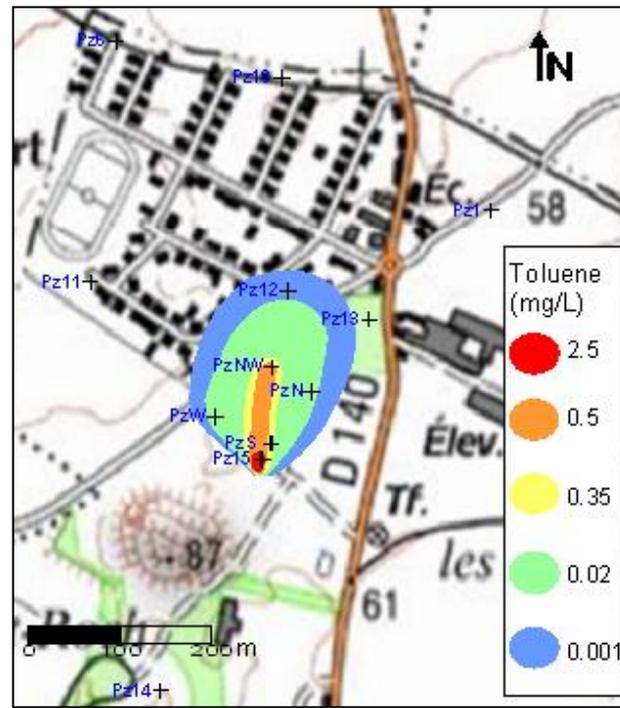
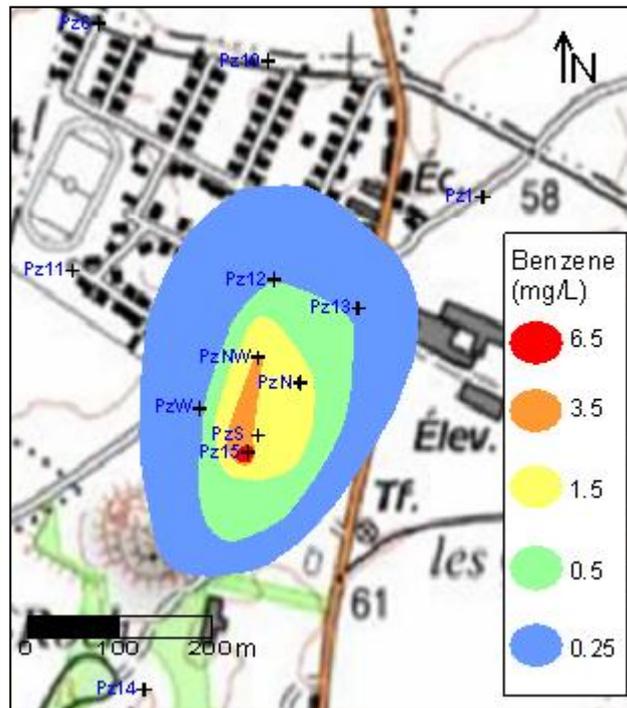


# Collecte / analyse d'échantillons d'eau

## Qualification de l'AN



### Polluants organiques



Bonne définition du panache

L'eau sous les maisons est polluée

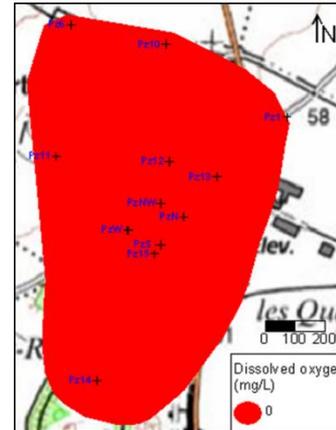
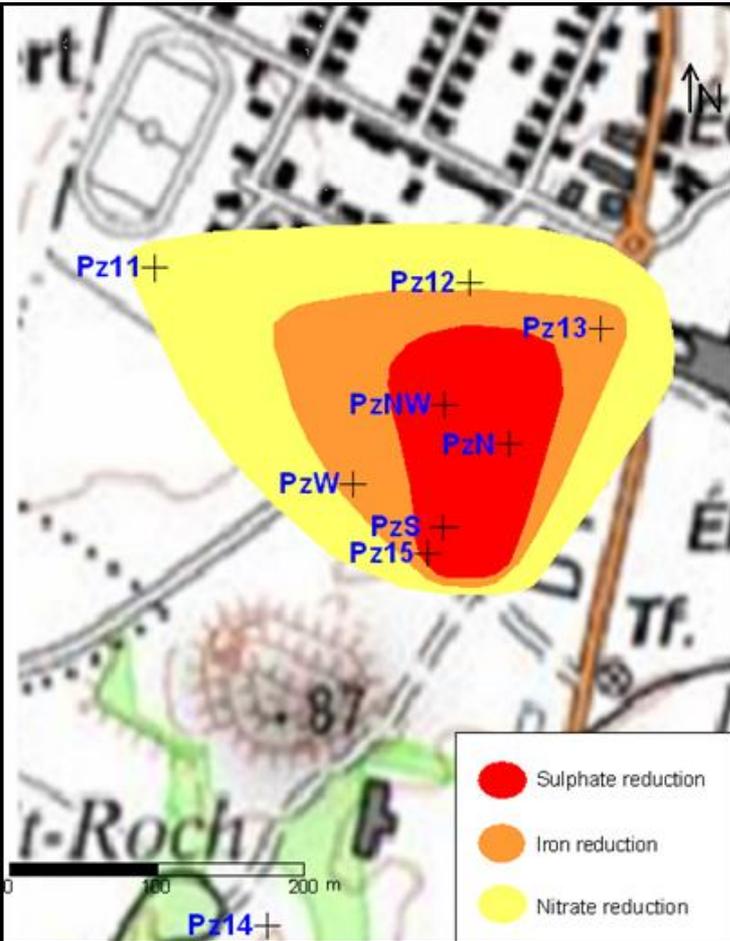


# Collecte / analyse d'échantillons d'eau

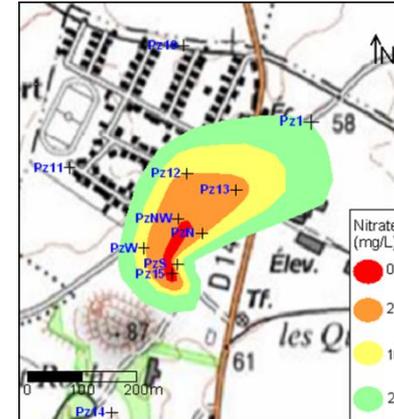
## Qualification de l'AN



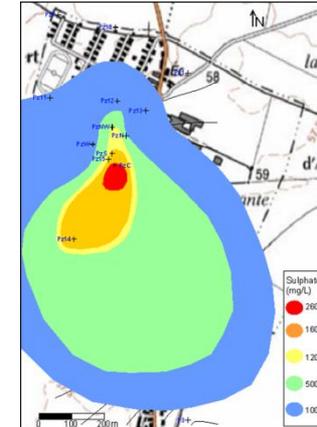
## Indicateurs d'AN



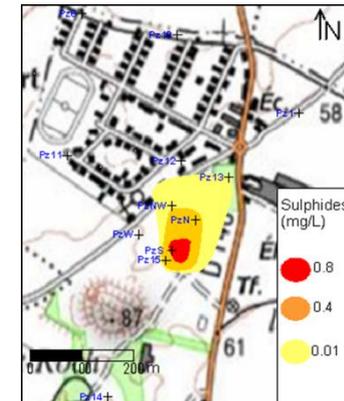
O<sub>2</sub>



Nitrates



Sulfates



Sulfures



Mise en évidence de la biodégradation



Identification des mécanismes

## L'eau sous les maisons est polluée

- Risque d'inhalation
- Risque si l'eau des puits privés est utilisée



 Dans la « vraie vie » la démonstration devrait s'arrêter et la priorité doit être donnée aux actions correctives et à l'évaluation des risques

 Actions à engager entre le responsable du site et l'Administration :

- S'assurer de la non exposition des habitants du lotissement
- Plan de gestion si nécessaire

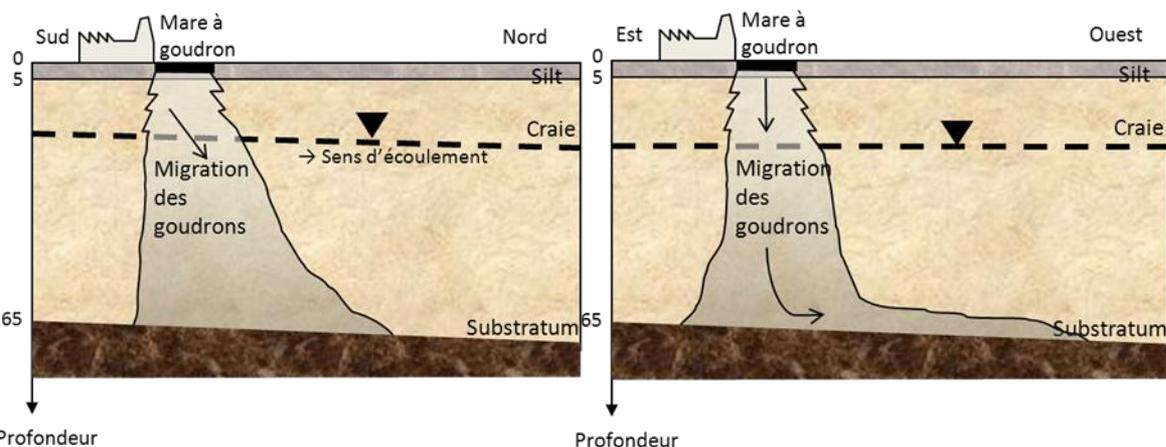
 La démonstration d'AN ne pourra reprendre que si il y a compatibilité usages / pollution ou une fois que cette compatibilité aura été restaurée

 Pour les besoins du projet de recherche la démonstration a été poursuivie

# Quantification de l'AN

## Evaluation du stock de polluant

- Estimation de la migration des goudrons
- Analyses des goudrons

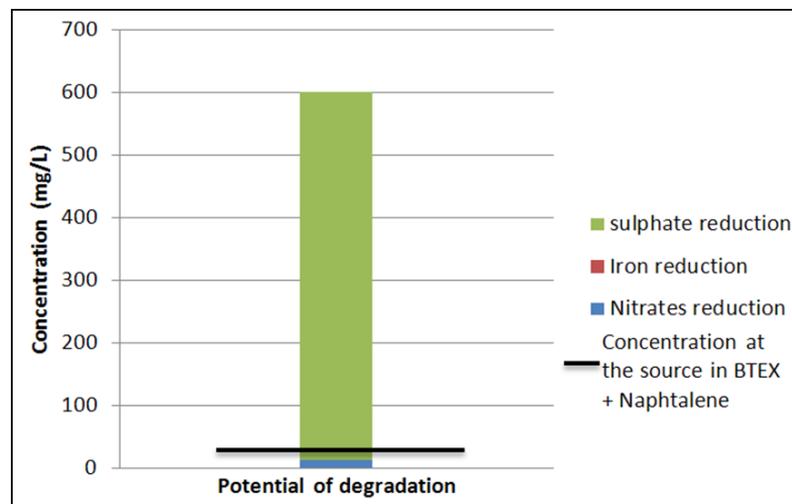


	Tar Mass = 767 t
	m (t)
Naphtalène	140.1
Benzène	1.5
Toluène	1.6
Ethylbenzène	0.09
Xylène	2.7

## Evaluation du stock d'AE



Suffisamment d'AE pour dégrader la totalité de la pollution

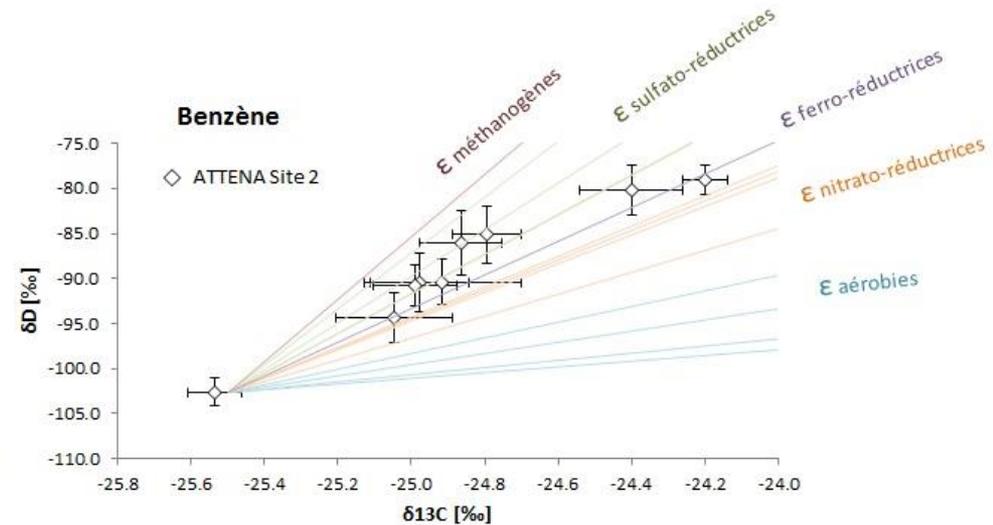
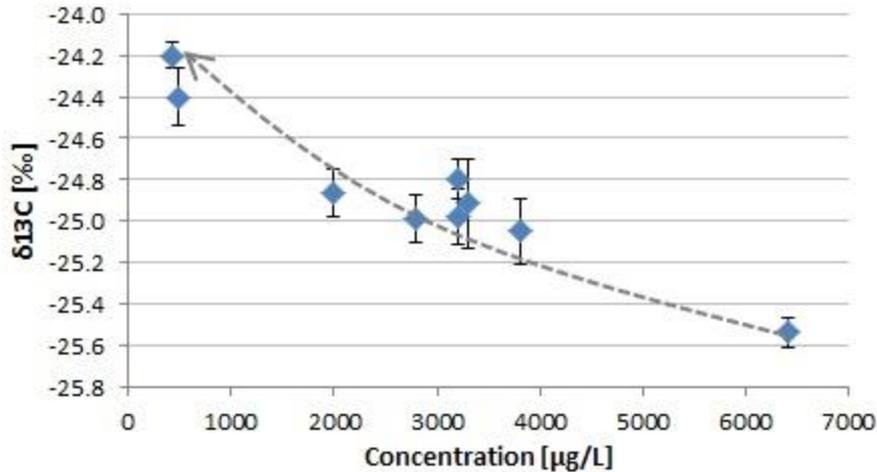


# Quantification de l'AN

## Quantification de la biodégradation dans le panache ESO

### 4 méthodes testées

- Ex. : Outils isotopiques



Identification des mécanismes



Taux de biodégradation : B : 22 % ; T : 27 %

- 🕒 Temps nécessaire pour retrouver une bonne qualité des eaux souterraines
- 🕒 Basé sur hypothèses et modélisation prédictive

➡ 175 ans : plus d'émission de Benzène depuis la source

➡ 3000 ans pour une résorption totale du panache



- 🕒 Beaucoup d'incertitudes (surestimation de la masse de source, ...)
- 🕒 Est-ce qu'une meilleure caractérisation de la source est « efficace » d'un point de vue technico-économique ?

# Conclusions

## La fenêtre de tir pour AN n'est pas très large (5 sites testés)

- Sur un site (dépôt pétrolier), les sources ont été bien traitées, disparition des polluants dissouts avant l'étude !
- Sur un site (station service), AN semble être une option de gestion viable
- Sur les autres sites les sources n'ont été que partiellement traitées (pour des raisons techniques ou économiques)
  - La biodégradation a été mise en évidence
  - AN possible seulement si on a du temps et de l'espace (pas d'enjeux)

## Point Clé : Maîtrise de la source

- Dans tous les cas, les études d'AN ont permis:
  - Une meilleure définition des zones source et des panaches
  - Une meilleure compréhension du comportement des polluants sur le site



**Très utile pour établir le Plan de Gestion**



**Tout sauf une perte de temps ou d'argent**

# Remerciements

## Consortium ATTENA



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**

**INERIS**  
maîtriser le risque  
pour un développement durable |



## Groupe d'Utilisateurs

- MEDDE/DGPR/BSSS : D. Gilbert
- DREAL : J. Heinz, E. Peixoto
- BRGM : A. Saada, C. Blanc, S. Colombano, L. Rouvreau, E. Verardo, C. Zornig
- ADEME : Y. Duclos, N. Dueso
- TOTAL : F. Périé, S. Dehez, Y. Bret, A. Reubrez
- ArcelorMittal Real Estate France France: P. Charbonnier
- Rhodia Services : T. Delloye
- UIC : D. Cazaux (Solvay)
- INERIS : F. Quiot, C. Rollin
- APESA : J-L. Crabos, J-F. Lascourreges
- CETIM : C. Cornet
- EPF Yvelines : T. Lacaze
- BURGEAP : S. Kaskassian, J-M. Côme
- UPDS : F. Karg (HPC Envirotec), J. Maier (ICF), S. Michel, Thierry Gisbert (ARCADIS), A. Dumestre (SERPOL)
- UCIE : T. Blondel

## Comité Scientifique

- Peter Werner : T.U. Dresde
- G. Schäfer : ULP – Strasbourg
- P. Hohener : Univ. Provence