

Colloque « Ressources naturelles et environnement »

5 et 6 novembre 2014

POSTERS



Thématiques

1. RESSOURCES MINERALES ET HYDROCARBURES

2. STOCKAGE SOUTERRAIN ET RECYCLAGE

3. RESSOURCES EN EAU ET EN AIR

4. TIC ET OBSERVATION DE L'ENVIRONNEMENT

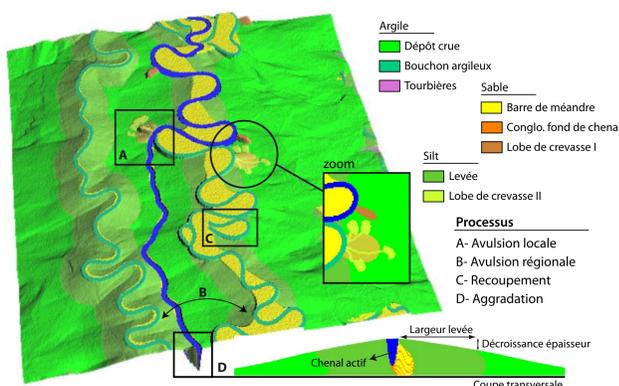
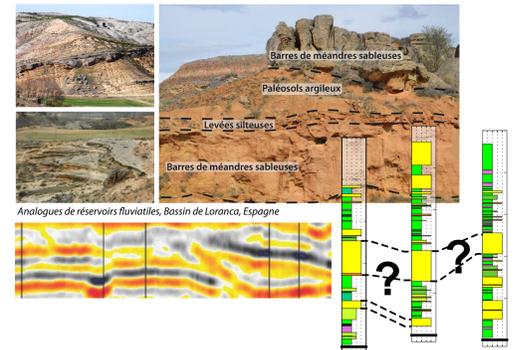
1. RESSOURCES MINERALES ET HYDROCARBURES

Parties prenantes



Systemes sédimentaires chenalisés - Réservoirs hétérogènes

- Réservoirs géologiques = roches poreuses et perméables
- Géométrie et caractéristiques du réservoir dépendantes du mode de dépôt des sédiments
- Réservoirs chenalisés (rivières, turbidites) : géométries complexes, fortes variations latérales et verticales de faciès
- Corrélation des données de puits ? Echelle des hétérogénéités inférieure à la résolution de l'imagerie sismique ?



Un modèle orienté « processus »

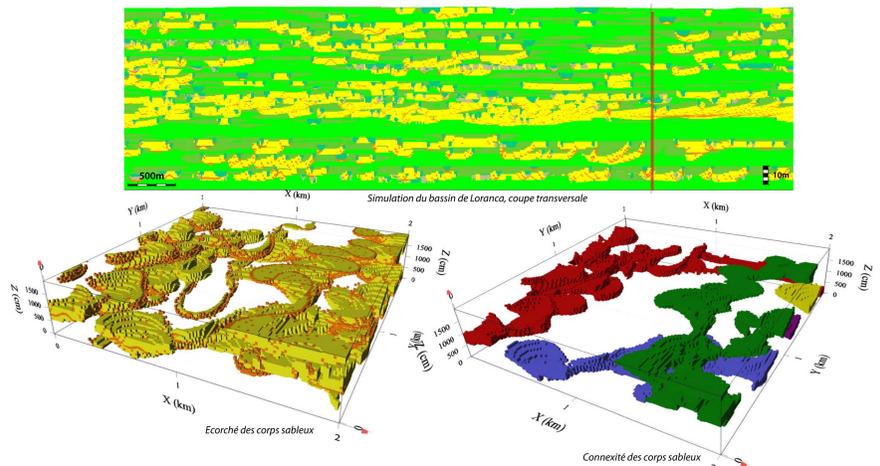
- Modélisation de l'évolution d'un chenal méandrique
- Equations issues de l'hydraulique fluviale
- Simulation de processus hydro-sédimentaires (crue de débordement, rupture de berge, recoupement de méandre, avulsion)
- Dépôts sédimentaires de faciès et de géométries variées, en accord avec les caractéristiques naturelles du système modélisé

Auteurs

Isabelle Cojan
 Jacques Rivoirard
 Fabien Ors
 Pierre Weill

Production de blocs réservoirs 3D conditionnés

- Conditionnement en temps réel de la simulation aux données de puits ou à des données sismiques (via cartes d'érodabilité)
- Analyse des résultats en terme de proportion, géométrie et connectivité des faciès réservoirs
- Données d'entrée pour des modélisations d'écoulements en milieux poreux (eau, hydrocarbures, lixiviation in-situ,...)



Partenaires



Développement et valorisation

- Implémentation de nouvelles équations de l'hydraulique (pente locale) et du transport sédimentaire
- Vers un conditionnement à 100 % par post-processing géostatistique
- Développement d'un module d'aide à la décision et d'analyse automatique des données de puits
- Développement de plug-in pour les suites logicielles de l'industrie minière et pétrolière



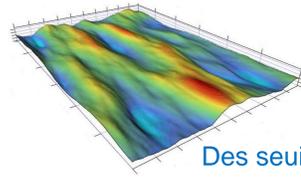
Résumé

Auteurs

H. Beucher
D. Renard

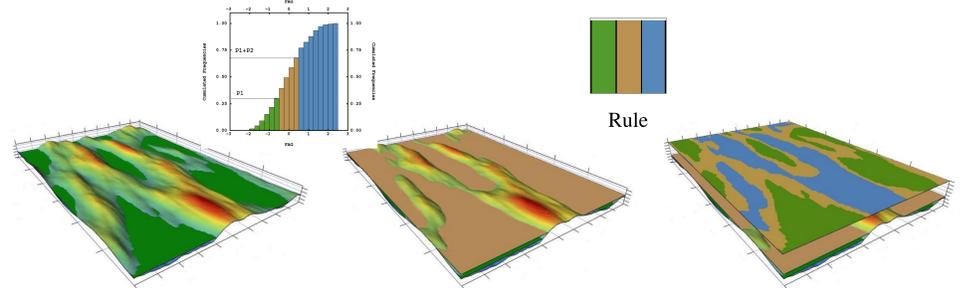
Parmi les méthodes de simulations stochastiques de milieux sédimentaires, celle des Gaussiennes seuillées permet d'obtenir une grande variété de structures présentant des agencements divers. Basée sur un petit nombre de paramètres, elle s'est enrichie au fil du temps pour tenir compte de contraintes supplémentaires ou pour reproduire des dépôts résultant de phénomènes complexes. Proportions variables dans le domaine, plusieurs processus sédimentaires corrélés, dépôts orientés, formes particulières... sont des caractéristiques qu'il est possible de reproduire avec cette famille de modèles en modifiant les ingrédients de base.

Ingrédients de base



Une fonction sous-jacente (Fonction Aléatoire Gaussienne) qui porte une partie de la structure spatiale des faciès (MonoGS)

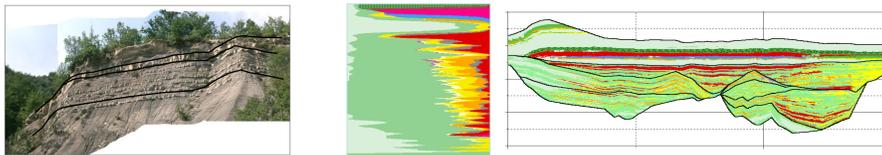
Des seuils (proportions) et un agencement (rule) qui déterminent les faciès



Réalisations en Gaussiennes seuillées

Agencement séquentiel

➤ Mono gaussienne et non stationnarité

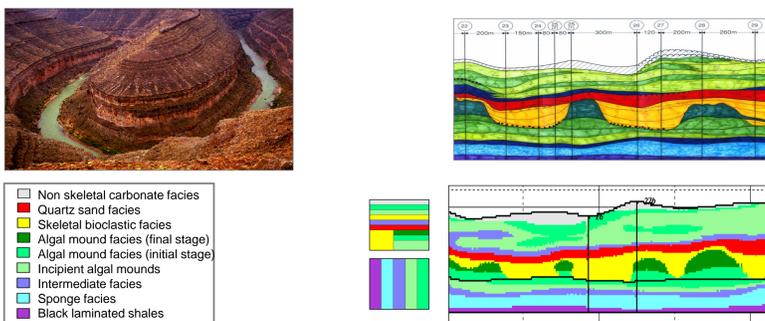


Castagnola: Siliciclastic turbidite unit

From F. Felletti

Dépôts non tabulaires et interdépendants

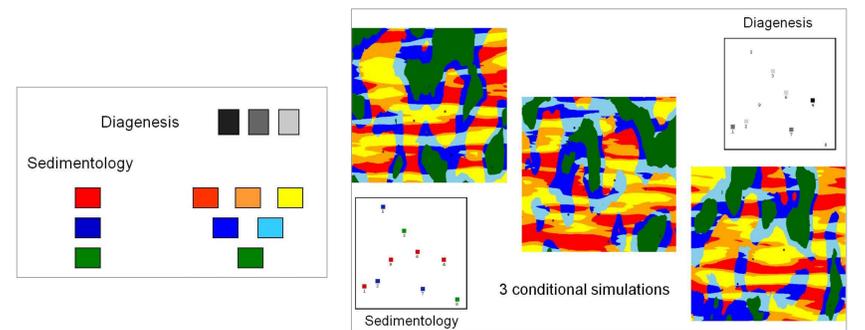
➤ Deux gaussiennes corrélées (PGS)



Paradox: algal mounds MINES ParisTech Géosciences & IFPEN

Deux indicatrices liées

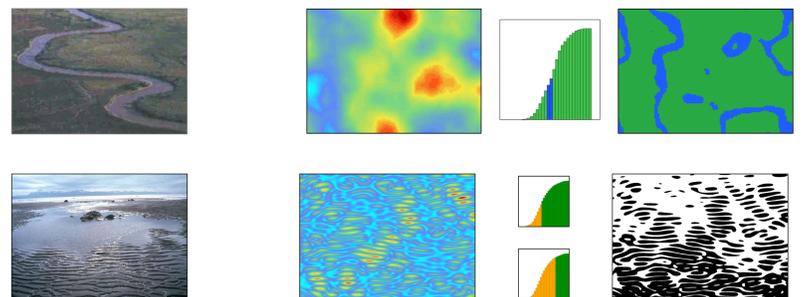
➤ Deux PGS liées à des processus sédimentaires (Bi-PGS)



MINES ParisTech Géosciences IFPEN & ENI

Formes particulières

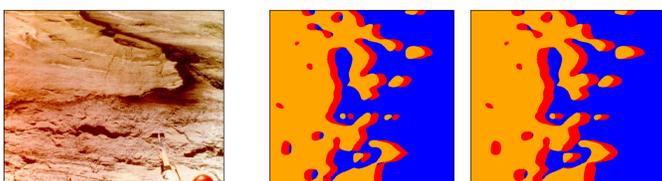
➤ Variations sur les intervalles de seuillage



Variantes

Tenir compte d'une orientation

➤ Décalage ou Ombre

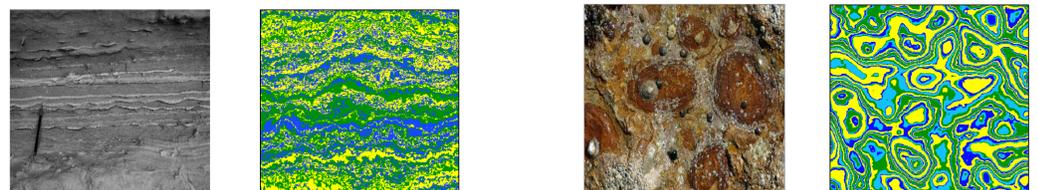


Roll fronts

MINES ParisTech Géosciences & AREVA

Alternance des lithofaciès haute fréquence

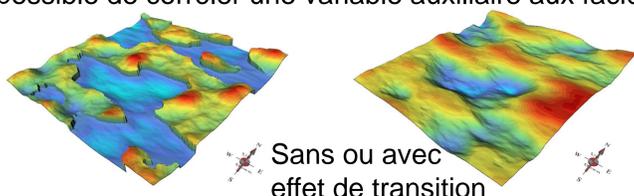
➤ Substitution



Compléments

Lien faciès et propriétés

Par l'intermédiaire de la fonction sous-jacente il est possible de corrélérer une variable auxiliaire aux faciès



Sans ou avec effet de transition

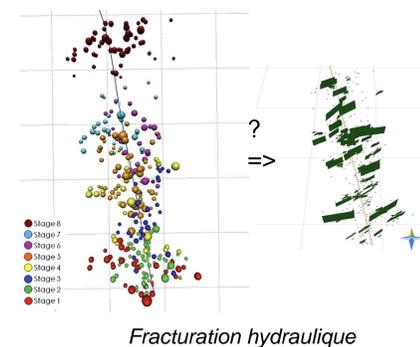
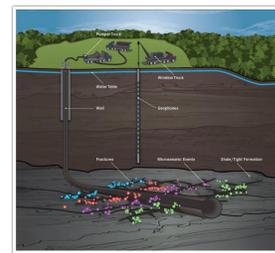
Conclusion et références

Cette méthode très riche par ses possibilités peut aussi se combiner avec d'autres méthodes, en simulant par exemple des hétérogénéités à l'intérieur de formes géologiques obtenues par méthodes génétiques (simulations emboîtées). Un autre intérêt de cette approche est de pouvoir simuler conjointement les faciès et leurs propriétés (porosité, teneur en métal...).

Armstrong, M., Galli A.G., Beucher H., Le Loc'h G., Renard D., Doligez B., Eschard R., and Geffroy F. (2011). *Plurigaussian Simulations in Geosciences*, 2nd ed. Springer, Berlin, Germany
Lantuéjoul C. 2001. *Geostatistical simulation : models and algorithms*. Berlin : Springer, 2001. 256 p.- ISBN 3-540-42202-1

CONTEXTE: MONITORING MICROSISMIQUE

- Domaines d'application: mines, réservoirs pétroliers, géothermie, gaz de schiste, volcans,...
- Sismicité = seul outil disponible pour suivre la fracturation et interpréter réseau de fractures
- Importance d'avoir des localisations précises et des estimations fiables des incertitudes
- Plus grandes erreurs de localisation dues au modèle de vitesse
- Application de méthodes stochastiques à la géophysique afin d'estimer et de propager les incertitudes du modèle de vitesse



Parties prenantes



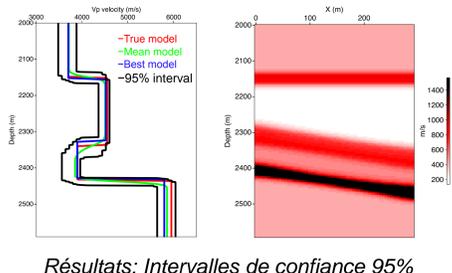
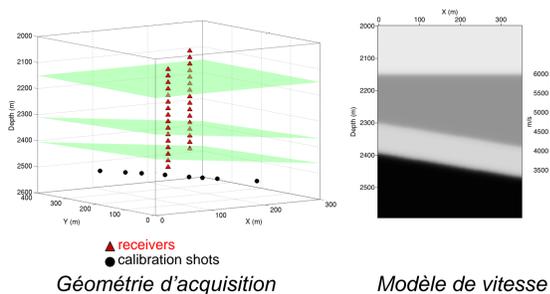
Auteurs

Alexandrine Gesret
Nicolas Desassis
Mark Noble
Thomas Romary

Partenaires



Données synthétiques



GÉOPHYSIQUE STOCHASTIQUE

Tomographie

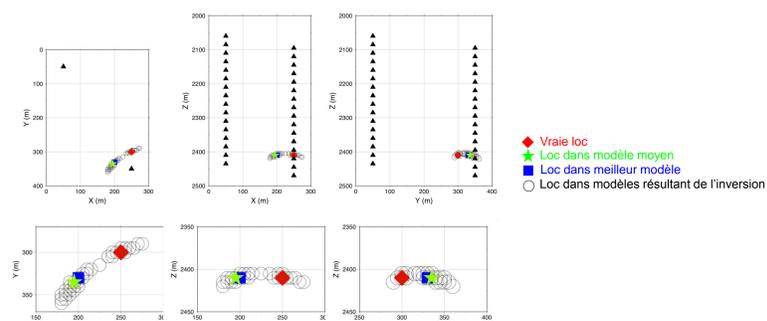
- Tomographie = problème inverse visant à estimer le modèle de vitesse sachant les temps d'arrivée des ondes pour des sources sismiques connues (tirs de calibration)
- Tomographie stochastique = échantillonnage de la distribution de probabilité a posteriori des modèles de vitesse sachant les temps d'arrivée observés $\pi(m|d^{obs})$ avec des algorithmes de type MCMC

$$\pi(m|d^{obs}) \propto \pi(m) \exp\left(-\frac{1}{2} \sum_{i=1}^{nsensors} \left(\frac{d_{v,i}^{obs} - d_v^{cal,i}(v)}{\sigma_v^i}\right)^2\right)$$

- Identification des régions bien et mal contraintes
- Vraie estimation des incertitudes

Localisation des événements sismiques

- Influence du modèle de vitesse sur la localisation



- Localisation probabiliste standard = 1 seul modèle de vitesse

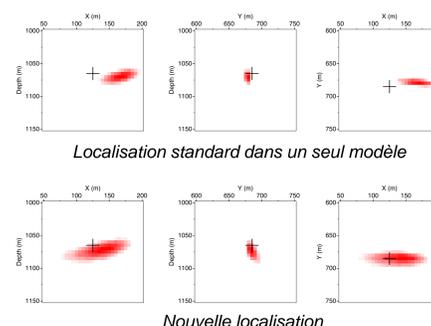
$$p(d_s^{obs}, v) \propto \frac{1}{\mathcal{C}} \exp\left(-\frac{1}{2} \sum_{i=1}^{nsensors} \frac{(d_s^{obs,i} - d_s^{cal,i}(l, v))^2}{S_s^i}\right)$$

- Nouvelle localisation = propagation des incertitudes du modèle de vitesse à la localisation

$$p(l|d_s^{obs}) \propto \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \frac{1}{\mathcal{C}} \exp\left(-\frac{1}{2} \sum_{i=1}^{nsensors} \frac{(d_s^{obs,i} - d_s^{cal,i}(l, v_j))^2}{S_s^i}\right)$$

- Localisation bien plus fiable + vraie estimation des incertitudes

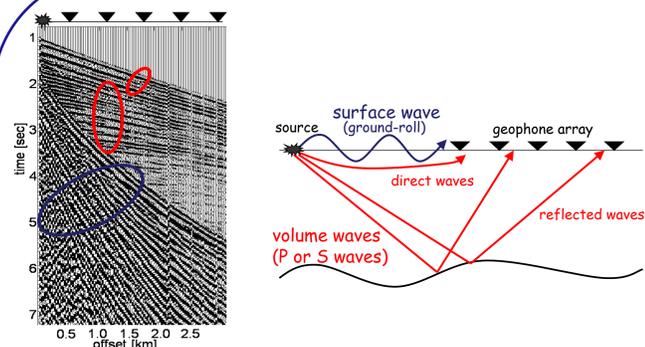
Données réelles



CONCLUSION

- Application probante à des données réelles acquises dans le contexte de la fracturation hydraulique
- 1 article accepté (Gesret et. al., 2014, *Geophys. J. Int.*)
- Initiation d'une nouvelle thématique: géophysique stochastique
- 1 Master recherche (1 article en préparation) + 1 thèse en cours
- Projet ADEME 2014 en géothermie + possibilité d'application à l'exploitation minière

Abstract



Motivations:

- About 67% of the energy generated by a source at the air-ground interface propagates in the form of surface waves
- Surface waves could be used to characterize the near subsurface, because their properties depend on the shallow subsurface attributes
- For hydrocarbon exploration, the near surface is a major source of wavefield distortion, thus reducing the quality of the image at the exploration target level

State-of-art literature:

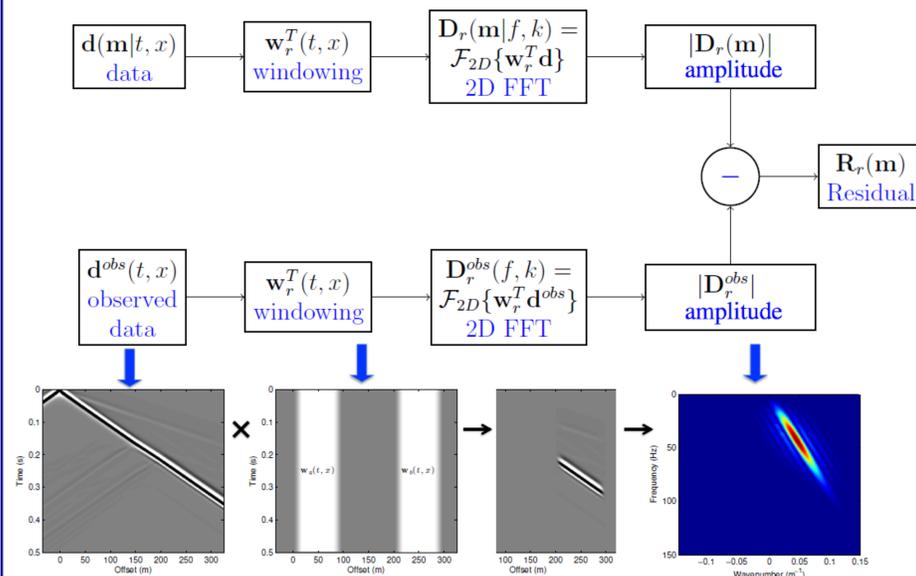
- Inversion of surface waves is usually done by inversion of dispersion curves (Socco et al., 2010), which allows retrieving locally 1D velocity profiles
- For imaging complex models, full-waveform inversion (FWI) can be used. But, surface waves increase the presence of local minima in the objective function preventing from convergence towards the global minimum
- For improving convergence, we propose an alternative waveform-inversion objective function, which is similar to dispersion curve analysis, but without the extraction/picking of dispersion curves

Proposed methodology

Full Waveform Inversion (FWI) vs. windowed-Amplitude Waveform Inversion (w-AWI)

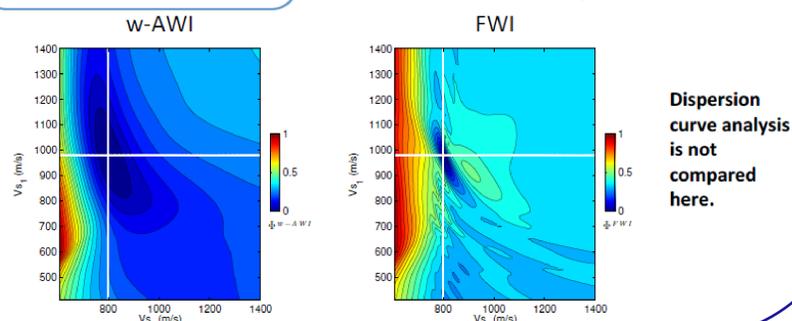
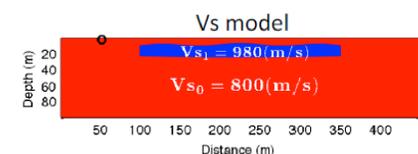
$$\Phi_1(\mathbf{m}) = \frac{1}{2} \sum_{src} \mathbf{P} \|\mathbf{d}(\mathbf{m}) - \mathbf{d}^{obs}\|^2 \quad \text{vs.} \quad \Phi_2(\mathbf{m}) = \frac{1}{2} \sum_r \sum_{src} \|\mathbf{D}_r(\mathbf{m}) - \mathbf{D}_r^{obs}\|^2$$

w-AWI implementation scheme:

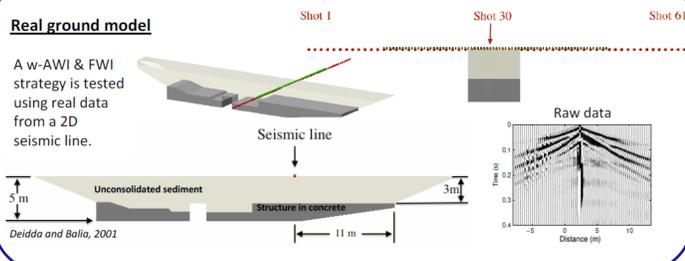


Comparison of objective functions: w-AWI vs. FWI

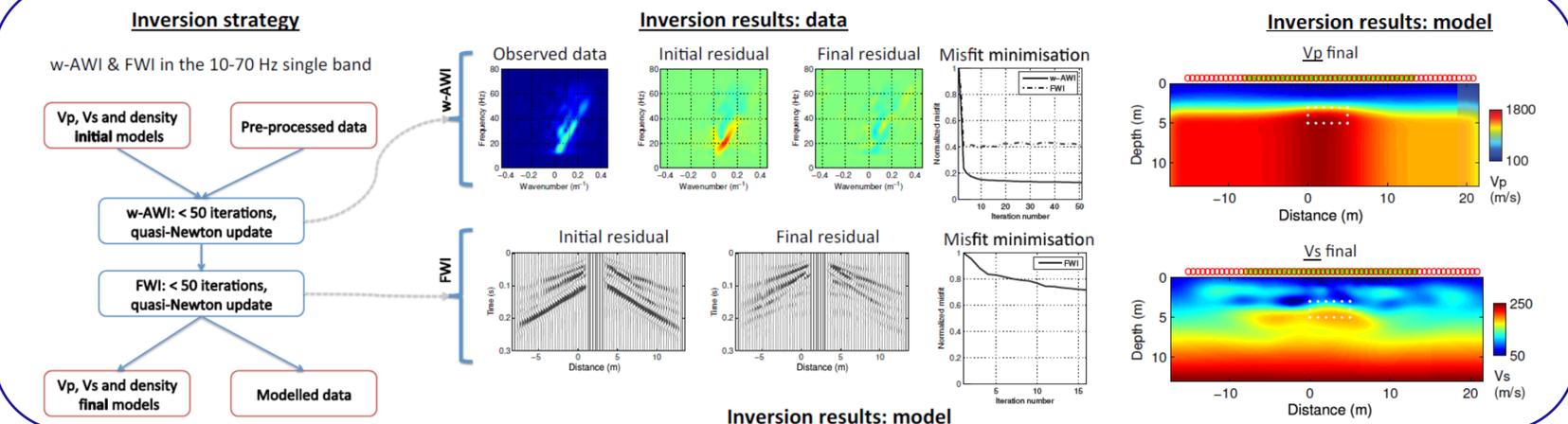
This test shows that w-AWI is more robust with respect to local minima than FWI.



Real ground model



Real data inversion



Discussion

w-AWI & FWI recovered a high velocity body (≈ 200 m/s) near the anomaly position. The expected velocity inversion below the structure was retrieved. Observations and recommendations from this real data application include:

- Find a better Vp initial model below the structure, as a velocity inversion below the structure imposes difficulties.
- The interface between the sediment and the concrete creates strong scattering leading to local minima problems.
- Noisy traces or interpolation could create inconsistencies in the data spectrum (it could have affected results).
- Non-modelled physical aspects: attenuation and 3D effects.

Conclusions

We have applied a FWI-based inversion strategy, w-AWI & FWI, to real data in an ultra-shallow ground model. This approach works properly with synthetic data, however with real data we have encountered some difficulties.

For instance, the media here contains very-low velocity at the surface that is contrasted with a high-velocity concrete structure. This increases the difficulty to find an accurate starting model for inversion. Nonetheless, the data residuals show that the observed data is fairly well explained, at least for surface waves. This result is encouraging, but the final model can be improved if, for example, an initial Vs model is estimated using dispersion curve analysis prior to w-AWI & FWI.

References

- Deidda, G.P. and Balia, R. [2001] An ultrashallow SH-wave seismic reflection experiment on a subsurface ground model. *Geophysics*, vol. 66, pp. 1097-1104.
- Pérez Solano, C.A., Donno, D. and Chauris H. [2014] Alternative waveform inversion strategy for surface wave analysis in 2D media. *Geophysical Journal International*, vol. 198 (3), pp. 1359-1372.
- Socco, L.V., Foti, S. and Boiero, D. [2010] Surface-wave analysis for building near-surface velocity models: Established approaches and new perspectives. *Geophysics*, vol. 75(5), pp. A83-A102.

ABSTRACT

Migration Velocity Analysis aims at determining the long wavelength velocity model. Based on DSO (Differential Semblance Optimization), this method is automatic. However, its application remains limited by the presence of migration artifacts due to the spatial limitation of any acquisition surveys and to the non uniform illumination of the subsurface. We introduce here the quantitative migration to reduce these artifacts and analyze the obtained CIGs (Common Image Gathers) and gradients of the objective function with respect to the medium velocity, used in the iterative updates of the velocity model.

QUANTITATIVE MIGRATION

Weight added in the migration

Introduction of a weight in the data-domain objective function to make the Hessian resembles a Dirac function (Jin et al., 1992). Under micro-local analysis, the weight is:

$$W = \frac{\eta k}{(2p)^3 |k(\omega) S(\omega)|^2 A^2(s, x_0 - h_0) A^2(r, x_0 + h_0)}$$

Illumination compensation:

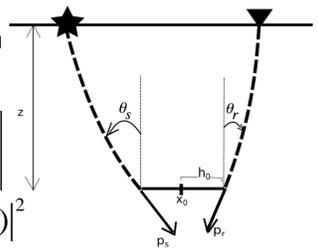
$$\left| \frac{\partial k}{\partial(s, r, \omega)} \right|$$

Source correction:

$$|\kappa(\omega) S(\omega)|^2$$

Amplitude correction:

$$A^2(s, x_0 - h_0) A^2(r, x_0 + h_0)$$



Parties prenantes



Auteurs

Lameloise Charles-Antoine

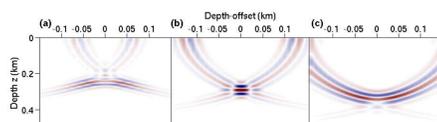
Chauris Hervé

Partenaires

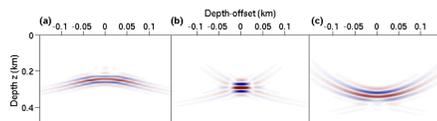


Homogeneous one-layer model

Classical migration

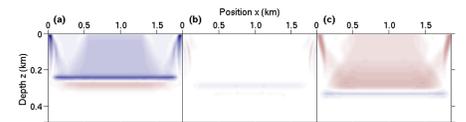


Quantitative migration

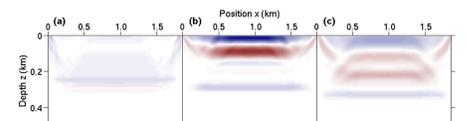


CIGs obtained using a lower migration velocity (left), the true migration velocity (middle) and a higher migration velocity (right).

Classical migration



Quantitative migration

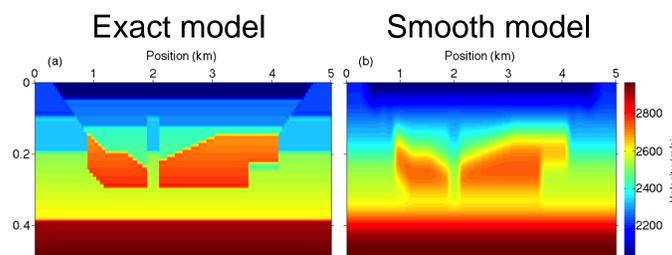


Gradients for a too low velocity (left), for the correct velocity (middle) and for a too high velocity (right). Blue: negative values, white: zero and red: positive

Removal of the artifacts

More homogeneous gradients

INVERSION OF A HETEROGENEOUS MODEL

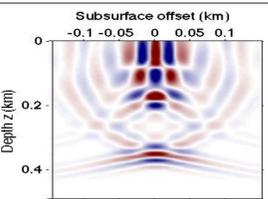
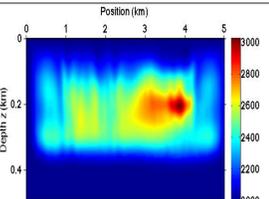
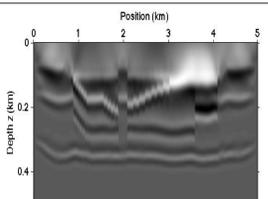
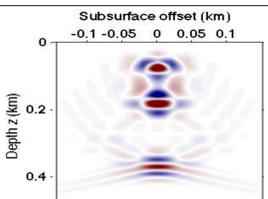
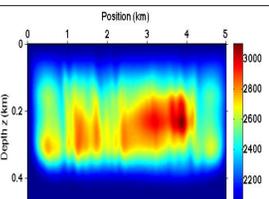
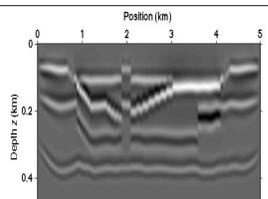


CONCLUSION

With the introduction of the weight in the data-domain objective function, artifacts are considerably reduced and gradients are more homogeneous. In the more complex velocity model example, the first gradient of the image-domain objective function has a better penetration. CIGs are less perturbed by artifacts, leading to a better inversion.

REFERENCE

Jin S., Madariaga R., Virieux J. and Lambaré G., 1992, Two-dimensional asymptotic iterative elastic inversion: *Geophysical Journal International*, **108**, 575-588.

	Final CIG at x=2km	Final velocity model	Migrated image
migration			
Classical migration			
Quantitative migration			

Auteurs

Manon Vitel ^a
 Ahmed Rouabhi ^a
 Michel Tijani ^a
 Frédéric Guérin ^b
^a MINES ParisTech
 Centre de Géosciences
^b Areva Mines

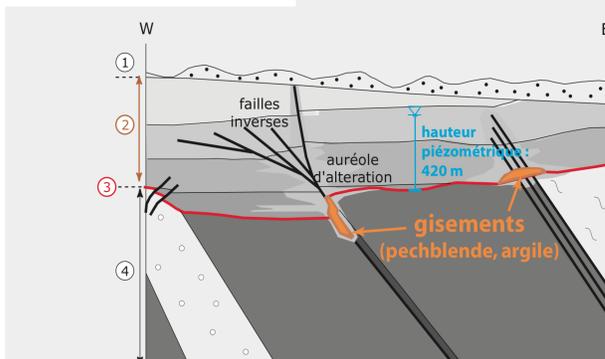
Contexte

Les gisements d'uranium du Bassin de l'Athabasca se situent au niveau de la discordance entre le bassin sédimentaire et le socle ($\approx 500\text{m}$ de profondeur), zone très fracturée et altérée.

Caractéristiques communes :
 - teneur en uranium élevée ($\approx 20\%$)
 - présence d'eau sous pression (roches du bassin saturées)
 - faible résistance mécanique des terrains encaissants et du gisement.

Pour maîtriser ces difficultés et exploiter ces gisements, on emploie la technique de la congélation des terrains.

Partenaires



- ① Moraines quaternaire
- ② Bassin sédimentaire mésoprotérozoïque (grès altérés, sable)
- ③ Discordance
- ④ Socle paléprotérozoïque & archéen (gneiss, schistes)

Coupe géologique schématique du Bassin de l'Athabasca

Le système de congélation de ces mines utilise de la saumure à -30°C circulant en continu dans un réseau de tuyaux souterrain, au niveau du gisement.

Objectifs du projet

- 1/ **Comprendre** les mécanismes thermiques et hydrauliques liés à la congélation des massifs rocheux et leurs interactions afin de mettre en place des modèles numériques.
- 2/ **Appliquer** ces modèles à la mine de Cigar Lake pour optimiser la technique.

Couplage TH de la congélation en milieu poreux

Approche phénoménologique

La **température de congélation de l'eau** contenue dans les pores d'un milieu poreux est **abaissée** par rapport à un milieu non confiné. De plus, toute l'eau d'un même milieu ne gèle pas à une température donnée mais sur une plage de température (en particulier à cause des différentes tailles de pores).

\Rightarrow Il est possible de définir une **fonction d'état thermodynamique** qui lie, pour un terrain donné, le **degré de saturation en eau liquide** S_l à la température T et aux pressions p_l et p_g de l'eau liquide et de la glace.

Modèle de couplage TH

Un **modèle de couplage thermo-hydraulique (TH)** basé sur la fonction $S_l(p_l, T)$ a été **développé**, implémenté dans un code de calcul par éléments finis et **validé** par rapport à des essais expérimentaux issus de la bibliographie. Il permet la représentation de l'interaction des différents mécanismes TH.

Hypothèses :

- milieu poreux saturé (squelette, eau liquide, glace)
- squelette rigide
- milieu poreux à l'équilibre thermique local ($T_l = T_g = T_s$)

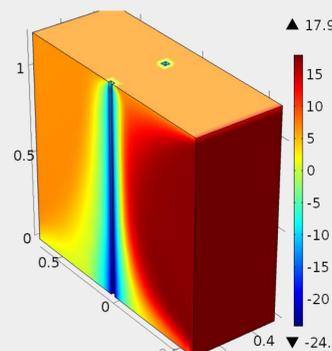
Hydraulique

variation de température
 > changement de phase (modification de la teneur volumique eau liquide / glace)
 > modification de la perméabilité du terrain
 > modification de la viscosité et de la masse volumique de l'eau
 > écoulement de l'eau
 $\Delta T \rightarrow \Delta \mu, \Delta k, \Delta \rho, \Delta \theta, \Delta \theta_g$

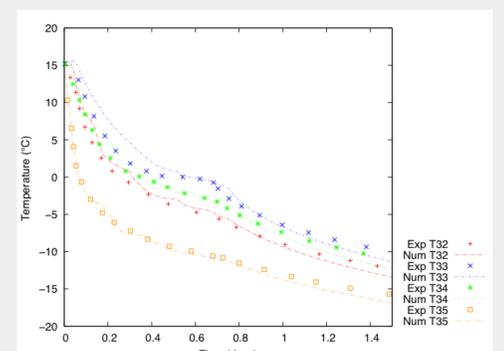
écoulement de l'eau (advection)
 > transfert de chaleur par convection (en plus de la conduction)
 $\Delta \phi \leftarrow \Delta v$

Thermique

Interactions des mécanismes TH lors de la congélation d'un milieu poreux



Validation du modèle : température dans un échantillon soumis à un gradient hydraulique après 1 jour de congélation (gauche) et comparaison entre le résultat numérique et les mesures expérimentales de l'historique de la température en plusieurs points (droite)



Optimisation de la technique de congélation

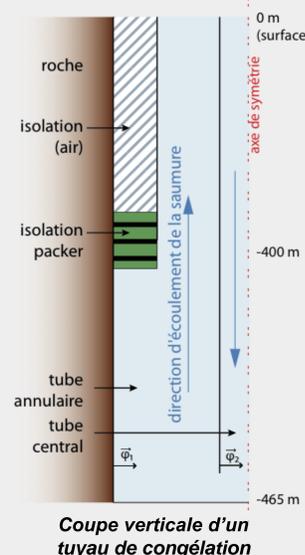
Modélisation de l'écoulement de la saumure et des transferts de chaleur

Un programme de calcul numérique a été développé pour modéliser :

- l'écoulement de la saumure dans un tuyau de congélation
- les échanges de chaleur entre le tube central et le tube annulaire ainsi qu'entre le tube annulaire et le terrain.

Ce programme a été couplé au code de calcul par éléments finis CHEF pour modéliser la progression de la congélation dans le terrain. Les problèmes de transfert de chaleur dans le tuyau et dans le terrain sont réduits à des problèmes 1D, les temps de calculs étant ainsi bien diminués.

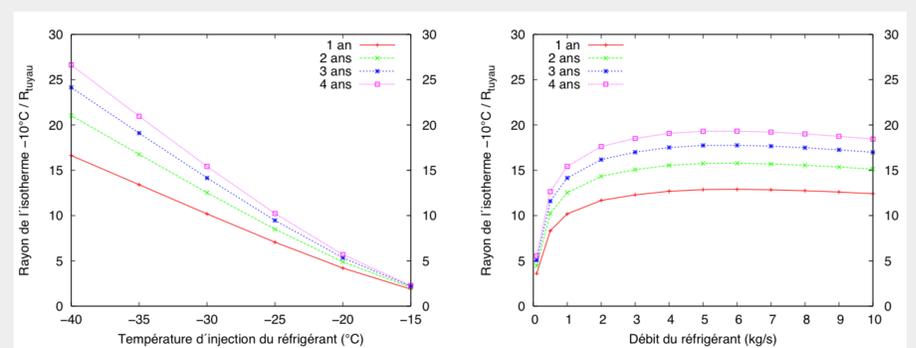
Deux utilisations possibles à ce modèle :
 - déterminer les conditions aux limites au niveau du tuyau dans les modèles de congélation des terrains
 - mener des études paramétriques pour optimiser les conditions de refroidissement.



Coupe verticale d'un tuyau de congélation

Influence des consignes de refroidissement

Une étude paramétrique sur les conditions de refroidissement a été réalisée et permet de les optimiser.



Influence des conditions de refroidissement sur la progression de la congélation dans le terrain : exemples de la température d'injection (gauche) et du débit (droite) de la saumure

Perspectives

Application du modèle au cas de la mine de Cigar Lake : études paramétriques pour déterminer l'influence :

- des paramètres géométriques (espacement, rayon et disposition des tuyaux de congélation)
- des propriétés des terrains (propriétés thermiques et hydrauliques, porosité de pores et de fractures...)
- des conditions initiales des terrains (température et charge hydraulique)

Objectifs

Parties prenantes



- Développer une approche méthodologique et quantitative pour simuler le comportement mécanique d'un système de forage pétrolier dans son ensemble (du fond de trou jusqu'à la surface)
- Prédire les performances du système de forage en terme de vitesse de foration, de pilotabilité (direction) et de stabilité dynamique
- Analyser l'intégrité mécaniques du système de forage



Méthodologie

L'approche est basée sur un couplage du processus de forabilité des roches profondes à différentes échelles avec le comportement mécanique de la structure de forage

Auteurs

Laurent GERBAUD
Hedi SELLAMI

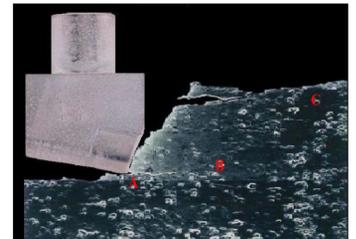


Banc de forage MINES ParisTech

Les différentes étapes de l'approche

- Modélisation de la coupe de la roche à l'échelle du taillant
Compréhension du processus de forabilité de la roche à l'échelle élémentaire du taillant et évaluation des relations entre efforts de coupe et conditions de la roche en profondeur (dureté, pressions, t° , ...)
- Modélisation du forage de la roche à l'échelle de l'outil
Compréhension du processus de forabilité des roches à l'échelle de l'outil et formulation des lois reliant les efforts sur l'outil de forage à ses déplacements en 3 dimensions dans la formation rocheuse.
Ce modèle Outil-Roche utilise les lois d'interaction à l'échelle du taillant.
- Modélisation du comportement mécanique de la structure de forage dans un puits à trajectoire complexe
Utilisation d'un modèle intégré, couplant déformations-frottement-flambage en grandes déformations, sans hypothèses préalables sur les contacts et sans recours aux Eléments Finis.
- Couplage entre les modèles taillant-outil-structure de forage

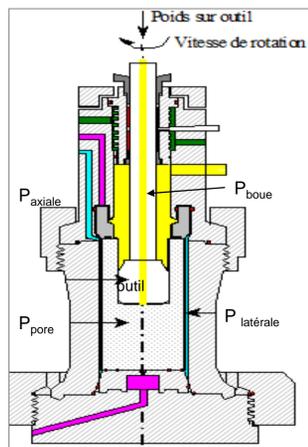
Interaction taillant-roche



Interaction outil-roche

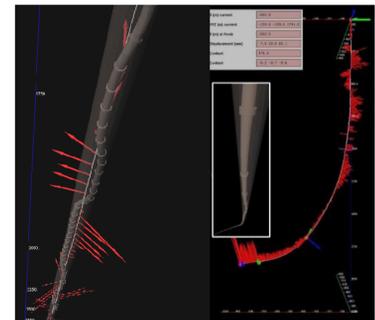


Partenaires



Cellule triaxiale de forage

Simulation du comportement mécanique d'un train de tiges à l'intérieur d'un forage



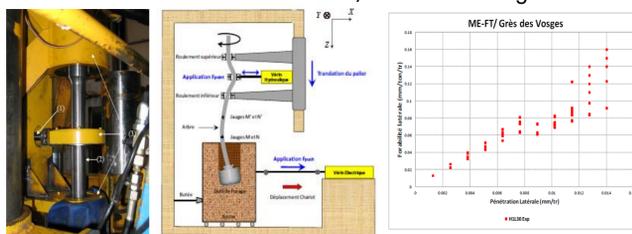
Exemples d'applications industrielles

Conception de nouvelles générations d'outils de forage



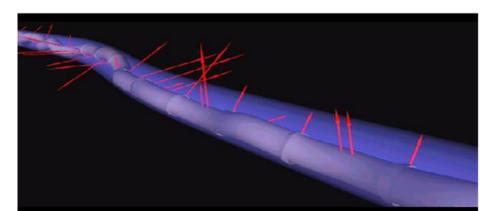
Test sur chantier de forage de l'outil auto-pénétrant (brevet MINES ParisTech)

Caractérisation du comportement directionnel de nouveaux systèmes de forage



Mise au point d'un dispositif pour évaluer les performances déviationnelles du système de forage

Prévision des trajectoires complexes de forage et analyse de l'intégrité mécanique du système



Simulation numérique couplée déformations-frottements-flambage

Parties prenantes



Une problématique globale

Déclinaison nationale sur des méta-régions

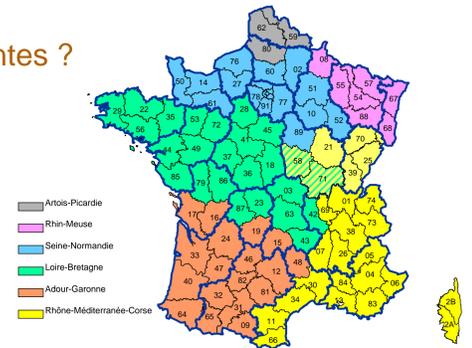
comment assurer les futurs approvisionnements en granulats tout en gérant les contraintes ?

Les enjeux

- ⇒ Recherche d'une stratégie claire pour l'ensemble des acteurs : producteurs, consommateurs, pouvoirs publics, société
- ⇒ Estimation de la contribution d'une action de développement sur la chaîne d'approvisionnement dans son intégralité

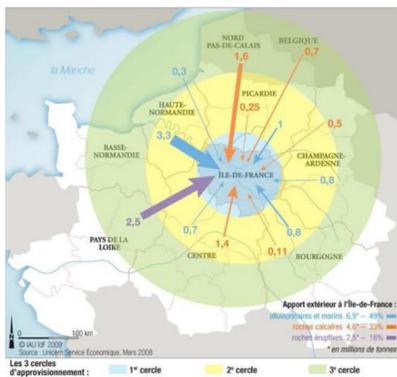
La démarche

- ⇒ Se démarquer de la pratique actuelle
 - ⇒ Ne pas se limiter à des inventaires
 - ⇒ Aller au-delà des extrapolations
 - ⇒ Considérer le marché globalement
- Anticiper l'effet des ruptures



Auteurs

Jacques SCHLEIFER



Vers une application régionale

Application à l'approvisionnement de l'Ile-de-France

région dépendante à 50 % des régions environnantes granulats marins accessibles via la Seine

1er potentiel en gisement secondaire en France

2ème producteur de granulats recyclés (2008)

projet Grand Paris

- pouvoir anticiper la répartition géographique des futurs besoins en granulats primaires
 - ⇒ « schéma des carrières » prospectif
 - en granulats secondaires
 - ⇒ « plan déchets BTP » prospectif
- ⇒ analyser localisation et flux (géographique, économique ...)

Partenaires



Développement d'un simulateur

Exploitation de divers formalismes d'outils d'aide à la décision

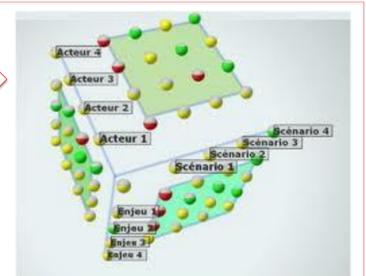
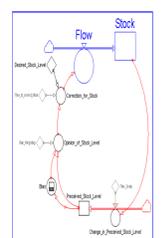
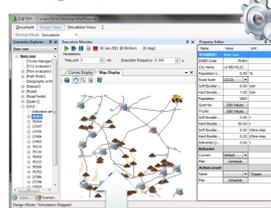
Développement d'outil d'analyse prospective pour aide à la planification des enjeux (échelle régionale) sur 30 ans

Outil de pilotage et visualisation spatiotemporelle de scénarios

Mise en œuvre des Systèmes Dynamiques

...
Mise en œuvre des jeux sérieux ('serious game')
par combinaison de Système-Multi-Agents, Matrice de Délibération, ACV

Outil de simulation prospective IS@TEM



Outil
KERDST

OBJECTIFS & METHODES

Auteurs

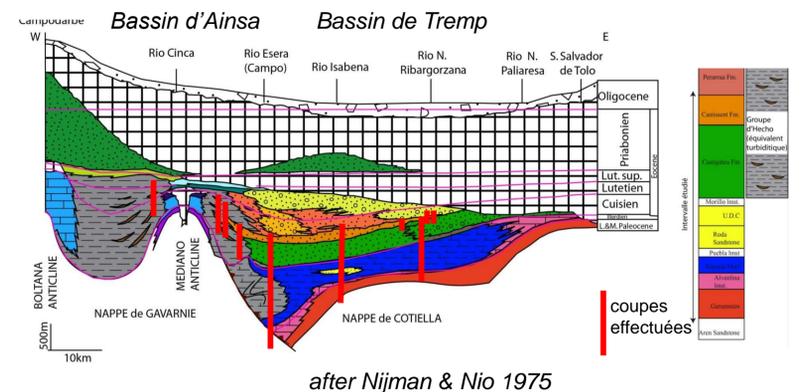
E. CHANVRY (1,2, 3)
 P. JOSEPH (1)
 R. DESCHAMPS (1)
 D. GARCIA (2)
 J. MOUTTE (2)
 S. TEINTURIER (3)

La distribution minérale

- Pour un système silicoclastique, la distribution minérale enregistre des évolutions tectoniques (sources, exhumation), climatiques, et constitue le préalable à une évolution diagénétique.
- Cette distribution est documentée dans un cadre séquentiel sur un bassin d'avant pays : le domaine Sud Pyrénéen (Eocène) le long d'un profil amont-aval comportant des dépôts continentaux (bassin de Tremp), transitionnels et marins profonds (turbidites, bassin d'Ainsa).

Quantification

- Les méthodes utilisées traditionnellement sont la pétrographie (sables) et la DRX.
- Elles sont précédées et guidées ici par une analyse géochimique systématique de tous les faciès sédimentologiques reconnus.



1- IFP Energies Nouvelles, 1-4 avenue de Bois Préau, 92852 Rueil-Malmaison, France.
 2- Ecole des Mines de St. Etienne 158 Cours Fauriel - 42023 Saint-Etienne, France.
 3- TOTAL, CSTJF, Avenue Larribau, 64018 Pau

Partenaires

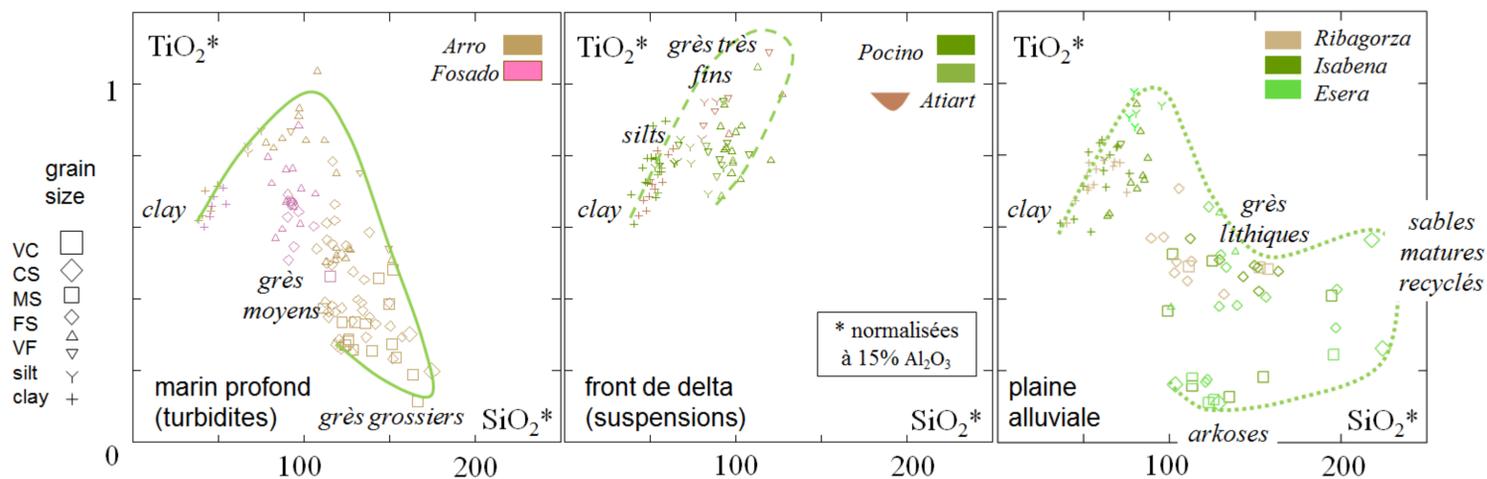


TOTAL

SEGREGATIONS PARTICULAIRES

Variabilité primaire

- Utilisée comme outil de screening, la géochimie en roche totale met en lumière le tri primaire plutôt que la provenance du sédiment. La répartition des faciès par environnement est illustrée pour le Cuisien.

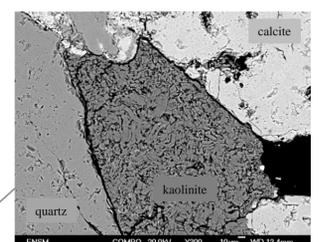
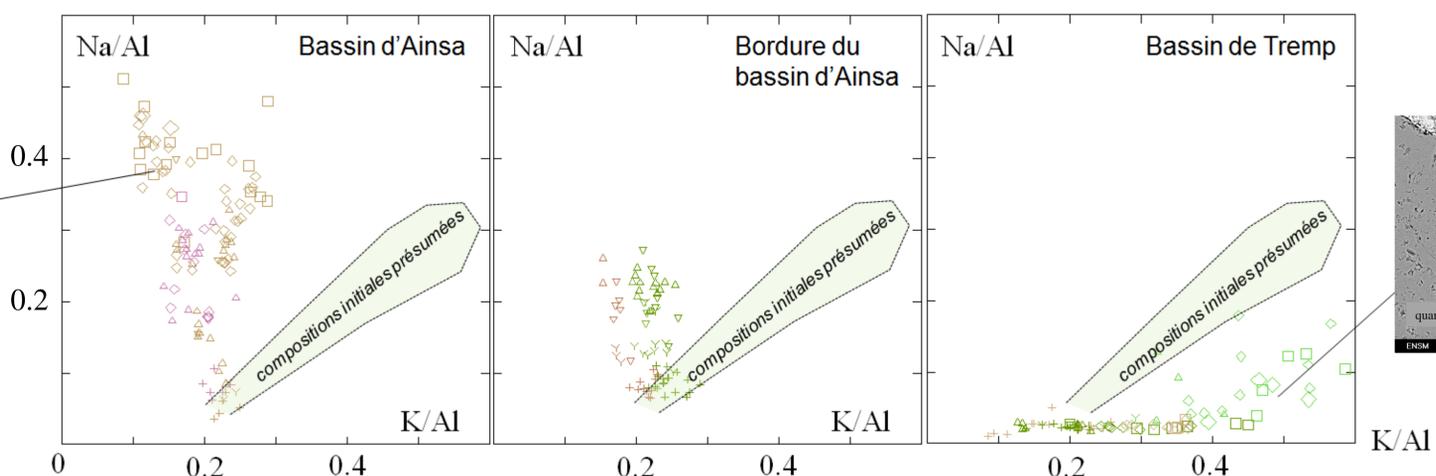
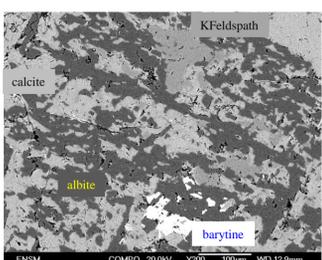


- La ségrégation hydraulique entre particules est plus efficace dans le domaine amont: elle reflète des sources contrastées (socle, sédiments recyclés)
- Ces variations sont robustes par rapport aux transformations diagénétiques

MINERALOGIE DIAGENETIQUE

Transformations des feldspaths

- Les plagioclases sont kaolinisés dans le bassin de Tremp (Na lessivé). Le feldspath potassique est albitisé dans le bassin d'Ainsa (dôme salin)



2. STOCKAGE SOUTERRAIN ET RECYCLAGE

MOTS CLÉS : Énergie et Ressources Renouvelables, Biomasse et Co-produits, Résidus Industriels, Bio-raffinerie, Caractérisation et Contrôle des Emissions, Bilan Carbone, Conception et Développement de Procédés Durables

Parties prenantes

Centre RAPSODEE UMR CNRS 5302



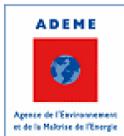
Partenaires

Labex

Equipex



Partenaires institutionnels



Principaux partenaires industriels



Partenaires universitaires Internationaux :



Pôles de compétitivité



COMPÉTENCES SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES

Le centre RAPSODEE est structuré en deux groupes (Poudres et Procédés, Énergétique-Environnement). **Les compétences du Groupe Énergétique-Environnement** concernent la production de vecteurs énergétiques et de matériaux à propriétés contrôlées, en développant des procédés à haute efficacité énergétique et environnementale. Ces processus sont réalisés à partir de biomasse issue de cultures dédiées ou de biomasse résiduaire plus ou moins contaminées par des polluants métalliques et/ou organiques. Dans le cadre des investissements d'avenir le centre RAPSODEE a obtenu le label **Laboratoire d'excellence (LABEX SOLSTICE, Science et Conversion de l'Énergie)** avec le Laboratoire PROMES CNRS à Odeillo (porteur) et l'Université de Montpellier, et aussi le label **EQUIPEX** avec le CEA Grenoble et le CIRAD Montpellier.



Réacteurs à Flux Entraîné pilotes



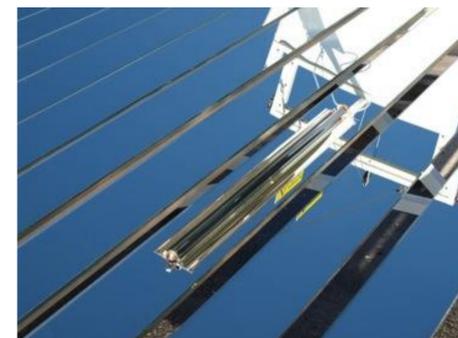
Prototype pour le séchage en vapeur d'eau surchauffée

THÉMATIQUES DE RECHERCHE

- **Fractionnement et séchage de biomasse humide**
Séchage par ébullition, contact avec agitation, friture, intégration énergétique (pinch), propriétés contrôlées, composition contrôlée, cohésion, adhésion et écoulement des pâtes, pressage assisté thermiquement
- **Fonctionnalisation de co-produits et résidus solides**
Résidus solides, biomasse résiduaire, pyro-gazéification, interactions solide / fluide, propriétés contrôlées, composition contrôlée, polluants inorganiques
- **Conversion thermochimique de co-produits, biomasse et résidus organiques**
Pyrolyse, gazéification, combustion, torréfaction, interactions gaz-solide, interactions et développement de surface
- **Transfert radiatif - Solaire à concentration**
Méthodes de Monte-Carlo, calculs de sensibilités, milieux diffusants, chambres de combustion, optiques de Fresnel, récepteurs solaires
- **Méthodes inverses et Efficacité énergétique**
Traitement d'images IR, méthodes Bayésiennes, assimilation de données, optimisation globale, construction durable.

SECTEURS D'ACTIVITES

Industries à forte intensité énergétique (cimenteries, producteurs d'énergie, les équipementiers et utilisateurs du séchage, de la pyrolyse, de l'incinération, de la combustion, de la gazéification), éco-industries impliquées dans le traitement et la valorisation des co-produits et résidus solides ou à forte teneur en solides, ou de biomasse solide; chimie de spécialité; industriels dans le domaine du bâtiment.



Prototype solaire à concentration

PLATEFORMES R&D ET MOYENS TECHNIQUES

Val-ThERA (Plateforme de Valorisation ThErmique des Résidus et Agroressources) **EQUIPEX (GENEPI - Gasification Equipment for New Energy dedicated to a Platform of Innovation)** piloté par le CEA (LTB/DTBH/LITEN) en collaboration avec le CIRAD (Montpellier).

Maquettes et pilotes :

- Boucle de séchage
- Maquette de séchage conductif de boues avec agitation
- Réacteurs à Flux Entraîné
- Cellule de combustion de milieux granulaires poreux
- Pilote de traitement des fumées
- Pilote lit fluidisé
- Pilote de vapo-thermolyse
- Four tournant
- Plusieurs dispositifs de caractérisation et de mesure



Four tournant pilote

Parties prenantes



LES DÉCHETS MINIERES (« TAILINGS »)

Une thématique mondiale

- L'exploitation et le traitement des minerais métalliques génèrent des tonnages importants de déchets miniers : stériles et « tailings »,
- Les stériles sont bruts (roches de recouvrement, de creusement...),
- Les « tailings » résultent du traitement du minerai,
- Leur minéralogie dépend de la nature du minerai,
- Exemple de minerais Pb-Zn de Bulgarie: « tailings » composés majoritairement de quartz (SiO_2), d'orthoclase (KAlSi_3O_8) et d'albite ($(\text{Na,Ca})\text{AlSi}_3\text{O}_8$).



Remplissage d'une vallée par des résidus de traitement du minerai (« tailings »), mine de Erma Reka, Bulgarie

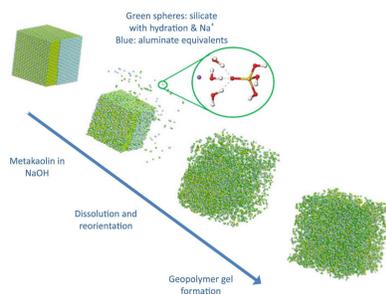
Auteurs

Vincent THIÉRY
Thomas KERESTEDJIAN

GÉOPOLYMÈRES

Un matériau du futur ?

- « Polymères » à base de géomatériaux, équivalents amorphes des zéolites,
- Obtenus par attaque alcaline de matériaux silico-alumineux déstructurés,
- Dissolution et « polymérisation »: durcissement,
- Excellente résistance tant mécanique que thermique,
- Synthèse à température ambiante.



Modèle conceptuel de géopolymérisation
Provis, 2013

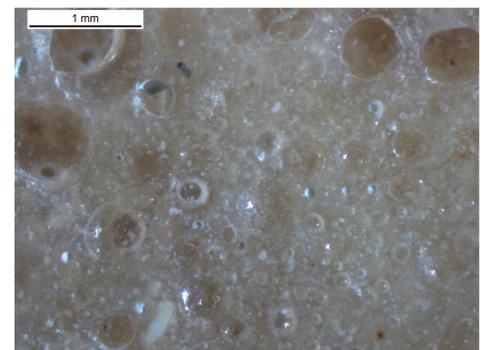
Partenaires



GÉOPOLYMÈRES A BASE DE « TAILINGS »

Des résultats prometteurs

- Les « tailings » ont une chimie et une minéralogie appropriée,
- Après chauffage à 1000° : déstructuration,
- Attaque alcaline en faisant également varier le ratio Si/Al par divers ajouts,
- « Mousse » solidifiée, insoluble.



Géopolymères poreux à base de « tailings »

Solutions de stockage pour les déchets radifères

Déchets radifères

- Déchets historiques provenant de l'exploitation de minerais et de la dépollution d'anciens sites industriels ayant utilisé le radium
- Faible activité (moyenne 60 Bq/g) – Vie longue (demie vie > 31ans)
- Teneurs en éléments chimiques toxiques ; essentiellement Plomb, Bore, Uranium, **Arsenic et Chrome**

Solution de stockage

- En faible profondeur, Sous Couverture Remanié (SCR)
- **Environnement argileux**

Fonctions de sureté du stockage

- Isoler les déchets de l'homme et de la biosphère
- Limiter la circulation de l'eau
- **Limiter le relâchement des toxiques chimiques et des radionucléides et atténuer leurs migrations par voie aqueuse**

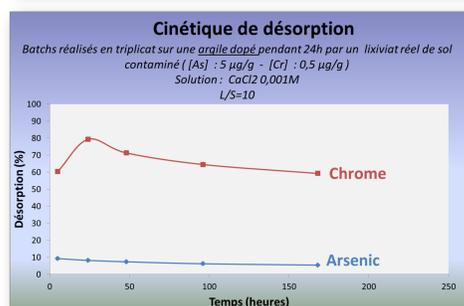
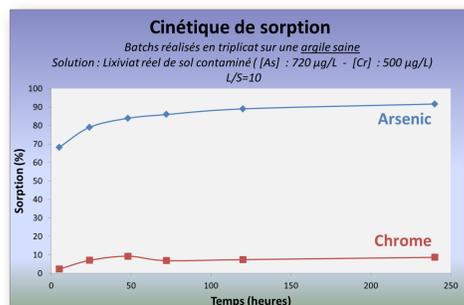
Sorption et désorption de l'As et du Cr sur l'argile de stockage

Résultats

- **Sorption importante de l'As** (77% à 24h). Les liaisons de l'As avec l'argile sont fortes au regard des résultats de désorption (8 % à 24h)
- **Peu de sorption du Cr** (9 % à 24h) et un très fort relargage lors de la désorption (80 % à 24h)
- Pas d'effet de compétition notable entre l'As et le Cr

Etudes complémentaires

- **Spéciation** des éléments en phase solide et en phase aqueuse (extractions séquentielles, MEB, MET, DGT, analyses des formes chimiques)
- **Conditions dynamiques** du système (expérience en colonnes)
- **Modélisation géochimique** : couplage avec les résultats expérimentaux (CHESS/HYTEC)



Rôle majeur des conditions du milieu sur la rétention de l'arsenic et du chrome

Phosphate

- **Compétitions avec l'As** ; la sorption est diminuée de 50% avec une concentration en phosphate dans le lixiviat de 100mg/L (batch)

pH

- La rétention est largement favorisée en milieu acide pour le Cr ; **90% de sorption à pH 4** (batch)

Oxygène

- En conditions anaérobies la **sorption est plus importante** par rapport aux conditions aérobies ; 6% pour l'As et **38% pour le Cr** (batch)

Perspectives

- Quelles sont les conditions qui permettent de maximiser la sorption de l'arsenic et du chrome simultanément ?
- Ces conditions sont elles compatibles avec la rétention des autres toxiques chimiques et radionucléides ?



Parties prenantes



Auteurs

Coralie Deparis
Mines Douai - LGCGE

Arnaud Gauthier
Université de Lille 1 - LGCGE

Claire Alary
Mines Douai - LGCGE

Benoit Madé
ANDRA

Partenaires



Parties prenantes



Auteurs

Isabelle Cojan
Olivier Stab
Bruno Tessier
Hélène Beucher
Caroline Mehl
Abed Benaichouche
Partenaires:
Pierre Voinchet (MNHN)
Jean-Jacques Bahain (MNHM)
Dominique Harmand (UPL)

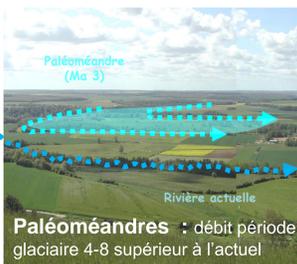
Partenaires



Spécificités de la gestion des déchets ultimes

Contexte

- La Géoprospective a pour finalité de donner à la société civile des moyens efficaces afin d'élaborer des choix politiques durables en matière d'aménagement du territoire.
- Les travaux menés au Centre de Géosciences ont porté sur la modélisation de l'évolution géomorphologique du site du laboratoire de Bure (Haute Marne/Meuse) et son impact sur les écoulements de surface et souterrains.
- La dimension temporelle des périodes prises en compte dépasse celle de nos sociétés, atteignant le million d'années.
- De même, la dimension spatiale intègre la barrière géologique autour du site ainsi que le bassin sédimentaire dans lequel le site se trouve : le Bassin parisien.



Démarche

Archives et quantification

- Les cours d'eau constituent des éléments du paysage très sensibles à toute modification des paramètres naturels : climat et tectonique.
- Les terrasses qui bordent les cours d'eau ont enregistré cette évolution au cours du dernier million d'années, constituant un référentiel précieux pour le calage des paramètres du modèle d'évolution géomorphologique.

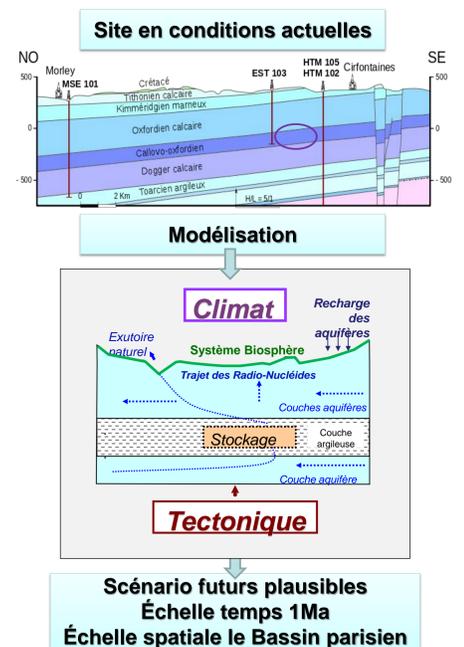
Calage des paramètres

- Les scénarii déduits des données de terrain servent à proposer des jeux de paramètres plausibles pour évaluer les scénarii futurs dans des contextes climatiques naturels ou perturbés (pCO₂ 4*actuelle).
- Les modélisations de l'évolution des rivières (incision/transport/dépôts) s'appuient sur un modèle de type diffusion dont les paramètres sont ajustés sur les données (actuelles ou celles de la dernière période glaciaire).

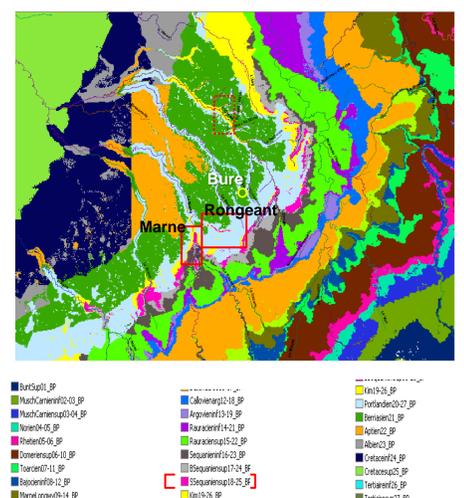
$$\frac{\partial z}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \cdot q_w \frac{\partial z}{\partial x} \right) + B$$

Apports de la démarche

- Le Bassin parisien présente un taux de surrection nettement plus faible que le taux d'incision enregistré par les cours d'eau qui est influencé par les fluctuations du niveau marin.
- Le tracé des cours d'eau du Bassin parisien a subi de nombreux réarrangements par le passé et devrait en subir encore, entre autre de par la présence de réseaux karstiques.
- La comparaison des simulations entre scénario naturel et perturbé montrent un ralentissement de l'érosion avec le scénario perturbé jusqu'à 500 000 ans, puis un rattrapage de celle-ci avec des conditions finales assez voisines.



Zones affleurement aquifères à 1Ma scénario naturel



Parties prenantes



Auteurs

C. Mehl, D. Renard, H. Beucher, J-P. Chilès

Partenaire



INTRODUCTION

Il est nécessaire, pour un certain nombre d'applications industrielles aussi variées que le stockage de CO₂, l'exploitation pétrolière ou la géothermie, de comprendre le comportement hydromécanique et chimique de grandes zones de failles. Afin de contraindre/préciser les modèles d'écoulement en vue d'optimiser l'exploitation des ressources, il est alors indispensable d'avoir recours aux analogues terrain.

Cette présentation a pour vocation de clarifier les protocoles d'acquisition de données sur analogues terrain fracturés. Une application des ces protocoles à la mise en place d'un algorithme de génération d'une zone de faille est présentée dans le poster « Geostatistical Simulation ».

PROBLÉMATIQUE

Objectifs

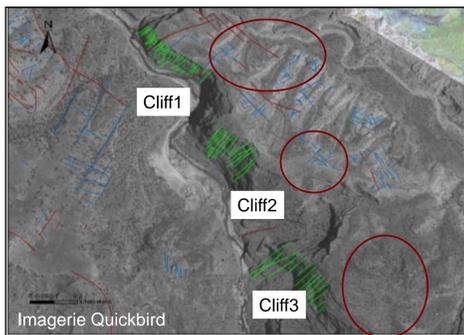
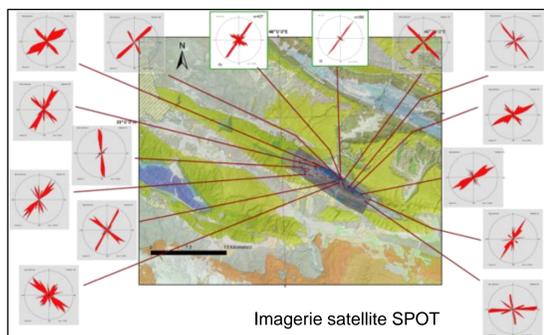
- ✓ Description réseaux de fractures orientée pour une modélisation hydraulique des réservoirs (fonction du contexte géologique)
- ✓ Développement d'outils descriptifs d'assistance à la prédiction (procédures, protocoles d'analyses...)

Verrous

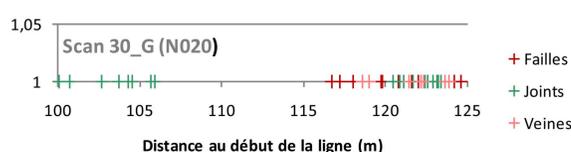
- ✓ Imbrication des échelles d'observation: quels attributs descriptifs pertinents pour une hiérarchisation correcte des réseaux ?
- ✓ Hétérogénéité du milieu : comment traiter les grands accidents ?
- ✓ Génération de fractures orientée processus

PROTOCOLES D'ACQUISITION DE DONNÉES TERRAIN MULTI-ÉCHELLES

Collecte de données multi-échelles (proxies): orientation, pendage, longueur, persistance, ouverture, remplissage, cinématique...



Attributs statistiques



Simulation géostatistique

Reconstitution de la géométrie du réseau fracturé avec gestion du changement d'échelle

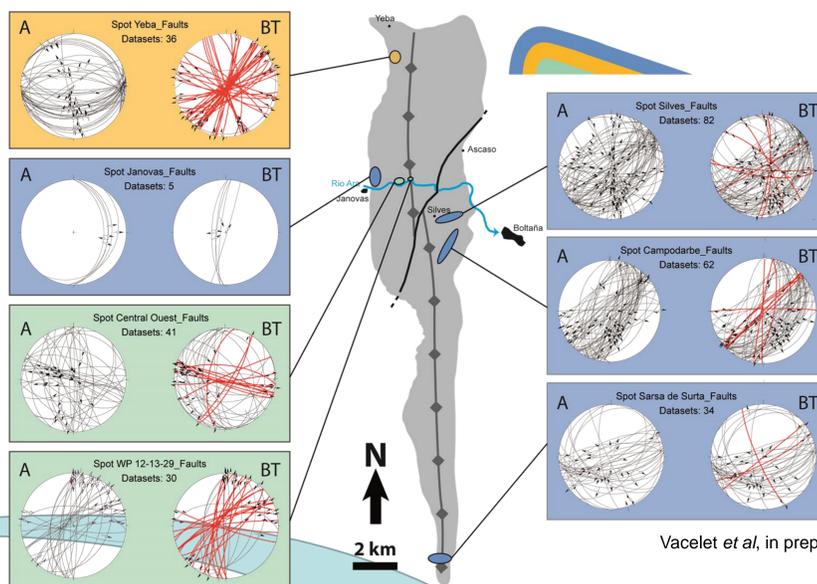
Attributs cinématiques

Inversion

Orientation du tenseur des contraintes
Déviateur des contraintes

Modélisation mécanique

Reconstitution de la dynamique de mise en place



ANALYSE DES CRISTALLISATIONS

Caractérisation optique



Lumière naturelle : analyse texturale

Cathodoluminescence: analyse du polyphasage de cristallisation

Reconstitution de la dynamique fracturation/cristallisation

Caractérisation chimique

Centre de Géosciences :
Phases cristallines en présence : DRX
Eléments traces: microsonde ionique
Isotopie (stables du C et O) : spectromètre de masse isoprime

En extérieur : isotopie Sr et inclusions fluides

Identification des sources potentielles de fluides à l'origine des cristallisations

CONCLUSION

C'est de la confrontation de l'ensemble des résultats: partiels issus de chacune des ces approches que l'on déduit :

1. un modèle conceptuel intégré de la dynamique de mise en place des fractures et des circulations de fluides associées
2. les proxies nécessaires à une modélisation basée sur des processus et traitant de l'information a priori

Parties prenantes



Auteurs
D. Renard, H. Beucher,
J-P. Chilès, C. Mehl

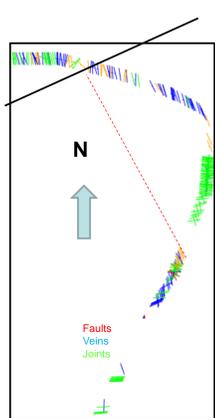
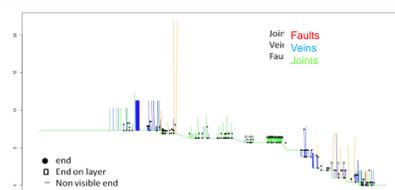
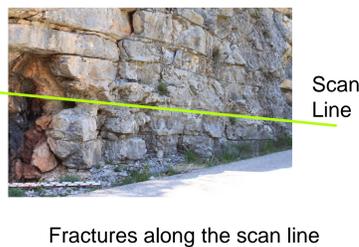
Partenaire



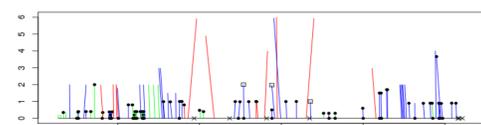
DATA ANALYSES

Systematic surveys of fractures along scan lines:

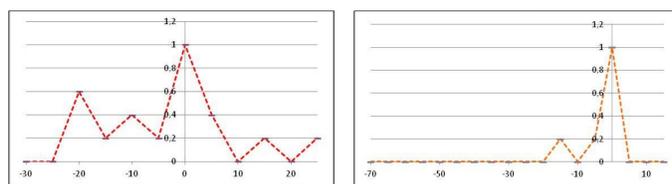
- Curvilinear abscissa of the fracture on the scan
- Bench: Lithofacies and Thickness
- Type of the fracture:
 - ✓ J: no crystallization joints
 - ✓ V: veins with crystallization
 - ✓ F: faults
- Orientation; Dip; Pitch & Direction (Fault)
- Filling: Thickness; Nature; Aperture
- Dimensions:
 - ✓ Vertical persistence downwards ?
 - ✓ Size of the fracture above the scan line



Projection in a line perpendicular to the main fault (North area)



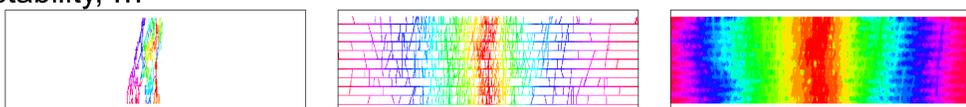
Hypotheses: ignore elevation and layers characteristics (similar physical properties)



Fracture density (number per meter) around the main fault for north (left) and south (right) areas

PERSPECTIVES

- Additional field measurements lead to a better calibration of parameters:
 - ✓ Layer properties (rigidity) influence fracture characteristics persistence, trajectory, repulsion parameter, ...
 - ✓ Other fracture terminations: inside the layer, branching fractures, ...
- Extend the fracture simulation algorithm to 3D case
- Derive field properties: fluid flow characteristics, fractured rock stability, ...

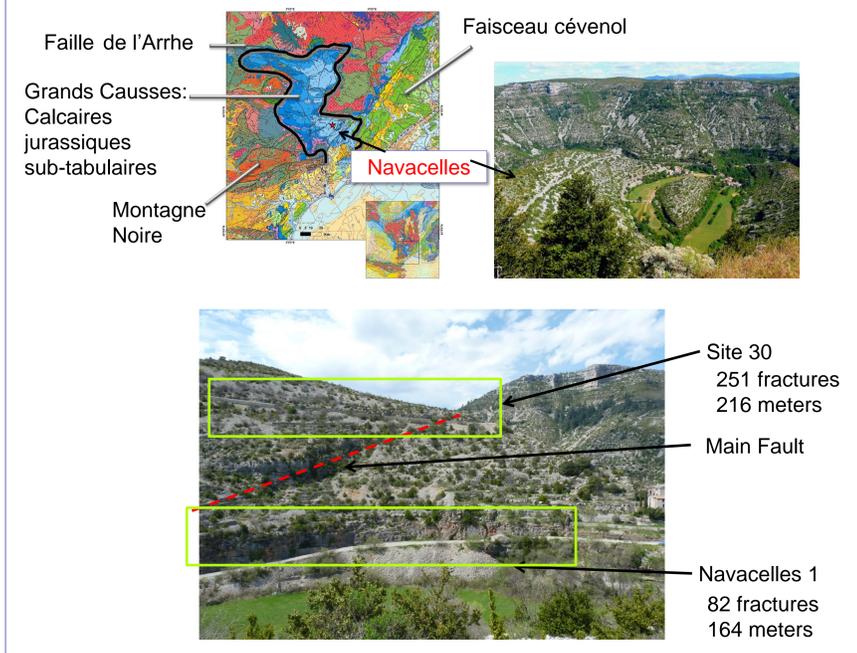


Example: Flow propagation from the main fault with permeability in fractures (left) + layer boundaries (middle) + matrix (right)

INTRODUCTION

To understand the hydro-mechanical and chemical behavior of fault zones in the context of CO₂ storage (pressure perturbation & aggressive reactive fluid), it is necessary to build a numerical model of a fault zone. The aim of this study is to propose an algorithm to generate a fault zone in a gently deformed carbonated host-rock. This part is based on the work presented in the first poster: *Analyse multi-échelle*

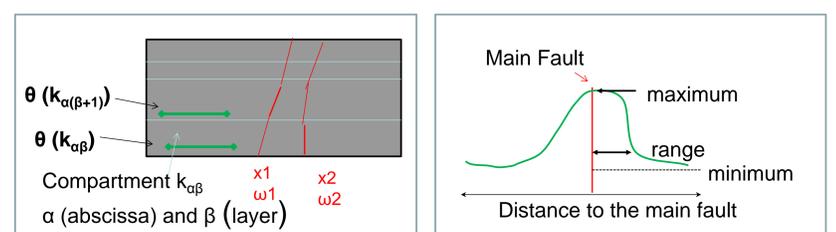
CHOICE OF AN ANALOG



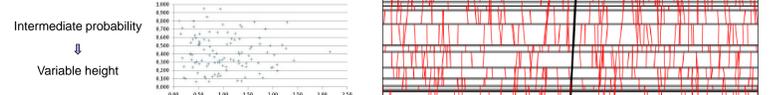
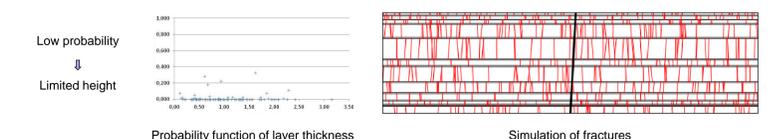
SIMULATIONS

Algorithm designed for stratified field with few deterministic faults:

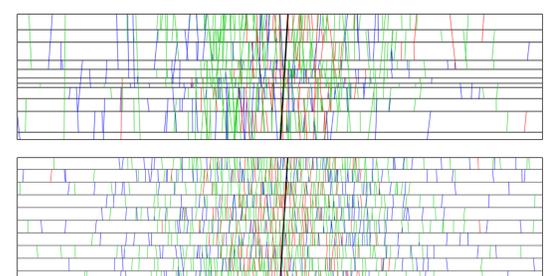
- Layers treated sequentially from bottom to top
- Fracture generated at bottom of layer with:
 - ✓ density related to layer thickness, distance to the main fault
 - ✓ repulsion between fractures
- Fracture continued over consecutive layers (persistence probability)
- Fracture intersected according to their type (hierarchy)



Fracture density according to layer thickness and distance to the main fault



Persistence probability and its consequence on the fracture heights



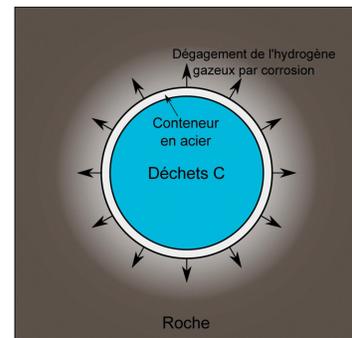
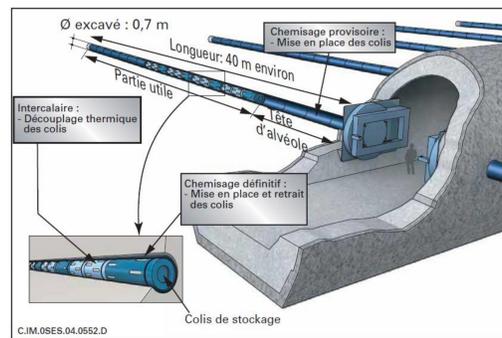
Simulation outcomes : 3 types of fracture:

- persistence probability: intermediate (top) and low (bottom)
- layer thickness following to a gamma distribution: high variance (top); low (bottom)

Problématique industrielle

Stockage des déchets radioactifs dans une couche argileuse profonde

- Corrosion des conteneurs métalliques
- ➔ Production de l'hydrogène gazeux sous pression
- ➔ Risque de fracturation

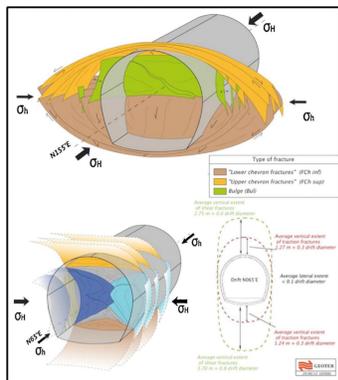


Parties prenantes



Auteurs

Mohamed MAHJOUB
Michel TIJANI
Ahmed ROUABHI



Verrous scientifiques

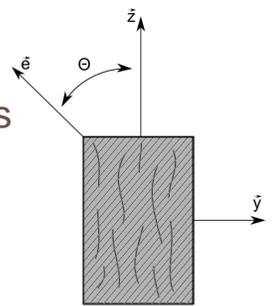
- ✓ Nécessité d'un modèle d'endommagement qui tient compte de:
 - L'anisotropie du matériau: paramètres élastiques (E, E', ν, ν', G) et non élastiques (R_c par exemple)
 - L'anisotropie induite par fissuration orientée
 - L'anisotropie des contraintes initiales
- ✓ Couplage de la mécanique avec le transfert des fluides

Démarche scientifique

Expérimentation



Modélisation



Modèle d'endommagement pour un matériau isotrope transverse

Partenaires



$$\underline{\underline{\omega}} - \underline{\underline{\sigma}}_0 = \underline{\underline{H}}(\underline{\underline{\omega}}) : \underline{\underline{\varepsilon}}$$

- $\underline{\underline{\omega}}$ tenseur d'endommagement
- $\underline{\underline{H}}(\underline{\underline{\omega}})$ tenseur de Hooke $f(E, E', \nu, \nu', G)$

$$\underline{\underline{H}}(\underline{\underline{\omega}}) = \underline{\underline{L}} : \underline{\underline{H}}(\underline{\underline{\omega}}) : \underline{\underline{L}}$$

- Matériau isotrope transverse

$$\underline{\underline{H}}(\underline{\underline{1}}) = h_1 \underline{\underline{1}} \otimes \underline{\underline{1}} + h_2 \underline{\underline{1}} \otimes \underline{\underline{1}} + h_3 \underline{\underline{e}} \otimes \underline{\underline{e}}$$

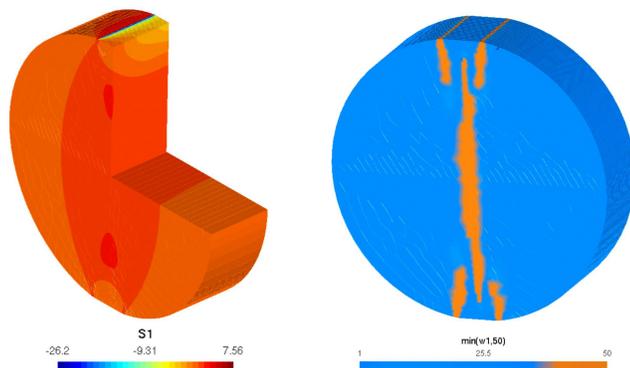
$$+ h_4 (\underline{\underline{1}} \otimes \underline{\underline{e}} + \underline{\underline{e}} \otimes \underline{\underline{1}}) + h_5 (\underline{\underline{1}} \otimes \underline{\underline{e}} + \underline{\underline{e}} \otimes \underline{\underline{1}})$$

- Matériau isotrope équivalent

$$\underline{\underline{H}}(\underline{\underline{1}}) = \bar{\lambda} \underline{\underline{1}} \otimes \underline{\underline{1}} + 2\bar{\mu} \underline{\underline{1}} \otimes \underline{\underline{1}}$$

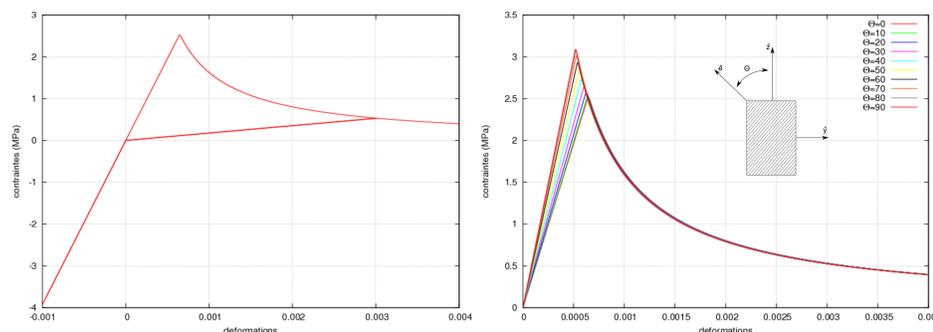
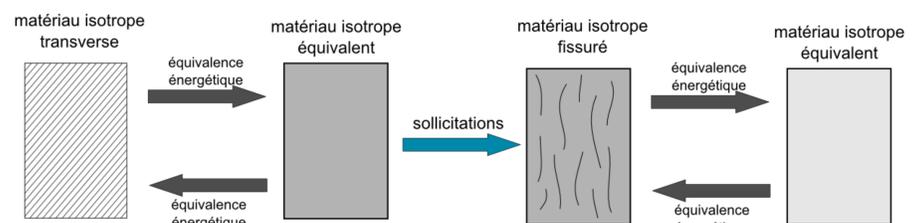
- Matériau isotrope équivalent endommagé

$$\underline{\underline{H}}(\underline{\underline{\omega}}) = \bar{\lambda} \underline{\underline{\omega}}^{-1} \otimes \underline{\underline{\omega}}^{-1} + 2\bar{\mu} \underline{\underline{\omega}}^{-1} \otimes \underline{\underline{\omega}}^{-1}$$



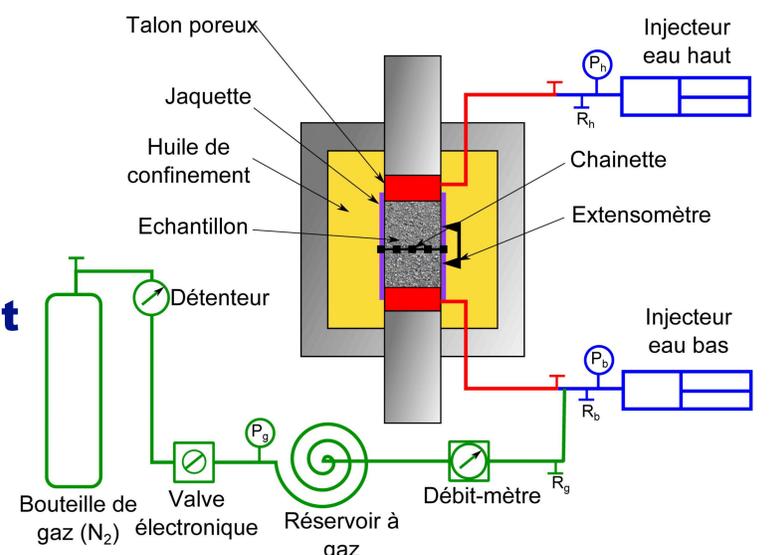
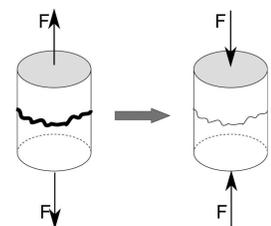
Relation entre l'endommagement et la perméabilité

- Essais d'injection de gaz dans un échantillon d'argilite préalablement fissuré
- ➔ Rechercher une loi perméabilité fonction de l'endommagement



- Endommagement activé en traction

$$\underline{\underline{\omega}}_{ac} = \underline{\underline{1}} + \underline{\underline{P}}(\underline{\underline{\omega}} - \underline{\underline{1}})\underline{\underline{P}}$$



Parties prenantes



Auteurs

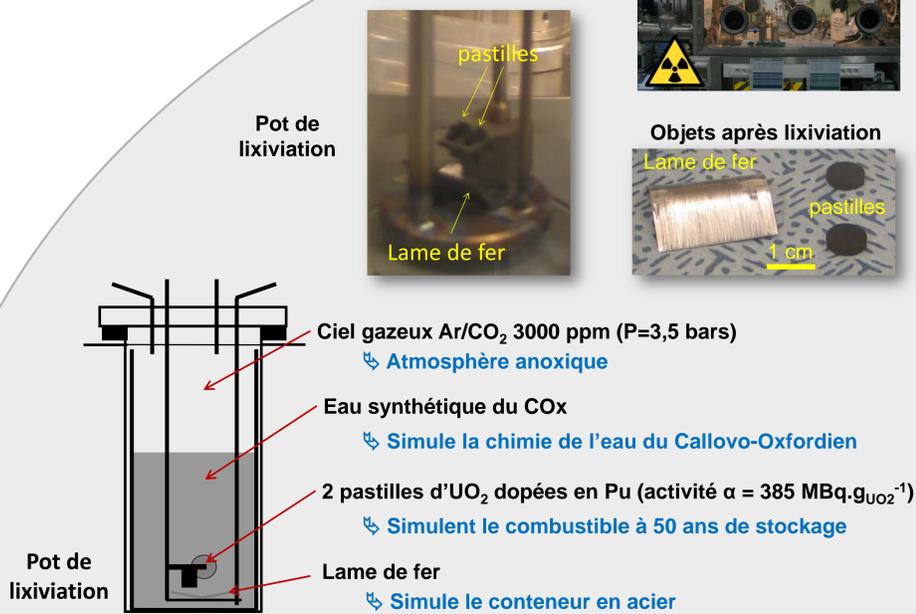
Mélina ODOROWSKI
Laurent DE WINDT
Christophe JEGOU
Christelle MARTIN

Le projet PRECCI

Le stockage direct du combustible nucléaire irradié dans des conteneurs en acier placés en formation géologique profonde est une solution alternative aux déchets vitrifiés pour la France et la solution de référence pour certains pays (Suède, USA). En France, la couche géologique envisagée correspond aux argilites du Callovo-Oxfordien (COx) située à 500 m de profondeur en milieu anoxique et réducteur. Afin d'étudier le comportement du combustible dans ces conditions de stockage, des pastilles d'UO₂ sont lixiviées en eau synthétique du COx, en présence de fer (représentant le conteneur en acier) et sous atmosphère désaérée. Les pastilles d'UO₂ sont dopées en Pu, un puissant émetteur alpha, pour reproduire une activité donnée (donc un âge) du combustible.

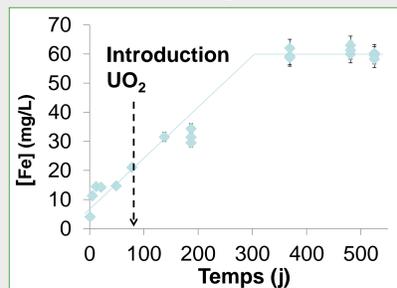
Méthodes et résultats

1/ Dispositif expérimental

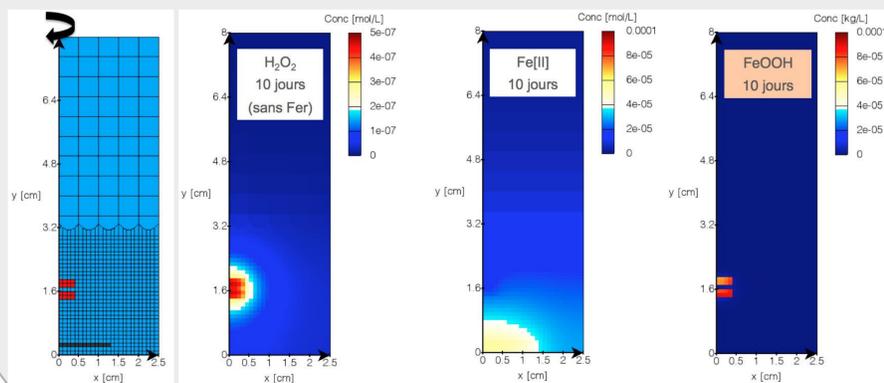
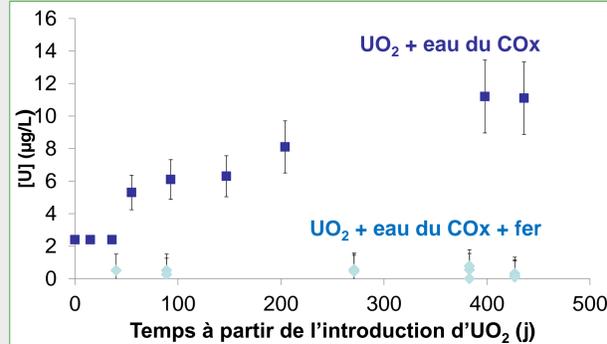


2/ Analyses de la solution

Concentration en fer par ICP-AES



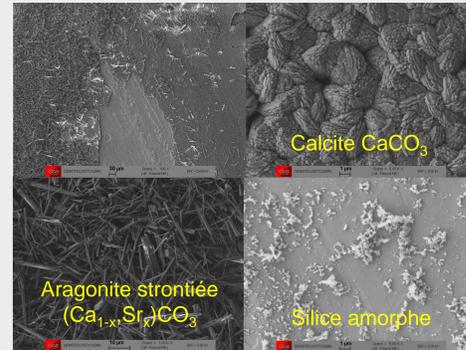
Concentration en uranium par KPA



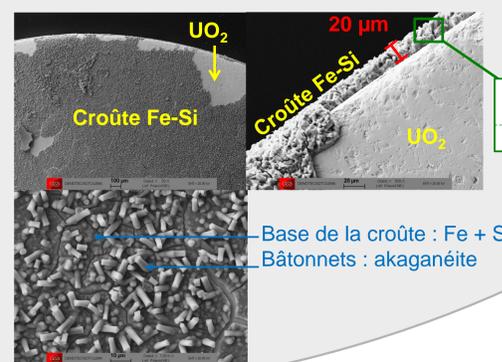
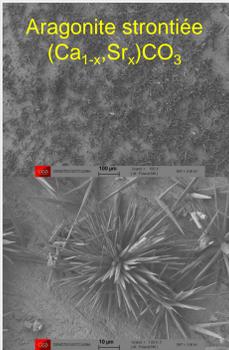
Modélisation avec le code HYTEC (MINES ParisTech, Pôle Géochimie Transport) couplant radiolyse, géochimie et diffusion de la réaction globale de type Fenton

4/ Modélisation CHES-HYTEC

Lame de fer (face vers fond du pot)



Lame de fer (face vers pastilles UO₂)



Pastilles UO₂

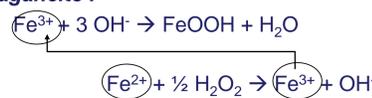
Bâtonnets	
95% Fe, 5% Si	12 µm
80% Fe, 20% Si	8 µm
Base croûte	

3/ Analyse des solides

Partenaires



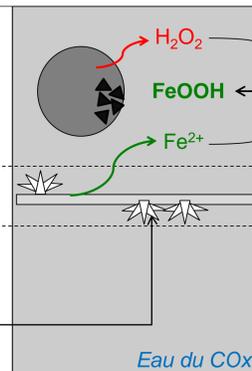
Précipitation d'akaganite :



Corrosion anoxique :



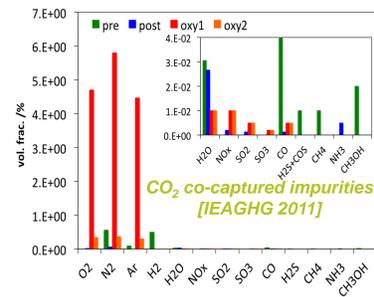
Précipitation de carbonates :



Synthèse des mécanismes réactionnels et perspectives

■ Perspectives : cette expérience sera réitérée avec des pastilles d'UO₂ d'activité plus faible produisant donc moins de H₂O₂ d'une part, et des fragments de MOX irradié d'autre part.

1/ INTRODUCTION



When capturing CO₂, the collected gas mixtures vary considerably both qualitatively and quantitatively. Co-injected with CO₂, these impurities might be an issue in case of leakage but may also impact the subsurface. Operators of the whole CCS chain in terms of admissible concentrations while regulators are waiting for tools allowing them to formulate these recommendations.

The SIGARRR project aims at proposing accurate reactive-transport simulations of the long-term behavior of CO₂+co-injected gases within storage sites including reactivity with reservoirs and possible inferences on the environment. First modeling results on water-gas interactions are presented here.

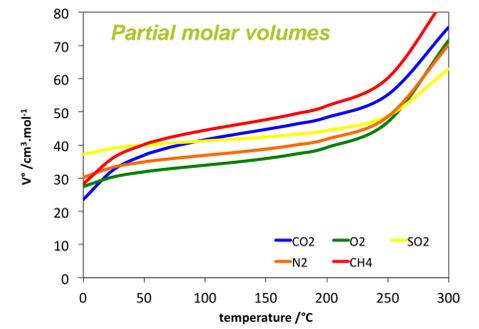
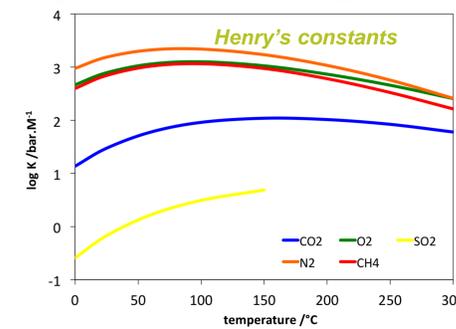
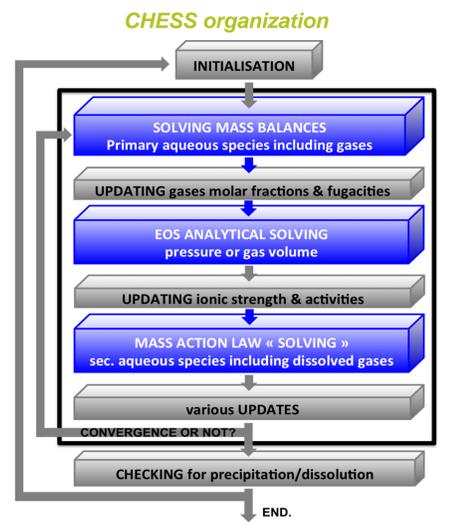
2/ MODELING WATER-GAS-ROCK INTERACTIONS USING CHESSE/HYTEC

Water/Gas equilibrium involves: $m_{CO_2(aq)} \gamma_{CO_2(aq)} K_{CO_2(g)}(T, p) = y_{CO_2(g)} \varphi_{CO_2(g)} P$

- Aqueous activity correction (b-dot, SIT, Pitzer...)
- Henry's constant and its pressure correction
- EOS for the gas phase (Peng-Robinson...) + solver (analytic solution for cubic EOS)

and subsequent parameters:

- Critical temperatures and pressures + acentric factors
- Henry's constants (p^{sat}) + partial molar volumes for dissolved gases
- Binary interaction parameters for gases and dissolved gases

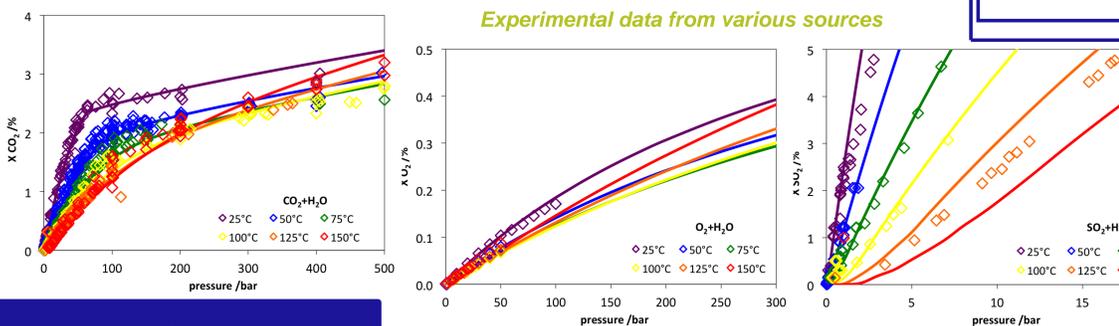


3/ FIRST SIMULATIONS ON EXISTING EXP. DATA

- Geochemical model using CHESSE + LLNL database V8.R6
- Henry's constants from various sources
- HKF model for partial molar volumes with parameters from various sources
- Binary interaction parameters from various sources

First calculations to test our model and validate our methodology reproducing experimental water solubilities.

3-1/ CALIBRATION ON PURE GAS-WATER SYSTEMS



very good agreement other large pressure, temperature and composition ranges (up to 150° C and 600 bars)

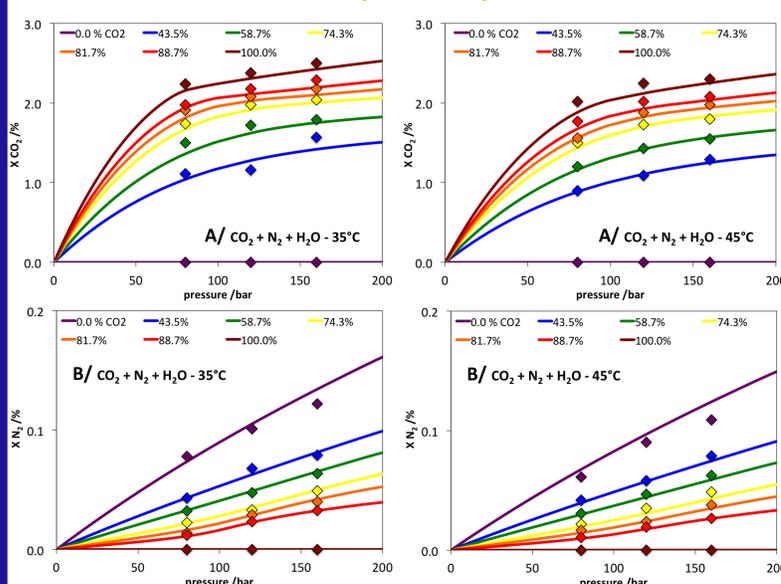
lacking O_{2(g)} and SO_{2(g)} data at high pressure

correlation: quantity of exp. data / modeling accuracy → Henry's constants & molar volumes (SO_{2(g)}...)

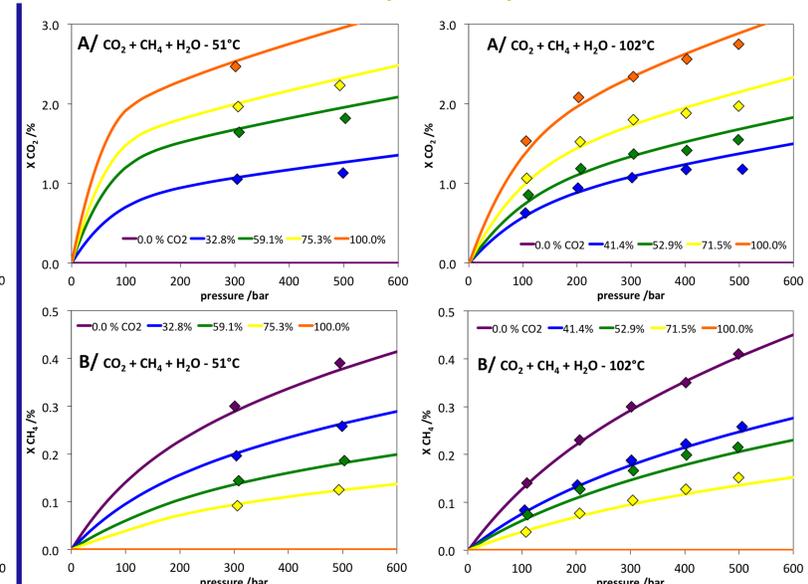
illustration of a direct impact of a non-reactive impurity on CO_{2(g)}, decreasing significantly its solubility and then its potential storage

3-2/ VALIDATION ON GAS MIXTURE-WATER SYSTEMS

CO₂+N₂+H₂O simulations vs experimental results [Liu et al. 2012] at 35 & 45° C and pressures up to 200 bars



CO₂+CH₄+H₂O simulations vs experimental results [Qin et al. 2008] at 51 & 102° C and pressures up to 600 bars

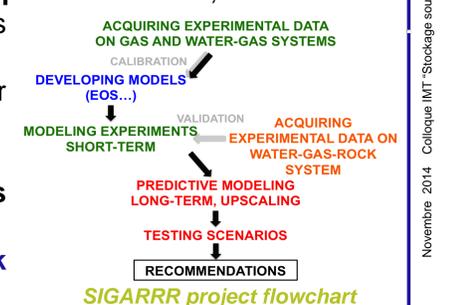


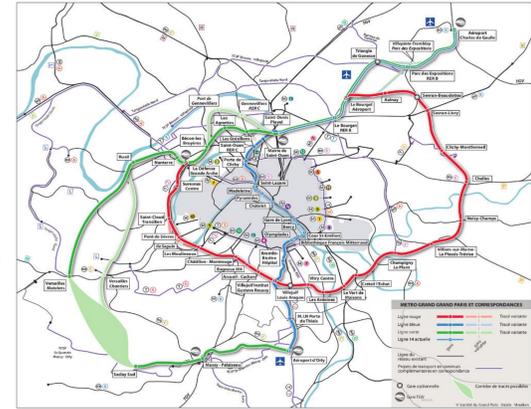
4/ CONCLUSIONS

The approach is very satisfactory regarding the agreement between numerical results and experimental data, but simulations depend a lot on the availability and quality of thermodynamic data (SO₂ higher pressure, other impurities NO...).

The SIGARRR project will thus keep combining numerical and experimental/pseudo-experimental (i.e. molecular simulation) efforts aiming at:

- Improving/extending classical thermodynamic databases, like THERMOTEM [Blanc et al. 2012].
- Validating how geochemical codes handle reactivity comparing simulations with experiments investigating gas mixtures+brine+reservoir rocks systems in realistic pressure and temperature conditions.
- Performing site-scaled simulations of leakage scenarios involving complex gas mixtures and the associated risk analysis, trying to formulate recommendations for geochemically admissible CO₂ flux composition.





Application moyen terme
le Grand Paris
155 km lignes
40 stations
23,5 Md €
Infrastructure : 80%
Tracé souterrain à 80%

Partie prenante



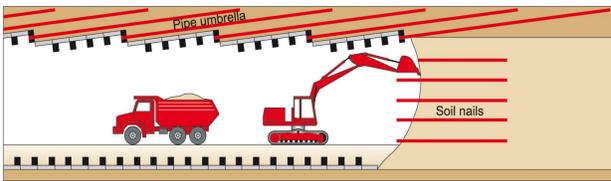
Contexte Général

■ Alors qu'on ne comptait que 2 villes de plus de 10 millions d'habitants en 1950, on en attend une trentaine à l'horizon 2025. Les métropoles se multiplient, se densifient, et les réseaux de transport, notamment souterrains, doivent s'adapter, s'étendre. Les contraintes économiques imposent un creusement à faible profondeur où le sous-sol urbain est déjà largement occupé.

■ La plupart des lignes souterraines sont creusées au tunnelier, avantageux en termes de rendement et de maîtrise des tassements en surface, mais le recours à la méthode conventionnelle de creusement reste nécessaire pour certains ouvrages (gares, stations et accès) ainsi que pour un certain nombre de tronçons complexes (venues d'eau, géologie particulière).

■ Néanmoins la méthode conventionnelle conduit à des tassements en surface qui limitent son domaine d'application. Une des solutions pour la rendre compétitive consiste à mettre en place un présoutènement dans le but de réduire les mouvements qui se produisent à l'avant du front du tunnel.

■ L'équipe GIG du centre de Géosciences participe au projet de recherche «NEWTUN» soutenu par le FUI. Ce projet vise à mettre en œuvre le présoutènement dans la méthode conventionnelle dans le but de réduire les impacts du creusement sur l'environnement urbain fragile.



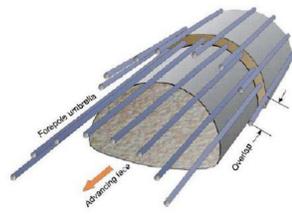
Méthode traditionnelle

■ Le présoutènement comprend :

- des boulons en fibre de verre installés au front de taille
- des tubes en acier formant une voûte parapluie

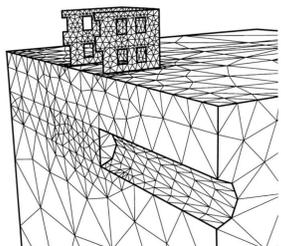


Voûte parapluie



Modélisation de l'interaction sol-structure

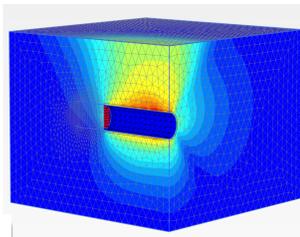
Afin de contrôler les tassements en surface, il faut prédire la réponse d'ensemble du système sol-structure au creusement. Cela se fait par modélisation par éléments finis :



Impact du creusement sur les bâtiments existants

■ La modélisation du comportement du sol au cours de l'excavation afin de calculer la cuvette de tassement. Pour cela un modèle rhéologique basé sur les modèles Cam-Clay et Drucker-Prager a été développé. Ce modèle tient compte correctement du chemin de contrainte créé lors de l'excavation.

■ La modélisation des éléments du présoutènement pour rendre compte de l'interaction soutènement-sol. Un modèle d'interface a été développé à partir d'essai effectués au laboratoire avec un banc dédié.



Zone d'impact du creusement

Auteurs

Emad Jahangir
Isabelle Thénevin
Faouzi Hadj Hassen
Jacques Schleifer

Centre de Géosciences
Géologie de l'ingénieur et
Géomécanique.

Partenaires

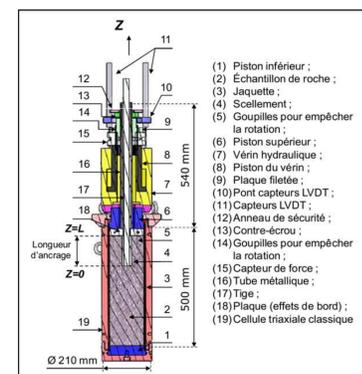


Moyens expérimentaux

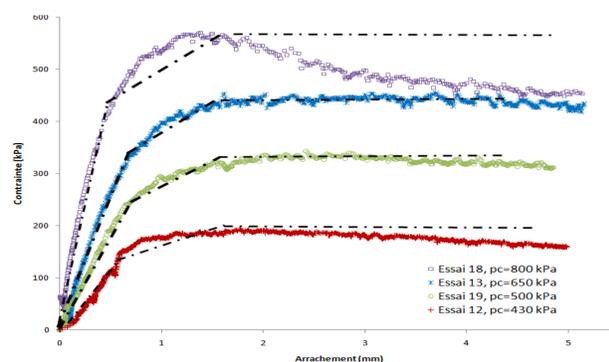
■ Le Centre de Géosciences dispose d'un banc d'essais d'arrachement d'inclusions à confinement contrôlé.

■ Ce banc permet de tester différents types d'inclusions (boulons métallique ou en fibre de verre, câbles,...) ancrés dans différents type des matériaux (sol, roche, béton, ...) et avec différents types de scellements (coulis de ciment, résine, ...).

■ Les résultats d'essais permettent d'établir des lois d'interface.



Banc d'essais d'arrachement d'inclusions



Résultats d'essai pour différents confinement imposé et le modèle proposé

Parties prenantes



Auteurs

Abed Benaïchouche
Olivier Stab
Bruno Tessier
Isabelle Cojan
Michel Tijani

Partenaire



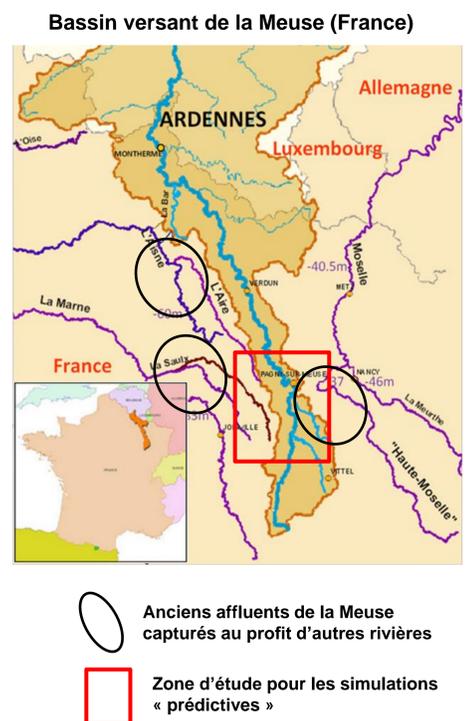
EVOLUTION DES PAYSAGES ET CAPTURES

Contexte long terme – 1Ma

■ L'ANDRA étudie la possibilité d'un stockage de déchets hautement radioactifs à vie longue (HAVL) dans les couches argileuses profondes du Callovo-Oxfordien en Meuse Haute-Marne. Les simulations hydrogéologiques du comportement des « aquifères » dépendent en partie des conditions aux limites imposées au modèle : c'est-à-dire de la position de la surface topographique et plus particulièrement de celle du fond des vallées des rivières.

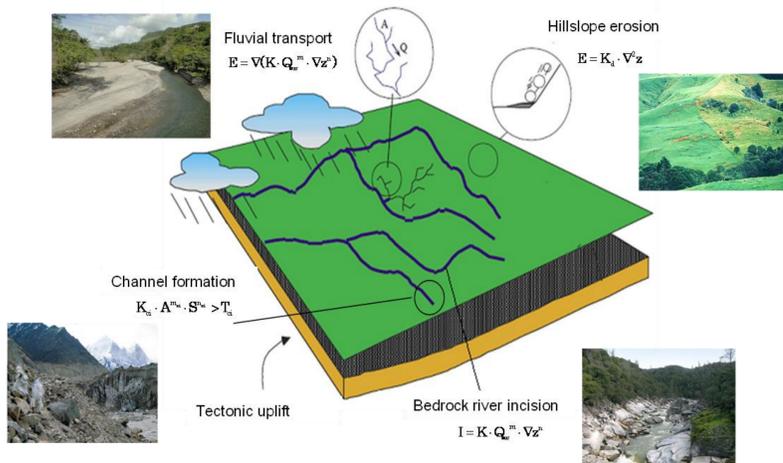
■ Le profil des vallées fluviales répond aux modifications des conditions hydrodynamiques pilotées par les fluctuations climatiques et les modifications du réseau de drainage. La Meuse est un cours d'eau ébranché qui a subi de profondes modifications depuis 1Ma suite aux nombreuses captures de ses affluents par les cours d'eau voisins.

■ La modélisation physique permet à partir de jeux de simulations multiples de proposer les scénarii futurs les plus plausibles en terme de captures ainsi que leur calendrier pour le prochain million d'années.



MODELES D'EVOLUTION DES PAYSAGES

Modèles physiques



■ Aux longues échelles de temps, les modèles simulent les interactions entre processus à l'aide d'équations de diffusion et d'advection.

■ Les paramètres de ces équations, qui peuvent varier de plusieurs ordres de grandeur, sont généralement calés à partir de régressions entre les données de terrain. Les hypothèses utilisées sont cependant discutables dans notre contexte.

■ Nous avons donc privilégié une approche par analyse de sensibilité pour estimer l'influence des paramètres du modèle sur la localisation et l'ordre de capture futures.

EXPLORATION DES SCENARII POTENTIELS

Analyse de sensibilité

■ 15000 simulations ont été réalisées avec le logiciel Golem (Tucker et Slingerland, 1994) faisant varier les paramètres des équations du modèle de plusieurs ordres de grandeur.

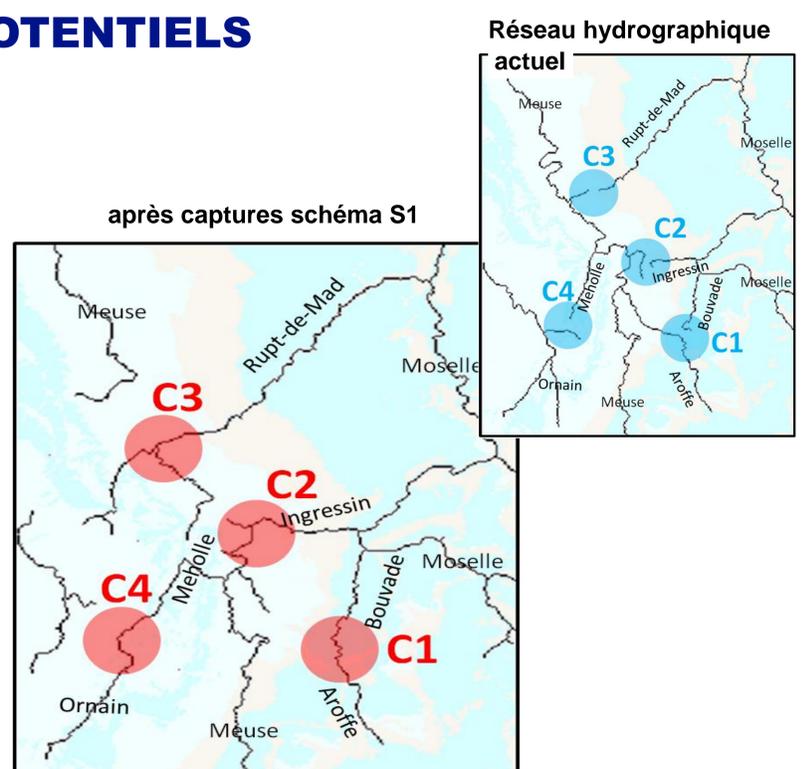
■ Les résultats ne montrent que 4 lieux de capture sur la zone d'étude (notés C1, C2, C3 et C4) qui produisent cependant 3 schémas différents selon la chronologie des événements :

$$S1 = \{C1, C2, C3 \text{ et } C4\}$$

$$S2 = \{C3, C4\}$$

$$S3 = \{C1, C3, C4\}$$

■ Les paramètres qui contrôlent le schéma d'évolution ont été identifiés : K_d et m_b/n_b , ils traduisent la compétition entre l'incision des rivières et l'érosion des versants.



Simulations de transferts réactifs en milieu poreux

Prévision des propriétés du stockage souterrain du CO₂

Auteurs

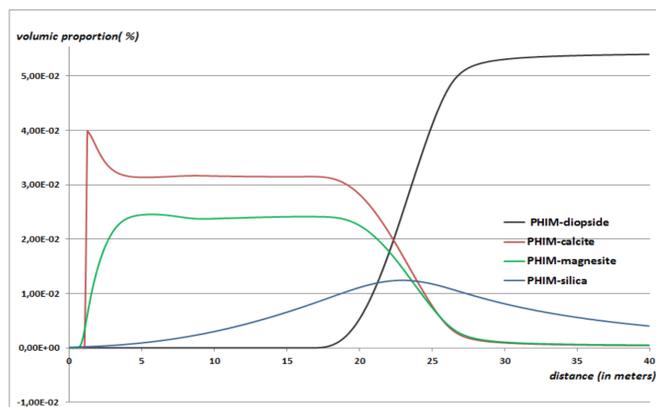
Bernard Guy
Franck Diedro
Johary Raveloson
Céline Helbert
Daniel Garcia
Chantal de Fouquet
Anthony Michel
Jacques Moutte

■ Première étape: interaction chimique entre un fluide aqueux enrichi en CO₂ et un réservoir rocheux de composition prise **constante** dans l'espace

■ Seconde étape: introduction d'une **variabilité spatiale** - par souci de réalisme géologique, - pour étudier la propagation d'incertitudes sur les propriétés du stockage

Logiciel utilisé: COORES (développement IFPEN et Mines Saint-Etienne)

Partenaires



Dissolution du diopside et précipitation de carbonates, cas homogène (système 2)

Introduction de la géostatistique

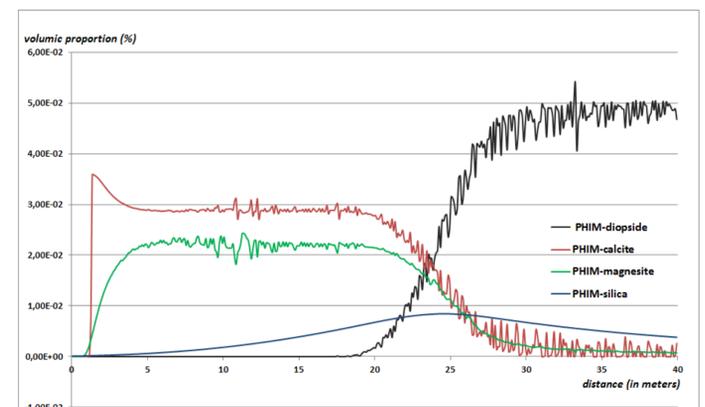
Etude de systèmes modèles simples

- Système 1: calcite, dolomite, albite, clinocllore, K-feldspath, kaolinite, quartz (réservoirs carbonatés)
- Système 2: diopside, quartz (inerte), calcite, magnésite, silice amorphe (roches basiques et ultrabasiques)
- Variabilité spatiale de la condition initiale structurée: paramètres: portée, palier et seuillage du variogramme
- Grandeurs d'entrée concernées: paramètres pétrophysiques et mode des minéraux (système 1); paramètres thermodynamiques et de **cinétique chimique** (9 classes de diopsides de $k_{\text{cinétique}}$ différents) (système 2)
- Paramètres de sortie: paramètres de stockage: quantités de minéraux dissous, quantités de CO₂ stockée, variation de la porosité

Etude pragmatique des résultats des expériences numériques

Analyse des résultats par plans d'expériences

- Variabilité du tirage inférieure à l'effet de l'incertitude sur les paramètres du variogramme
- Effet de dispersion/taille des minéraux (à quantité égale) sur les quantités dissoutes ou précipitées
- corrélation spatiale élevée + grande variance de dispersion \Rightarrow réactivité plus importante des minéraux (perturbation du paramètre de cinétique chimique)
- Changement d'échelle sur le paramètre de cinétique chimique, influencé par l'historique de la dissolution (propagation des fronts de réaction dans le réservoir)



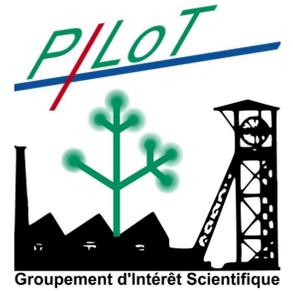
Dissolution du diopside et précipitation de carbonates, cas hétérogène (système 2)

Références

- F. Diedro (2009) Influence de la variabilité pétrophysique et minéralogique des réservoirs géologiques sur le transfert réactif, thèse E des Mines de Saint-Etienne
- F. Diedro, C. Helbert, B. Guy & C. de Fouquet (2013) Determination of the effect of geological reservoir variability on carbon dioxide storage using numerical experiments, Oil and gas science and technology, 68, 3, 529-544.
- J. Raveloson (2014) Etude de l'influence de la variabilité spatiale des paramètres thermodynamiques et de cinétique chimique sur la précipitation des minéraux carbonatés en milieu poreux (stockage minéral du CO₂), thèse E des Mines de Saint-Etienne

Groupement d'Intérêt Scientifique PILoT

Redéploiement *Post-Industriel* : *Loire Territoires urbains*



Auteurs

Jean-Luc Bouchardon vice-président
Olivier Faure
Didier Graillot
Jacques Moutte
Florence Dujardin
Frédéric Paran
Essaïd Bilal
Véronique Lavastre
Jean-Yves Cottin président

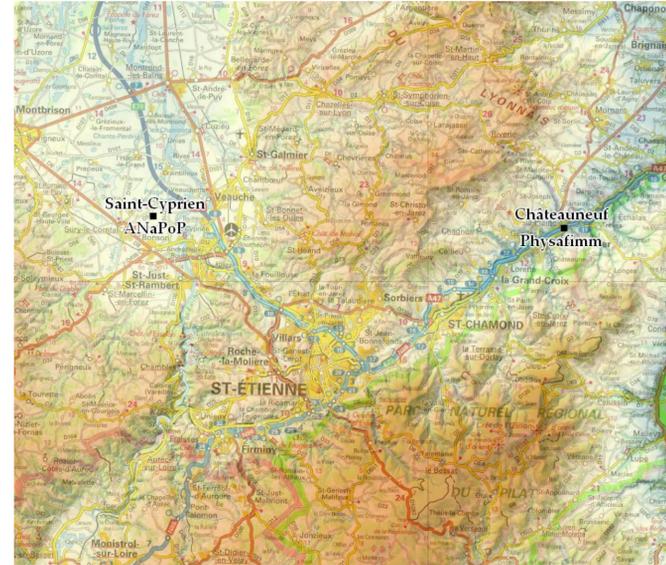
Partenaires



Une approche systémique des territoires en voie de réaffectation

Principe du GIS

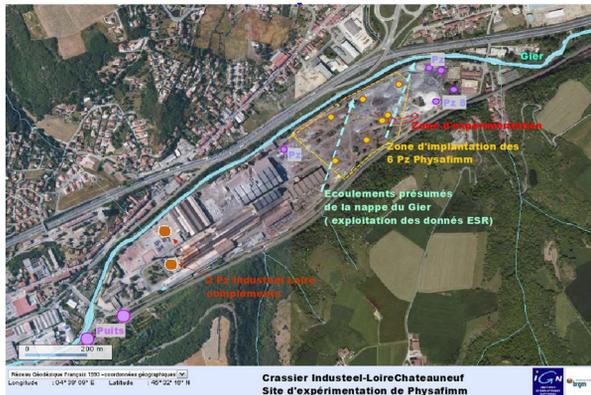
- **Objet** : un patrimoine territorial stéphanois, marqué par son histoire industrielle, porteur de sites-ateliers emblématiques de la complexité de leur réaffectation.
- **Méthode** : une approche multidisciplinaire sur et autour de ces sites, associant sciences exactes, économiques et humaines, pour **écouter** les acteurs, susciter et **accompagner** des projets de recherche, **organiser l'information acquise** via PILOT-Data, la base de données du GIS
- **Finalité** : proposer des stratégies de redéploiement à l'échelle du territoire et de la complexité des problèmes posés, valoriser et intégrer la recherche environnementale dans la politique du Développement Durable et de la Ville Durable



Des sites-ateliers identifiés par le réseau SAFIR

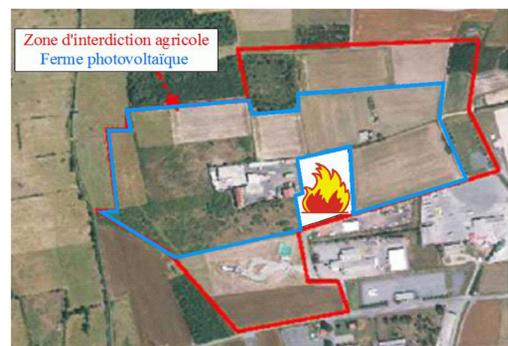
Le crassier de Châteauneuf (depuis 2009)

- **Propriétaire** : Industeel-France, groupe ArcelorMittal,
- **contaminants** : métaux en contexte de pH très élevé,
- **Projets** en géosciences et environnement :
 - PHYSAFIMM : Phytostabilisation des friches industrielles métallurgiques et minières (ADEME et Thèse inter-établissements)
 - NAGIS & bioNAGIS : Nappe Alluviale du Gier, Isotopes Stables et microbiologie : (Saint-Etienne Métropole, SEM)
- **Projets** en sciences humaines et sociales :
 - Réflexions sur le Leg Industriel,
 - EMIR (Elision Mais Inexorabilité du Risque)



La ferme de Saint-Cyprien (depuis 2011)

- **Propriétaire** : LUXEL, ferme photovoltaïque sur le site de Vitale RECYCLAGE
- **contaminants** : PCB, dioxines-furanes dispersés par incendie, Vitale 2008
- **Projets** en géosciences et environnement et sciences humaines :
 - ANAPoP : l'Atténuation Naturelle de la Pollution des sols aux PCBs (SEM)
- **Projets** en BioIndication (ADEME GESIPOL 2013) :
 - TROPHé, Transferts et Risques des Organiques Persistants pour l'Homme et les écosystèmes (INERIS)
 - TROPE, Transferts et Risques des Organiques Persistants pour les Escargots (UCB)
 - APPOLINE, APplicabilité à l'étude des sites POLLués du biomarqueur Lipidique des végétaux et du bio-indicateur Nematofaune (Adera, ARMINE, ELISOL environnement, CSD Ingénieurs)



Vers de nouveaux démonstrateurs ? Halle Couzon ? Terril houiller en fer

Le Consortium

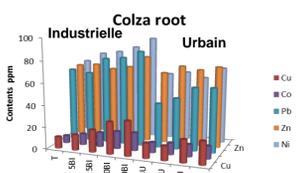
7 équipes, 5 unités mixtes et 4 établissements impliqués et 7 invités permanents

- **7 équipes** : UJM, présidence : LMV, **UMR 6524** - Centre Max Weber, **UMR 5283** - GIMAP, **EA3064** - SFR TEMIS, **EVS-UMR 5600** ; **EMSE**, vice présidence : SPIN/GSE et Institut Fayol/PIESO, **EVS CNRS UMR5600** ; **ENISE** : LTDS **UMR 5513** ; **ENSASE** : Transformations, **GRF**, ministère de la culture
- **7 invités** : Ville de **Saint Etienne** ; Saint Etienne Métropole (**SEM**) ; Conseil Général de la Loire (**CG42**) ; Conseil Régional de la **Région Rhône Alpes** ; Etablissement Public Foncier de l'Ouest Rhône-Alpes (**EPORA**) ; Etablissement Public d'Aménagement de Saint Etienne (**EPASE**) ; Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (**DREAL**)

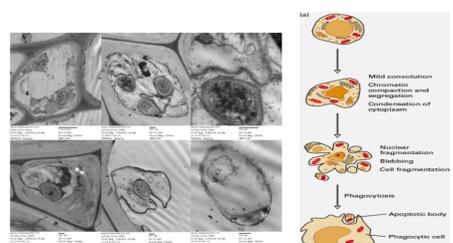
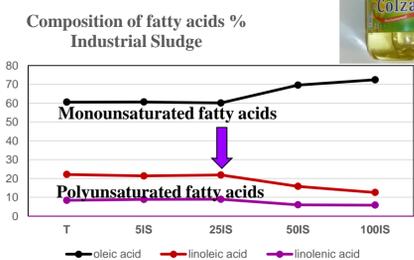
Auteurs

Essaid **BILAL**, Jacques MOUTTE, Fernando PEREIRA, Didier GRAILLOT, Marc DOUMAS, Frédéric GALLICE, Florence DUJARDIN, Olivier FAURE, Jean Luc Bouchardon, Frédéric PARAN, Djamel MIMOUNE, Daniel GARCIA.

Partenaires



Incidence des boues d'épandage des stations d'épuration industrielles et urbaines sur le Colza



Impact des métaux lourds des boues d'épandage des stations d'épuration urbain et industrielle sur les cellules de colza, on observe un tassement et une marginalisation de la chromatine nucléaire; une convulsion de la membrane nucléaire et cytoplasmique, la condensation de cytoplasme (autophagie). Incidence sur la qualité de l'huile de colza (augmentation des acides gras mono-saturés et diminution des acides gras poly-saturés) à partir de 25t/h.

Cette thématique a pour vocation de répondre efficacement aux besoins de ses clients (industriels) et/ou partenaires (instituts académiques nationaux et/ou internationaux) et notamment de solutionner avec eux tout problème ou défi lié au traitement et à la valorisation des matières solides (**minerais, minéraux industriels, sols, boues, sédiment, terres excavées, sous-produits et déchets**). Elle vise à proposer des solutions durables intégrées, économiquement rationnelles, répondant à l'ensemble de la problématique posée par ces matières depuis leur prise en charge sur site jusqu'à leur évacuation et valorisation en voie "matériaux" (fournitures de ressources minérales pérennes) ou autre. Cette thématique contribue ainsi au développement d'une économie circulaire dans une logique de développement durable des territoriale de diverses filières impliquées dans la circulation et le recyclage de ces matières.

La stratégie est orientée sur les géo-ressources pour l'environnement et le redéploiement industriel.



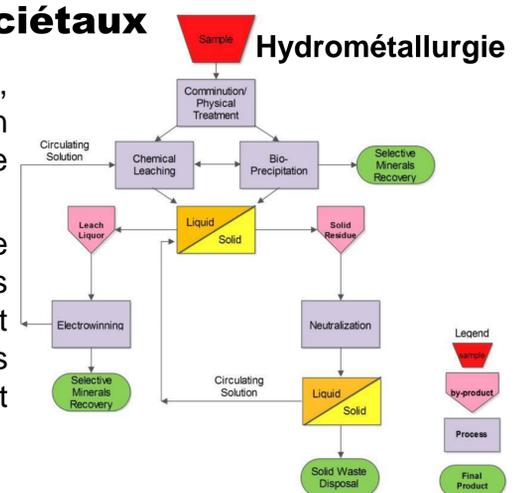
Friches industrielles et les déchets miniers et industriels autour de Saint-Etienne

- Développement d'un procédé de rupture pour récupérer les oxydes métalliques résiduels dans la matrice minérale issue du traitement des laitiers (INOX) ; développement de nouvelles applications à valeur ajoutée pour la matrice minérale et construction d'une usine de traitement de laitiers par HARSCO Metals & Minerals dans la région Rhône-Alpes.
- L'innovation consiste à mettre en œuvre des opérations unitaires sélectives bien calées sur la nature chimique et minéralurgique de ces métaux non ferreux. Il ne s'agit en aucun cas d'une stabilisation/confinement de ces métaux qui seraient certes inoffensif en terme d'impact environnemental mais qui seraient perdus comme ressource réutilisable.
- Nous apportons une réponse adaptée et dimensionnée à la problématique de la gestion, du traitement et de la valorisation terrestre des sédiments de dragage fluviaux et/ou portuaires à l'échelle de la région Rhône-Alpes et ou à l'échelle nationale (dragage représentent environ chaque année 50 millions de m³ pour les ports et 6 millions de m³ pour le réseau fluvial).



Afin de répondre aux grands défis économiques et sociétaux

- nous nous appuyons à la fois sur nos compétences (en géochimie, chimie, hydrogéologie, minéralurgie et hydrométallurgie) et notre expertise en technologies de traitement et filières de valorisation pour la conception de solutions respectueuses de l'environnement.
- Nous assurons la mise au point de prototypes expérimentaux à l'échelle de laboratoire ; de protocoles et d'outils de validation des technologies environnementales ; la réalisation d'essais de valorisation ; le développement de procédés de décontamination à l'échelle laboratoire ; le contrôle des impacts environnementaux et des niveaux d'exposition potentiellement toxiques.



Plusieurs programmes de recherche en cours :

- Procédé minéralurgie et hydrométallurgie de séparation de Mo, Ti, Zr et As du minerais U, Goivex Niger SA;
- Tools for the Integrated recovery of critical raw MatERialS from mining and industry wastes (TIMELY) programme ERA-MIN;
- Projet TARANIS programme FUI (pôle de compétitivité AXELERA, Harsco Minerals France Group et des PME rhônalpines (Groupe Boisset, EpurNature, Groupe Dauphinoise Coopérative Agricole).Création à terme de 33 emplois dans le bassin stéphanois.
- Valorisation des boues de stations d'épuration industrielles et urbaines dans l'agriculture et détermination de seuil critique (Tunisie) ;
- Méthodologie de caractérisation des produits émergents perturbateurs endocriniens dans les boues de stations d'épuration.

3. RESSOURCES EN EAU ET EN AIR

Auteurs

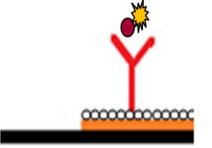
Scherrine Tria
Aziza Ibn Hadj
Hassine
Catherine Gonzalez
Ingrid Bazin

Contexte et Problématique

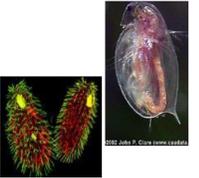
Développement de bio détecteurs simples et transposables sur site

- Fort besoin en méthodes de contrôle fiables et bon marchés sur site permettant une meilleure gestion des flux environnementaux.
- Compléter les méthodes de mesures physico-chimiques.
- Information sur la présence d'un polluant (pesticides, toxines, colorants etc...) ou de l'effet des polluants sur un système biologique.

Polluants Prioritaires/ cibles



Approche globale par la biotoxicité



Partenaires

Tissus de recherche



Des collaborations clés



Tissus industriel, acteurs économiques



Futurs acteurs économiques



Études et développement en cours

- Mise au point des différents types de bio-récepteurs (anticorps, enzyme, cellules bactérienne ou de levure) pour les intégrer dans des bio-essais fonctionnels pour la bio détection des polluants ou de leurs effets.
- Développement d'aptamers peptidiques pour la détection des haptens (petites molécules non immunogènes tel que glyphosate, AMPA, ochratoxine A).

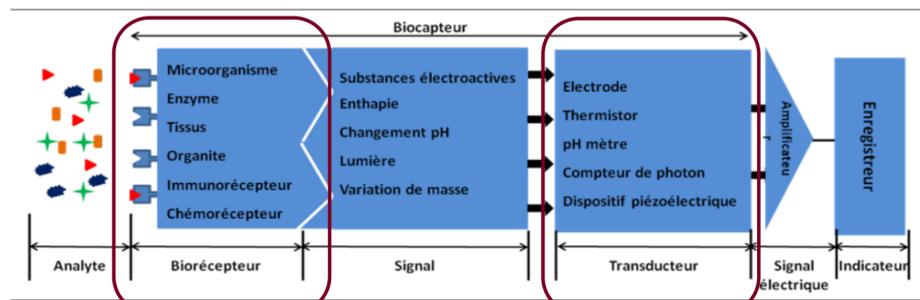
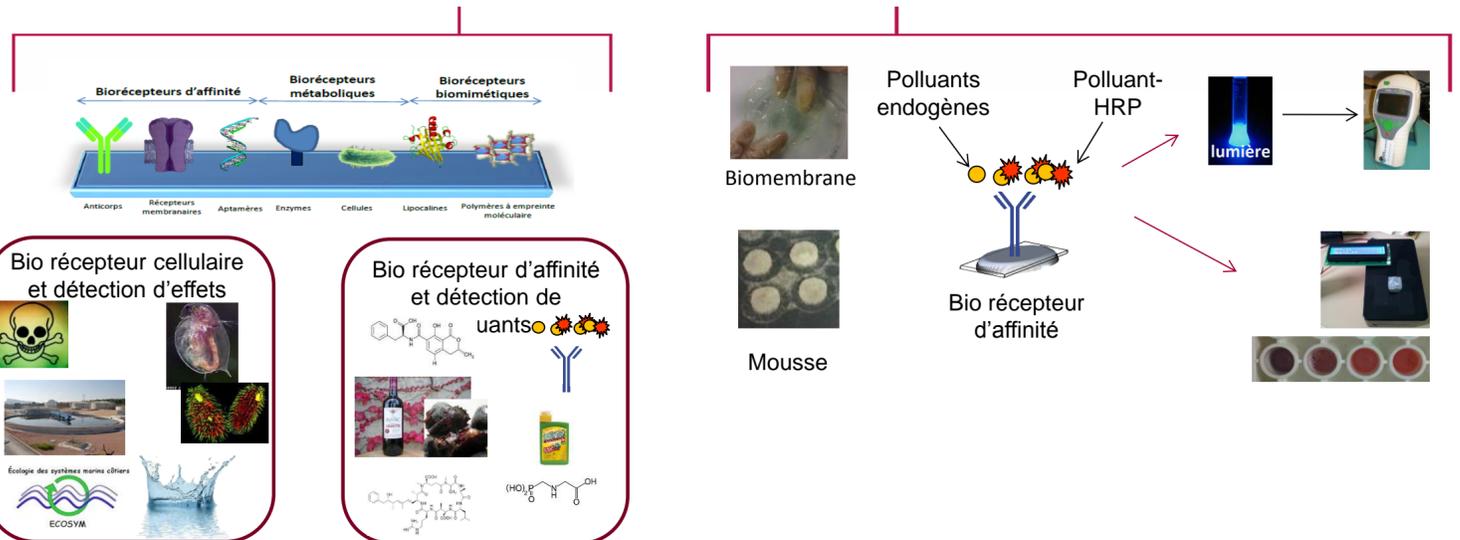


Schéma du principe de fonctionnement d'un biocapteur d'après Minh, 1991

Reconnaît sélectivement une molécule cible

Permet de détecter et de quantifier les molécules recherchées



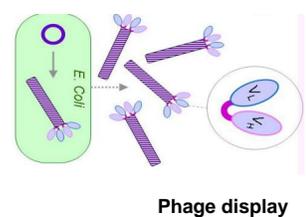
Résultats obtenus et perspectives



- Obtention d'un peptide affine pour l'ochratoxine A et développement d'un bio-essai fonctionnel de terrain, rapide et qui permet de détecter le polluant dans des concentration inférieur au $\mu\text{g/L}$, (Bazin *et al.*, 2013).
- Accroissement de l'efficacité de détection et du seuil de sensibilité par concentration des bio récepteurs (Soleri *et al.*, 2014).

Impact des composés industriels et d'effluents urbains et industriels sur l'environnement (Bazin *et al.*, 2012, 2013, Kessabi *et al.* 2012, Hadj Hassine *et al.* 2012).

Développement de récepteurs affines pour des cibles spécifiques (pathogènes, virus, polluants émergents, toxiques) et de biocapteurs pouvant avertir sur le niveau de toxicité (oestrogenicité, mutagénicité). Ils peuvent se présenter soit sous forme de bioessais simples (test strip) soit sous forme de biocapteurs.



Phage display

Auteurs

Benoît GRAILLOT
Christine BLACHERE-LOPEZ
Miguel LOPEZ-FERBER

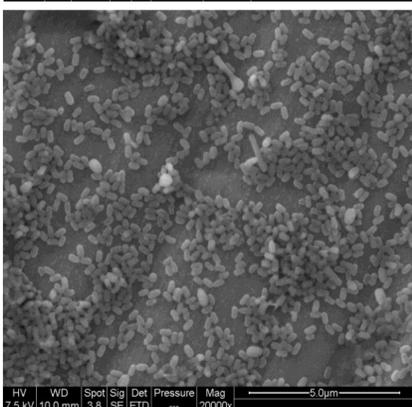
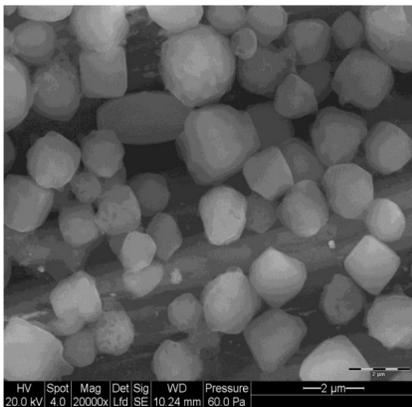
La protection des cultures, cause de pollution diffuse

- Sans protection des cultures, les récoltes seraient lourdement compromises, et la survie de notre agriculture difficile à assurer.
- La protection des vergers de pommes demande jusqu'à 25 traitements annuels pour éviter les attaques d'insectes ravageurs.
- L'arrivée d'un nouveau ravageur peut détruire complètement la production.
- Les insecticides chimiques se retrouvent dans les sols, puis dans l'eau, où ils ont des effets nocifs.



Dégâts produits par les larves de *T. solanivora* : formation de galeries et pourrissement à cause de l'infection secondaire par des micro-organismes.
Photos : C. Espinel ; P. Cuartas.

Partenaires



Les deux structures de résistance des baculovirus: le polyèdre et le granule.
Photos M. Lopez-Ferber et J.M. Taulemesse

L'utilisation de pathogènes des ravageurs comme alternative

- Éliminer les ravageurs en les rendent malades.
- Mais en n'affectant pas le reste de l'écosystème (plantes, animaux, micro-organismes)

Les baculovirus, insecticides biologiques de choix

- Famille de virus inféodée aux arthropodes. Sans pathogénicité pour les plantes ni les animaux.
- Chaque espèce de virus se réplique sur une ou quelques espèces d'insecte proches.
- Les baculovirus survivent dans l'environnement.
- Mais des améliorations possibles :
 - Meilleure efficacité sur un (nouvel) hôte
 - Contrôle du développement de résistances

Sélectionner des baculovirus pour une meilleure efficacité

Variabilité naturelle

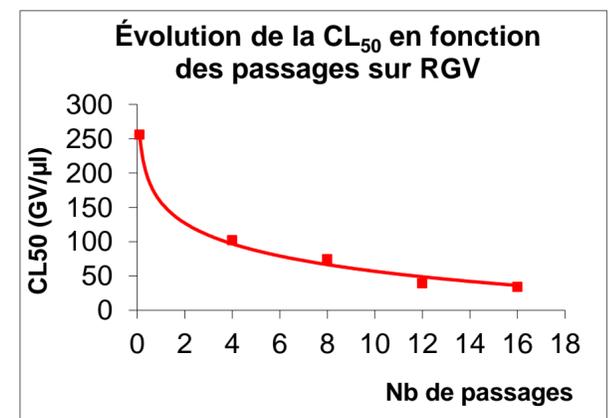
- Prospection et collecte de nouveaux isolats viraux.
- Caractérisation de leur potentiel.

Adaptation dans le laboratoire

- Amélioration de performances envers un hôte.
- Adaptation à un nouvel hôte proche (pas toujours possible).

Maintenir l'efficacité au cours du temps

- Contrôle de l'apparition de résistances chez l'hôte.
- Maintien de la diversité génétique.



Diminution de la dose nécessaire pour contrôler un insecte au cours des générations de sélection d'un baculovirus.
Données M. Berlinget C. Blachère-Lopez

Auteurs

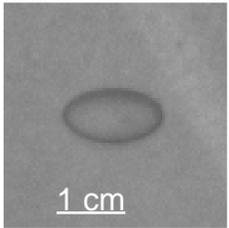
Laurent Aprin
Pierre-Alain Ayrat
Frédéric Heymes
Pierre Lauret
Pierre Slangen

Mots clés

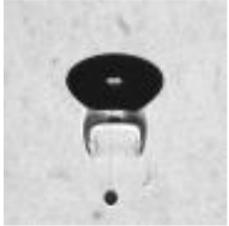
Explosion, Incendie
Dispersion de produits
Inondation, Feux de forêts
Instrumentation distribuée
Modélisation

Ex : Pollution marine

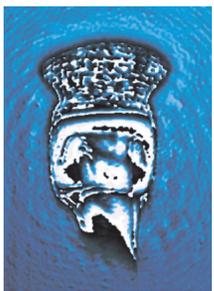
Imagerie rapide
goutte de n-butanol
 $n_{n-but} = 1,399$



Éclairage arrière



Ombroscopie directe



Variation $n_{réfraction}$
en temps résolu

Résultats futurs



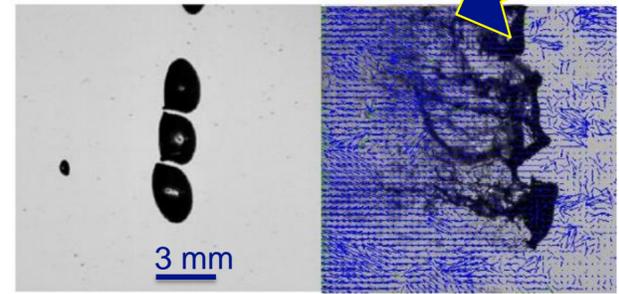
Phénomènes liés aux risques industriels et naturels

- ✓ Compréhension et formalisation des phénomènes
- ✓ Élaboration de pilotes pour analyse à petite échelle
- ✓ Développement des moyens expérimentaux de mesure
- ✓ Réalisation d'expériences en grande échelle et instrumentation distribuée
- ✓ Collection de données et analyse complexe (grille, corrélation...)
- ✓ Injection et comparaison dans codes de calculs et Simulation

THRS : Mesure en haute résolution spatiale et faible résolution temporelle
THRT : Mesure en haute résolution temporelle et faible résolution spatiale



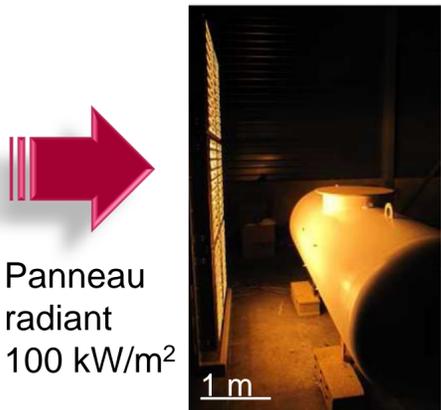
Observation hydrologique distribuée (temps, espace)
Suivi de l'extension du réseau hydrographique



Imagerie ultra rapide en temps résolu
Fragmentation de gouttelettes

Expérimentations multi-échelles

- Développement de **moyens expérimentaux adaptés aux phénomènes**
- **Cinétiques lente et rapide**



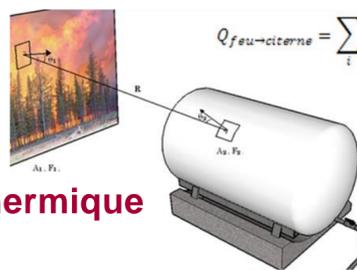
Mur de feu (méthane)



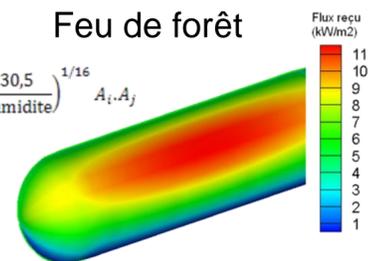
Feu de forêt

Modélisations

- Modélisation **physique**
Impact du rayonnement thermique sur un réservoir de GPL
- Modélisation **empirique**
Saturation des sols en eau lors d'intempéries
- Modélisation **réseau neuronal**

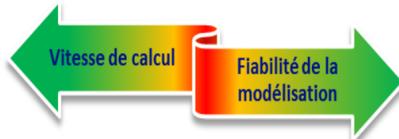


Développement de modèle analytique et modélisation CFD



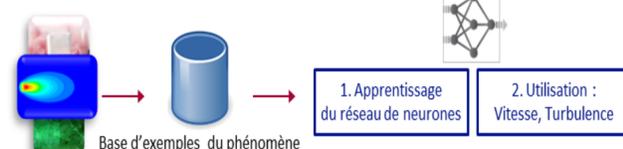
Approche expérimentale distribuée
VS
Analyse spatiale

Modèles existants



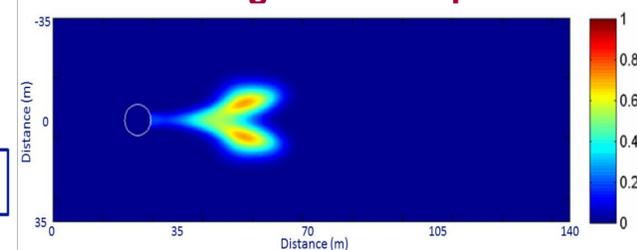
Approche par les outils de l'intelligence artificielle

- ▶ Détermination de l'écoulement autour d'un obstacle
- ▶ Détermination de la turbulence associée



▶ Résolution de l'équation d'advection diffusion

Modélisation de la dispersion autour d'un stockage industriel par ANN

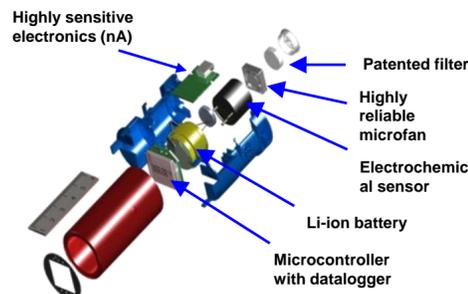


Auteurs

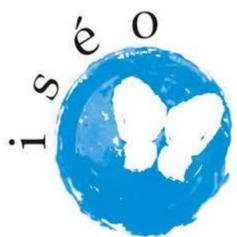
Stéphane Cariou
Marion Fages
Jean-Louis Fanlo

Objectif

Concevoir un système intégré capable de détecter les composés gazeux et odorants industriels même à faible niveau de concentration et sur de larges territoires pour proposer des axes de remédiation des émissions de sites industriels, en particulier pour les sources surfaciques et .



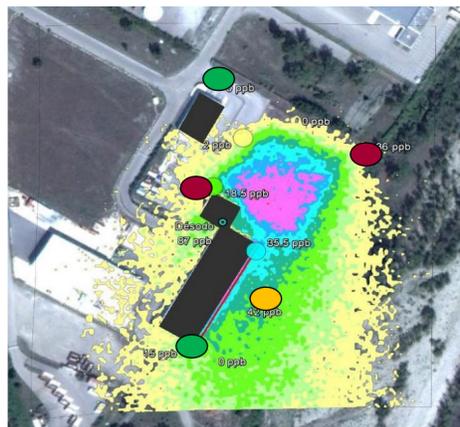
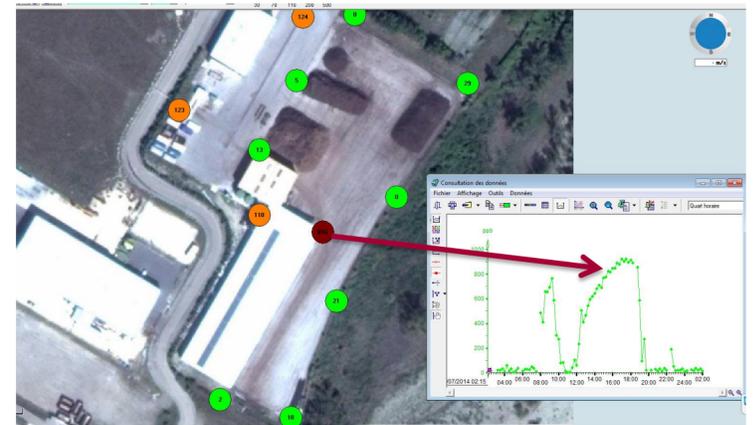
Partenaires



Résultats

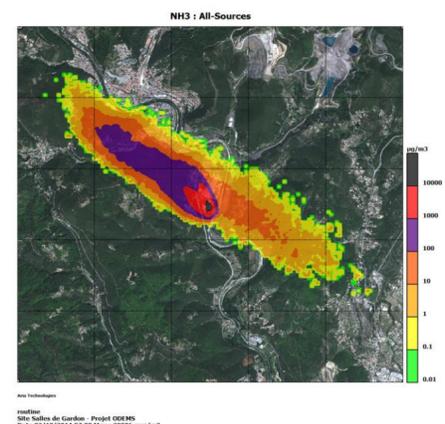
Ce système, déployé sur un site de compostage, est basé sur :

- Un réseau de capteurs communicants permettant une **surveillance en continu** des composés polluants de la zone étudiée. Les capteurs sont déployés sur le site selon un maillage tridimensionnel.



- Une modélisation inverse afin de **déterminer les sources** et les **niveaux d'émission** (sources surfaciques ou fuites). pour permettre à l'industriel de mettre en place des actions d'amélioration du process ou des actions correctives d'activité sur le site.

- Une modélisation de dispersion pour déterminer la **zone impactée par l'activité**.
- Un module de **prédiction** est également disponible. Il permet à l'exploitant de prédire **la zone impactée** par l'action qu'il envisage de mener sur son site.



Auteurs

Luc Malhautier^a
Léa Cabrol^a
Franck Poly^b
Anne-Sophie Lepeuple^c
Jean-Louis Fanlo^a

^aÉcole des mines d'Alès
^bUCBL
^cVERI

Partenaires



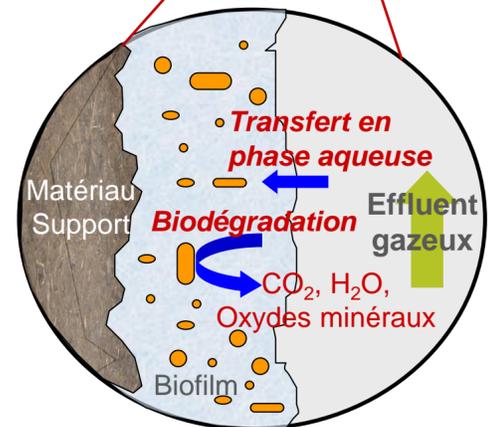
Contexte et Objectifs

- Gestion problématique des boues d'épuration.
- Compostage : solution alternative, économique, «environment friendly».
- Nuisances odorantes : émissions de composés volatils (COVs, ammoniac).
- Biofiltration : procédé de traitement des gaz adapté aux débits élevés (>1000m³.h⁻¹) et aux faibles concentrations (<1g.m⁻³), typiques du compostage.

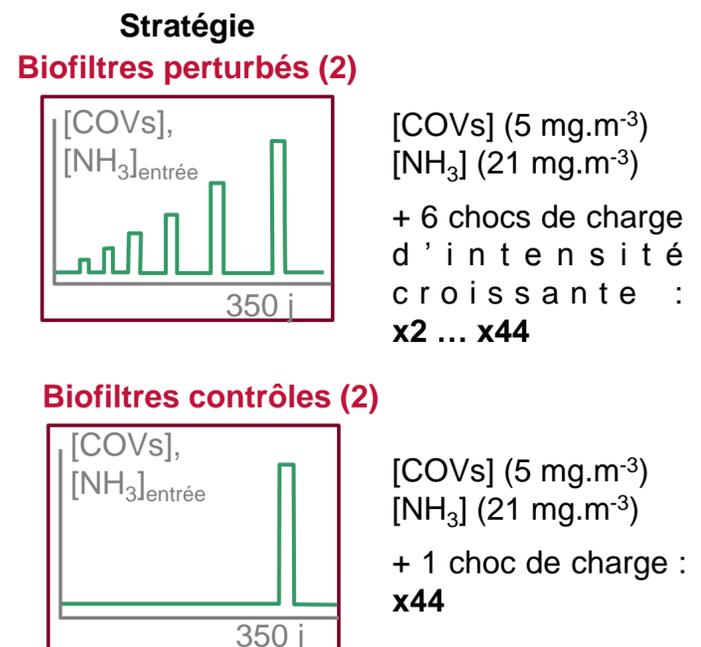
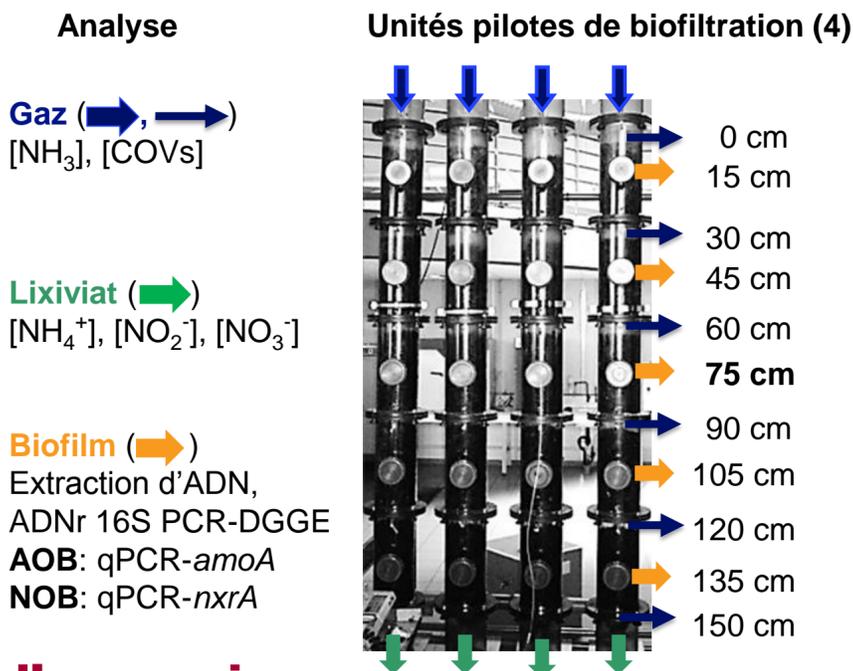


Objectifs

- Évaluer le niveau de robustesse d'un système pilote de biofiltration : résistance, résilience, effet mémoire.
- Double approche : macroscopique (efficacité d'élimination des composés volatils) et microscopique (caractérisation des communautés microbiennes selon les concepts et outils de l'écologie microbienne).



Stratégie expérimentale

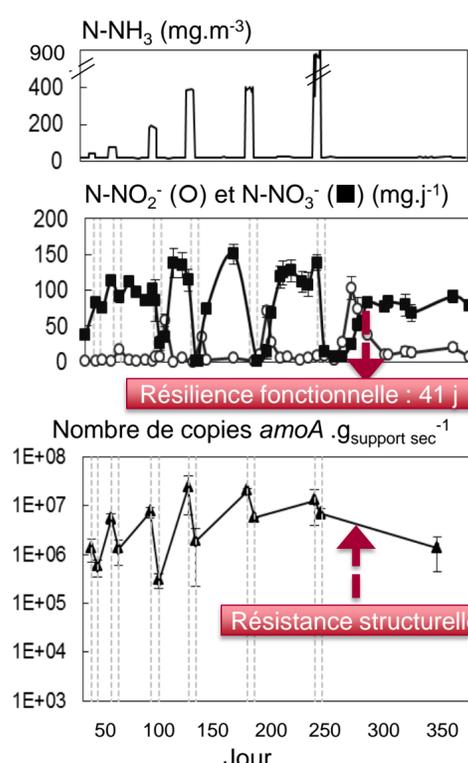


Résultats : cas de l'ammoniac

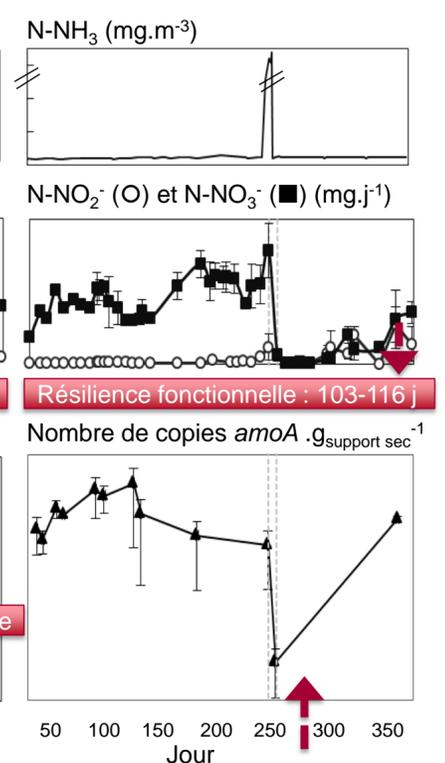
Biofiltres perturbés

- Inhibition transitoire de l'activité de nitrification (fonction du système). Les capacités de résistance et résilience fonctionnelle du système diminuent avec l'intensité des chocs.
- Diminution des niveaux d'abondance des populations oxydant l'ammoniac (AOB), d'autant plus importante que l'intensité du choc augmente (chocs 1-4).
- Adaptation progressive aux chocs 5-6 : stabilisation des niveaux d'abondance des AOB (résistance structurale).
- « Effet mémoire » et après ?
- « Effet mémoire du système » : amélioration de la capacité de résilience fonctionnelle (activité de nitrification) et de la résistance structurale (niveaux d'abondance des AOB) des biofiltres perturbés de façon périodique par rapport aux biofiltres contrôles.
- Objectif final : définir des stratégies de « management » des ressources microbiennes pour renforcer les services délivrés par l'écosystème.

Biofiltres perturbés



Biofiltres contrôles

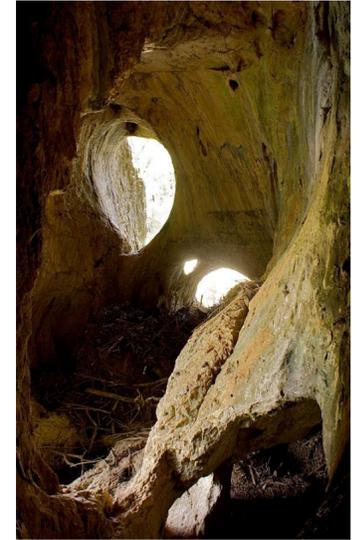




Analyse systémique des hydrosystèmes

L'hydrosystème vu dans son ensemble et considéré de manière conceptuelle.

- Certains hydrosystèmes fracturés et hétérogènes sont par nature mal connus tant pour leurs propriétés physiques que pour les mécanismes entrant en jeu dans le transfert et le stockage de l'eau.
- Parmi ceux-ci les aquifères karstiques et les mines sont des cibles particulièrement riches en enjeux pour des territoires, par exemple autour de la Méditerranée, qui n'ont parfois que cet unique réservoir comme ressource en eau.



Grotte des Fées - photo A. Johannet

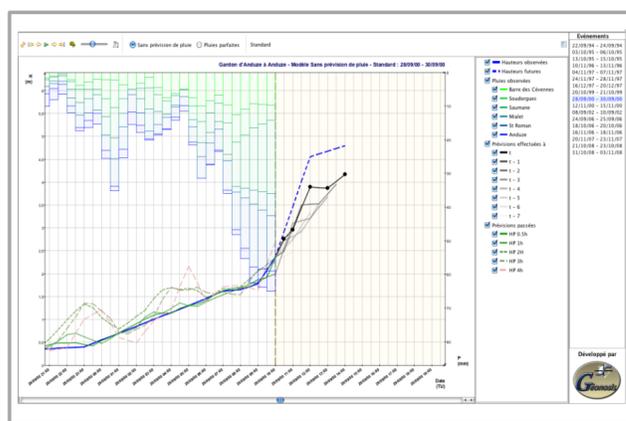
Auteurs

Anne Johannet
Bernard Vayssade
David Salze
Pierre-Alain Ayrat
Marc Vinches

Partenaires



HydroSciences
Montpellier



Visuel d'un simulateur logiciel de prévision hydrologique
<http://blog.espci.fr/flash/>

Complémenter les méthodes hydrologiques lorsque la connaissance des processus est insuffisante

Modélisation par réseaux de neurones



La source du Lez - photo B. Vayssade

- Modèles de prévision de débit, de hauteur d'eau.
- Prévision des transports solides (turbidité).
- Amélioration de la connaissance à partir du modèle : méthodologie KNOX.
- Estimations de proxy, par exemple marqueurs du sens de l'échange entre nappe et rivière.



Grotte des Fées - photo A. Johannet

Méthodologies territoriales pour caractériser :

- la pression potentielle temporelle des impacts,
- les flux liés à la ressource en eau,
- les interactions avec l'industrie, en particulier l'industrie extractive.

Pour en savoir plus :

- Line Kong A Siou. *Modélisation des crues de bassins karstiques par réseaux de neurones*. Thèse de l'Université Montpellier 2, spécialité Eaux Continentales et Sociétés. École Doctorale SIBAGHE. Soutenue le 21 octobre 2011.
- Guillaume Artigue. *Prévision des Crues Éclair par Réseaux de Neurones : Généralisation aux Bassins non Jaugés*. Thèse de l'Université Montpellier 2, spécialité Eaux Continentales et Sociétés. École Doctorale SIBAGHE. Soutenue le 3 décembre 2012.
- Audrey Bornancin-Plantier. *Conception de modèles de prévision des crues éclair par apprentissage artificiel*. Thèse de l'Université Pierre et Marie Curie, spécialité Informatique. École Doctorale EDITE. Soutenue le 25 février 2013.
- Stéphanie Gairoard. *Contribution à l'étude de l'impact des anciens travaux miniers de charbon sur les eaux souterraines : application à la région d'Alès (Gard)*. Thèse de l'INPL pour un doctorat en Génie civil - hydrosystèmes – géotechnique. Soutenue le 6 juillet 2009.

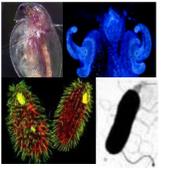
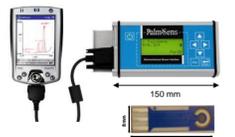
Auteurs

Catherine Gonzalez
Ingrid Bazin
David Salze
Pierre-Alain Ayrat
Sylvain Vautier
Christelle Urtado

Contexte et enjeux

Développer des outils d'aide à la décision

- Contexte de préservation des ressources en eau et maintien de la qualité.
- Besoin de développer des approches prédictives (gestion durable).
- Objectif : proposer de nouvelles solutions matérielles et logicielles de diagnostic, de gestion de l'eau adaptée pour les besoins des collectivités, des entreprises en charge de l'assainissement, de la potabilisation de l'eau.
- Méthode : mise en place d'une chaîne de décision qui intègre des capteurs (mesure et diagnostic), des technologies de la communication (réseaux de capteurs), des modules de traitement des données (modélisation, compréhension des processus de dégradation de la qualité, système d'alerte).



Partenaires



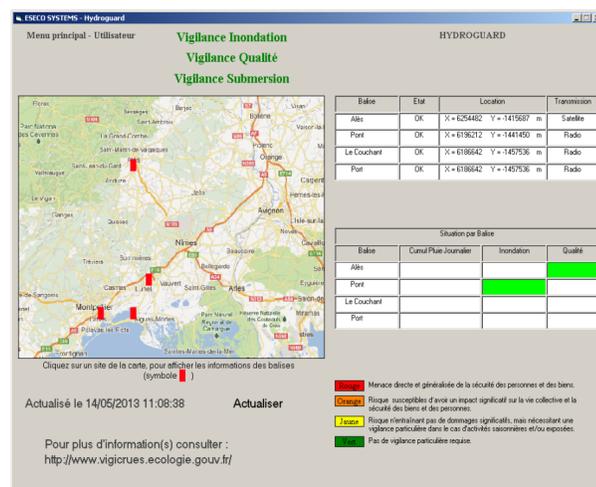
Projet HYDROGUARD (projet FUI 2010-2013)

Système de surveillance fiable, autonome, et automatisé

- Systèmes d'alerte, suivi et prévision des niveaux d'eau, détection des pollutions et anticipation de leur dispersion, pour la lutte contre les inondations, les pollutions accidentelles.
- Équipements autonomes (balises) mis en place sur le bassin versant (rivières, bassins d'orages, réseau d'assainissement, ouvrages hydrauliques,...)
- Réseau de balises (système multi-agents) qui communiquent entre elles, mettent en cohérence et traitent de manière autonome des données issues des capteurs et transmettent les mesures.
- Centralisation des données sur ordinateur centralisé pour analyse et prévision.

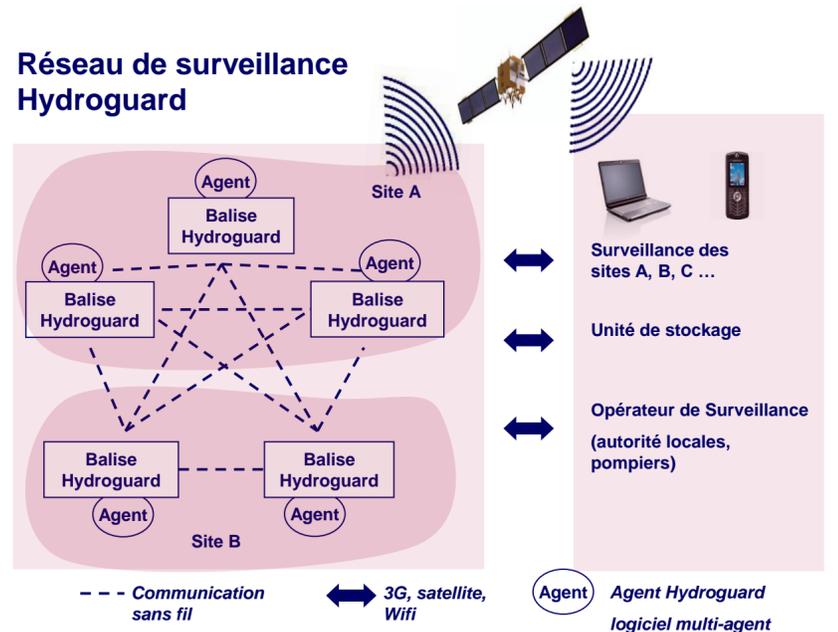


Balises HYDROGUARD



Plateforme d'information et de surveillance

Réseau de surveillance Hydroguard



Challenges et opportunités industrielles

Développer l'interdisciplinarité et des filières plus transversales

- Développer des capteurs, systèmes de mesure, possédant des propriétés/caractéristiques « génériques ».
- Valoriser les compétences pluridisciplinaires (micro-électronique, électrochimie, chimie analytique, biologie/biochimie...)
- Favoriser l'interdisciplinarité TIC et environnement pour proposer un diagnostic précoce, le calcul d'indice global de qualité de l'eau (dégradation de la qualité et de la toxicité potentielle).
- Cibler les partenariats industriels sur l'instrumentation (capteurs, systèmes embarqués), sur les leaders dans le domaine de la gestion de données (Big Data ou volumes massifs de données).
- Promouvoir les « chantiers de démonstration » pour valider en conditions réelles ces nouveaux outils/services.



Auteurs

David Salze
Anne Johannet
Pierre-Alain Ayrat
Catherine Gonzalez
Sophie Sauvagnargues

Réseaux et projets



ZABR



Ressource en eau : disponibilité et prélèvements

De la compréhension d'un système dynamique à la gestion de la ressource

■ **Modélisation et prévision des niveaux de nappes et des débits d'étiage.**

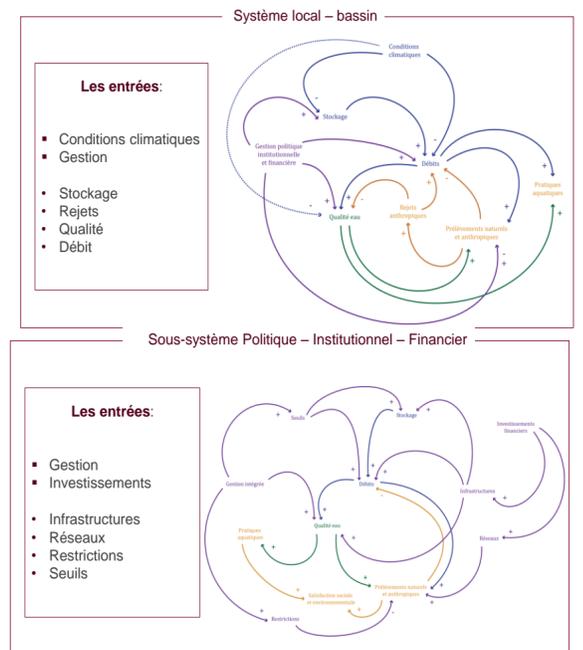
■ **Développement d'une méthodologie territoriale de caractérisation de la pression potentielle temporelle des impacts et de gestion des flux.**

■ **Développement et utilisation de méthodes d'analyse et d'évaluation des impacts.**

■ **Modélisation de la vulnérabilité des différents récepteurs exposés (anthropiques, environnementaux).**

→ **Des réponses :**

- méthodologies,
- outils cartographiques d'évaluation de la ressource sur un territoire en fonction des usages.



L'eutrophisation des cours d'eau : développement et impact

□ **Mesurer, identifier :** Recueil de données physico-chimiques - Recueil de données de flux (bases de données existantes) - Approche territoriale et temporelle - Données relatives aux acteurs territoriaux.

■ **Comprendre :** Meilleure compréhension des systèmes anthropiques - Évaluation environnementale de territoires.

■ **Adapter sa stratégie :** Couplage intelligence territoriale et méthodologie d'atténuation des impacts - Élaboration de procédure intelligente de gestion.



Connaissance des débits d'étiage

■ **Courbe de tarage hauteur/débit par station pour une connaissance statistique des étiages du cours d'eau.**

■ **Développement d'une méthodologie dédiée pour établir des courbes de tarage plus robustes.**

■ **Optimisation de l'instrumentation et hydrométrie distribuée (caractérisation de tronçons de cours d'eau).**





Auteurs

Guillaume Junqua (Maître-Assistant)
 Miguel Lopez-Ferber (Professeur)
 Nicolas Mat (Doctorant)
 Jérôme Tixier (Maître-Assistant)
 Abdelhak Imoussaten (Maître de Conférence IMT)
 Jacky Montmain (Professeur)

Réseaux et projets



Ademe DEPART
 Ademe REX
 Carnot M.I.N.E.S. AIDG-EI
 Carnot M.I.N.E.S. PROTEE
 Projet Ademe/Etat/Région EIT MAMP

	OPERATIONAL PLANNING	PORT AREA	PORT CITY AND REGION	PORT NETWORK
Short-term reaction to a declared urgent situation		1 - Plot	4 - Watershed	7 - Outlet
Middle-term strategy of precaution in response		2 - Complex	5 - Port-city interface	8 - Network
Long-term ambitions in order to provoke needed changes		3 - Ecosite	6 - Eco-region	9 - Eco-cluster



Écologie industrielle et territoriale

D'une approche descriptive à une approche prescriptive

- Basée sur une optimisation des flux de matière et d'énergie en s'inspirant des systèmes naturels.
- Approche territoriale, nécessitant de caractériser les différents systèmes biophysiques, des acteurs et de la représentation par ces acteurs du territoire.
- Différentes échelles spatiales et temporelles d'intervention.
- Comment contribuer à la construction de scénarios de développement de territoire ?

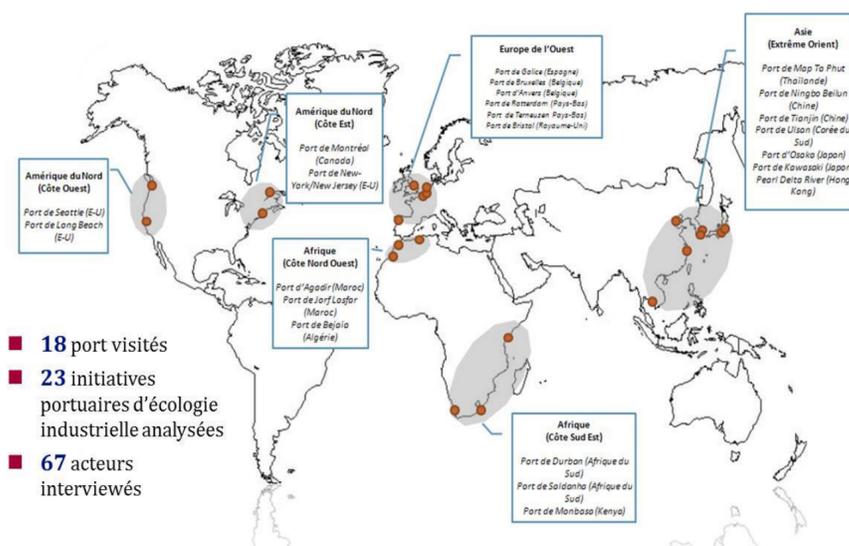
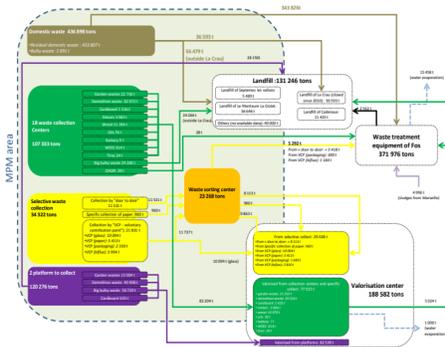
Prise en compte des différentes dynamiques temporelles et spatiales, ainsi que des différentes dimensions matérielles et idéelles du territoire.



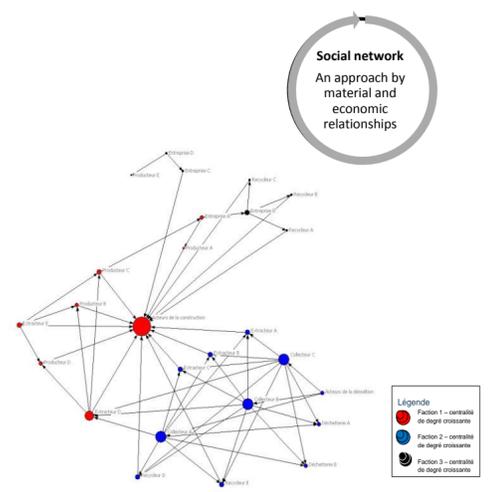
Projets antérieurs

Développements méthodologiques

- Caractérisation d'un territoire existant et d'un projet de territoire (Projets Ademe DEPART, Carnot M.I.N.E.S. AIDG-EI).
 - Conjugaison entre approches technique et humaine.
 - Des outils de questionnement et d'Analyse au Développement durable à une aide à la décision de groupe en environnement incertain.
- Spécificité des démarches d'écologie industrielle et territoriale des territoires portuaires (Projet Ademe REX, thèse J. Cerceau).
 - Analyse comparée de cas d'études.
 - Modèles territoriaux selon des caractéristiques spatio-temporelles.
 - Application à la construction d'un projet de territoire.



■ 18 port visités
 ■ 23 initiatives portuaires d'écologie industrielle analysées
 ■ 67 acteurs interviewés



En perspective...

Prise en compte des dynamiques temporelles

- Analyse comparée de la transition socio-écologique de différents territoires portuaires vers une société bas carbone (Thèse N. Mat).
 - Caractérisation de l'adaptabilité d'un territoire.
 - Décloisonnement des activités humaines entre elles et avec l'environnement.
- Influence d'un évènement ponctuel de forte intensité sur cette transition socio-écologique.
 - Caractérisation de la vulnérabilité d'un territoire (Carnot M.I.N.E.S. PROTEE).
- Contribution de l'écologie industrielle et territoriale à un processus de territorialisation (Projet Etat/Région PACA/Ademe EIT MAMP).



Auteurs

A. Piroelle¹
C. Courgneau¹
D. Rusu¹
A. Cingoz²
A.. Borcy²
C. Henneuse²
R. Salazard³
V. Ducruet³
MF. Lacrampe¹
P. Krawczak¹

¹ Mines Douai, Department of Polymers and Composites Technology & Mechanical Engineering, 941 rue Charles Bourseul, F-59508 Douai, France

² CERTECH (CEntre de Ressources TEchnologique en CHimie) ZI C, rue Jules Bordet, B-7180 Seneffe, Belgium

³ INRA, UMR 1145 Food Process Engineering, 1 avenue des Olympiades, F-91300 Massy, France

Partenaires



Financiers

Interreg efface les frontières



France - Wallonie - Vlaanderen



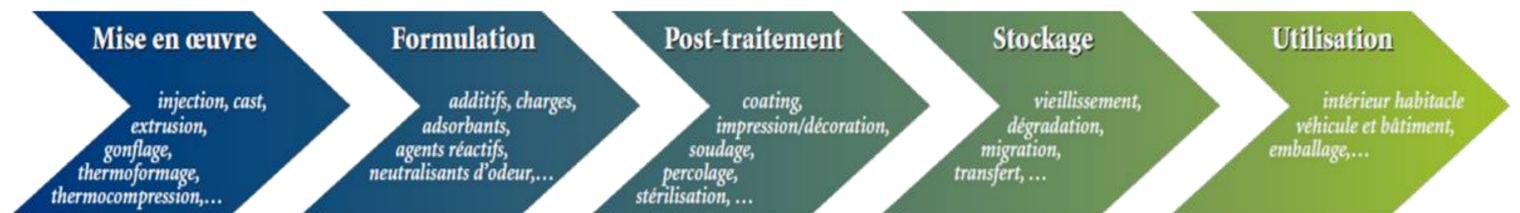
Pôles de compétitivité



OBJECTIF GENERAL DU PROJET

Etudier l'aspect émissif et **SENSORiel** des matériaux **PLAS**tiques

■ Identifier les défauts sensoriels de différents matériaux polymères tout au long de leur vie :



■ Proposer des améliorations pour limiter l'apparition et/ou l'émission de molécules générant des défauts sensoriels



CONTRIBUTION DE MINES DOUAI

1. Application Emballages plastiques alimentaires

■ Mise en forme – Caractérisation multi-échelle après chaque étape de mise en forme – Estimation de l'état de dégradation => Estimation du risque de générer des néoformés à potentiel toxique/odorant

○ Emballage rigide de type barquette – à base de plastique biosourcé, le polylactide (PLA)

2. Applications en Milieux confinés (ex. habitacle automobile)

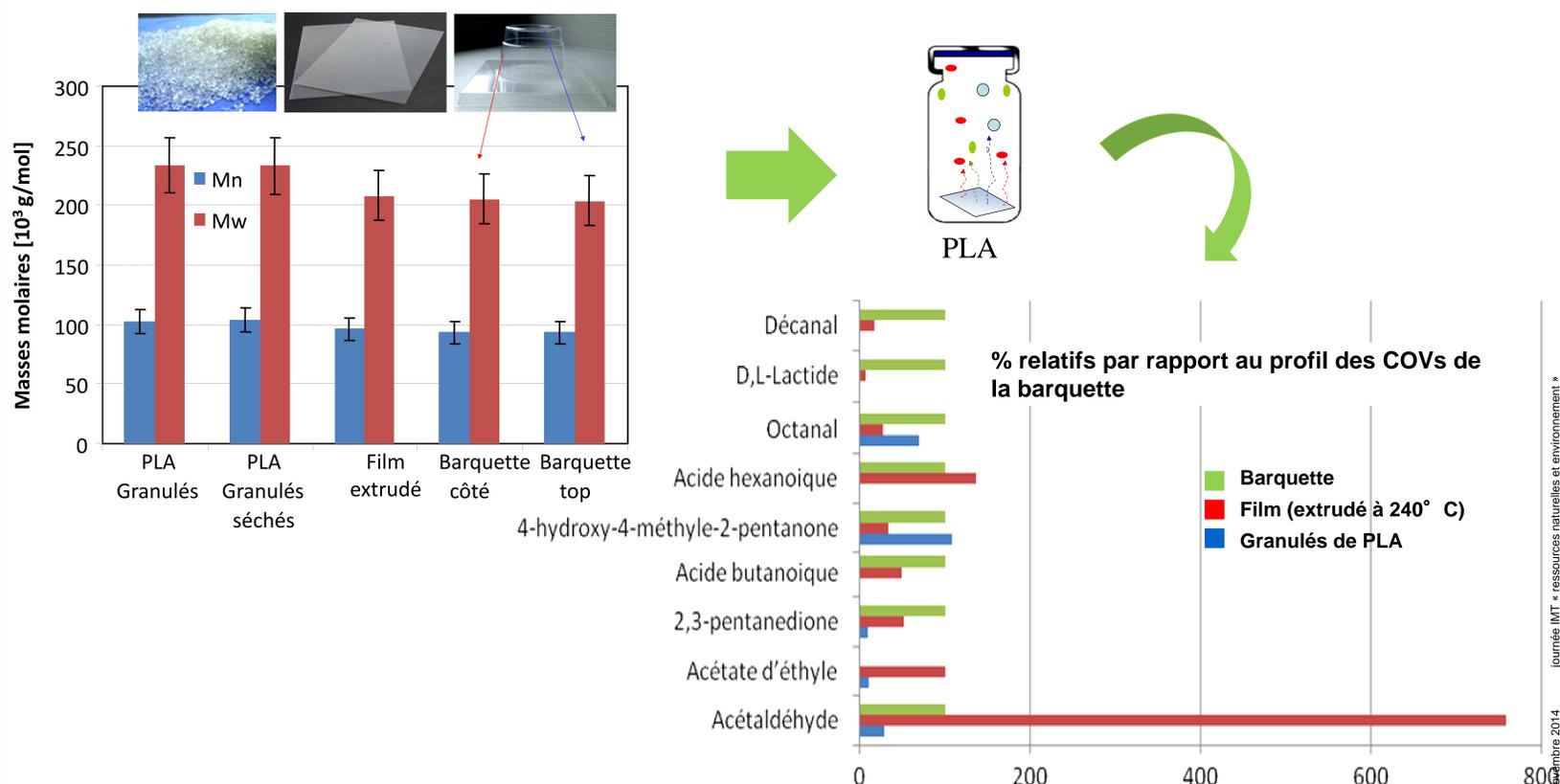
■ Mise en forme des biocomposites PLA +10 wt% fibres de cellulose – Caractérisation multi-échelle et des interfaces matrice/fibres – Estimation de l'état de dégradation des polymères

■ Développement de formulations à faible odeur globale, à l'aide d'agents de remédiation absorbants

EXEMPLE DE RESULTATS : Cas d'une barquette en PLA

■ Emission de composés organiques volatils par le polymère, même dans le cas d'une faible dégradation du PLA (mise en forme)

■ Profil des COVs émis par le matériau fonction de son historique de mise en forme



Parties prenantes



Auteurs

Eric Duviella
Lala Rajaoarisoa

Partenaires



SYSTÈMES HYDRAULIQUES À SURFACE LIBRE

Caractéristiques et particularités

- Grandes dimensions
- Sans pente significative
- Commande des débits Q_i
- Sujet à des phénomènes de résonance
- Entrées – sorties inconnues

Hypothèses de fonctionnement

- Régulation autour d'un point de fonctionnement
- Mesure disponible des niveaux L_i
- Temps de transfert connus

$$\tau^u = \begin{bmatrix} \tau_{1,1}^u & \tau_{1,2}^u & \dots & \tau_{1,n_y}^u \\ \tau_{2,1}^u & \tau_{2,2}^u & \dots & \tau_{2,n_y}^u \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tau_{n_u,1}^u & \tau_{n_u,2}^u & \dots & \tau_{n_u,n_y}^u \end{bmatrix} \quad \tau^y = \begin{bmatrix} 0 & \tau_{1,2}^y & \dots & \tau_{1,n_y}^y \\ \tau_{2,1}^y & 0 & \dots & \tau_{2,n_y}^y \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tau_{n_y,1}^y & \tau_{n_y,2}^y & \dots & 0 \end{bmatrix}$$

$$\text{avec : } \tau_{u,d} = \int_0^D \frac{dl}{c(l) + v(l)} \quad \tau_{d,u} = \int_0^D \frac{dl}{c(l) - v(l)}$$

D : longueur du système, c(l) : célérité, v(l) : vitesse.

Approche d'identification

- Structure du modèle

$$y_{k+1} = A \bar{y}_k |_{\tau^y} + B \bar{u}_k |_{\tau^u} \quad \text{avec :}$$

- Expression de la sortie estimée

$$\hat{y}_{k+1} = M \Phi_k$$

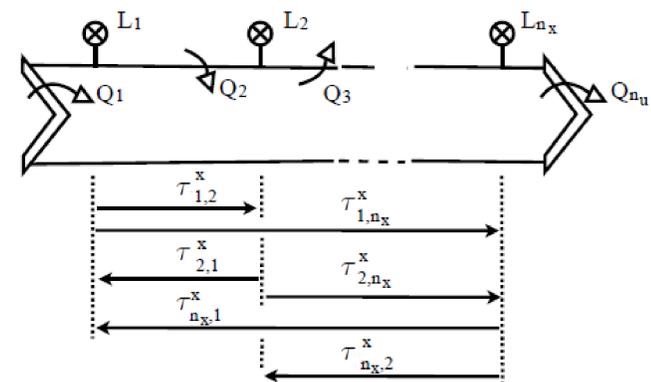
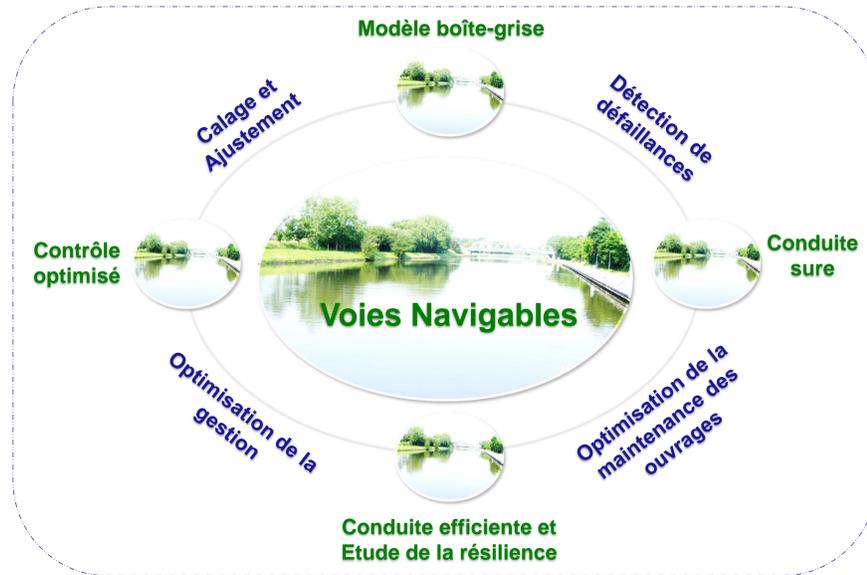
$$\text{avec : } M = [A \ B] \quad \Phi_k = [\bar{y}_k |_{\tau^y} \ \bar{u}_k |_{\tau^u}]^T$$

- Identification des matrices A et B

$$\hat{M} = Y \bar{\Phi}^T (\bar{\Phi} \bar{\Phi}^T)^{-1}$$

$$\bar{y}_k |_{\tau^y} = [L_1(k) \ L_2(k - \tau_{1,2}^y) \ \dots \ L_{n_y}(k - \tau_{1,n_y}^y) \ L_1(k - \tau_{2,1}^y) \ L_2(k) \ \dots \ L_{n_y}(k - \tau_{2,n_y}^y) \ \dots \ L_{n_y}(k)]^T$$

$$\bar{u}_k |_{\tau^u} = [Q_1(k - \tau_{1,1}^u) \ Q_2(k - \tau_{1,2}^u) \ \dots \ Q_{n_u}(k - \tau_{1,n_u}^u) \ Q_1(k - \tau_{2,1}^u) \ Q_2(k - \tau_{2,2}^u) \ \dots \ Q_{n_u}(k - \tau_{2,n_u}^u) \ \dots \ Q_1(k - \tau_{n_u,1}^u) \ Q_2(k - \tau_{n_u,2}^u) \ \dots \ Q_{n_u}(k - \tau_{n_u,n_u}^u)]^T$$



APPLICATION AU BIEF QUINCHY-FONTINETTES

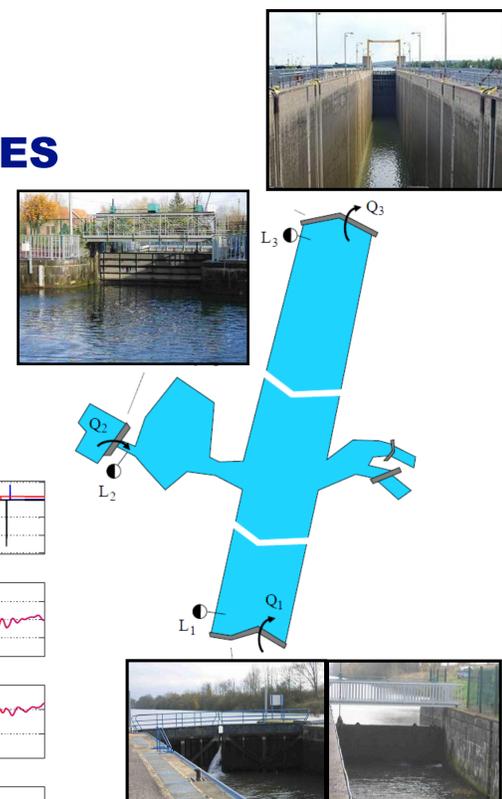
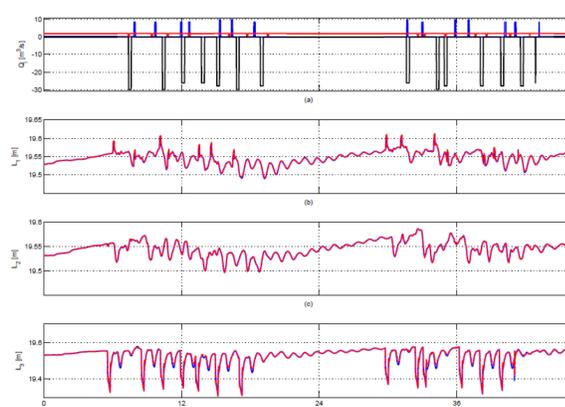
Présentation

- Bief du Nord-Pas de Calais
- Position centrale entre 3 bassins versants
- 42 km de long
- 3 entrées contrôlées Q_1 à Q_3 , 3 points de mesure L_1 à L_3

Résultats de simulation

- Scénarios de fonctionnement réel
- Coefficient de vraisemblance

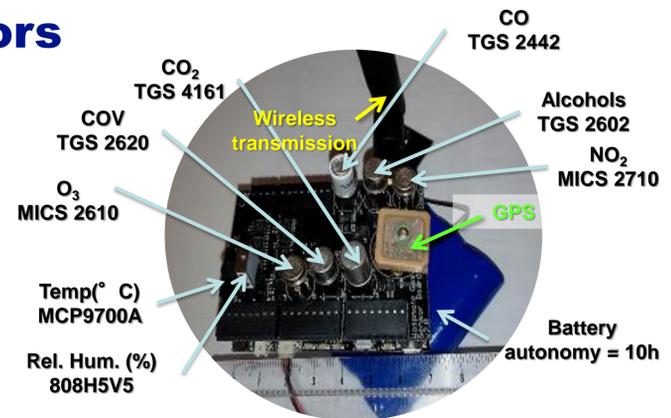
FIT_{L_1}	FIT_{L_2}	FIT_{L_3}
85	95	75



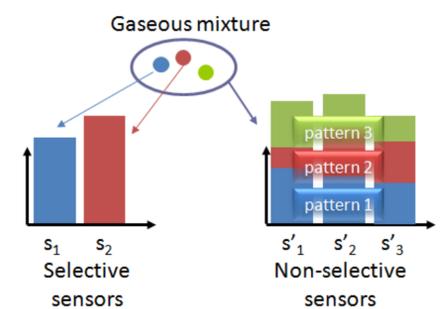
Metal Oxide Semi-Conductor Gas Sensors in Environmental Monitoring

Qualitative and semi-quantitative tools

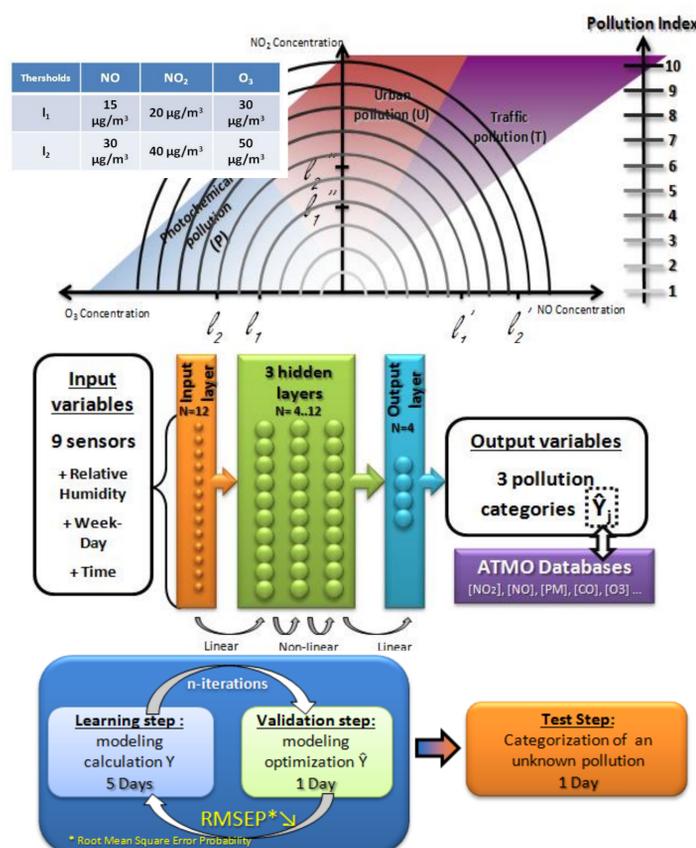
- A major social issue of pollution detection is to inform, in real time, state agencies and public on the quality of indoor or outdoor air, in order to trigger alerts when critical thresholds are exceeded and to implement corrective actions. Therefore, scientists have to build indicators easy to understand and interpret by everyone, and instruments enough accurate to provide qualitative and semi-quantitative data. In such pollution detection topics, electronic gas sensors networks, especially those based on metal oxide semi-conducting materials, can provide pertinent answers : thanks to their **small size**, their **autonomy**, their **ease of use** and their **low cost**, it is possible to have **numerous mobile** systems for gridding an area and build index of pollution in **real time**.



Libelium system based on an Arduino acquisition card : 6 sensors, specifically selected to detect a broad spectrum of gaseous species : regulated gases (NO₂, O₃, CO ...), most commonly species found in the atmosphere (VOCs), and some specific industrial sources (NH₃, H₂S, ...)



- Semiconductor gas sensors show a low selectivity to specific gases in a complex mixture, but each type of sensor reacts differently to each family of gas species. So, with adequate **pattern recognition algorithms** (multivariate analyses such as neural networks), this drawback can be turned into an advantage to identify of an overall signature of pollution.



Outdoor air pollution categorization and indexation

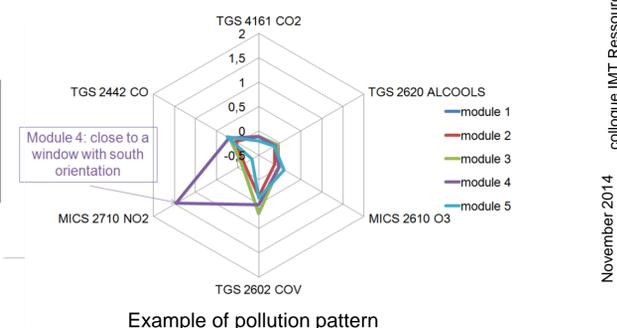
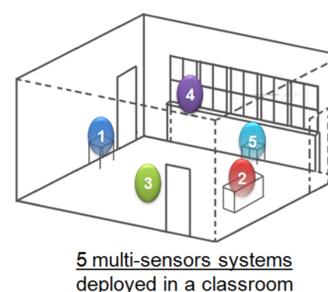
Field campaigns

- 3 multi-sensors systems were installed in 7 monitoring air stations (ATMO) in North of France.
- From the annual station data, were extracted similarities between signatures of same type of stations. The correlations between the concentrations of NO and NO₂ and O₃ allow to establish 3 categories of pollution: Traffic(T), Urban(U), Photochemical(P), associated to an intensity index ranging from 0 (i.e. no pollution), to 10 (very intense).
- A modeling based on neural network is built by comparing 6 days of measurement of the conductance sensors, with additional information such as time, humidity, ... to data from air quality monitoring stations.
- A classification rate is calculated on a "test" day, from the gap between the class Y determined from sensors data, and \hat{Y} category obtained from data collected by ATMO analyzers.
- The classification rates are quite satisfying since they are always above 85% during the whole 8 weeks of the campaign.

Indoor air quality signatures of building

MERMAID Campaign

- 5 multi-sensors systems were installed into a classroom in order to monitor indoor-air quality, and results are compared to chemical analyses
- Module n° 3, placed on the floor, pointed out high levels of VOC concentrations, which was confirmed by chemical measurements, with a very high concentration of toluene.
- Module n° 4, placed close to the window, shows NO₂ concentrations, probably due to outside traffic pollution.



Parties prenantes



Auteurs

Nathalie REDON
Alexandre CARON
Zaher AL BARAKEH
Nadine LOCOGE
Patrice CODDEVILLE
Benjamin HANOUNE
Christophe PIJOLAT
Philippe BREUIL
Jean-Paul VIRICELLE

Partenaires



Résumé

Les atmosphères intérieures sont particulièrement riches en Composés Organiques Volatils (COV), avec **des concentrations 2 à 10 fois supérieures à celles mesurées en extérieur**. Bien que cette pollution représente un enjeu sanitaire majeur, la grande diversité des sources de COV impliquées et le manque d'outils pour la mesure in-situ des émissions rendent **la mise en œuvre de stratégies d'amélioration de la qualité de l'air intérieur (QAI)** difficile. Afin de répondre à ce manque, une thématique de recherche portant sur le développement d'outils dédiés à la mesure des émissions en COV des matériaux de construction et d'ameublement a été mise en place au sein du département SAGE.

Plusieurs échantillonneurs passifs, **peu coûteux et faciles d'utilisation**, ont été qualifiés en laboratoire et utilisés à l'intérieur de bâtiments afin de réaliser des diagnostics de sources d'émission. Ces échantillonneurs ont permis d'**identifier et de hiérarchiser l'importance des sources** de certains composés très préoccupants en air intérieur, par exemple le formaldéhyde et les composés de type aromatique. Les travaux menés soulignent le potentiel de ces outils pour la mise en place de stratégies d'amélioration de la QAI.

Préleveurs passifs dédiés à la mesure des émissions de matériaux de construction et d'ameublement

Trois échantillonneurs différents permettent de couvrir la plupart des COV réglementés par l'étiquetage des matériaux (JORF n° 0111 du 13 mai 2011, texte 15, arrêté du 19 avril 2011)

PFS-DNPH :

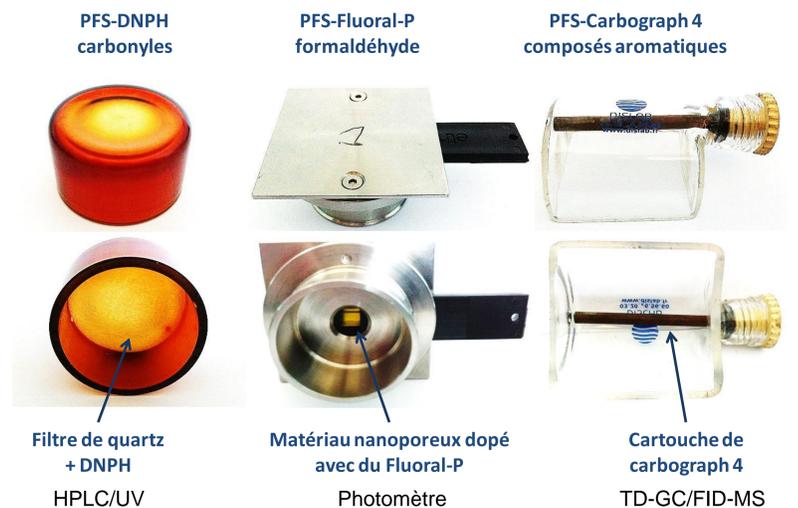
- Substrat chimique analysé par chromatographie liquide (HPLC/UV)
- Quantification des émissions en formaldéhyde et acétaldéhyde

PFS-Fluoral-P :

- Monolithe poreux dopé avec du Fluoral-P analysé par spectrophotométrie
- Quantification des émissions en formaldéhyde

PFS-Carbograph 4 :

- Adsorbant analysé par chromatographie gazeuse
- Quantification des émissions en composés aromatiques (benzène, toluène, xylènes...)



Parties prenantes



Auteurs

G. POULHET^{1,2}, S. DUSANTER¹,
S. CRUNAIRE¹, N. LOCOGE¹,
P. KALUZYNY², P. CODDEVILLE¹

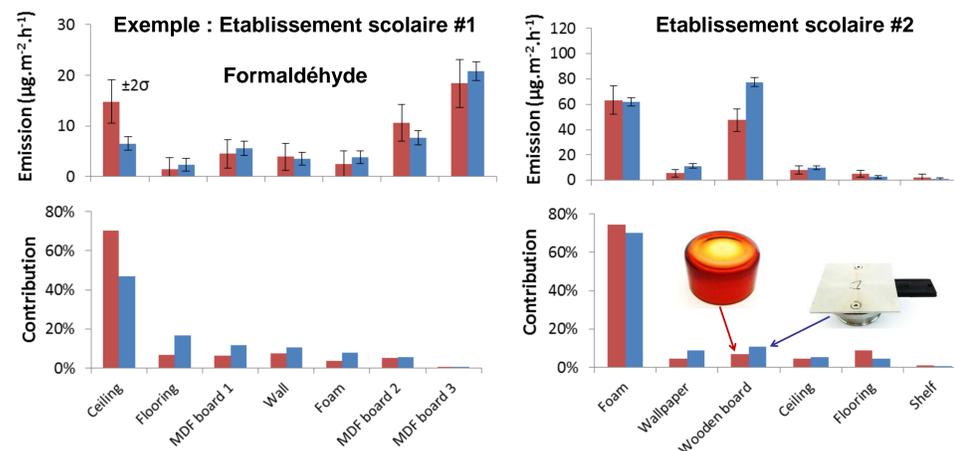
¹ Mines Douai, SAGE, F-59508 Douai

² Tera Environnement, 38926 Crolles

Partenaires



Diagnostics de sources d'émission réalisés dans différents types de bâtiments



- Principaux émetteurs identifiés
- Résultats similaires quelque soit le PFS utilisé : robustesse de la méthode
- Sources hiérarchisées en fonction de leur contribution à l'émission totale d'un polluant
- Aide au développement de stratégies d'amélioration de la qualité de l'air intérieur

Diagnostics de sources d'émission réalisés dans **24 chambres d'étudiants** (formaldéhyde), **8 établissements scolaires** (formaldéhyde et acétaldéhyde), **12 appartements** (formaldéhyde et acétaldéhyde), **1 appartement** (composés aromatiques)

Plusieurs diagnostics de sources d'émission en cours dans des appartements neufs (composés aromatiques) en collaboration avec l'entreprise NORPAC

$$Cont. = \frac{T \times S}{\sum_i T_i \times S_i}$$

Contribution (%)

Taux d'émission (µg/m²/h)

Surface (m²)



INSTITUT
Mines-Télécom

La modélisation de la Qualité de l'Air Intérieur (QAI):

Un enjeu pour une meilleure compréhension et réduction des teneurs en polluants



Les nouveaux défis du bâtiment

- Une consommation d'énergie primaire limitée à 50 kWh/m²/an
- De nouveau schéma de conception :
 - Renforcement de l'isolation
 - Système de ventilation double flux
 - Chauffages performants
 - Protection solaire

Objectifs du Plan National Santé Environnement

- Une meilleure étanchéité à l'air: quelles conséquences sur la QAI ?
 - Campagne OQAI dans les BPE
- Etiquetage COV des matériaux
- Surveillance des lieux publics
 - Formaldéhyde / Benzène / Confinement

Le projet MERMAID (2013-2015)

Caractérisation détaillée de l'air intérieur des bâtiments BBC par couplage entre Mesures Expérimentales Représentatives et Modélisation Air Intérieur Détaillée

Un Consortium d'Expérimentateurs de de Modélisateurs Années 2013-2015

- Quels sont les processus qui contribuent majoritairement à la QAI ?
- Quelle est la part de la réactivité en AI?
- Quels sont les bénéfices de la construction BPE sur la QAI?

Pré-campagnes / 10 bâtiments / 4jours ½
Mesure des paramètres de confort, des polluants réglementés
Screening large des COV

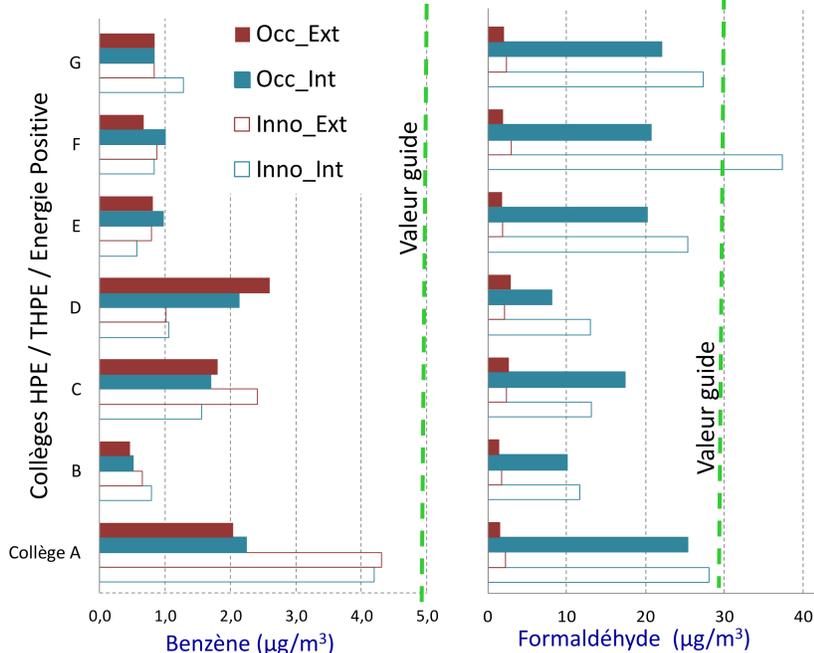
Campagne lourde / 1 bâtiment / 15 jours (été – hiver)
Mesures des émissions et Paramètres de sorption des matériaux du bâti - Suivi des [COV] avec une résolution temporelle fine

Développement d'un **modèle de prédiction** adapté à l'Air Intérieur, incluant tous les déterminants

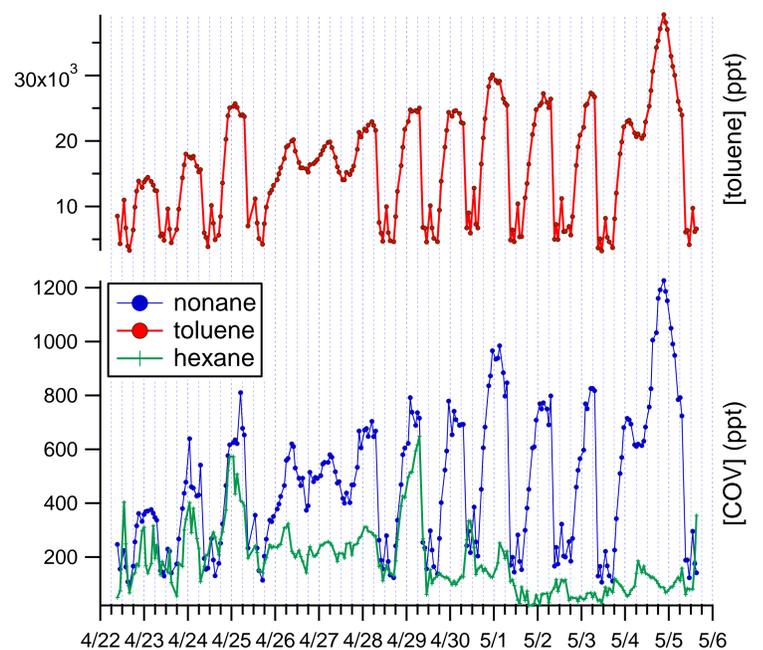
Mise en évidence des **processus majoritaires** et profils associés

PRÉ-CAMPAGNES: Mesures moyennées

Echantillonnage passif (4jours ½): En intérieur / extérieur / période occupée / inoccupée



SUIVI TEMPOREL [COV]:



- ✓ Objectif Valeur guide atteint en période occupée
- ✓ [benzène]_{in} = f([benzène]_{out}) → source principale extérieure
- ✓ [formaldéhyde]_{in} >>> [formaldéhyde]_{out} → source principale intérieure
- ✓ [COV]_{occ} ≈ [COV]_{inno} → pas de source liée aux activités des occupants

- ✓ Toluène / Nonane: Dynamique temporelle importante → concentrations régies par les sources intérieures et la ventilation
- ✓ Hexane: composé de source extérieure / concentration indexée par ventilation et sources extérieures

Parties prenantes



Auteurs

Marie VERRIELE
Sébastien DUSANTER
Nadine LOCOGE

Partenaires





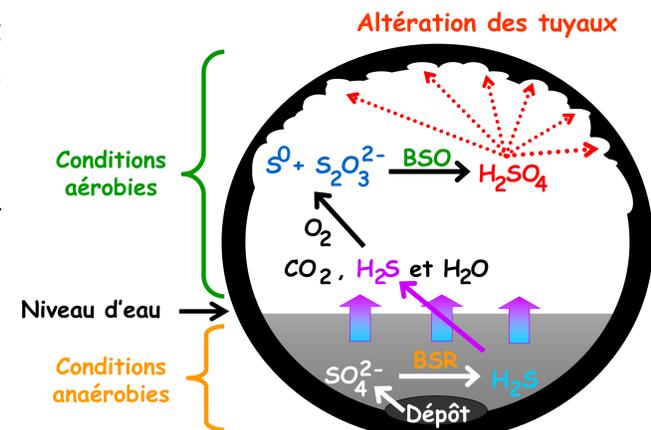
INTRODUCTION

■ Les tuyaux (en béton ou ayant un revêtement en mortier) des réseaux d'assainissement sont susceptibles d'être attaqués par l'acide sulfurique produit par la succession de bactéries sulfo-oxydantes (BSO) neutrophiles et acidophile conduisant à la ruine de canalisation après quelques années.

■ Il est donc nécessaire de mettre en place des essais de laboratoire pour concevoir des formulations de mortier/béton plus performantes conduisant à une meilleure résistance à l'attaque par l'acide sulfurique biogénéré.

OBJECTIFS

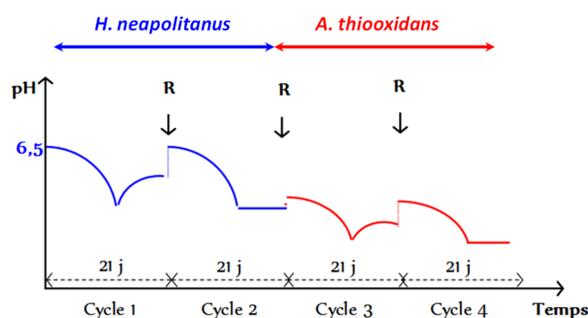
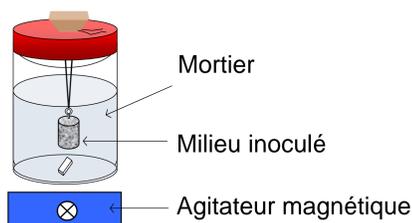
- Développer un essai de biodétérioration de laboratoire permettant de réaliser la succession de BSO neutrophile (*H. neapolitanus*) et acidophile (*A. thiooxidans*) en conditions contrôlées et reproductibles (notamment vis-à-vis de l'activité bactérienne).
- Définir un paramètre permettant d'évaluer la performance des différentes formulations utilisant en particulier différents types de ciment.



BSO : bactéries sulfo-oxydantes
BSR : bactéries sulfato-réductrices

MATERIEL ET METHODES

Essai de biodétérioration basé sur une biolixiviation



Ciments utilisés dans les mortiers :
Ciment Portland (OPC) riche en Ca et Si
Ciment Alumineux (CAC) riche en Al et Ca

Pour chaque essai :
4 cycles de biolixiviation de 21 jours pour maintenir les BSO en conditions optimales de croissance

Performance évaluée par un indice d'attaque (IA)

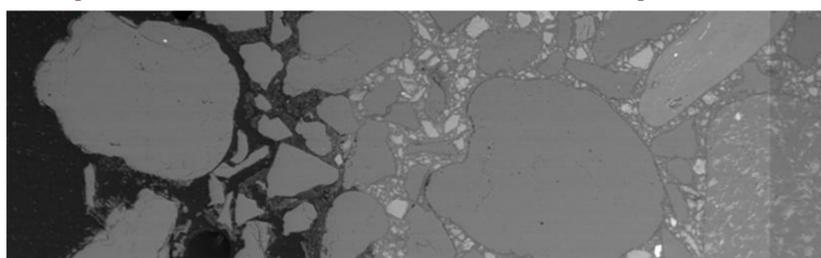
$$IA = \frac{\sum_{Ca,Al,Si} \frac{\text{quantité élément } i \text{ relargué en mmole}}{\text{quantité élément } i \text{ mortier en mmole}} \times \frac{\% \text{ molaire élément } i}{\sum_{Ca,Al,Si} \% \text{ molaire de tous les éléments}}}{[H^+] \text{ initiaux du milieu et biogénérés en mole}}$$

Indice d'attaque volumique :

$$IA_{v} = IA * (\text{volume attaqué} / \text{volume initial de l'échantillon})$$

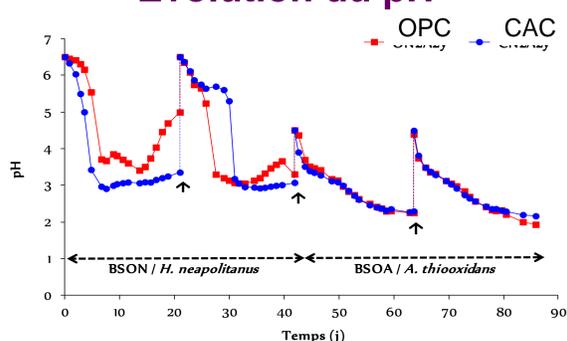
RESULTATS

Epaisseur biodétériorée définie par MEB



1,5 mm pour mortier CAC

Evolution du pH



Indice d'attaque volumique

Mortier CAC : $IA_{v} = 24,5$

Mortier OPC : $IA_{v} = 46,4$

CONCLUSIONS

- Représentativité de l'essai de biodétérioration par rapport aux résultats obtenus *in situ* (BSON/BSOA) : ciment CAC plus performant que ciment OPC.
- Indice d'attaque volumique : paramètre quantitatif pour discriminer la performance des mortiers.

PERSPECTIVES

- Mettre les mêmes échantillons de mortier *in situ* pour convertir les différences d'indice d'attaque en différences d'années de service.
- Mieux comprendre l'impact de la minéralogie de la pâte de ciment CAC sur l'activité bactérienne pour concevoir de nouvelles stratégies permettant d'accroître la durabilité des tuyaux des réseaux d'assainissement.

Objectives

- Carry out numerical simulations of air flow through a pleated filter
 - Validate the calculations by comparing the numerical pressure drop to experimental data
- Compare the local velocity gradients generated by the filter geometry to the filtration velocity generally used to predict particles collection efficiency

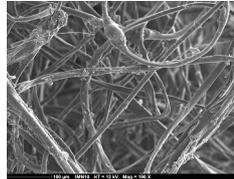
Characterization of the media

Structural characteristics

- European EN779 standard: G4 type
- Material: cotton and polyester fibers
- Structural parameters:

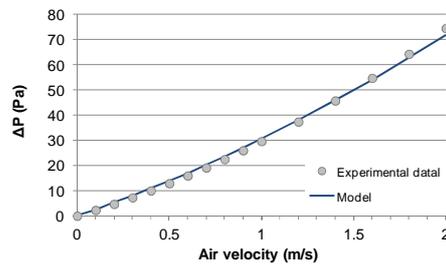
Parameter	Value
Thickness t (mm)	2.8 ± 0.7
Fiber diameter* (μm)	13.8 ± 4.4
Porosity* (-)	0.92
Media weight (g/m ²)	85 ± 5

*Determined by mercury porosimetry



SEM observation of the media

Pressure drop measurement in flat configuration



Modelling of the pressure drop through the Darcy Forchheimer equation:

$$\frac{\Delta P}{t} = \frac{\mu}{B} \cdot V + \frac{C}{2} \cdot \rho \cdot V^2$$

Viscous resistance
Permeability:
B = 2.02 · 10⁻⁹ m²

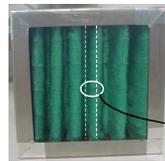
Inertial resistance
Inertial coefficient:
C = 8.7 · 10⁻² m⁻¹

Numerical study of the air flow at the vicinity of the filter

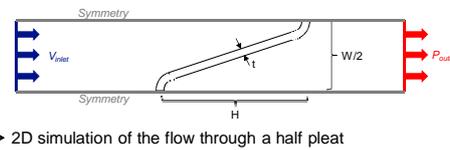
Permeability of the media assumed to be isotropic

Geometrical dimensions of the filter

- Filtration surface: 615 ± 109 cm²
- Pleats height H: 40 mm
- Pleats width W: 23 mm



The computational domain



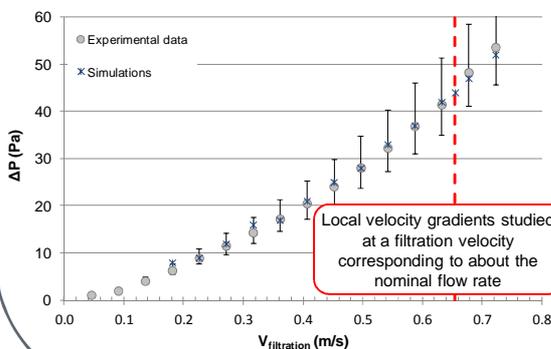
2D simulation of the flow through a half pleat

Models used

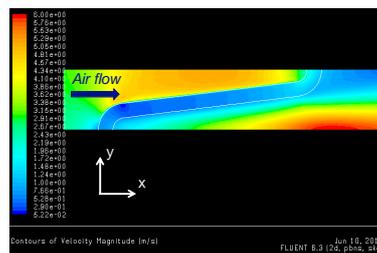
- Air flow: Navier-Stokes equations
- RANS approach: turbulence modelled by the k-ε model
- Flow through the porous media: Darcy-Forchheimer equation with parameters determined experimentally in flat configuration

Validation of simulations

Experimental vs. simulated pressure drop generated by the filter

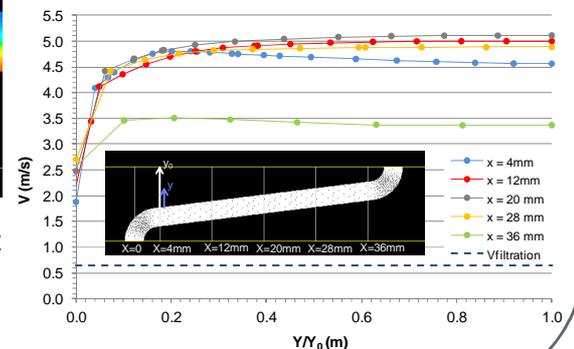


Local velocity gradients studied at a filtration velocity corresponding to about the nominal flow rate



Velocity field at the vicinity of the filter
V_{inlet} = 2.8 m/s, i.e. V_{filtration} = 0.65 m/s

Radial velocity profiles upstream the filter



Conclusions - Outlooks

- Important local velocity gradients are exhibited by the filter geometry
 - Take them into consideration to calculate local particles collection efficiency at the first stages of filter clogging
- The assumption of isotropic media appears to fit well to such permeable media
 - Address this issue by testing the present methodology to less permeable media

Parties prenantes



Contexte & Objectifs

- Individus : **80% du temps en espaces clos**
- Développement des **BBC** avec une **enveloppe de plus en plus étanche**

➔ **Renouvellement de l'air** pour éviter une **dégradation de la QAI**

Problématique : **Transfert de polluants** en zone urbaine
Air extérieur → Air intérieur

➔ Mise en place de **procédés de traitement** au niveau de l'air soufflé (double flux)

Objectif de la thèse : Développer un système de **traitement multi-polluants de l'air « neuf »** extérieur qui participe au renouvellement de l'air intérieur dans un bâtiment type **logement individuel**.

Verrous Scientifiques : ■ Interactions **multi-polluants**
■ Influence du comportement des **micro-organismes** sur les procédés

Auteurs

Kévin MORISSEAU
Aurélie JOUBERT
Yves ANDRES
Laurence LE COQ

Méthodologie

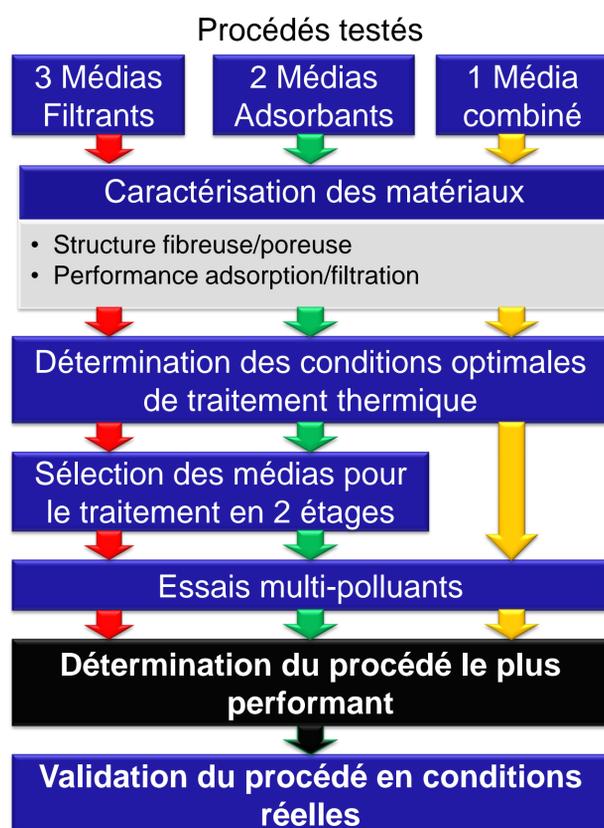
Polluants cibles et Procédés utilisés

Particules **inertes** et **microbiennes** → **Filtration** par média fibreux

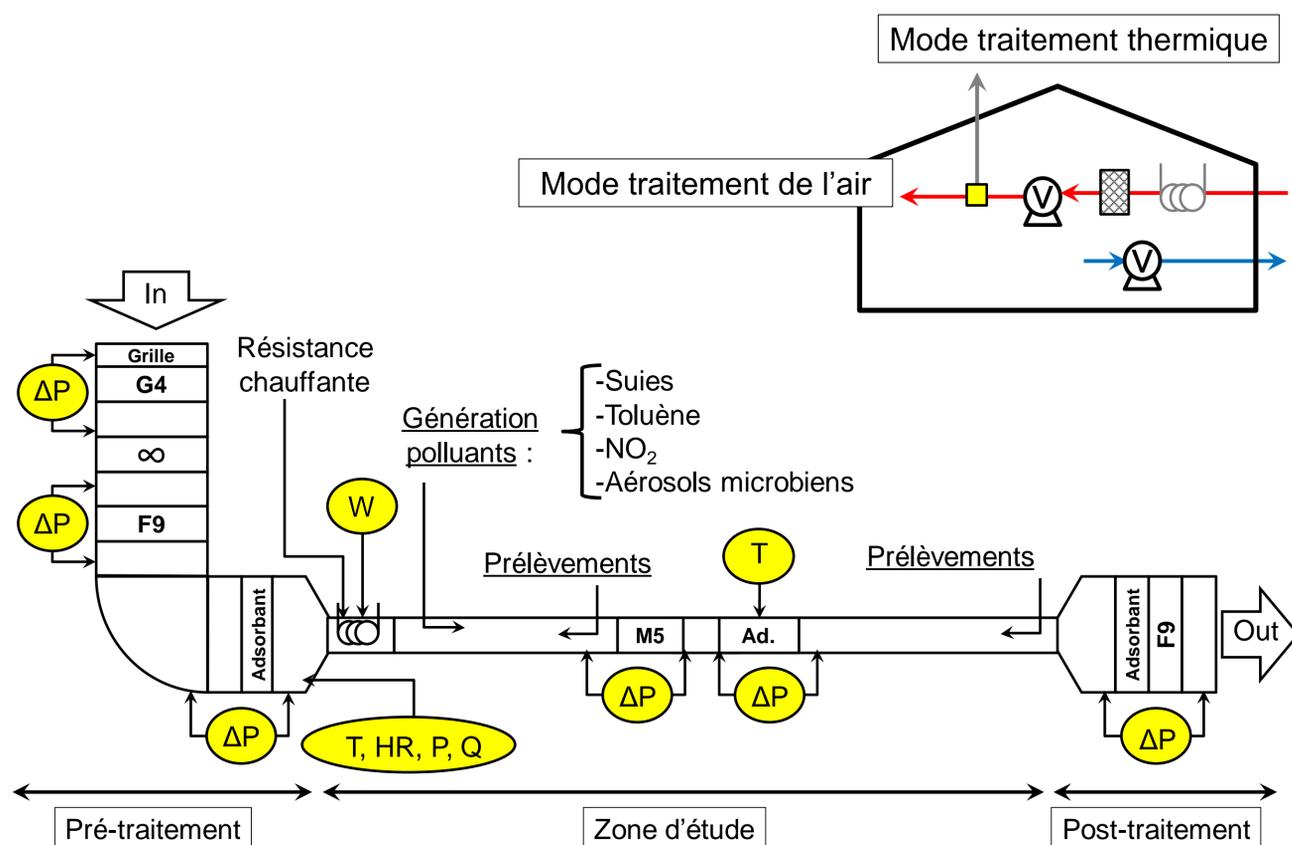
BTEX, HAP et **NOx** → **Adsorption** par charbon actif

Mise en œuvre des procédés

- **Deux étages** de traitement ou **média combiné**
- Traitement par **cycle** avec **by-pass** et **traitement thermique** → **Régénération partielle** de l'adsorbant et **traitement microbien**



Méthodologie expérimentale



Banc d'essais

Perspectives

Validation des performances du **procédé sélectionné en laboratoire** par une campagne de mesures sur une **maison QEI**

➔ **Conditions réelles** : nature et concentrations de polluants, humidité et température

➔ Suivi des **performances** au cours du temps : **efficacité**, **consommation énergétique** et **durée de vie** (cycle adsorption/désorption)

Remerciements

Cette étude fait partie du projet TIPEE, lauréat de l'AMI de l'ADEME

Contexte et objectifs

Auteurs

E. Dumont

L. Hamon

Y. Andrès

L'UNAM Université, École des Mines de Nantes, CNRS, GEPEA, UMR 6144, Nantes, France

S. Lagadec

P. Landrain

B. Landrain

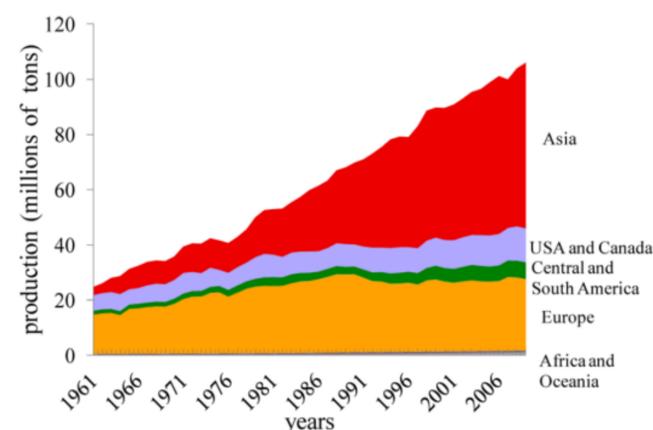
Chambre d'Agriculture de Bretagne, Rennes, France

■ Accroissement de la production mondiale de viande de porc (106 millions de tonnes in 2009, soit x 4 sur les 50 dernières années)

■ Cette production génère de fortes émissions gazeuses (principalement NH_3) qu'il convient de traiter

■ Le procédé de traitement (biofiltration) doit être :

- simple
- robuste
- économique
- compact
- à maintenance réduite



Site étudié : station porcine de Guernévez (29)



■ 36 porcs sur caillebotis

■ T_{air} : 26 ° C

■ $[NH_3]$: de 10 à 20 mg/m^3

■ [Poussières] : 2 mg/m^3



Biofiltre

■ Biofiltre hors sol (0,45 m x 0,45 m) Sans arrosage

■ Matériau : plaquettes de bois (hauteur : 50 cm)

■ Temps de séjour : EBRT = 15, 12 et 6 s

$$LR = \frac{[NH_3]_{in} Q_{air}}{V_{bed}}$$

$$RE = \frac{[NH_3]_{in} - [NH_3]_{out}}{[NH_3]_{in}}$$

$$EBRT = \frac{V_{bed}}{Q_{air}}$$



Principales observations

■ EBRT = 12 s (juin – juillet)

- Températures extérieures < température porcherie (26° C)

- RE > 90% (traitement efficace)

- Humidité du matériau optimale

- LR autour de 4 $g \cdot m^{-3} \cdot h^{-1}$

- ΔP autour de 90 Pa/m

■ Épisodes de temps sec et chaud (fin juillet et mi-août)

- Température biofiltre > température porcherie (26 ° C)

- Baisse de l'humidité relative de l'air

- Baisse de la ΔP (autour de 45 Pa/m)

- Séchage du matériau

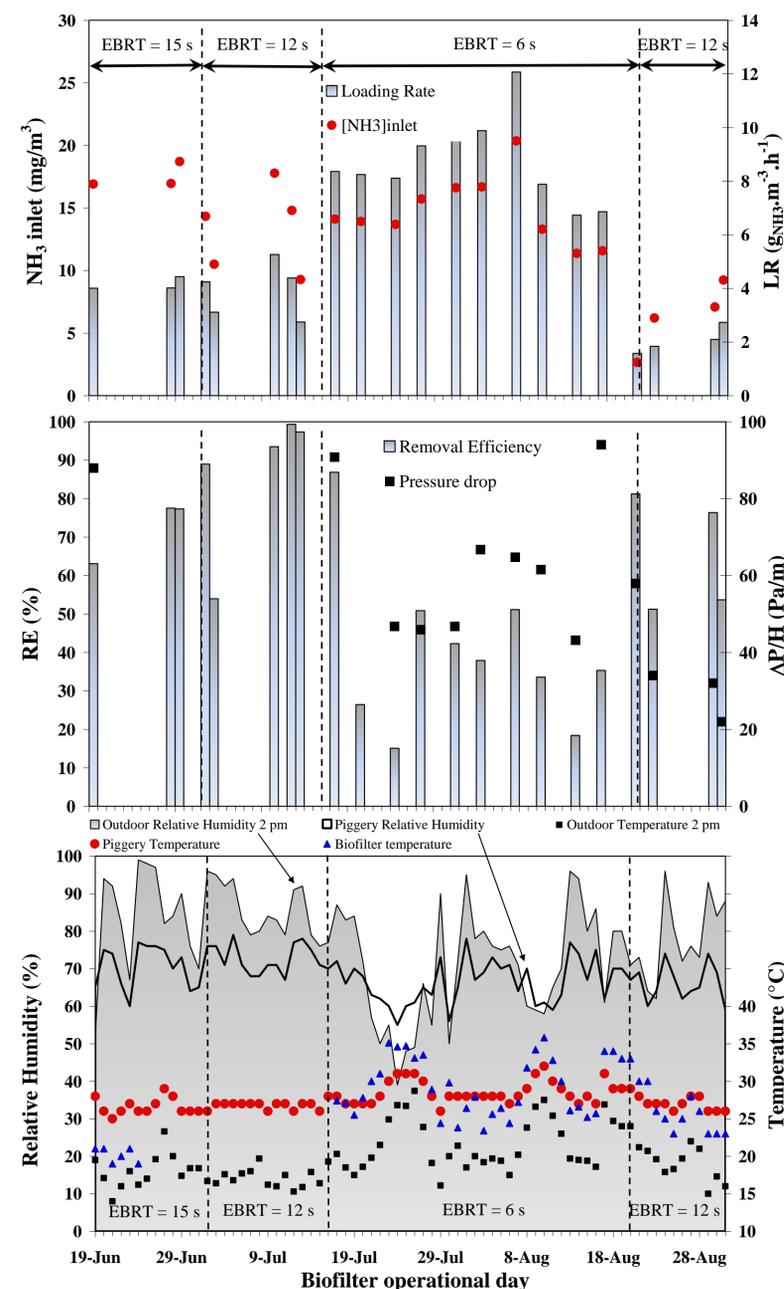
- Chute de l'efficacité

Conclusions

■ La biofiltration est une technique efficace pour le traitement de NH_3 (même à temps de séjours faibles)

■ Toutefois les performances sont sensibles aux conditions météorologiques

■ Un système d'humidification est donc à prévoir, limitant les aspects simplicité et robustesse du procédé et obérant les coûts de maintenance



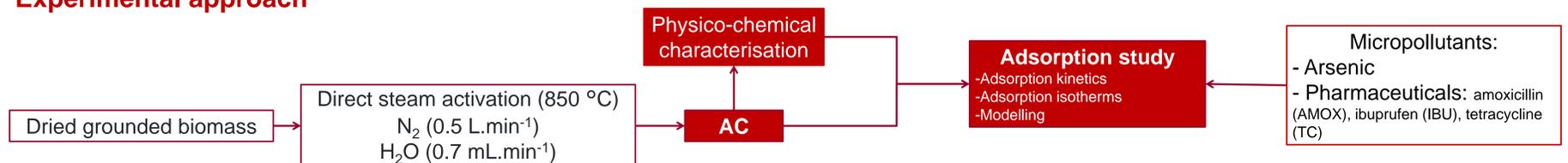
Main objectives of this work

- Production of activated carbons(AC) based on local resources at laboratory scale, including mass and energy balances
- Use of these new AC for micro-pollutants removal

Context

- Recycling of residues, waste from agriculture or biomass locally produced
- Thermo-chemical conversion into sustainable AC by direct physical activation (only one temperature ramp, no chemicals added excepted steam)
- Generating experimental data on the adsorption of micro-pollutants onto such AC

Experimental approach



Biomass (origin)	Name of AC	Mass Yields (%)
Sugar beet pulp (France)	BP-H2O	16
Peanut hull (Mexico)	PH-H2O	24
Pinus wood (France)	PW-H2O	19
Mango pit (Colombia)	MP-H2O	12
Pineapple peel (Colombia)	PP-H2O	20
Mil stacks (Senegal)	MS-H2O	12
Cashew nut shell (Senegal)	CS-H2O	15
Rice husk (Senegal)	RH-H2O	32

- mass yields ranged between 12 to 24 %, depending of the precursors
- case of rice husk : high yield due to high mineral content suggesting low AC properties

Energy and mass balances obtained for AC production

Parameters		MS-H ₂ O	CS-H ₂ O	RH-H ₂ O
Low heating value (MJ.kg ⁻¹)	Oil	25	36	16
	Gas	8	8	6
	Activated carbon	31	30	13
Mass balance (%)	Oil	11	40	8
	Gas	76	47	47
	Activated carbon	12	15	32

- Very good LHV of oil (36 MJ.kg⁻¹) generated during CS-H₂O production
- LHV of the gas phases similar to syngas of gasification
- Mass balances completed
- Low interest of rice husk regarding the energy values of the by-products

Physical and chemical characterisation of AC

AC	S _{BET} m ² /g	V _{micro} cm ³ /g	V _{meso} cm ³ /g	V _{pT} cm ³ /g	C Mass %	O Mass %	Ash %	pH _{pzc}	Ca Mass %	Fe Mass %	K Mass %	Mg Mass %	Si Mass %
BP-H2O	821	0.348	0.361	0.643	78	7	14	9.8	nr	0.1	nr	nr	nr
PH-H2O	829	0.355	0.070	0.403	91	6	1.3	9.8	nr	-	nr	nr	nr
PW-H2O	665	0.286	0.072	0.336	92	-	0.8	6.0	nr	nr	nr	nr	nr
MP-H2O	1019	0.419	0.099	0.579	92	0.8	5.4	8.0	2.43	0.03	0.2	-	0.31
PP-H2O	929	0.387	0.068	0.493	89	2	16	8.0	1.25	0.19	0.58	-	3.44
MS-H2O	1324	0.588	0.033	0.665	86	12	0.1	8.0	0.02	-	-	-	0.01
CS-H2O	942	0.416	0.045	0.504	71	21	6.5	10.6	0.94	0.06	0.59	1.65	1.83
RH-H2O	384	0.168	0.057	0.257	37	3.4	59	8.5	1.27	0.33	4.63	-	47
GAC1	1155	0.470	0.030	0.550	90	9	0.4	8	0.14	0.02	0.09	-	-

GAC1: commercial granular AC from coconut and steam activated nr : not realised

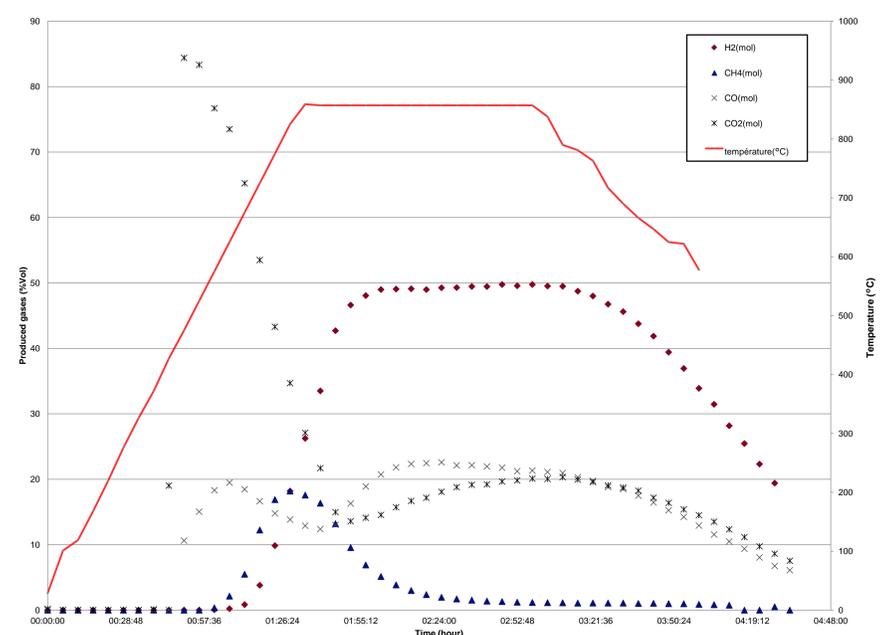
- In terms of porosity, most of the BET surface areas ranged between 800 and 1300 m²/g, highly microporous
- Very good carbon contents and presence of mineral element depending on the precursors
- Case of rice husk : very low porosity and carbon content, not a conventional AC

Adsorption capacities (in ultrapure water)

Pollutant	AC	Langmuir model		
		q _m (mg/g)	b (L/mg)	r ²
AsV	BP-H2O	0.7	0.66	0.968
	PH-H2O	2.8	0.66	0.993
	GAC1	1.2	14.54	0.968
AMOX	PP-H2O	79	0.04	0.968
	MP-H2O	205	0.08	0.976
	GAC1	141	0.19	0.976
IBU	PP-H2O	151	0.02	0.934
	MP-H2O	185	0.04	0.936
	GAC1	322	0.01	0.970
TC	BP-H2O	288	0.21	1.000
	PH-H2O	28	1.54	0.985
	PP-H2O	46	0.04	0.726
	MP-H2O	115	1.55	0.816
	GAC1	132	0.06	0.972

- for a couple AC/pollutant, q_m values are sometimes higher than those obtained with a commercial GAC: PH-H2O for As adsorption, MP-H2O for AMOX, BP-H2O for TC
- in natural water, some performances are conserved (see poster n° 168)

Main components in the gas phase during CS-H₂O production



- At 850 °C (activation step), H₂ production reaches almost 50 % of produced gases, and methane production close to 20 %
- Similar gaseous profiles obtained for all the tested biomass, close to the composition of syngas and can be considered as alternative fuels

Auteurs

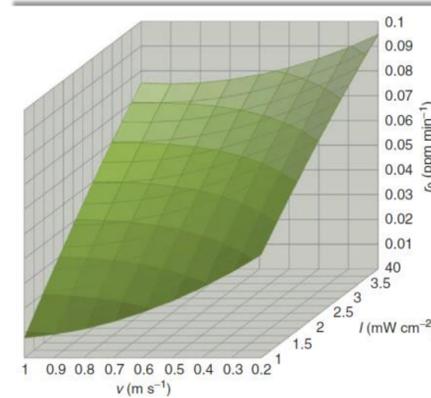
V. Héquet¹, L. Olivier^{1,2}
 F. Batault^{1,2}, O. Debono^{1,2}
 A. Subrenat¹, C. Raillard¹
 F. Thévenet², L. Le Coq¹
 N. Locoge²

¹ Mines Nantes, GEPEA
 UMR CNRS 6144, Nantes,
 France

² Mines Douai, SAGE,
 Douai, France

Contexte and objectives

- Indoor air quality: hundreds of different pollutants identified in the air of common buildings such as dwellings, offices, schools
- VOCs: the most important indoor gaseous pollutants, concentration range 1 – 1000 ppb
- Photocatalytic oxidation (PCO) of VOCs, a promising technique to perform indoor air purification
- Needs to evaluate the influence of operating parameters on the efficiency of PCO: UV light intensity, air flow rate, contact time
- Objectives of the present work: to assess the impact of the photocatalytic media geometry on the contact time during PCO



Experimental setup and methodology

I-Photocatalytic reactor

Experimental conditions :
 Room temperature, 50% RH
 $I = 0.1$ to 0.6 mW/cm^2
 VOC toluene [50] to [600] ppb

II-Photocatalytic medium

Medium provided by Ahlstrom Group
 Polymer fibers covered 50% SiO_2 and 50% P25 TiO_2

Characterization :
 ° 60 g.m^{-2} , 250 μm thick,
 global BET sa : $31 \pm 0.5 \text{ m}^2.\text{g}^{-1}$
 ° porous volume : $3.1 \pm 0.1 \text{ cm}^3.\text{g}^{-1}$

III-Module geometry

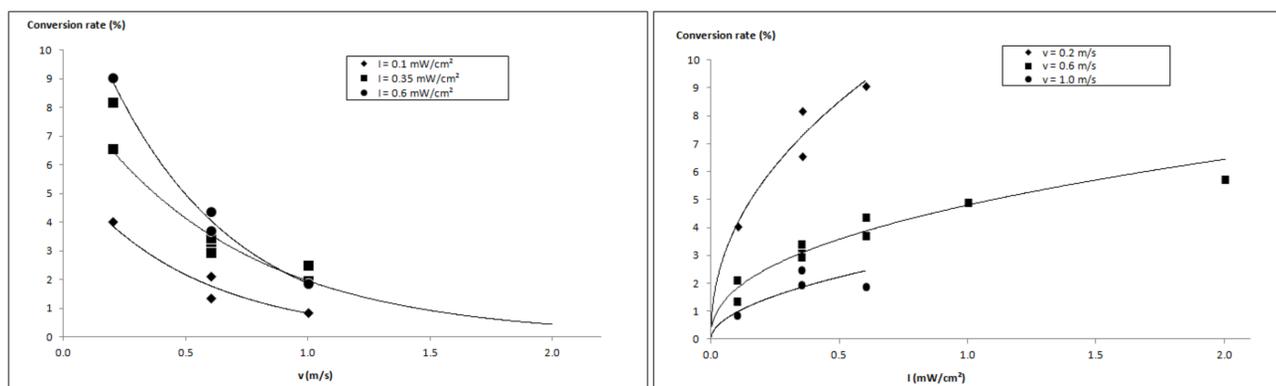
Methodology : influence of the medium geometry (contact time) using the same average UV irradiance and at the same flow rate. Comparison of the toluene removal kinetic data

Partenaires



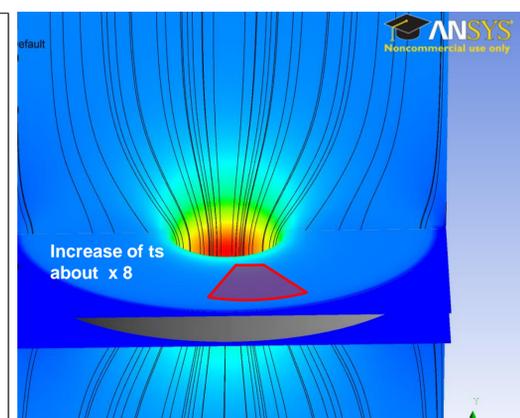
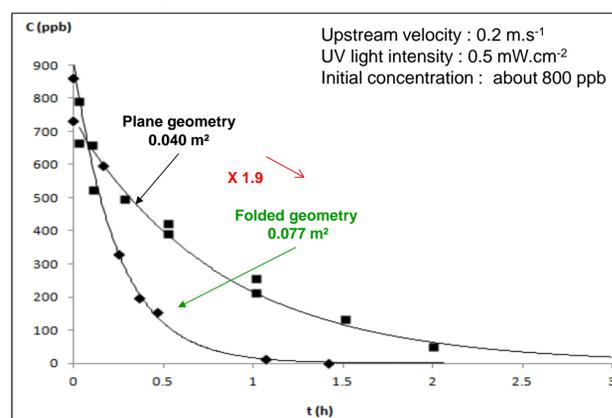
Experimental results and simulation

I- Parameters cross-influence



- Air flow rate related to mean upstream velocity (v)
- When v decreases: limitation of mass transfer but increase of contact time and conversion rate
- Conversion rate increases with light intensity in accordance with previous works

II- Geometry influence and calculation of the residence time



Conclusion & Perspectives

- PCO efficiency 70% higher with folder geometry due to the increased contact time
- Confirmation of the increase of contact time with CFD simulation
- Further works: simulations including irradiation and diffusion on the surface and through the media
- Experimental results with other geometries to confirm the improvement of efficiency

Auteurs

V. Héquet¹
 V. Maroga Mboula¹,
 Y. Andrès¹,
 J.M. Doña-Rodríguez²
 P. Falaras³

¹ Mines Nantes, GEPEA
 UMR CNRS 6144, Nantes,
 France

² FEAM-Universidad de Las
 Palmas de Gran Canaria,
 Las Palmas, Spain

³ National Center for
 Scientific Research
 Demokritos, Athens,
 Greece

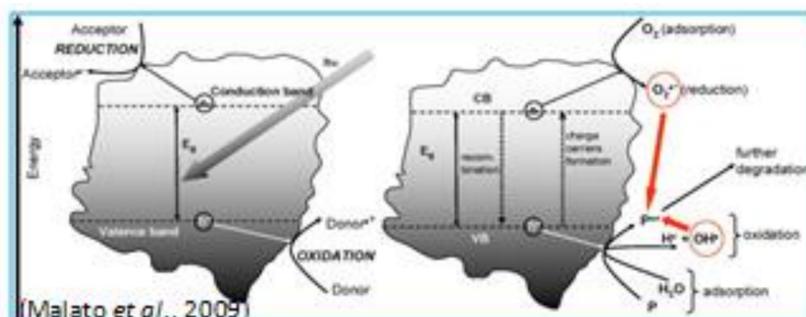
Contexte and objectives

- The world is facing formidable challenges in meeting rising demand of clean water. In addition, the presence of endocrine disrupting compounds (EDCs), and among them natural estrogens, in water resources used for the production of drinking water has come under greater scrutiny in recent years. Advanced oxidation processes (AOPs) have shown to be efficient alternative methods for the removal of recalcitrant compounds in water. Heterogeneous photocatalysis processes are of special interest since sunlight can be used as irradiation source.
- Clean Water is a project which acts to develop innovative nanostructured photocatalysts for water treatment and detoxification under visible light. This part of the work, related to one Work Package of the collaborative project, presents the evaluation of photocatalysts efficiency including the estrogenic activity.

Experimental setup and methodology

Clean Water partners' nanomaterials are tested under UV and UV-visible light for the degradation of 17 β -estradiol (E2). The main by-products are identified and endocrine disruption are compared to the effect of parents compounds.

I- Photocatalytic degradation under UV part (280 - 400 nm) and full spectrum of simulated solar light



Irradiation conditions (xenon lamp)

$I = 2.35 \text{ mW/cm}^2$ in UV
 $I = 1.85 \text{ mW/cm}^2$ in UV-visible at $\lambda = 365 \text{ nm}$
 280 - 400 nm: $E_p = 1.45 \cdot 10^{-7} \text{ Einstein/s}$
 200 nm - 30 μm : $E_p = 1.16 \cdot 10^{-6} \text{ Einstein/s}$

Degradation monitored with
 HPLC/UV and TOC analysis by-
 products identified with LC/MS-MS

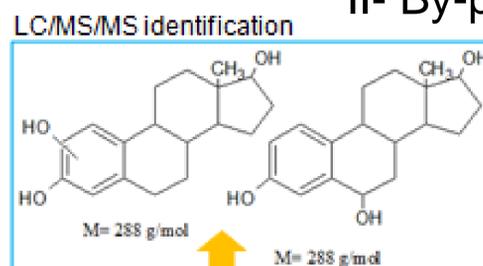
Photocatalytic materials:
 • N-doped TiO₂ catalysts
 (NCSR, Greece)
 • Non-doped sol-gel based catalysts
 (FEAM, Spain)
 • Graphene-TiO₂ based catalyst
 (LCM, Portugal)



Partenaires



II- By-product identification, estrogenic activity assessment



Aromatic rings and phenol groups are still present in the structure of the identified main by-products of 17 β -estradiol. Estrogenic effect is suspected to be related to phenol groups (Brzozowski *et al.*, 1997, Birkett et Lester, 2003).
 (LOEC : lower concentration which can induce fry fluorescence)

	P25 + UV light			Non-doped sol-gel + UV light		
	15 min	30 min	180 min	25 min	50 min	240 min
[E2] ($\mu\text{g/L}$)	500	253	< LOD	438	255	< LOD
Conversion rate %	54	77	99	51	71	99
Mineralization rate %	27	29	59	14	18	50



Endocrine disrupting effect evaluation
 (WatchFrog company):
 transgenic medaka line fry fluorescence

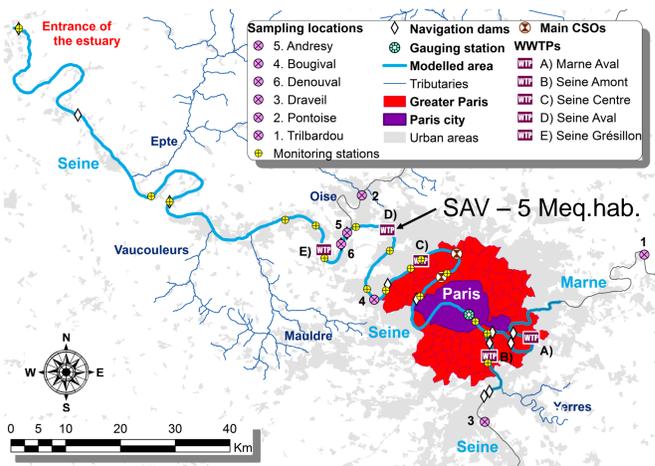
- ✓ all samples show an estrogenic effect
 - ✓ att = 15, 25, 30 and 50 min, [E2] > LOEC E2 (LOEC = 0.17 $\mu\text{g/L}$)
 effect induced by E2
 - ✓ att = 15, 30, 50 min, effect more important than at t = 0 min
 formation of intermediates with an estrogenic effect
 - ✓ att = 180 and 240 min : estrogenic effect still observed but decreasing
- The endocrine disrupting effect is not removed for 99% of conversion of 17 β -estradiol
 It starts to decrease for a longer time of irradiation

Conclusions

- The main pathway of degradation leads to intermediates having high estrogenic activity. This result is of special importance as it means that a certain level of mineralization of the initial compound, 17 β -estradiol, has to be reached to significantly decrease the estrogenic impact.

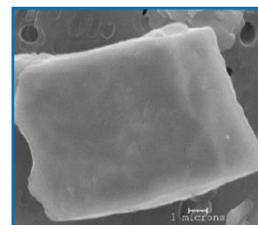
PROBLÉMATIQUES ET OBJECTIFS

- Enjeu : gestion de l'eau et du territoire
- Quantification de l'influence de l'agglomération parisienne sur les flux de matières en suspension (MES) transitant dans la Seine
- Traçage de l'impact anthropique sur les processus géochimiques

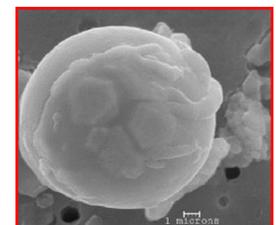


MES : SUIVI ET ÉCHANTILLONNAGE

- Suivi hebdomadaire des concentrations en MES totales réalisé par le SIAAP en 10 points de mesure
- Prélèvements de MES pour caractériser les sources des particules ferrugineuses :



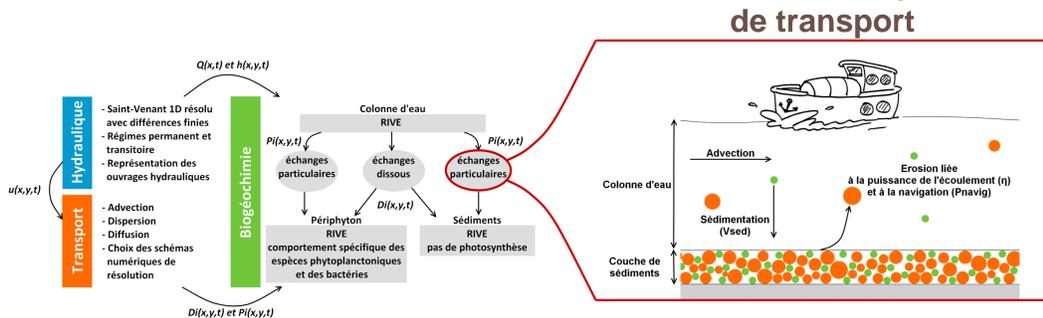
Naturelles



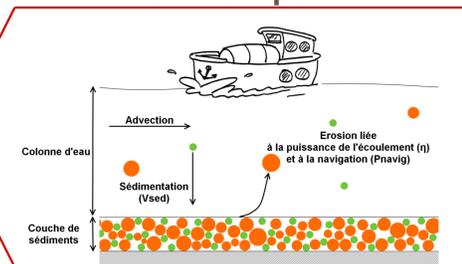
Anthropiques

MODÉLISATION DES FLUX DE MES

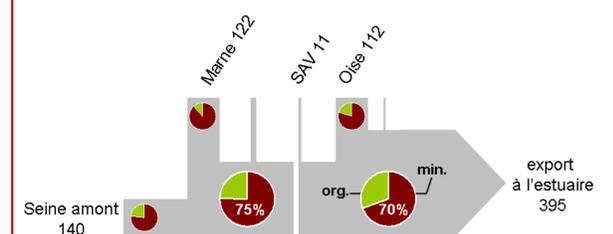
Le modèle ProSe



Théorie de la capacité de transport



Sources et composition des particules (flux en 10³.T.an⁻¹)



Parties prenantes



Auteurs

Dariouche Kayvantash
Lauriane Vilmin
Catherine Kissel
Christine Franke
Isabelle Cojan
Chantal de Fouquet
Michel Poulin
Nicolas Flipo

Partenaires

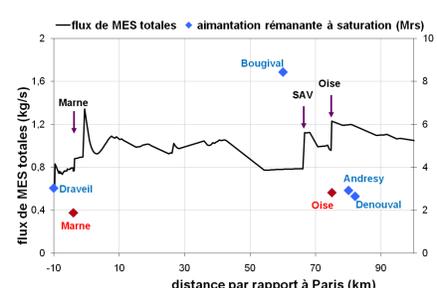
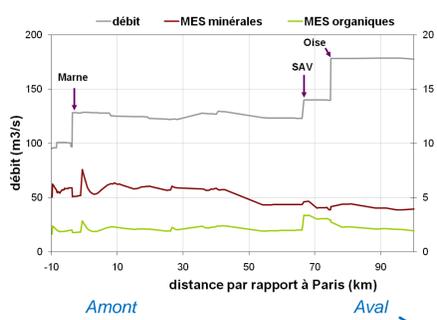


Modélisation 1D des processus hydro-sédimentaires à une résolution spatio-temporelle fine

Bilan pluri-annuel des flux de sédiments en Seine

RELATION MAGNÉTISME / MES

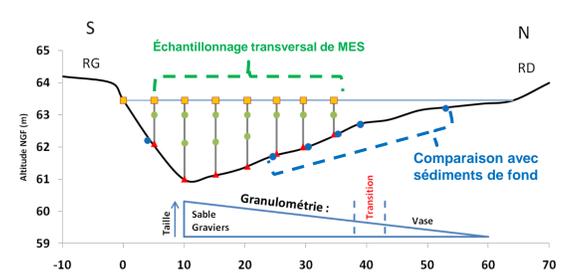
Campagne basses eaux septembre 2011



- Pas d'effet notable du rejet de SAV sur les flux de MES totales
- Effet de SAV sur la composition des MES en matière organique
- ↓ de la signature magnétique à l'aval de SAV et de la confluence avec l'Oise :
 - Influences SAV et Oise
 - Quantification de l'effet des processus géochimiques en Seine

PERSPECTIVES

- Étude de la variabilité transversale du magnétisme des particules
- Simulation 2D des champs de vitesse et des flux de particules en Seine
- Implémentation du magnétisme dans ProSe
- Bilan de magnétisme en Seine



POUR EN SAVOIR PLUS...

Contact dariouche.kayvantash@mines-paristech.fr
lauriane.vilmin@mines-paristech.fr

Site web www.piren-seine.fr

Parties prenantes



Auteurs

Christine Franke (MINES ParisTech)
Claire Alary (Mines Douai)

Partenaires

Lucas Barsalini (FIRE)
Olivier Evrard (LSCE)
Isabelle Lamy (INRA)
Folkert van Oort (INRA)
Julien Thiesson (UMR Métis)

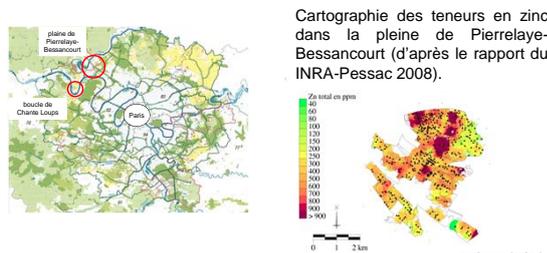
PROBLÉMATIQUES ET OBJECTIFS

- Enjeux : gestion des sols et des eaux de surface dans un contexte d'aménagement du territoire
- Objectifs : estimation des risques associés aux changements d'occupation des sols pollués et de l'efficacité des dispositifs de lutte contre l'érosion des sols agricoles

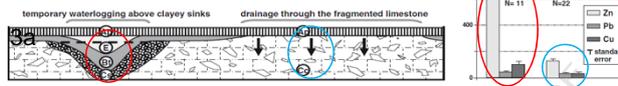
LES CHANTIERS... DEUX LABORATOIRES NATURELS

Valorisation des sols pollués

- Seine périurbaine (Ile-de-France)

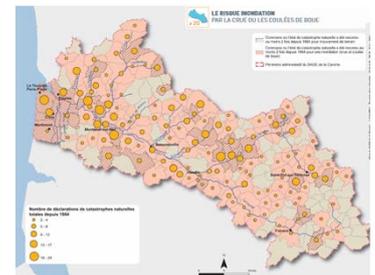


Influence des structures du sol sur la rétention des métaux, par les argiles dans les poches de cryoturbation



Érosion des sols agricoles

- Canche - Bassin versant (Nord Pas de Calais)

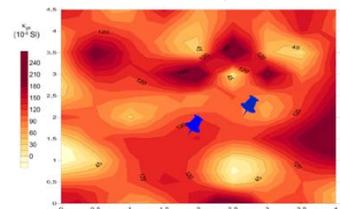


LE FER - UN TRACEUR DES POLLUTIONS

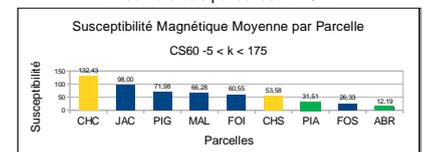
Cartographie par la susceptibilité magnétique

- La cartographie *in situ* donne une idée quasi immédiate de la concentration métallique, car les valeurs de susceptibilité magnétique sont proportionnelles aux concentrations des oxydes de fer présents dans les ~60cm de la surface
- La comparaison des valeurs moyennes montre de forts contrastes sur le site de Pierrelaye.
 - En jaune - parcelles cultivées
 - En bleu - parcelles en friche, bassin de rétention, forêt
 - En vert - plaine inondation de l'Oise

Sonde CS60, UMR Métis - parcelle 4*4.5m²



Ensemble des parcelles 4*4.5m²

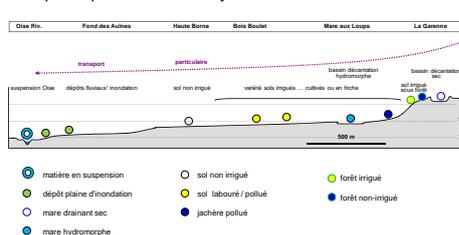


Partenaires



TRANSFERTS PAR LES EAUX DE SURFACE

La topo-séquence de Pierrelaye avec les différents milieux



- Érosion des sols agricoles: projet « FluvioMagTrac » Inter-CARNOT focalisé sur le bassin versant de la Canche (collaboration avec les Mines Douai)

- Estimation des transferts des polluants lors des différentes phases de mise en valeur (plantations, aménagements...) des sols contaminés (collaboration INRA Pessac et al.) à partir de 2015...



MODÉLISATION COUPLÉE AGRONOMIE-HYDROGÉOLOGIE À L'ÉCHELLE DU BASSIN SEINE-NORMANDIE

Objectifs opérationnels : répondre aux échéances de la DCE¹ (état des lieux, révision du SDAGE²)

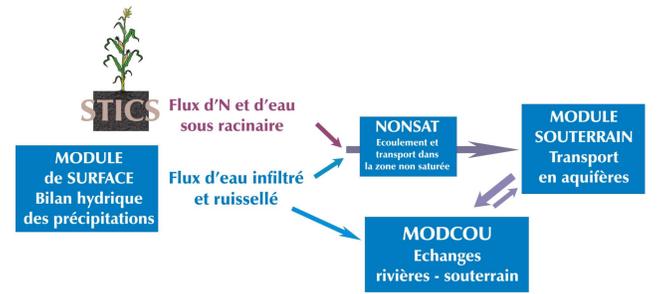
Parties prenantes

- Évaluer l'état actuel de la contamination nitrique des masses d'eau en compléments des suivis ponctuels du Réseau de Contrôle et de Surveillance (RCS) de l'AESN
- Valider la représentativité du RCS
- Confirmer les objectifs de bon état aux échéances de la DCE en 2015/2021/2027



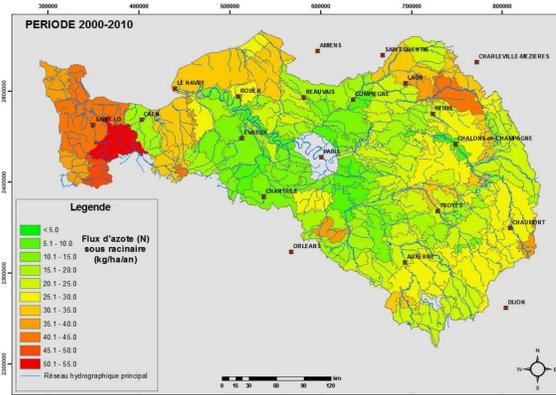
Principe général :

association du modèle agronomique **STICS** (INRA)
au modèle hydrogéologique **MODCOU** (MINES ParisTech)

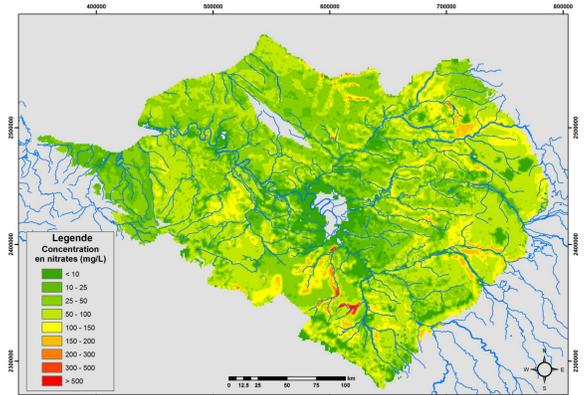


Auteurs

P. VIENNOT, L. ABASQ
Centre de Géosciences
Systèmes Hydrologiques et
Réservoirs
FONTAINEBLEAU

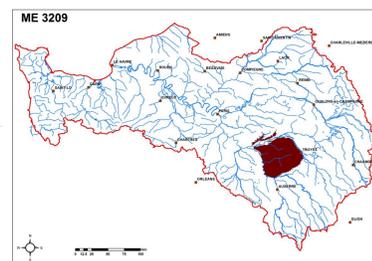


Flux d'azote (N) moyennés par Petite Région Agricole (kg/ha de PRA/an)



Concentrations moyennes infiltrées en nitrates (2000/2010)

Exemple de compilation des résultats à l'échelle de la masse d'eau H209 (3209)

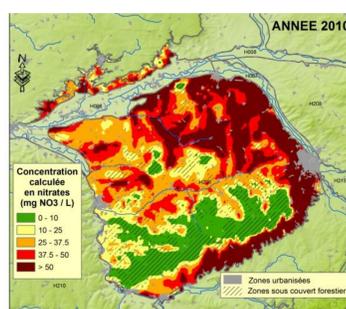


Craie du Sénonais et Pays d'Othe

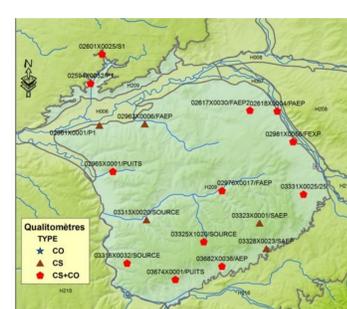
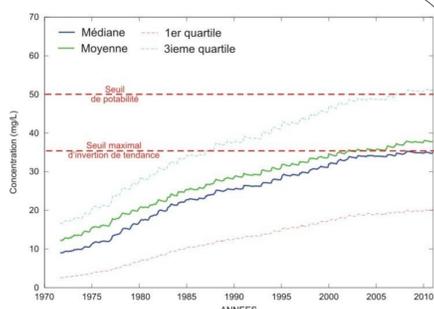
Surface totale : 4334 km² Surface affleurante : 3082 km² Surface modélisée (MESOa) : 3082 km² (100 %)
Surface Agricole Utile : 2229.8 km² (72.3 %) Surface en forêts : 695.7 km² (22.6 %)

Période	Pluviométrie	Infiltration	Ruissellement	Flux N/ha SAU	Flux N/ha MESO	C. NO ₃ infiltrée
1981-1990	771 mm/an	196 mm/an	51 mm/an	37.8 kg N/ha/an	27.4 kg N/ha/an	52 mg/L
1991-2000	770 mm/an	175 mm/an	47 mm/an	35.5 kg N/ha/an	25.7 kg N/ha/an	54 mg/L
2001-2010	729 mm/an	134 mm/an	33 mm/an	26.1 kg N/ha/an	18.0 kg N/ha/an	53 mg/L

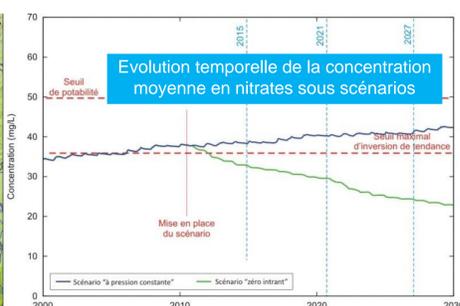
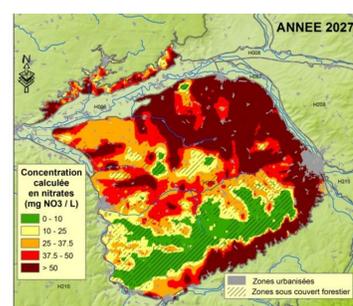
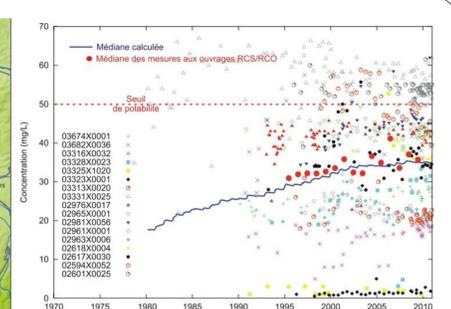
Partenaires



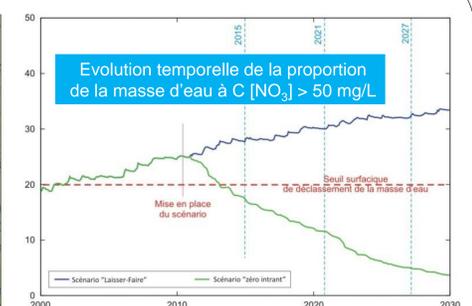
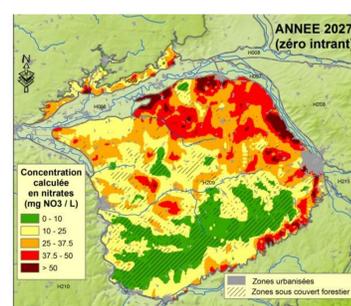
État actuel de la masse d'eau (concentrations calculées)



Représentativité du réseau de surveillance



Scénarios prospectifs à court terme :
« à pression constante »
et
« zéro intrant »



¹ : Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/CE)

² : Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux

ETUDE ET MODÉLISATION DE LA SORPTION DU CÉSIIUM SUR UN ADSORBANT MINÉRAL

C. Michel^{a,b}, Y. Barré^a, C. de Dieuleveult^b, L. De Windt^b

^a Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives (CEA) – Centre CEA Marcoule DEN/DTCD/SPDE/LPSD, 30207 Bagnols sur Cèze Cedex
^b Centre de Géosciences Mines Paristech – Equipe Hydrodynamique et Réactions, 35 rue Saint Honoré 77305 Fontainebleau Cedex

CONTEXTE

Problématique: Traiter les effluents liquides radioactifs *d'origines diverses*, par des matériaux adsorbants *inorganiques*

ORIGINE DES EFFLUENTS CONTENANT LE ¹³⁷Cs

- Usine de retraitement du combustible usé
- Décontamination lors des opérations de maintenance
- Installations de recherche technique et scientifique

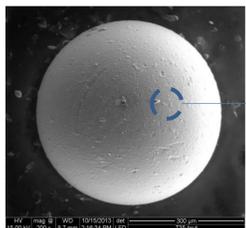
PROCÉDÉ DE DÉCONTAMINATION EN COLONNE

- Permet de traiter des effluents d'origines diverses
- Peu coûteux et mise en œuvre facile
- Minimise la quantité de déchet
- Résistance mécanique et radiochimique (adsorbants minéraux)

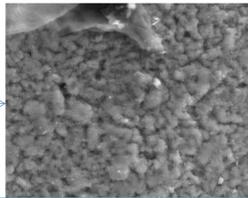
ADSORBANT COMMERCIAL: LE TERMOXID 35

Caractéristiques physico-chimiques

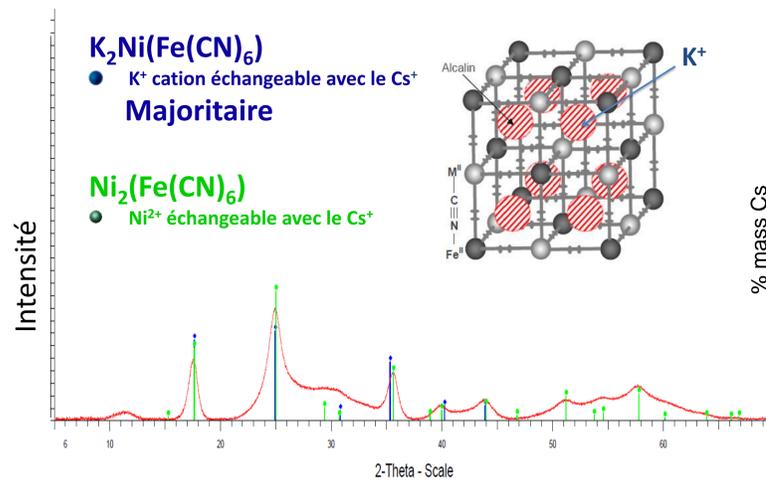
- Billes d'hydroxyde de zirconium imprégnées de ferrocyanures mixtes Ni/K
- Ferrocyanures très sélectifs du césium
- Taille moyenne des billes: $d_p=630 \mu\text{m}$
- Faibles pertes de charge



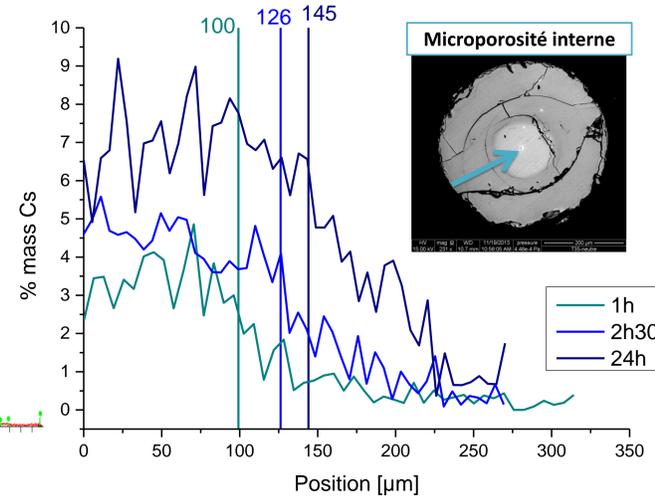
Macroporosité en surface



Ferrocyanures mixtes non stœchiométriques



Diffusion lente du césium dans la bille



PROPRIÉTÉS DE SORPTION DU CÉSIIUM SUR LE T35

Mode Batch



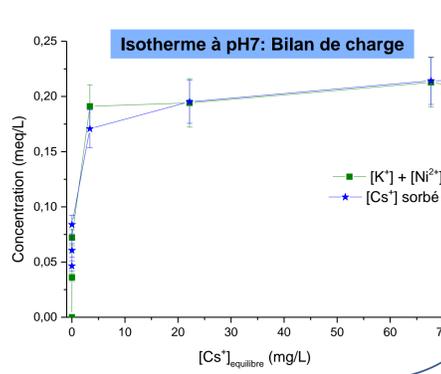
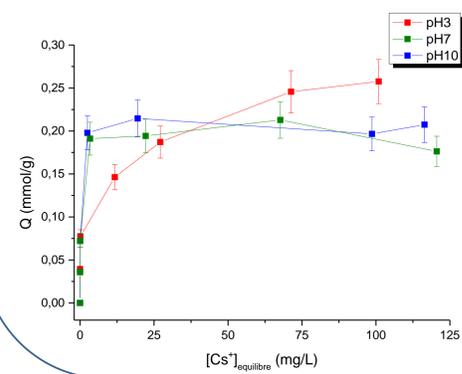
Mode opératoire

Concentration en solide: 1 g/L
 Agitation 4 jours
 Effluents simulés:
 pH = 3-7-10
 $[Cs]_0 = 100 \text{ ppm}$

Grandeurs calculées

Capacité de sorption (mg/g ou mmol/g) $Q = \frac{C_0 - C}{m_{solide}} \cdot V$

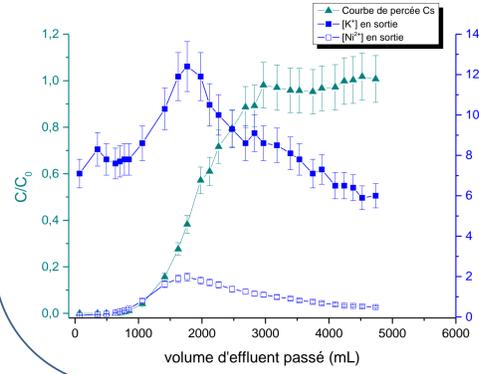
Coefficient de distribution (mL/g) $K_d = \frac{[Cs]_{solide}}{[Cs]_{solution}} \times 1000$



Mode dynamique

Paramètres opératoires

Φ	1	cm
$H_{colonne}$	10	cm
Q_{vb}	18	bV/h
Q	70,7	mL/h
H_{lit}	5	cm
m	4,12	g
$t_{prélèvement}$	4	min
V_{lit}	3,9	mL



Mode opératoire

- Rinçage de la colonne pendant 48h avec une solution eau + $NaNO_3_{0,01M}$ à pH 7
- Injection de l'effluent

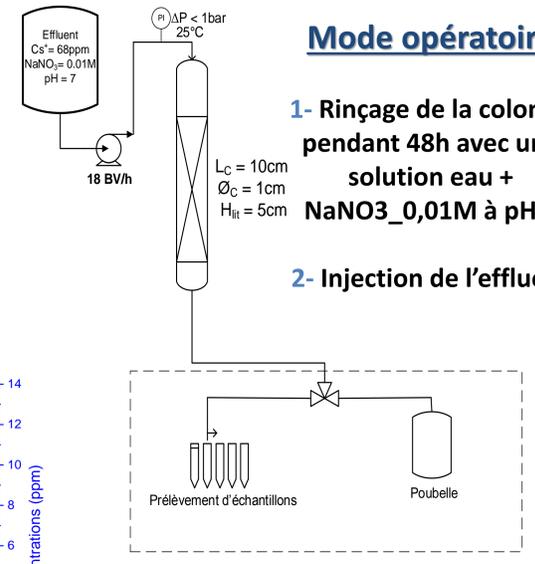
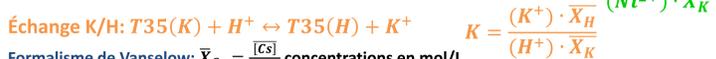
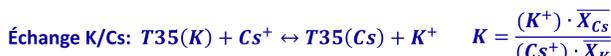


Schéma du montage de la décontamination en Micro-colonne

MODÉLISATION SUR HYTEC

CHES: Code de spéciation chimique – **HYTEC:** Code de transport hydrodynamique couplé à CHES

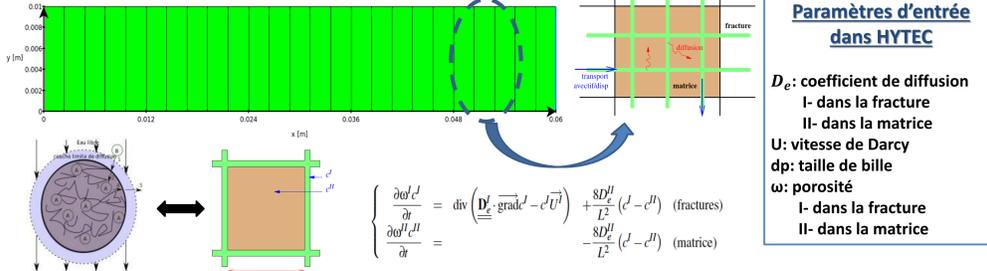
Définition des équations d'échange ionique



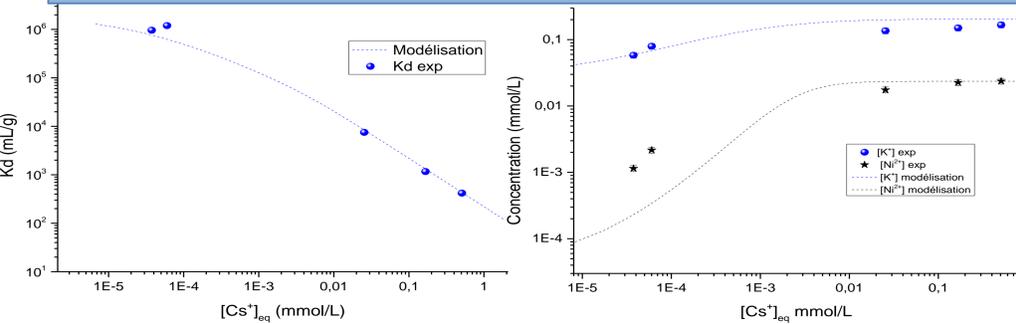
Formalisme de Vanselow: $\bar{X}_{Cs} = \frac{[Cs]}{\sum_i [X_i]}$ concentrations en mol/L

Transposition au mode dynamique

Modélisation de la colonne sur HYTEC



Modélisation de l'isotherme à pH7: optimisation des constantes d'échange d'ions



CONCLUSION/PERSPECTIVES

- Échange d'ions K/Cs et Ni/Cs
- Bonne corrélation entre la modélisation de l'échange d'ions et les courbes expérimentales
- Essais en colonne: Influence des paramètres opératoires (H_{lit} , Q_v , concentrations, pH)
- Validation du procédé en actif (batch et colonne)
- Modélisation en colonne: Etude de sensibilité des paramètres d'entrée

Parties prenantes



Auteurs

Lauriane Vilmin
Edwige Polus-Lefebvre
Chantal de Fouquet
Michel Poulin
Nicolas Flipo

* La médaille d'Argent de l'Académie de l'Agriculture a été décernée à Edwige Polus-Lefebvre pour son travail de thèse soutenue publiquement le 06/12/2010

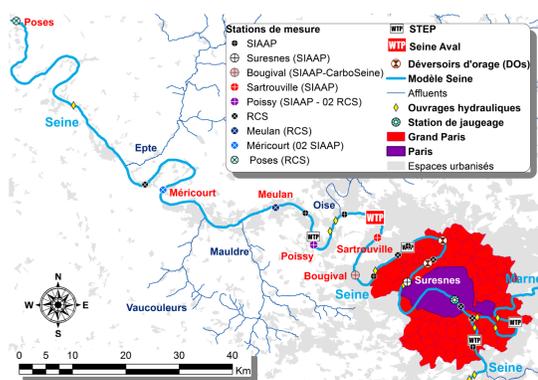
Partenaires



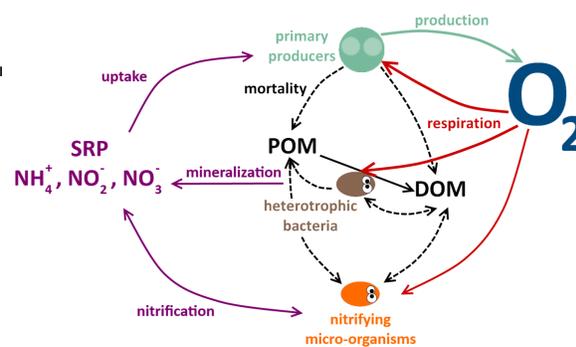
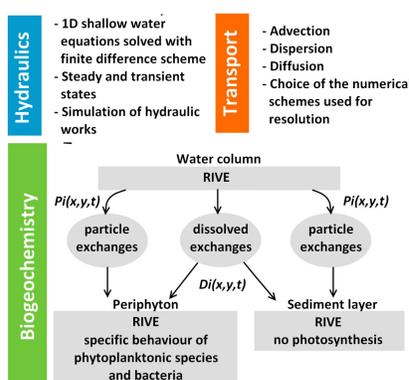
Problématiques et Objectifs

- Enjeu : Gestion des eaux usées
- Quantifier l'impact de l'agglomération parisienne sur la qualité de l'eau de la Seine : Modélisation de la variable intégratrice Oxygène dissous
- Remplir les objectifs de reconquête de la qualité de l'eau que nous nous sommes fixés dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau tout en garantissant les usages (notamment alimentation en eau potable, production agricole, production d'énergie, ...)

Suivi du milieu et modélisation hydro-biogéochimique

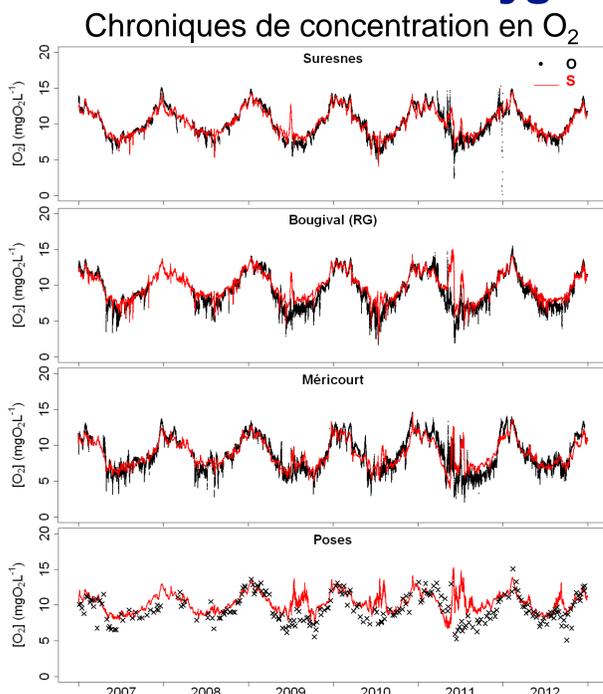


10 Millions d'habitants

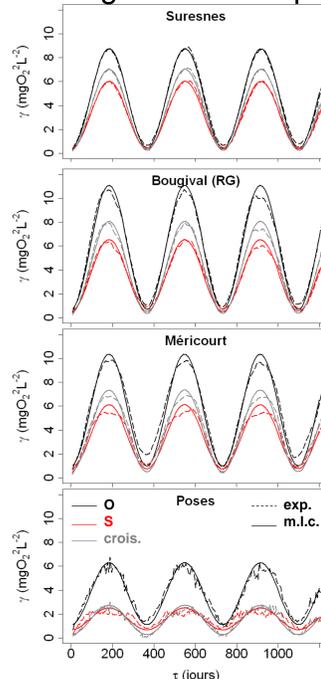


Modèle hydro-biogéochimique ProSe Modèle biogéochimique C-RIVE

Modélisation de l'Oxygène dans le milieu (2007-2012)



Variogrammes temporels



O = Observations
S = Valeurs simulées avec ProSe

1 Variogramme : $\gamma_o = \frac{1}{2} E[(O(t+\tau) - O(t))^2]$

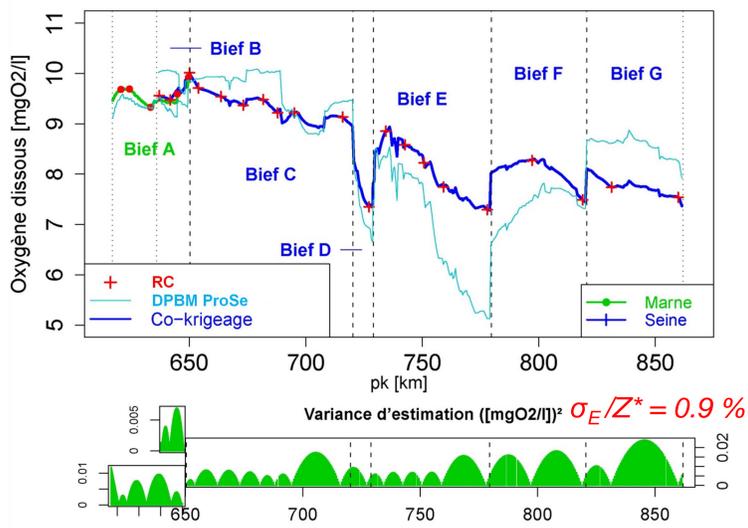
Vario. croisé : $\gamma_{os} = \frac{1}{2} E[(O(t+\tau) - O(t))(S(t+\tau) - S(t))]$

2 Décomposition en signaux temporels :

$$\begin{cases} O(t) = \sum_{i=1}^{N_o} O_i(t) \\ S(t) = \sum_{i=1}^{N_s} S_i(t) \end{cases} \quad \gamma_o = \sum_{i=1}^{N_o} \gamma_{O_i} \quad \text{et} \quad \gamma_s = \sum_{i=1}^{N_s} \gamma_{S_i}$$

3 Modèle linéaire de co-régionalisation : $O_i = \rho_i \omega_i S_i + \sqrt{1 - \rho_i^2} R_i$
 ρ_i = corrélation (O_i, S_i)
 ω_i = valeur de palier

Estimation rétrospective de la qualité moyenne estivale en 2003



- Amélioration de l'estimation de la concentrations en O₂ dans le milieu grâce à l'utilisation conjointe de la géostatistique et de la modélisation hydro-biogéochimique
- Utilité de la modélisation comme interpolateur spatial et temporel
- Prise en compte des processus biogéochimiques induisant la variabilité des concentrations en O₂ dissous

Pour en savoir plus....

Geostatistics for assessing the efficiency of a distributed physically-based water quality model: application to nitrate in the Seine River

Edwige Polus, Nicolas Flipo, Chantal de Fouquet and Michel Poulin
MINES ParisTech, Centre de Gouvernance, 31 rue Saint-Benoit, F-77305 Fontainebleau, France



Pluri-annual sediment budget in a navigated river system: The Seine River (France)
Lauriane Vilmin^{1,2*}, Nicolas Flipo^{1,2,3*}, Chantal de Fouquet¹, Michel Poulin¹
¹MINES ParisTech, PIREN Seine, Centre de Gouvernance, Fontainebleau, France
²Service Environnement, UMR 7619, UMR 7031, Fontainebleau, France



Auteurs

Frédéric Paron
Didier Graillot

Partenaires



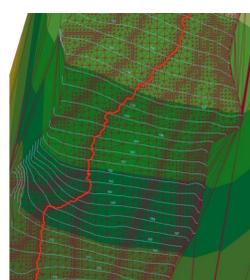
Mise au point méthodologique : Projet Eau Sout' (fleuve Rhône)

Approche interdisciplinaire en milieu alluvionnaire

- **Modélisation simplifiée** (SIG) – Analyse géomatique pour l'évaluation des gradients d'échange nappe-rivière : sens et débit
- **Invertébrés souterrains** (Stygobies) – Indicateurs biologiques des origines superficielles ou souterraines de l'eau
- **Végétation aquatique** (Macrophytes) – Indicateur biologique semi-quantitatif des apports de nappe
- **Géochimie** (ions dissous et isotopes) – Signature chimique pour discriminer et quantifier l'origine de l'eau
- Typologie des échanges nappe-rivière
- Caractérisation des échanges nappes alluviales-rivière fondée sur un diagnostic synthétique obtenu par croisement des méthodes utilisées



Niphargus rhenorhodanensis
Source : Pierre Marmonier



Tin de nappe
Source : Frédéric Paron

Perfectionnement méthodologique : Projet NAPROM

Nouveaux outils et nouveaux contextes

- La **Loire** dans la plaine alluviale du Forez, la plaine alluviale de l'Ille affluente du **Rhin**, l'Orgeval sous-bassin de la **Seine**, la **Sèvre-Niortaise** petit fleuve côtier
- Modélisation distribuée à base physique (Eau-Dyssée, Marthe)
- Modélisation distribuée à base physique et hydrothermique (Metis)
- Dispositif MOLONARI (Monitoring local des échanges nappe-rivière)
- Images thermiques infrarouges (IRT)
- Mises à jour et compléments méthodologiques, typologiques et documentaires par rapport au projet Eau Sout'

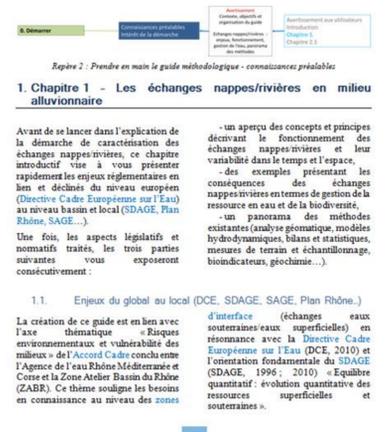
Guide méthodologique et guide technique

Sorties prévues en 2015 et 2016

- Questions de départ pour le guide méthodologique Eau Sout' :
 - Quels sont les outils les plus adaptés sur les milieux alluvionnaires pour caractériser les échanges nappe-rivière ?
 - Comment procéder et quelle est la marche à suivre pour caractériser les échanges nappe-rivière ?
- Destinataires : acteurs et techniciens de l'eau
- Un cheminement pour sélectionner la ou les méthodes adaptées selon les caractéristiques de la zone d'étude, les enjeux locaux, l'échelle de travail et l'existence de données
- Une assistance pour interpréter, synthétiser et cartographier les résultats
- Une version plus pratique remaniée sous forme de fiches techniques intégrant les acquis du projet NAPROM prévue pour 2016



Une libellule sur un contre-canal piégé à Elodie du Canada (Source : F. Paron)



Extrait du guide Eau Sout'
Source : Frédéric Paron

Problématique de gestion

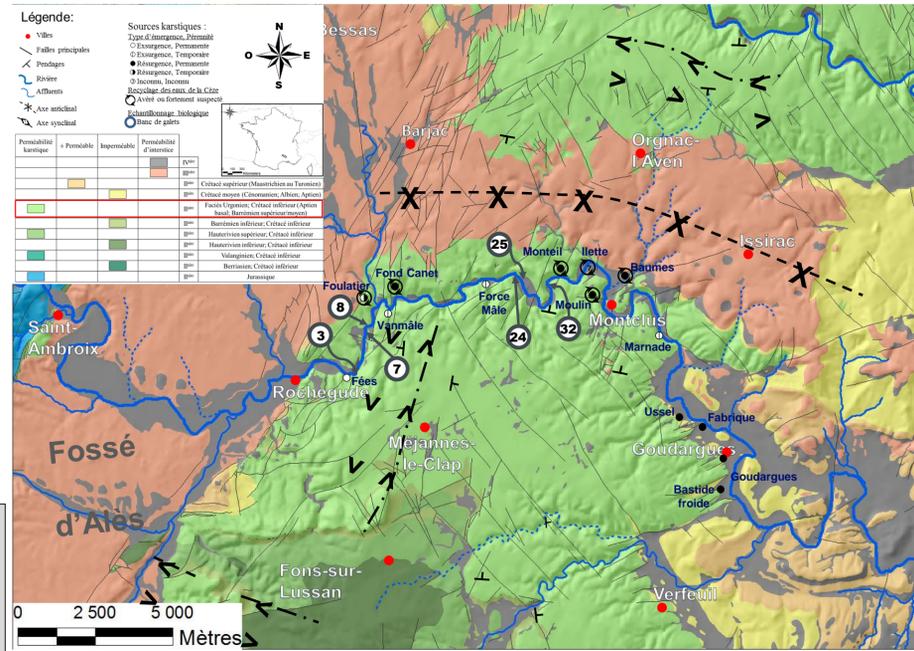
- **Problèmes quantitatifs** en basses eaux → Conflits d'usages → Etude « volumes prélevables ».
- Politiques territoriales (SCOT/PLU) incompatibles avec le manque d'eau estival → **Optimiser** l'exploitation de l'eau ou **prospector** de nouvelles ressources.
- **Connaissances insuffisantes** : fonctionnement hydrogéologique, prélèvements (AEP et irrigation), débits réservés (baignade et exigences écologiques).

Problématique scientifique

- **Caractériser** et **quantifier** les échanges karst / rivière et définir quand le karst est « approvisionneur » ou « consommateur » d'eau.
- **Suivre** (débits, précipitations, conductivité, chimisme, thermie, etc.), **comprendre** et **modéliser** le système au cours de cycles hydrologiques et particulièrement en situation d'étiage.
- **Restituer** les résultats aux gestionnaires pour l'aide à la décision et leur **proposer** un dispositif de suivi simplifié.
- **Généraliser** cette méthodologie à d'autres contextes karstiques.

Singularités du site d'étude :

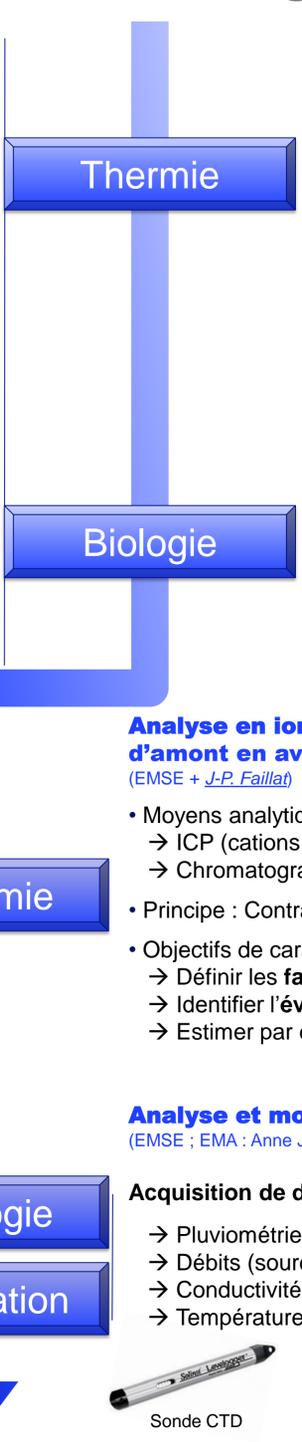
- Débits de la rivière Cèze variés d'amont en aval du domaine karstiques :
 - Fonctionnement hydrodynamique ;
 - Zones de pertes importantes (Rochegude, Baumes-Salène)
- Typologie des émergences karstiques variée :
 - Sources ponctuelles ou diffuses ;
 - Apports des sources karstiques difficiles à quantifier
 - Débit, Chimisme, Conductivité, etc. ;
 - Recyclage ou non des eaux de perte de la Cèze



Partenaires

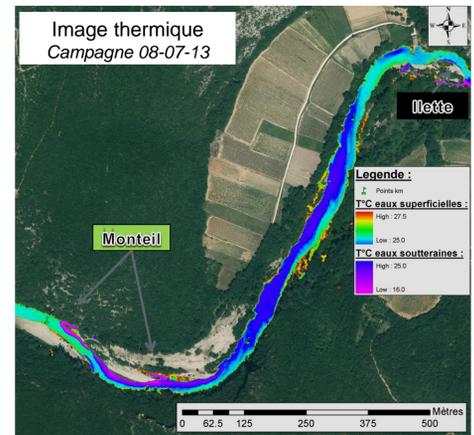


Méthodologie



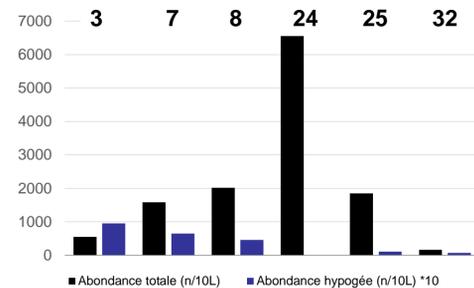
Imagerie Infrarouge Thermique (IRT) aéroportée (ENS Lyon : V. Wawrzyniak et H. Piegay)

- 3 campagnes d'acquisition réalisées :
 - En hautes eaux **avril 2013**
 - En moyennes eaux **juillet 2013**
 - En basses eaux **septembre 2014**
- Principe : **Contraste de température entre eaux souterraines et eaux superficielles**
 - Localisation des apports souterrains (ponctuels ou diffus)
 - Quantification des apports ?
 - Profils de température amont/aval
 - Variabilité saisonnière des températures



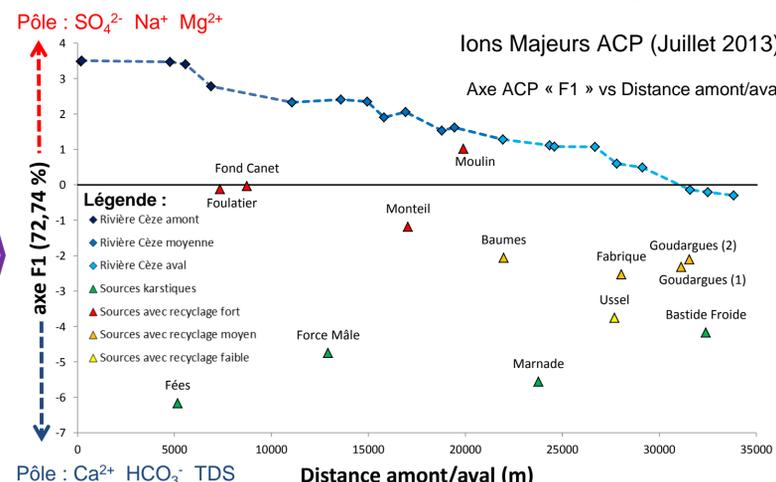
Analyse des invertébrés interstitiels (Univ Lyon LEHNA : P. Marmonier)

- Principe : **Utilisation de la faune benthique (épigée) et stygobie (hypogée) pour identifier les zones de mélange entre eaux souterraines et superficielles.**
 - Etablir un pool régional d'espèce (karst et rivière)
 - Etablir un profil longitudinal de la faune interstitielle



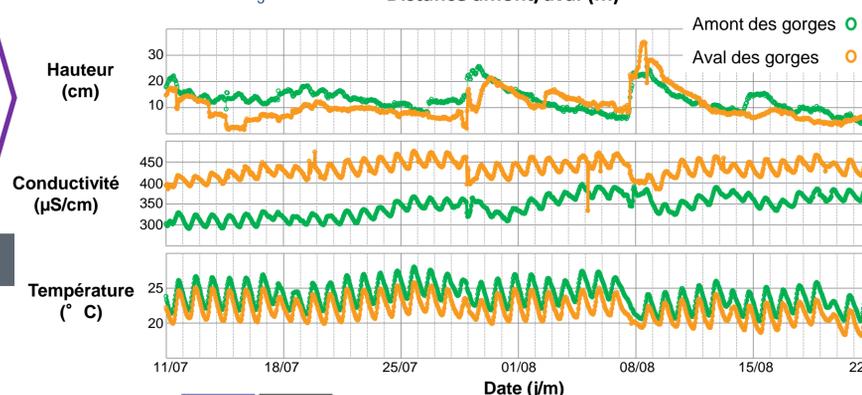
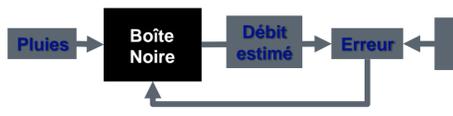
Analyse en ions majeurs et éléments traces cationiques de la Cèze d'amont en aval et de ses sources karstiques (EMSE + J.-P. Faillat)

- Moyens analytiques :
 - ICP (cations majeurs et cations traces)
 - Chromatographie ionique (cations et anions majeurs)
- Principe : **Contraste de chimisme entre eaux souterraines et eaux superficielles**
- Objectifs de caractérisation :
 - Définir les **faciès chimiques** des sources karstiques et de la Cèze
 - Identifier l'**évolution chimique** des eaux de la Cèze d'amont en aval
 - Estimer par effet de dilution les débits de sources



Analyse et modélisation de l'hydrodynamisme local et général (EMSE ; EMA : Anne Johannot et CNRS UMR Espace : J. Jolivet)

- **Acquisition de données**
 - Pluviométrie (4 points de mesure)
 - Débits (sources et rivière)
 - Conductivité
 - Température
- **Modélisation**
 - Simulation du niveau d'eau de la Cèze à partir de plusieurs stations de mesure par réseaux neuronaux
 - Prédiction



Novembre 2014 Colloque Institut Mines Télécom

Caractérisation des échanges Karst/Rivière

Auteurs

Philippe BREUIL^a, Jean-Paul VIRICELLE^a, Christophe PIJOLAT^a

Axel BART^b, Ronan COZIC^b
Nadine LOCOGE^c, Nathalie REDON^c

Valérie HEQUET^d

^aEMSE, ^bSRA Instruments

^cEMD, ^dEMN

OBJECTIFS

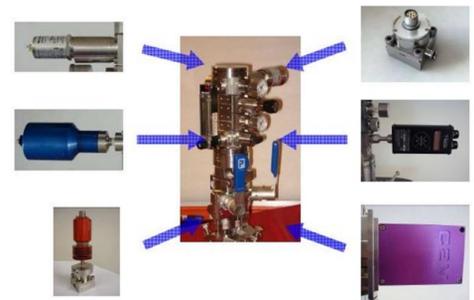
- Développer des analyseurs miniaturisés capteurs ou des systèmes multi capteurs pour le contrôle en ligne de divers procédés :

- Analyseur de type μ GC avec préconcentrateur intégré pour analyse de traces dans des procédés industriels, et de VOC dans des atmosphères de travail

Projet INNOVAL (AXELERA)

- Réseau de capteurs pour contrôle de traitement photocatalytique de l'air

Projet PHOTOC AIR (CARNOT M.I.N.E.S)

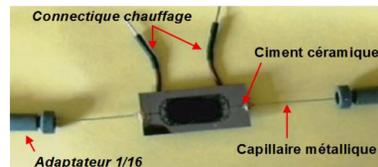


Capteurs miniaturisés au standard « NESSI » implantés sur colonne échantillonnage

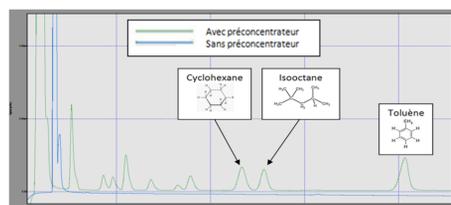
Partenaires



μ GC SRA au standard « NESSI »



Préconcentrateur sur silicium EMSE (coll. IMT-EPFL)



Chromatogramme avec/sans Préconcentrateur intégré sur μ GC SRA

Projet INNOVAL : l'instrumentation en ligne au cœur des procédés

L'analyse μ GC au standard « NESSI »

- Standard « Nessi » = concept de type « Plug and Play » pour l'instrumentation
- Développement d'un μ GC au standard NESSI (SRA)
- Evaluation des performances / dispositifs conventionnels sur gaz utilisés dans des procédés industriels (EMSE)

Développement de préconcentrateur pour analyse de traces

- Dispositif de préconcentration en amont du μ GC, à la place de l'injecteur
- Préconcentrateur : microréacteur en silicium rempli avec adsorbant et muni d'un système de chauffage pour désorption flash.

Partenaires



Projet PHOTOC AIR (2013 -2014)

Elaboration / Validation Réseau de capteurs (EMSE-EMD)

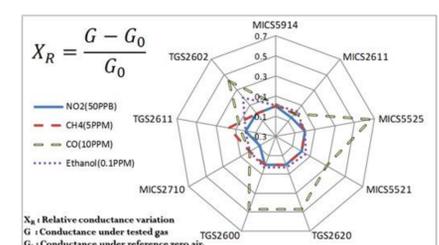
- Choix des capteurs constituant le système multicapteur en fonction des gaz cibles
- Tests des capteurs avec mélange synthétique de gaz



Systèmes multicapteurs (9 gaz + humidité température)

Etude des performances sur site (EMN-EMSE)

- Evaluation des capteurs en amont/aval de procédés de traitement photocatalytique
- Corrélation des paramètres du procédé / information système multicapteurs → optimisation de l'efficacité du traitement



Evaluation des performances des capteurs (analyse multivariées)

→ Monitoring de la qualité de l'air intérieur pour aspect énergétique des bâtiments



4. TIC ET OBSERVATION DE L'ENVIRONNEMENT



Évaluation environnementale d'activités spatialement distribuées

Application à l'écologie industrielle et territoriale



Auteurs

Guillaume Junqua (Maître-Assistant)
 Pyrène Larrey-Lassalle (Doctorante)
 David Salze (Maître de Conférence IMT)

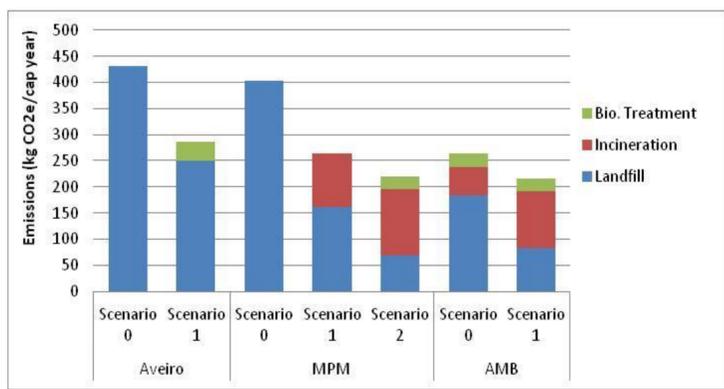
Réseaux et projets



Écologie industrielle et territoriale

Opérationnalisation de l'économie circulaire à l'échelle d'un territoire

- Basée sur une optimisation des flux de matière et d'énergie en s'inspirant des systèmes naturels.
- Développement de synergies, de filières et de nouvelles activités permettant de valoriser et recycler localement.
- Différentes échelles spatiales et temporelles d'intervention.
- Comment mettre en cohérence ces différentes échelles et évaluer les actions et les scénarios de développement de filières ou du territoire ?
 - Utilisation de la méthodologie d'analyse de cycle de vie.



Comparaison de scénarios d'élimination des déchets ménagers
 Application aux villes d'Aveiro (Portugal), de Barcelone (Espagne) et de Marseille



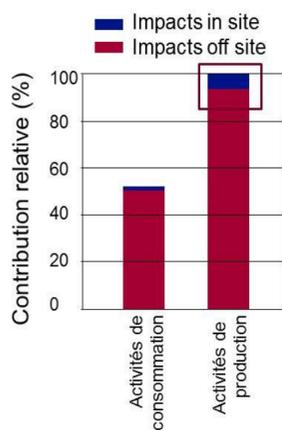
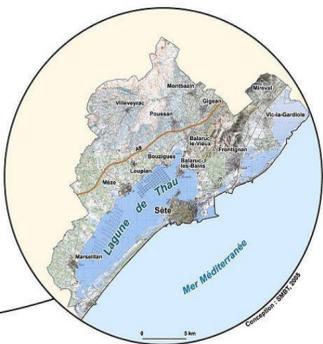
Application à une synergie de mutualisation de stockage additionnel d'eau de défense incendie
 Rendez-vous sur <http://sudoe.territorialeecology.eu/>

Projet européen Ecotech Sudoe

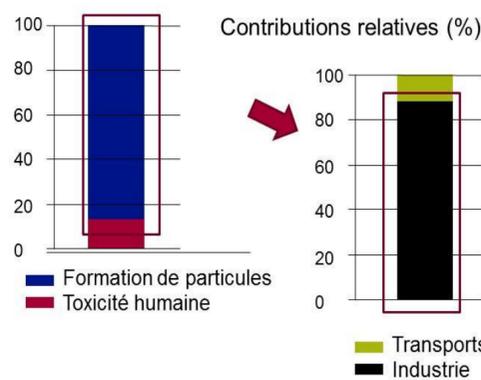
Adaptation et application de l'ACV à différentes échelles spatiales

www.ecotechsudoe.eu

- Synergies industrielles
- Activités tertiaires
- Filières spatialisées
- ACV territoriale



ACV territoriale appliquée au territoire de l'Étang de Thau
 Quantification des services rendus et des impacts
 Loiseau, 2014



Ecodesign d'une activité tertiaire
 Rendez-vous sur <http://www.sustrenovation.eu/>

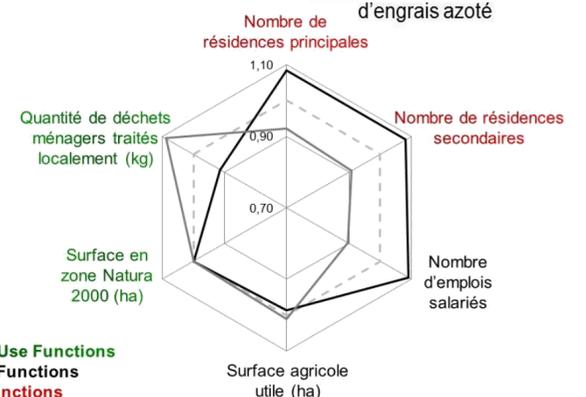
En perspective...

Chaire ELSA PACT et Intercarnot INDECO REPIS

- Convergence entre les approches « site » et les approches « produit ».
- Vers une prise en compte des ressources locales en ACV.
- Vers une prise en compte des aspects qualitatifs pour répondre aux besoins du consommateur.
- Définition de seuils d'irréversibilité locaux et globaux.

--- Scenario 1
 — Scenario 2
 — Scenario 3

Environmental Land Use Functions
 Economic Land Use Functions
 Societal Land Use Functions



Un enjeu de résilience pour les organisations

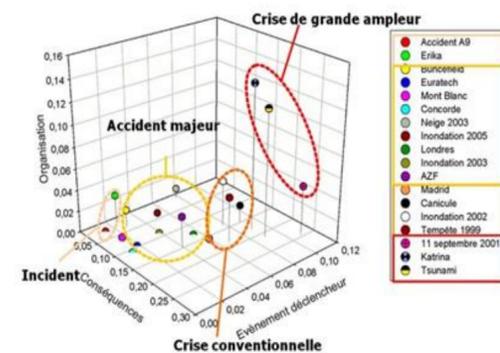
La gestion des crises et des situations exceptionnelles est d'une très grande complexité et nécessite de la part des décideurs et des différents acteurs une capacité d'organisation qui peut être remise à tout moment en cause du fait de la dynamique même de la crise.

Les recherches menées focalisent sur la compréhension, la conceptualisation des situations de crise afin de proposer des modèles, des méthodes et des outils directement en lien avec les besoins opérationnels en situation de crise.

Une démarche inductive

Partant de la connaissance de l'aléa, elle vise à identifier des méthodes optimales de modélisation de ces phénomènes non linéaires. L'objectif final est la construction de modèles et outils opérationnels de prévision et de gestion de crise.

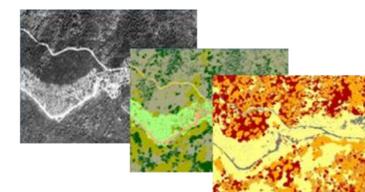
- Gestion de crises de grande ampleur (1 thèse)
- Utilisation des données opérationnelles pour l'aide à la décision en situation d'urgence (2 thèses)
- Amélioration des modèles et outils opérationnels :
 - Prévision des crues (5 thèses)
 - Incendies de forêts (1 thèse)
 - Aléas naturels majeurs (1 thèse)
 - Ambulances communicantes (1 projet FUI)



Une démarche déductive

Elle trouve son origine dans l'observation directe de la crise au sein de divers services opérationnels afin de conceptualiser les besoins spécifiques des gestionnaires et d'identifier les méthodes et outils permettant de répondre au mieux à ces besoins.

- Géomatique opérationnelle (4 thèses)
 - Utilisation des SIG, GPS, télédétection spatiale THRS pour le compte des opérationnels de la gestion de crise (Services de Prévision des Crues, Sécurité Civile, Services forestiers)
 - Collaborations avec le CNES, les Collectivités Locales, les divers organismes concourant à la Sécurité Civile (SDIS, SIDPC, EMZ)
- Utilisation des Médias sociaux pour la crise (projets en cours de montage)



Auteurs

Sophie Sauvagnargues
Pierre-Alain Ayrat
Aurélia Bony-Dandrieux
Florian Tena-Chollet
Jérôme Tixier

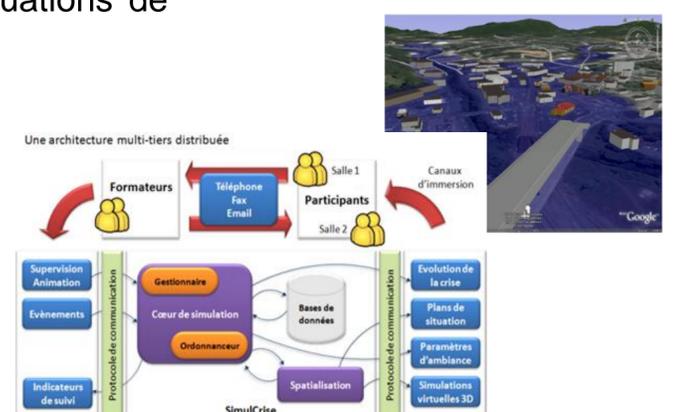
Partenaires



Synergie recherche - Formation à la gestion de crise grâce au « LIVING-LAB » de l'ISR

Les formations à la gestion de crise réalisées au sein du simulateur de l'ISR ambitionnent des objectifs intimement liés :

- proposer aux acteurs de la gestion de crise des outils méthodologiques issus de la compréhension des mécanismes et concepts clés mis en œuvre lors des situations de crise
- développer des outils innovants de type « serious game »
- favoriser l'apprentissage et l'acquisition de connaissances lors de nouvelles mises en situation
- Développement d'une méthodologie d'observation et de débriefing pour favoriser l'acquisition de connaissances (1 thèse en cours)
- Scénarisation des exercices (2 thèses en cours)
- Outil de formation à la gestion de crise basé sur la modélisation multi-agents (1 thèse)



Un champ de recherche et d'analyse complexe

Face à l'émergence d'une demande sociétale de plus en plus prégnante, face à de nouvelles menaces qui pèsent sur nos sociétés de plus en plus complexes et interconnectées, de nouvelles questions se posent sur la vulnérabilité de nos espaces et de nos systèmes. Comment caractériser et spatialiser les espaces vulnérables ? Comment analyser et évaluer les conséquences de la défaillance d'une activité (réseau) essentiel(le) au fonctionnement de la société ?

Auteurs

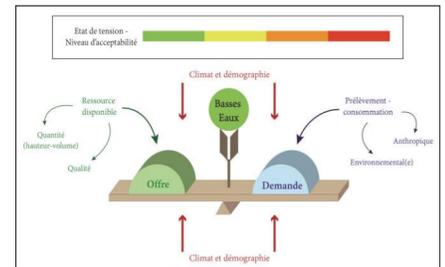
Pierre-Alain Ayrat
Aurélia Bony-Dandrieux
Florian Tena-Chollet
Jérôme Tixier
Sophie Sauvagnargues

Évaluation et modélisation de la vulnérabilité statique : approche semi-quantitative

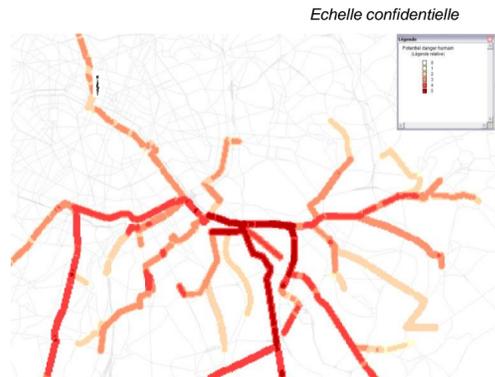
Évaluation basée sur des méthodes multicritères d'aide à la décision

L'évaluation des risques sur un territoire nécessite la connaissance de l'aléa auquel il est exposé mais également, l'évaluation de sa vulnérabilité. Pour y répondre, il convient de réaliser une analyse approfondie et structurée des caractéristiques intrinsèques du territoire et de son organisation.

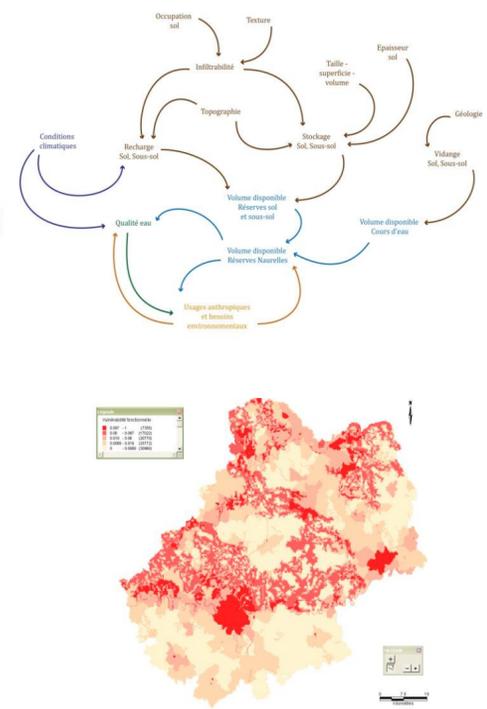
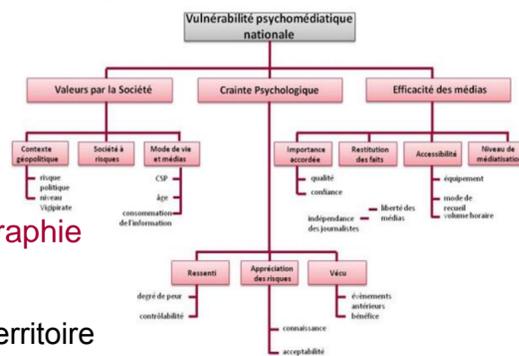
- Formulation du problème
- Structuration et modélisation
- Recueil des avis d'expert
- Évaluation de la vulnérabilité
- Représentation : indicateurs, cartographie



Partenaires



- Vulnérabilité humaine
- Vulnérabilité fonctionnelle d'un territoire
- Vulnérabilité psycho-médiatique en cas d'accident industriel
- Comparaison de niveaux de risques d'itinéraires autour de parcours routiers de TMD
- Criticité des basses eaux
- Vulnérabilité d'un territoire soumis aux nuisances olfactives d'une activité industrielle



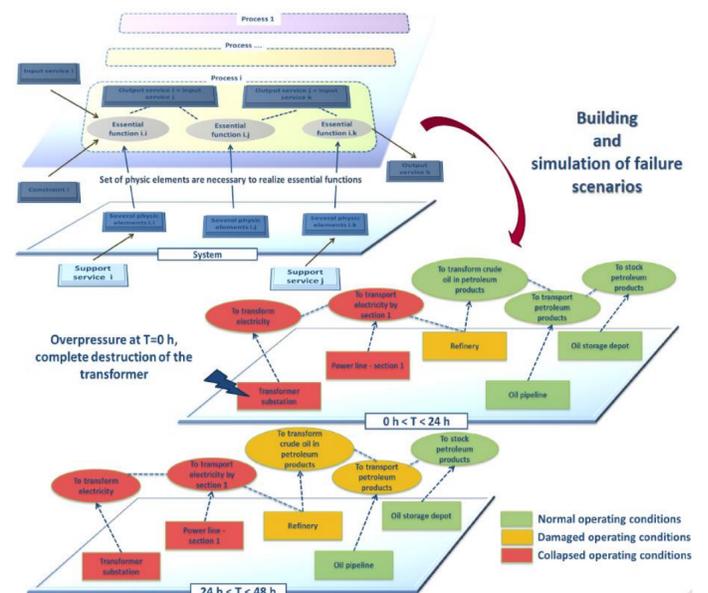
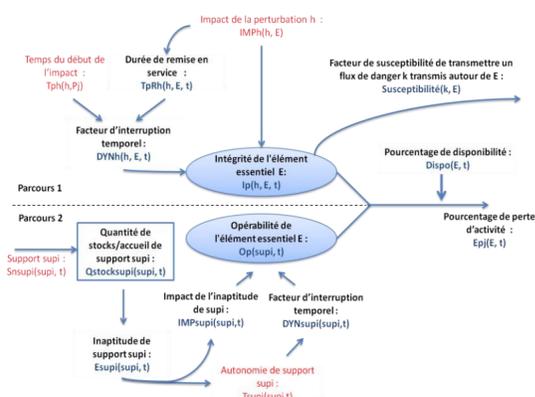
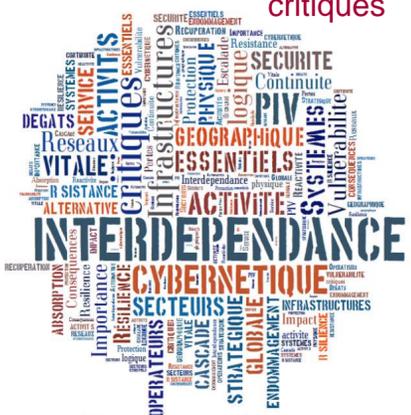
Étude de la vulnérabilité dans un mode dynamique : modélisation de la propagation des impacts

Modélisation des interdépendances d'un système et identification des points de vulnérabilité face à une perturbation majeure – Approche systémique

Pour faire face à des événements non souhaités (accidents technologiques, intentionnels, catastrophes naturelles) ; il est impérieux pour un gestionnaire du risque de connaître les conséquences qu'une telle perturbation peut engendrer sur son organisation, son système, son territoire, voire bien souvent même au-delà de son périmètre d'influence.

Il s'agit de modéliser les activités essentielles multi-secteurs d'un territoire, d'une organisation, d'un système technique de façon à identifier ses vulnérabilités et proposer des alternatives/durcissements afin de maintenir un fonctionnement optimal de ce système.

- Définition de la granulométrie à retenir
- Étude des chaînes d'interdépendances et d'interconnexions
- Modélisation spatio-temporelle et reconstitution du système
- Détermination des vulnérabilités / Observation des états critiques



Surveillance et observations de l'estuaire de la Loire

Auteurs

F. Boyer
C. Gégout
A. Hazotte
C. Merignac
B. Reeves
A. Abdelouas
J. Champion
C. Landesman
O. Péron
G. Montavon

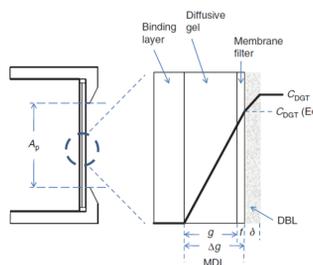
Partenaires



NEEDS



DGT pour solution



DGT pour sédiment

Extraction et concentration *in situ* de la concentration d'espèces dissoutes « labile » en trace dans les eaux naturelles (douces, marines), les sols et les sédiments.

Méthode *in situ* de dépollution des sols

Un travail de dépollution des sols s'est focalisé sur la **phytoremédiation** associée à la **bioaugmentation** du **Cs 137** dans un système modèle composé d'illite.

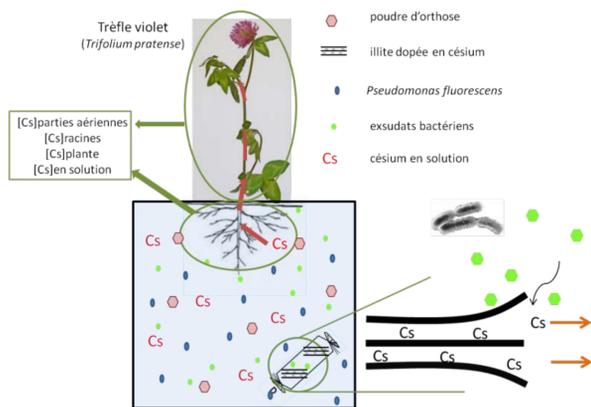
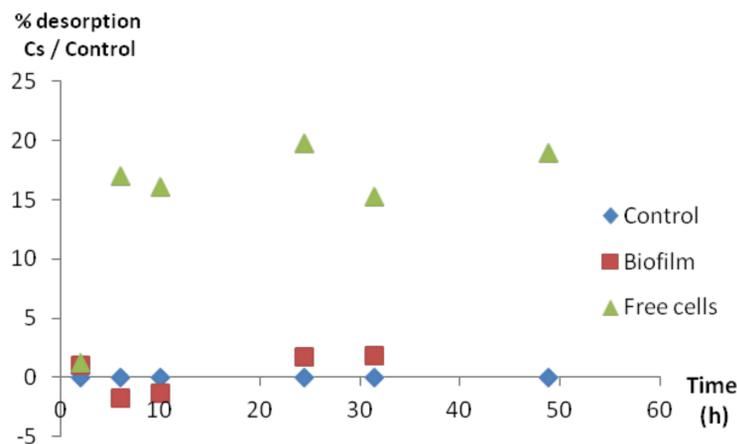
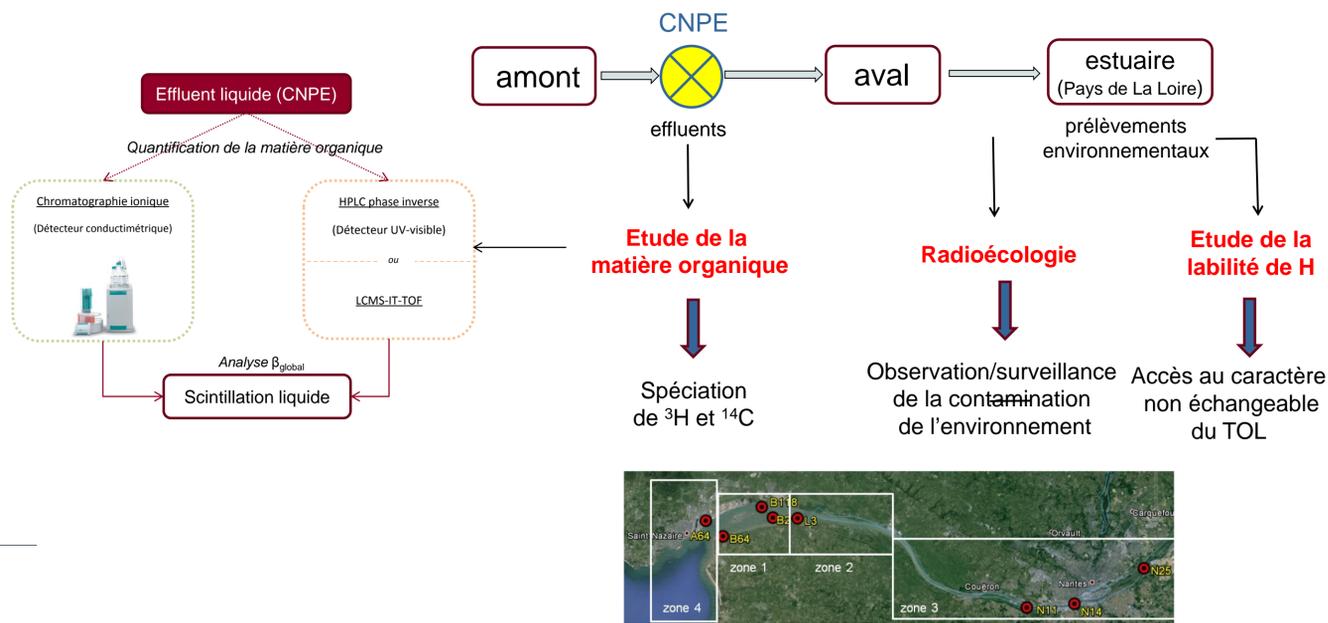


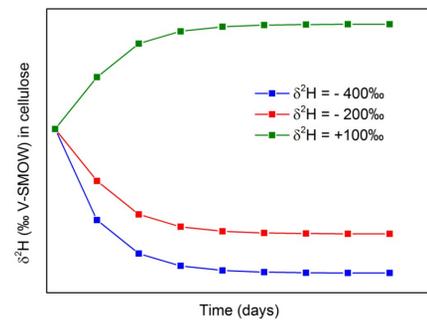
Schéma conceptuel du dispositif complet illite-Cs-bactéries-plant



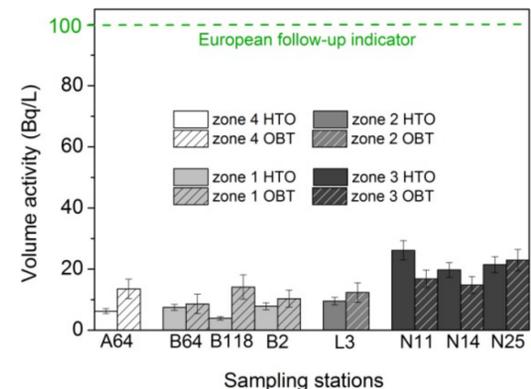
% de désorption du césium d'une illite dopée à 1mM par action des bactéries *Pseudomonas fluorescens* en configuration membrane de dialyse (Free cells) et en contact direct avec l'illite (Biofilm)



Zones d'études dans l'estuaire de La Loire et localisations des stations de prélèvements environnementaux.



Cinétique d'échange des ions hydrogène avec une atmosphère deutérée



Activités volumiques mesurées dans les eaux de lyophilisation et de combustion des prélèvements solides

Parties prenantes



Auteurs

Isabelle Cojan
Thomas Gillot

Partenaire:
David Badía-Villas

Partenaires



PALEOCLIMATOLOGIE et DOMAINE CONTINENTAL

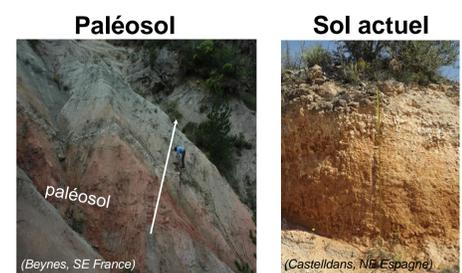
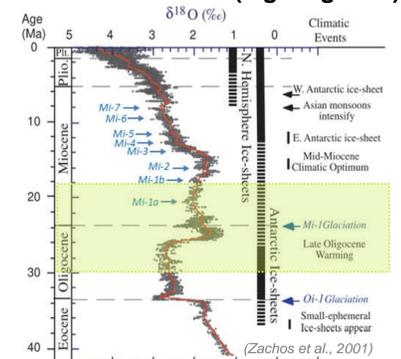
Intérêts de la paléopédologie

■ Dans un contexte où les problématiques autour du changement climatique sont au cœur des préoccupations sociétales, l'étude de l'histoire du climat et de sa dynamique est devenue un axe de recherche scientifique majeur.

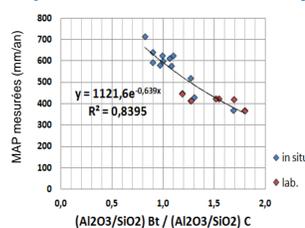
■ Si les séries sédimentaires continentales présentent généralement un enregistrement plus parcellaire du signal qu'en domaine marin, leur connaissance permet de mieux contraindre les modélisations climatiques et plus particulièrement les couplages océan/atmosphère.

■ Évaluer les paramètres paléoclimatiques (températures et précipitations) à partir des données morphologiques et géochimiques issues des paléosols constitue un enjeu pour lequel l'équipe Géologie a développé de nouveaux outils.

Données marines (signal global)



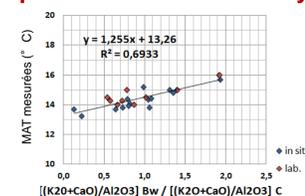
Précipitations annuelles moyennes



$$MAP = 1121,6 \exp [-0,639 \times (Al_2O_3/SiO_2)_{Bt/C}] \pm 184, r^2 = 0,84$$



Températures annuelles moyennes



$$MAT = 1,255 [(CaO+K_2O)/Al_2O_3]_{B/C} + 13,26 \pm 1, r^2 = 0,69$$

CLIMOFONCTIONS

Mesures en laboratoire et *in situ*

■ De nouvelles climofonctions basées sur les teneurs et distributions des éléments majeurs au sein des profils des calcisols sont proposées à partir de l'analyse d'analogues actuels du Nord-Est de l'Espagne.

■ Celles-ci prennent en compte la forte hétérogénéité des dépôts soumis à l'altération, en comparant la composition des horizons de subsurface à la partie superficielle du matériau parental.

■ Elles apportent la possibilité d'estimer les températures et les précipitations annuelles moyennes, y compris à partir de paléosols tronqués par l'érosion, fréquents dans les séries fossiles.

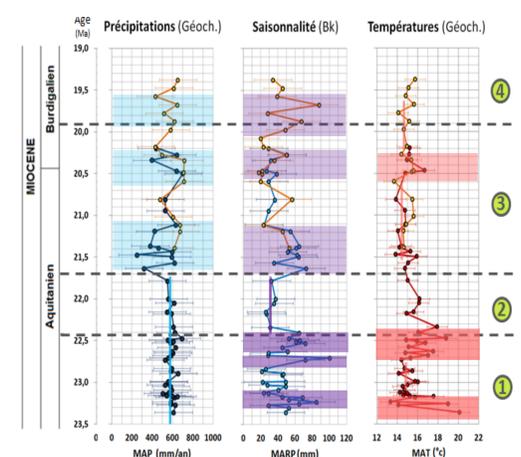
RESTITUTION CLIMATIQUE entre 20 - 17 Ma

Instabilités lors de la croissance de la calotte antarctique

■ La mise en évidence pour la période étudiée d'un climat assez chaud à fort contraste saisonnier de précipitations n'est pas sans rappeler celui de la Méditerranée occidentale actuelle.

■ Une telle conclusion a de fortes implications sur la compréhension de la dynamique de la biodiversité contemporaine qui n'est pas toujours suffisamment cernée par les fossiles pour des raisons taphonomiques.

■ Un outil utilisable à d'autres périodes de temps pour restituer les fluctuations climatiques haute fréquence.



Parties prenantes



Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l'Air

Auteurs

Thomas Romary¹
Chantal de Fouquet¹
Laure Malherbe^{2,3}
1MINES ParisTech
2INERIS
3LCSQA

Introduction

Mapping air pollution as precisely as possible is a major issue for French Local Air Quality Monitoring Agencies (AASQAs) both for regulatory and information purposes and for public health concerns.

Concentration maps can be obtained from passive sampling data collected at a large number of sites across the area of interest.

The interpolation is performed by kriging, see e.g. Chilès and Delfiner [2].

Kriging provides a prediction error variance that can be seen as a quality criterion of the resulting maps. As it only depends on the spatial repartition of the points over the domain, it is a straightforward quality criterion for a sampling design, once a geostatistical model has been fitted [4].

Objectives

- Build a quality criterion of the sampling design accounting for covariates and model parameters variability,
- Design and compare two algorithms to optimize this criterion,
- Provide a tool to determine the size of the network.

Modelling

Z , the atmospheric concentration of the pollutant is modelled as follows:

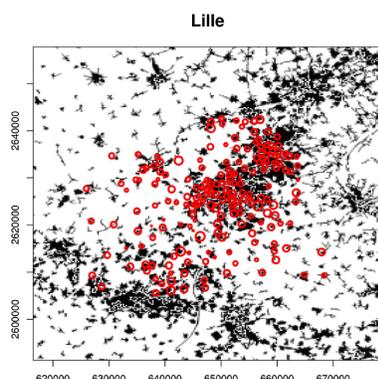
$$Z(x) = \beta_0 + \beta^T Y(x) + S(x)$$

where

- $x \in \mathcal{X} \subset \mathbb{R}^2$ is the spatial coordinate,
- (β_0, β) is a vector of parameters,
- Y stands for the vector of covariates,
- $S(x)$ is a centered, spatially correlated residual.

Estimation

An analysis of the data collected during previous surveys is performed in order to fit the model above (covariates and covariance). Data from benzene sampling surveys conducted in two French cities (Lille and Reims) were available.



Sampling design for Lille campaign

Urban fabric proportion and population density have been found significant as covariates.

The following covariance model has been fitted for S

$$C(|h|) = \theta_1(1 + \mathbb{1}_{\{Y_1(x) > m_1\}}) \mathbb{1}_{\{|h|=0\}} + \theta_2(1 - \frac{|h|}{R})$$

where

- $R = \max_{(x,y) \in \mathcal{X}^2} (|x - y|)$,
- Y_1 stands for the population density,
- $m_1 = 4.7$ is its median over the domain,
- θ_1 and θ_2 are two varying parameters.

Criterion Building

The quality criterion of the sampling design η is defined from the set up model by the integral of the weighted prediction error variance over the domain under study and over the range of the varying parameter $\theta = (\theta_1, \theta_2)$

$$O(\eta) = \frac{1}{|\mathcal{X}|} \int_{\Theta} \int_{\mathcal{X}} \mathbb{V}(Z(x) - \hat{Z}(x)|\theta) w(x) p(\theta) dx d\theta$$

where

- $|\mathcal{X}|$ is the surface of \mathcal{X}
- $w(x)$ is a non uniform weight function, designed to obtain a more accurate mapping e.g. in densely constructed and highly populated areas
- $\theta = (\theta_1, \theta_2) \in \Theta$ is the uncertain parameter
- $p(\theta)$ is its associated prior

Optimization algorithms

Algorithm 1 Simulated annealing (SA, see [3])

```

Generate  $\eta_0$ 
for  $i = 1 \dots N$  do
  Simulate  $\zeta$  from  $q_{\eta_{i-1}}$ 
  Simulate  $u \sim \mathcal{U}_{[0,1]}$ 
  if  $u < \alpha = \min(\exp(\frac{O(\eta_{i-1}) - O(\zeta)}{T}), 1)$  then
     $\eta_i = \zeta$ 
  else
     $\eta_i = \eta_{i-1}$ 
  end if
  Decrease  $T$ 
end for

```

Algorithm 2 Interacting particle algorithm (IPA, inspired by [1])

```

Generate  $\eta_0^{(1, \dots, n)}$ 
for  $i = 1 \dots N$  do
  for  $j = 1 \dots n$  do
    Simulate  $\tilde{\eta}_i^{(j)}$  from  $q_{\eta_{i-1}^{(j)}}$ 
  end for
  Select the  $n/2$  best particles  $\tilde{\eta}_i^{(1, \dots, n/2)}$ 
  Generate  $\eta_i^{(1, \dots, n)}$  by resampling  $\tilde{\eta}_i^{(1, \dots, n/2)}$  with weights
   $\exp(-O(\tilde{\eta}_i^{(j)})) \times \Delta(\tilde{\eta}_i^{(j)})$ 
end for

```

where $\Delta(\eta)^{(j)}$ is a distance between η and $\eta_i^{(j)}$

We use the following propositional kernel

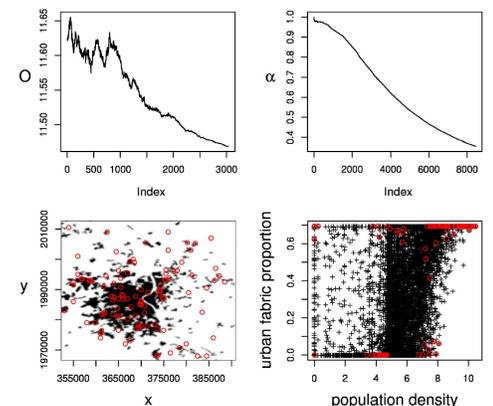
$$q = pq_1 + (1 - p)q_2, \quad p \in [0, 1]$$

where

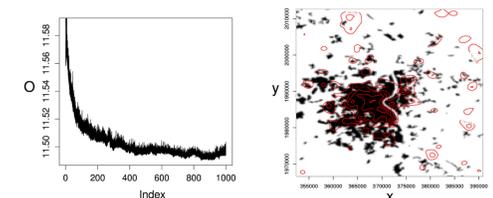
- q_1 moves one or several uniformly selected points in a disk of radius h_i
- q_2 replaces one or several uniformly selected points by one of its n_i nearest neighbours in the covariates cloud

Results

A third French agglomeration (Bordeaux) is taken as an application case. The performances of both algorithms are compared, in terms of optimization quality and computing time.



Optimal sampling design for Bordeaux (SA)

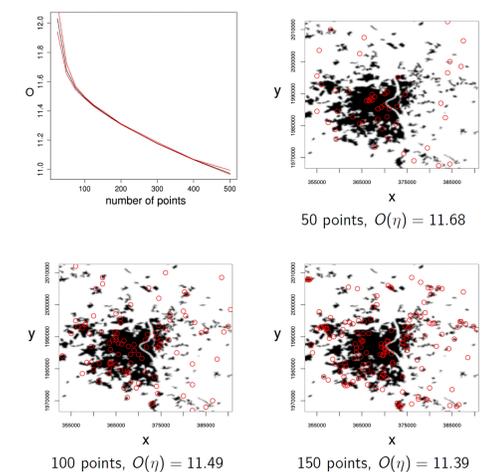


Optimal sampling design for Bordeaux (IPA)

SA performs slightly better in terms of minimization of the criterion. IPA is easier to parameterize and can be straightforwardly parallelized.

Dimension of the sampling design

By running several times one of the algorithms with an increasing number of points, one can decide the size of the network.



Conclusions

- The exposed methodology allows to generate optimal sampling schemes based on previously available information, including known relationships between the pollutant and environmental variables, and uncertainty about the covariance parameters.
- The proposed quality criterion can be modified according to the purpose of the survey.
- Two global optimization algorithms have been proposed and explored. SA performs better in terms of optimization but IPA produce a whole population of suboptimal designs. A combination of both will be investigated.
- Hints for choosing the numbers of samplers have been provided.

Acknowledgements The authors are grateful to the associations AIRAQ, ATMO Nord-Pas-de-Calais and ATMO Champagne-Ardenne for having supplied the data.

References

- [1] O. Cappé, A. Guillin, J.-M. Marin, and C. P. Robert. Population Monte-Carlo. *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 13(4):907–929, 2004.
- [2] J. P. Chilès and P. Delfiner. *Geostatistics, Modeling Spatial Uncertainty*. John Wiley & Sons, New-York, 2nd edition, 2012.
- [3] S. Kirkpatrick, C. D. Gelatt Jr., and M. P. Vecchi. Optimization by Simulated Annealing. *Science*, 220(4598):671–680, 1983.
- [4] T. Romary, C. de Fouquet, and L. Malherbe. Sampling design for air quality measurement surveys: An optimization approach. *Atmospheric Environment*, 45(21):3613 – 3620, 2011.

Caractérisation de la ressource en Energies Marines Renouvelables : production de paramètres d'intérêt pour la filière



Centre O.I.E.

Observation, Impacts, Energie
(Sophia Antipolis, France)

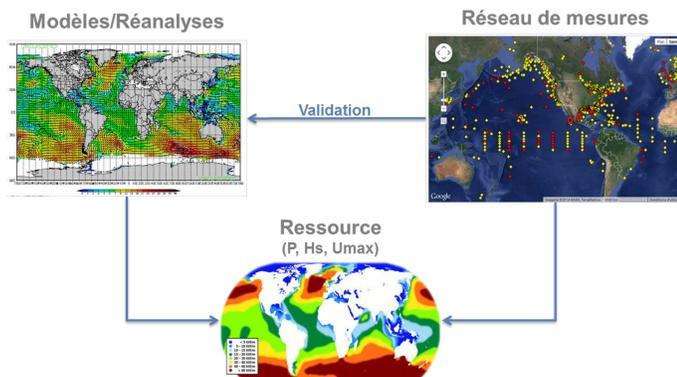
Parmi les éléments qui freinent le développement des Energies Marines Renouvelables (EMR), on trouve notamment la difficulté rencontrée par les acteurs du domaine à accéder à une caractérisation appropriée de la ressource. Les outils développés par la communauté océanographique donnent accès aux variables de base

qui permettent l'élaboration de ce genre d'information mais sont largement sous-utilisées dans le domaine des EMR. Les travaux présentés dans ce poster décrivent l'exploitation de ces variables pour la génération de paramètres d'intérêt pour les acteurs de la filière EMR.

AUTEURS

Jean Dubranna
Thierry Ranchin

La caractérisation de la ressource EMR

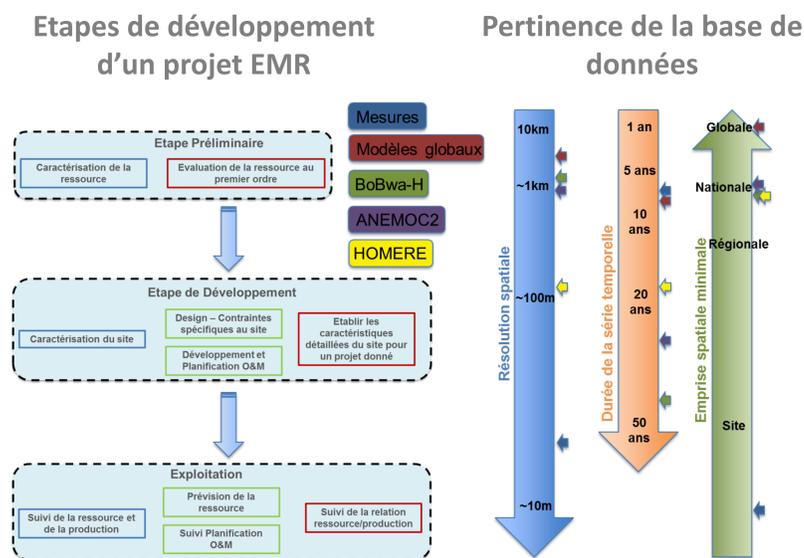


- La caractérisation de la ressource est basée sur l'exploitation de ré-analyses de climats de houle/courants et validées par un réseau de mesures.
- Le traitement et l'exploitation des séries temporelles issues de ces ré-analyses permet de caractériser spatialement et temporellement la ressource (houle et courant).

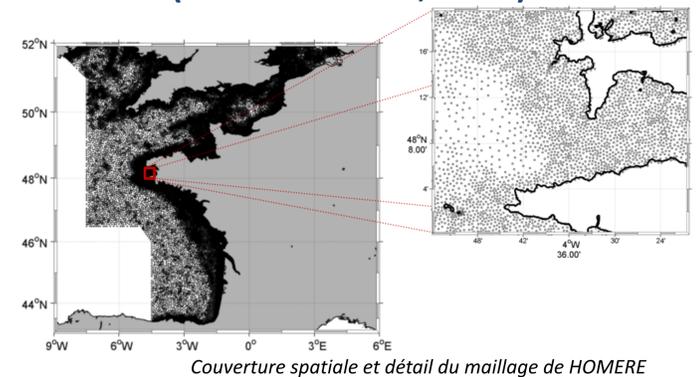
PARTENAIRES



Pertinence des bases de données existantes



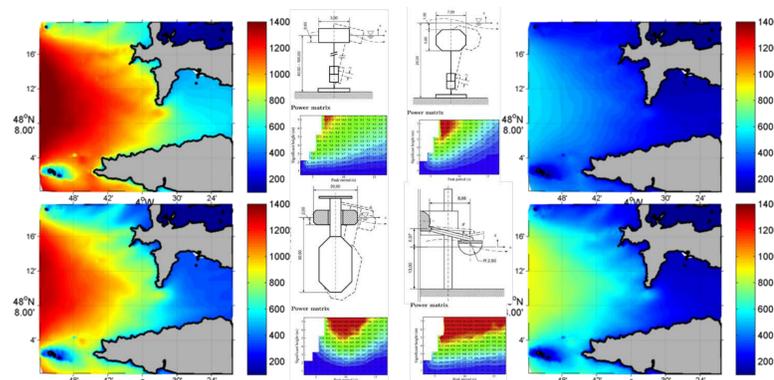
La réanalyse « HOMERE » (Boudière et al., 2013)



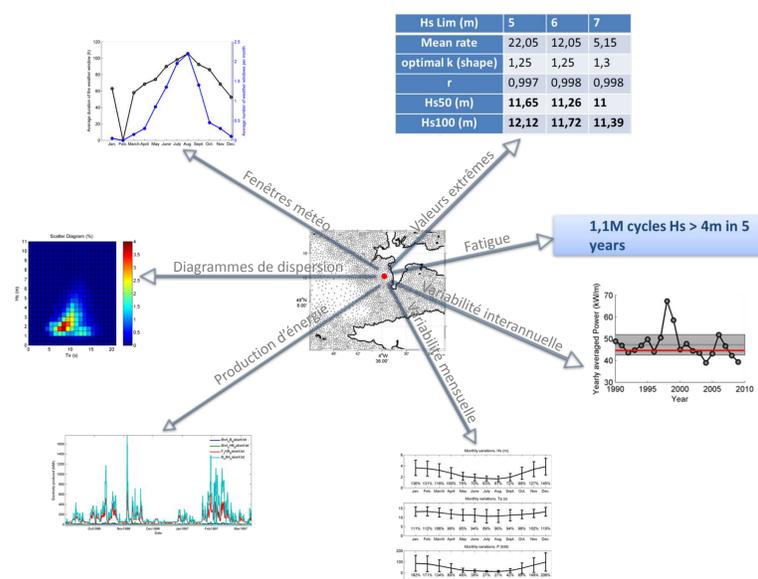
- Description courants, houles, vents
- Résolution temporelle horaire,
- Durée : 19 ans,
- Résolution spatiale max. 200 m

Informations générées à partir d' « HOMERE »

Informations spatialisées



Informations produites en chaque point de calcul de HOMERE



Moyenne annuelle de production d'électricité houlomotrice en fonction de la technologie (kWh/kW installé)

CONTACT

jean.dubranna@mines-paristech.fr

www.oie.mines-paristech.fr



Conclusion et Perspectives

Conclusion :

- Possibilité de générer des informations pertinentes, de qualité pour les acteurs de la filière EMR, basées sur des données environnementales

Perspectives :

- Génération de l'ensemble des paramètres sur la couverture complète de la base de données
- Diffusion de ces informations au travers de services Web et de l'atlas global de l'IRENA.

A reference LCA model for high temperature geothermal energy systems



Centre O.I.E.

Observation, Impacts, Energy
(Sophia Antipolis, France)

Context

“Bouillante” is a **high temperature geothermal** power plant (high temperature geothermal corresponds to a system where the reservoir temperature exceeds 150 °C at a depth of 1 km)

The reference LCA model is based **on three scenarios**:

- base scenario 1: the current “Bouillante” configuration (2 production units, cooling system by mixing with sea water, no reinjection)
- prospective scenario 2a: 1 production unit, tower cooling system and reinjection
- prospective scenario 2b: 1 production unit, aerocondenser cooling system and reinjection

Objective

To generate a **reference LCA model** to be used for high temperature geothermal systems. Initial data and configuration taken after the Bouillante geothermal power plant located in the Guadeloupe Island.

AUTHORS

Mathilde Marchand¹

Aline Marquand²

Isabelle Blanc¹

Frédéric Amblard¹

Sophie Bezelgues-Courtade²

Antoine Beylot²

¹ OIE MINES ParisTech

² BRGM

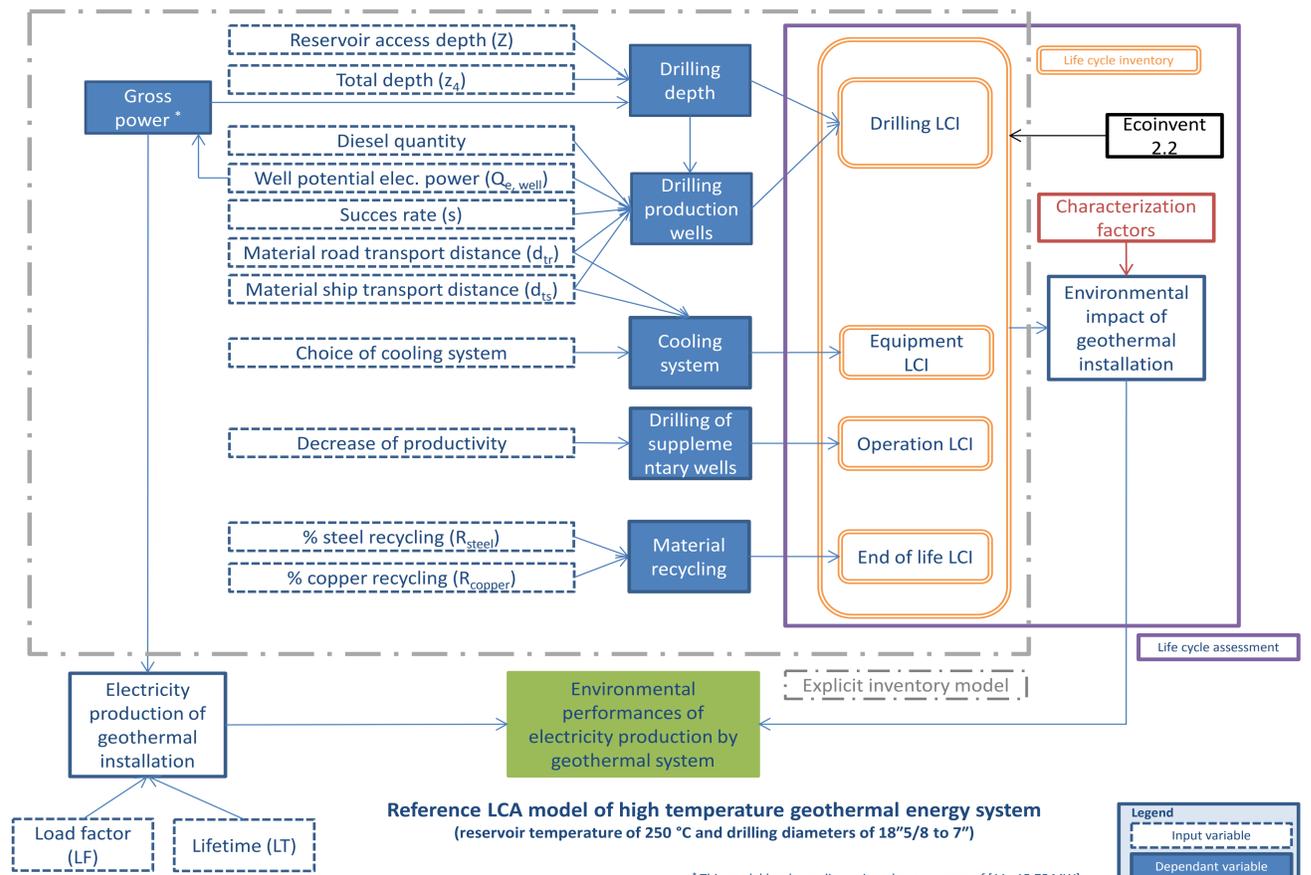
PARTNERS

ADEME



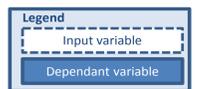
Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

Reference LCA model



Reference LCA model of high temperature geothermal energy system
(reservoir temperature of 250 °C and drilling diameters of 18”5/8 to 7”)

* This model has been dimensioned over a range of [11 ; 15,75 MW]



Assumptions

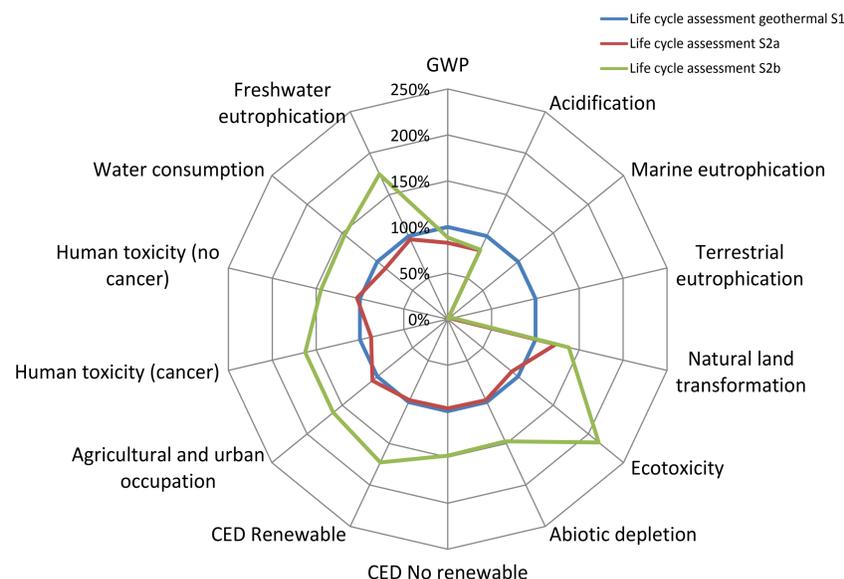
- number of exploration wells set at 3
- 1 production well = 1 reinjection well
- fixed surface machinery equipment
- no decrease of productivity in case of reinjection
- no emissions change according to tower and aerocondenser cooling systems modelling

Input variables

- $Q_{e,well}$: potential electrical power of well [MW_e]
- s : success rate [%]
- LF : load factor [%]
- LT : lifetime of installation [years]
- R_{steel} : steel recycling rate [%]
- R_{copper} : copper recycling rate [%]
- Z : reservoir access depth [m]
- z_4 : total depth [m]
- d_{tr} : material road transport distance [km]
- d_{ts} : material ship transport distance [km]
- Choice of cooling system

Results

- GHG range from **39.4 to 47.5 g CO_{2eq}/kWh** → coherent with literature (Hondo 2005, IPCC 2011, Sullivan 2010)
- Compared to scenario 1
 - › both prospective scenarios generate less local environmental impact (marine and terrestrial eutrophication and acidification)
 - › prospective scenario 2b generates larger environmental impacts related to background process (due to steel production)
- Environmental interest of geothermal fluid reinjection (IPCC 2011)



Reference

Hondo, H. 2005. "Life cycle GHG emission analysis of power generation systems: Japanese case." *Energy* 30(11-12 SPEC. ISS.):2042-2056.
 IPCC. 2011. "Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation - Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation."
 Sullivan, J.L., C.E. Clark, L. Yuan, J. Han, and M. Wang. 2010. "Life cycle analysis results of geothermal systems in comparison to other power systems." Energy Systems Division, Argonne National Laboratory.

mathilde.marchand@mines-paristech.fr
isabelle.blanc@mines-paristech.fr

www.oie.mines-paristech.fr



A PROSPECTIVE MAPPING OF ENVIRONMENTAL IMPACTS OF LARGE SCALE PHOTOVOLTAIC GROUND MOUNTED SYSTEMS BASED ON THE CDTE TECHNOLOGY AT 2050 TIME HORIZON



Context

- * Projection of worldwide annual photovoltaic (PV) power generation in the utility sector: multiplication by a factor of 190 from 2010 to 2050 (from 8 TWh to 1 498 TWh) [IEA, 2011].
- * Prospective environmental impacts and electricity production capacity of PV systems need to be assessed to know in which proportion and where they should be developed to maximize the electricity production while minimizing their environmental impacts.
- * CdTe is a very promising technology to be investigated at large scale.

O.I.E. Center Observation, Impacts, Energy
(Sophia Antipolis, France)

Objective

- * to study the **greenhouse gases (GHG) performance of large scale PV ground mounted systems (5MWp) based on the CdTe technology**
- * to compare the **current (2011-2013) and prospective (2050) situation under different scenarios for - technological improvements - future electricity mixes - module manufacturing origin**
- * to realize **maps of these performances**

$$\text{GHG performance} = \frac{\text{GHG emitted (in gCO}_2\text{eq)}}{\text{electricity produced (in kWh)}}$$
 over the life cycle of the system

Authors

Camille Marini (MINES ParisTech)
Isabelle Blanc (MINES ParisTech)

Method

GHG performances assessed with a **parameterized Life Cycle Assessment (LCA) model** (Figure 1)

- Input parameters** (Table 1):
- parameters associated with spatial variability
 - parameters that are likely to evolve in the future

6 prospective scenarios:

- 3 technological scenarios [Itten et al., 2014]
- 3 scenarios for future electricity mixes [IEA, 2011]
- * BAU: business as usual
- * REAL: realistic changes
- * OPT: optimistic change
- * S1: "Current Policies scenario"
- * S2: "New Policies scenario"
- * S3: "450 scenario"

Table 1: Parameters of the parameterized LCA model, and their current (2010-2014) and prospective values (around 2050)

Parameter	Unit	Current value	Prospective value
CdTe layer thickness	µm	3 [Itten et al., 2014]	BAU: 2 REAL: 1 OPT: 0.1 [Itten et al., 2014]
Material Utilisation rate	%	55 [Marwede and Reller, 2012]	BAU: 70 REAL: 85 OPT: 99 [Marwede and Reller, 2012]
Module Manufacturing origin		Germany, USA, Malaysia [Dominguez-Ramos et al., 2010a]	Germany, USA, Malaysia, China
Electricity mix	gCO ₂ eq/MJ	values for 2013 [IEA, 2013]	IEA scenarios for 2035 [IEA, 2011] S1, S2, S3
Site location		Europe	
Irradiation	kWh/(m ² ·yr)	For Europe, Helioclim 3 database (2011-2013) [Blanc et al., 2011]	
Module efficiency	%	11.7 [Itten et al., 2014]	BAU: 17.7 REAL: 19.9 OPT: 22.7 [Itten et al., 2014]
Life Time	yr	30 [Itten et al., 2014]	BAU: 30 REAL: 35 OPT: 40 [Itten et al., 2014]
Degradation	%	0.5 [Strevel et al., 2014]	
Performance Ratio	%	80 [IEA PVPS, 2011]	
Electricity quantity (Reduction in comparison with actual value)	%	0	BAU: 14 REAL: 19 OPT: 26 [Itten et al., 2014]
Metal recovery rates	%	Al: 35, Cu:40, steel: 45 [Beylot et al., 2014]	Al: 79, Cu:76, steel: 90 [Bergesen et al., 2014]

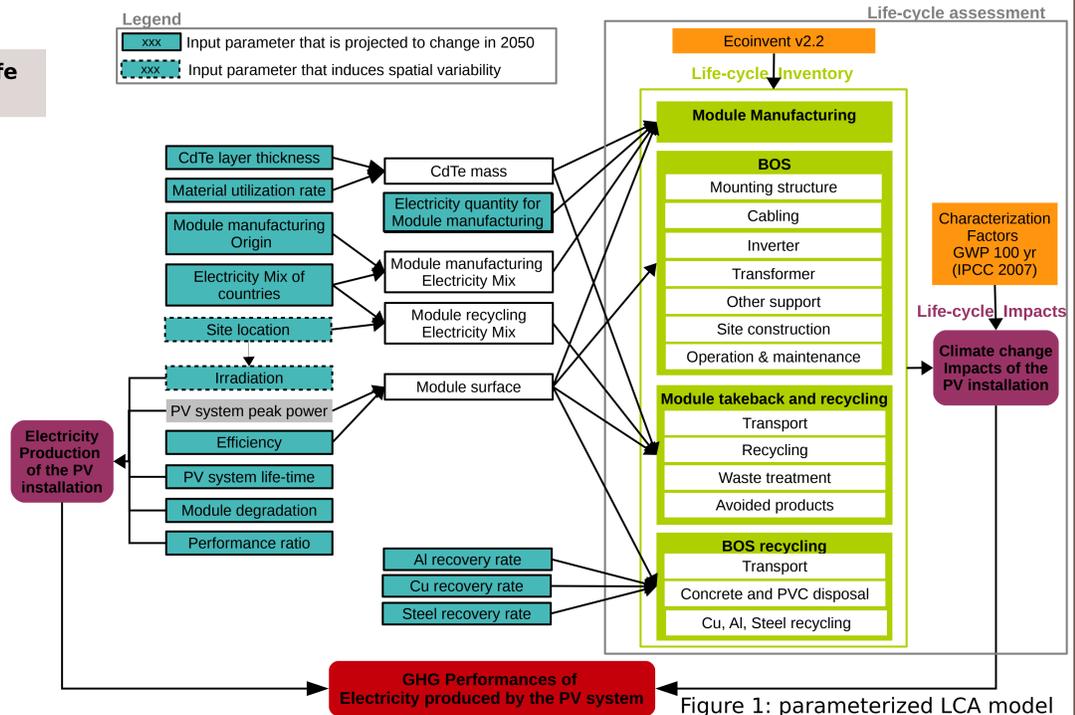


Figure 1: parameterized LCA model (1st version - to be refined)

Other data:

- * Background processes: ecoinvent 2.2
- * Reference fluxes:
 - Module manufacturing: data from **first solar** (Germany, US, Malaysia)
 - BOS: data from first solar [Sinha and Wild-Scholten, 2012]
 - Module takeback and manufacturing [Sinha et al., 2012]
 - BOS recycling [Beylot et al., 2014] [Bergesen et al., 2014]

Partners

With the support of



As a contribution to IEA PVPS Task 12

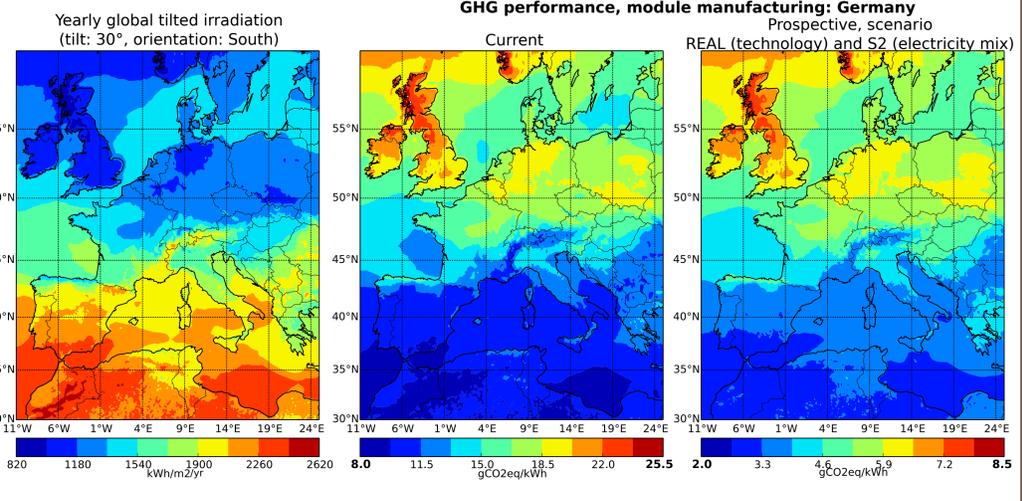
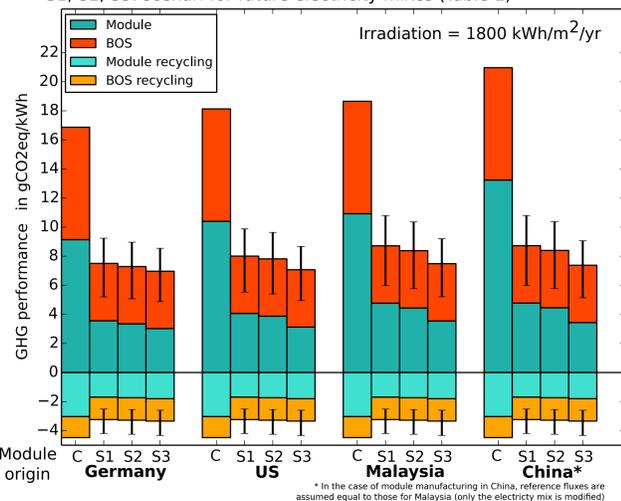


Results

Summary of overall reduction in GHG performances between now and 2050

Scenario	BAU	REAL	OPT
S1	48-56%	61-67%	70-75%
S2	52-59%	63-69%	72-77%
S3	61-69%	71-76%	77-82%

Current (C) and prospective GHG performance for the REAL scenario. "Error bars" represent values obtained for the OPT and BAU scenario. S1, S2, S3: scenario for future electricity mixes (Table 1)



Contact

isabelle.blanc@mines-paristech.fr
camille.marini@mines-paristech.fr
www.oie.mines-paristech.fr



Future work

- > Development of a **webservice** based on the parameterized LCA model, with a worldwide coverage.
- > Contribution to **scenarios assessment** integrating high levels of renewable energies

Fishing Gear Recognition from VMS Data of the Indonesian Fishing

Auteurs

Marza Ihsan Marzuki
Ronan Fablet
Mines-Telecom Institute
Telecom Bretagne
Brest, France

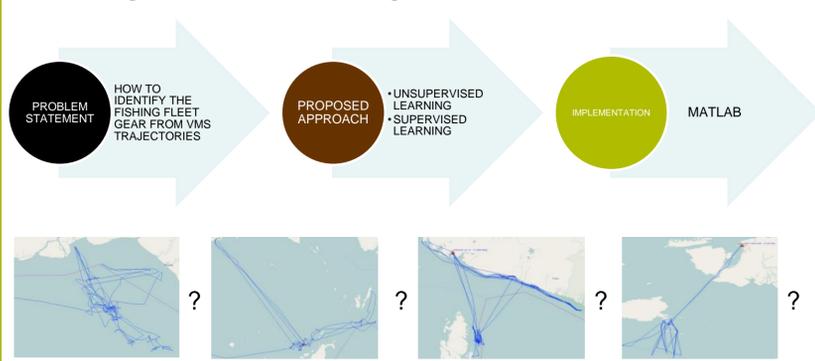
Partenaires



ABSTRACT

Knowing different fishing vessel pattern for any types of fishing gear from Vessel Monitoring System (VMS) data is a key important to detect the anomaly of the utilisation of illegal fishing gear. We introduce the new method to recognize the fishing gear from its trajectory. First we did unsupervised regime identification for each type of fishing gear to identify the behavioral patterns of trajectories. Second we add other descriptors such as the ratio of the distance maximum and total distance, mean duration of each regime of each fishing gear, and mean position for each trajectory. Finally we used supervised classification to recognize the fishing gear. By all these descriptors we could increase the percentage of the classification rate. The results showed that the mean correct of classification rate was 90,08% for year 2012. By this method it is promising that we could identify the fishing gear type from the trajectories of the VMS data.

THE PROBLEM DEFENITION



METHOD

PREPROCESSING

- DATA SELECTION :
 - Name of vessel, gear type, longitude, latitude, date & time
- FILTER the data:
 - Duplicate date and time
 - Very close date and time (< 120 second) in one trajectory
 - 5 times from averages speed (spike)
 - Speed = 0
- BASIC VARIABLES :
 - Speed
 - Turning Angle

FEATURE EXTRACTION

- UNSUPERVISED REGIME IDENTIFICATION :
 - GMM Method with EM algorithm
- ADDING ANY OTHER DESCRIPTORS :
 - Ratio distance maximum and total distance
 - Mean duration of each regime of each fishing gear
 - mean position for each trajectory

SUPERVISED CLASSIFICATION

- GEAR RECOGNITION USING SUPPORT VECTOR MACHINE ALGORITHM

Total Time Spent In One Regime

- We use GMM method [2] to identify the regime for each fishing gear from the VMS trajectories

$$p(x|\lambda) = \sum_{i=1}^M w_i g(x|\mu_i, \Sigma_i)$$

$$g(x|\mu_i, \Sigma_i) = \frac{1}{(2\pi)^{D/2} |\Sigma_i|^{1/2}} \exp\left\{-\frac{1}{2}(x - \mu_i)^T \Sigma_i^{-1} (x - \mu_i)\right\}$$

Where, x : D-dimensional continuous-valued data vector (speed and turning angle)
 w_i : mixture weights, $i = 1, \dots, M$ and satisfy the constraint that
 μ_i : mean vector
 Σ_i : covariance matrix

- The maximum likelihood (ML) to estimate the parameters of the GMM with expectation-maximization (EM) algorithm

$$p(x|\lambda) = \prod_{t=1}^T p(x_t|\lambda)$$

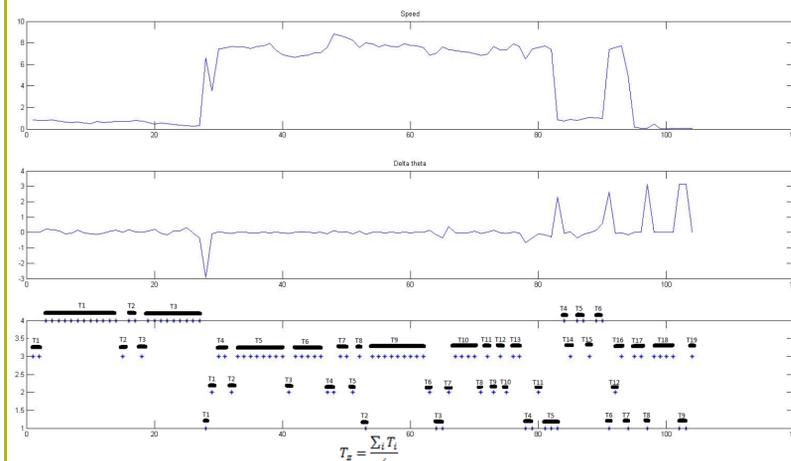
- The a posteriori probability for component i

$$Pr(z_t=i|x_t, \lambda) = \frac{w_i g(x_t|\mu_i, \Sigma_i)}{\sum_{k=1}^M w_k g(x_t|\mu_k, \Sigma_k)}$$

- A joint density function:

$$\pi(i) = \sum_t Pr(z_t=i|x_t, \lambda)$$

Mean Duration Of Each Regime Period

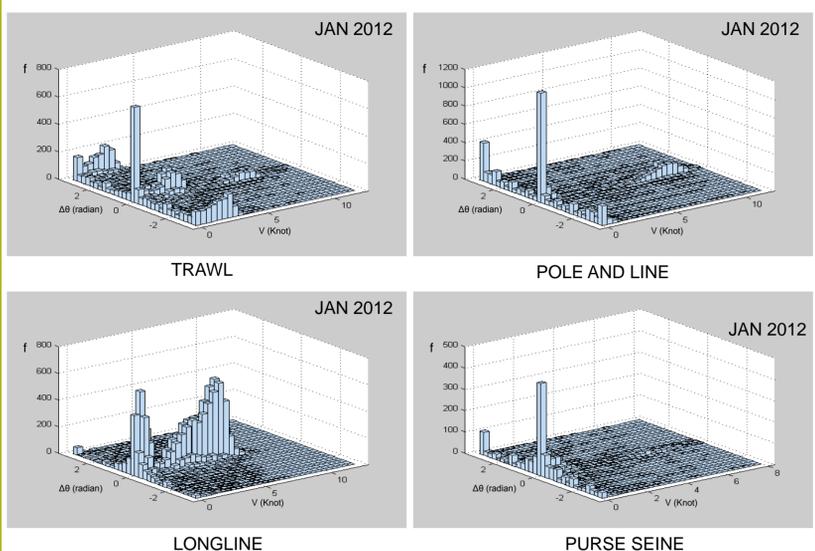


MATERIAL

We used Vessel monitoring system (VMS) data from 2011 to 2013. VMS data is Global Positioning System (GPS) positions of the fishing vessels that were transmitted hourly to the Fisheries Monitoring Centre (FMC) by satellite communication (Argos, Inmarsat, Iridium, Garuda-1).

In this study we concern with four gear type categories as follow: trawlers, longline fleet, pole and line and purse-seiners. Total VMS data records for all these categories were 17.570.431 records.

STATISTICAL ANALYSIS OF THE VMS DATA



REFERENCE

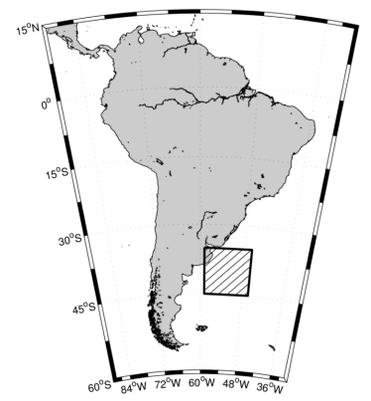
[1] E. Walker, D. Gaertner, P. Gaspar, N. Bez., 2010. Fishing activity of tuna purse seiners estimated from VMS data and validated by observer's data. Collect. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 65(6): 2376-2391

[2] Reynolds, D., Gaussian mixture models, MIT Lincoln Laboratory, 244 Wood St., Lexington, MA 02140, USA.

Fishing vessel activity can be analyzed from VMS trajectories data [1]. As shown in these picture we could make an hypothesis that each type of fishing vessel gear should depict specific trajectory characteristics.

RESULTS

YEAR	SEASON	Confusion Matrix				Mean Correct of Classification Rate	Note
		Trawl	Longline	Pole and Line	Purse Seine		
2011	ALL SEASON	403	28	9	4	84,30%	Trawl: 0,9076, Longline: 0,9572, Pole & line: 0,8826, Purse seine: 0,6243
		37	2530	28	48		
		7	21	233	3		
		4	64	3	118		
2012	ALL SEASON	301	26	6	0	90,08%	Trawl: 0,9039, Longline: 0,9502, Pole & line: 0,8325, Purse seine: 0,9167
		48	1984	23	33		
		2	30	159	0		
		1	8	0	99		
2013 (not include December)	ALL SEASON	260	20	4	1	86,08%	Trawl: 0,9123, Longline: 0,9508, Pole & line: 0,8025, Purse seine: 0,7778
		17	1701	24	47		
		1	26	130	5		
		4	27	1	112		



Authors

Pierre Tandeo
Ronan Fablet
 Mines-Telecom Institute
 Telecom Bretagne
 Brest, France

Pierre Ailliot
 University of Brest
 Mathematics Laboratory
 Brest, France

Martin Saraceno
 National Scientific and
 Technical Research
 Council
 Buenos Aires, Argentina

Partners



References

[1] Jouini et al. (2013) Reconstruction of satellite chlorophyll images under heavy cloud coverage using a neural classification method, REMOTE SENS ENVIRON, vol. 131, pp. 232-246

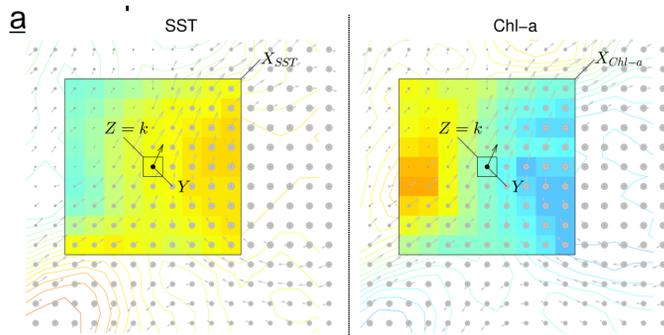
[2] Tandeo et al. (2014) Segmentation of Mesoscale Ocean Surface Dynamics Using Satellite SST and SSH Observations, IEEE T GEOSCI REMOTE, vol. 52(7), pp. 4227-4235

Abstract

Here, we address the reconstruction of sea surface currents from satellite ocean sensing data. We use daily high resolution SST (Sea Surface Temperature) and Chl-a (Chlorophyll-a) satellite observations. State-of-the-art methods exploit classical optical flow schemes or nonlinear regression techniques [1]. Here, we propose an alternative, motivated by our recent identification of upper ocean dynamical modes [2]. We show that a Markov-switching latent class regression model is able to capture the spatiotemporal variabilities and to reconstruct sea surface currents from other active/passive tracers.

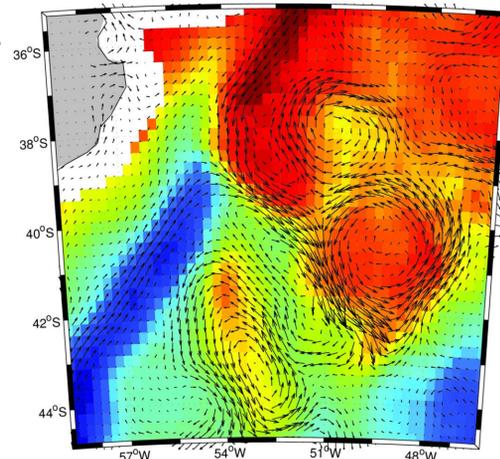
Method

□ Patch-based

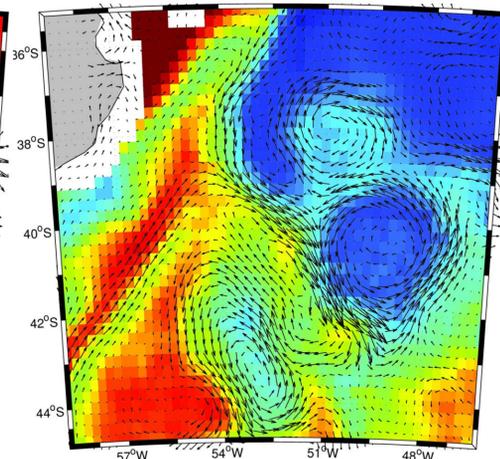


Motivations

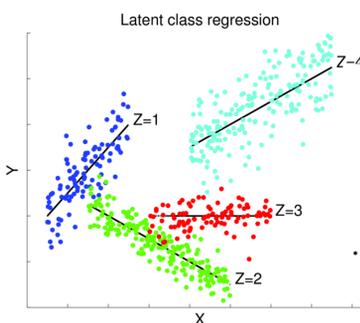
SST (RSS) & Currents (Aviso)



Chl-a (MODIS) & Currents (Aviso)



□ Latent class regression:

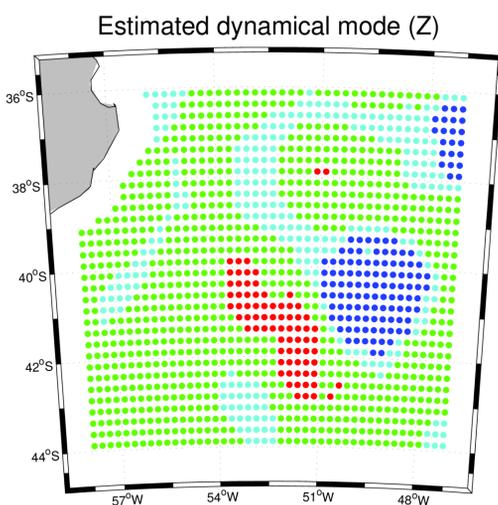


□ Hidden Markov model:

$$\begin{array}{ccc}
 \mathbf{X}(s, t-1) & & \mathbf{X}(s, t) \\
 \downarrow & & \downarrow \\
 \mathbf{Y}(s, t-1) & & \mathbf{Y}(s, t) \\
 \uparrow & & \uparrow \\
 \dots \rightarrow \mathbf{Z}(s, t-1) & \rightarrow & \mathbf{Z}(s, t) \rightarrow \dots
 \end{array}$$

Results

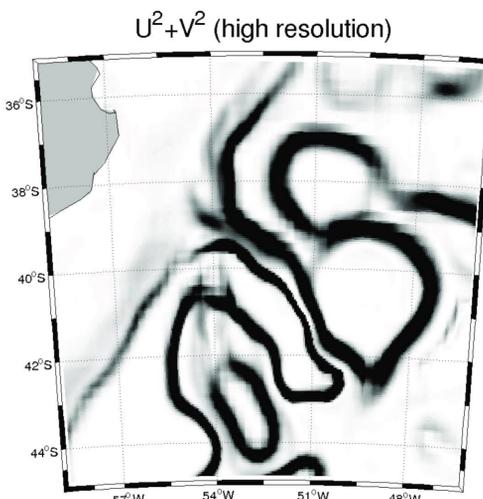
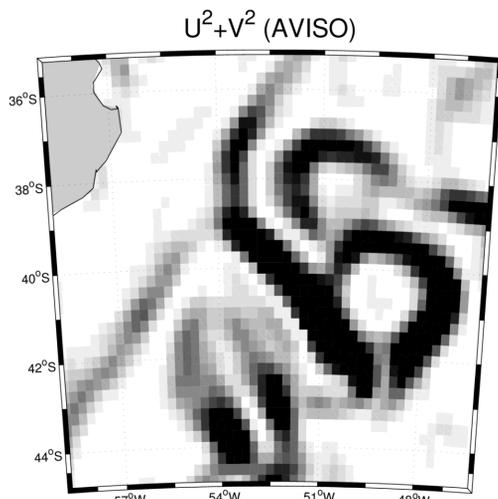
□ Estimated latent variable (Z):



□ Physical interpretation:

	Z=1	Z=2	Z=3	Z=4
Temperature anomaly	very cold	cold	very hot	hot
Nutrient concentration	high	variable	very low	low
Current	strong (cyclonic)	weak	strong (anticyclonic)	weak

□ Estimated surface currents (Y):



Conclusions

The Markov-switching latent class regression model provides a simple, parametric and physically interpretable approach to study the synergy between satellite sensors and geophysical parameters at the surface of the ocean. The considered case study within the Brazil-Malvinas confluence zone demonstrates that our model retrieves high-resolution space-time details which cannot be resolved by the classical altimeter-derived products.

Background

Land Use and Land Cover Changes (LULCC) represent a key factor for a sustainable development.

Among LULCC, those linked to agriculture activity appears to be as the main source of the environmental degradation (water pollution, soil erosion, biodiversity reduction...).

Agriculture areas are characterized by very high spatio temporal changes generally monitored by remote sensing data (optical, SAR)

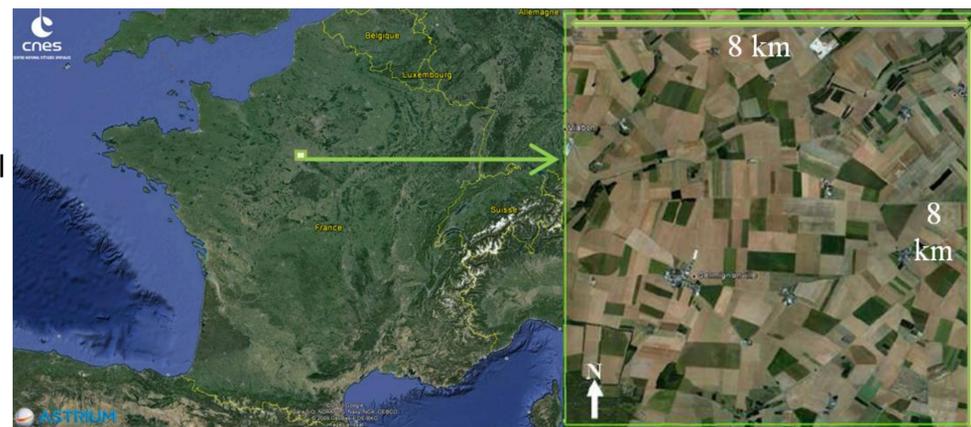
■ Synthetic Aperture Radar (SAR) sensors offer interesting potentialities for monitoring this type of land use (active remote sensing, very high spatial and temporal resolutions...)

Objectives

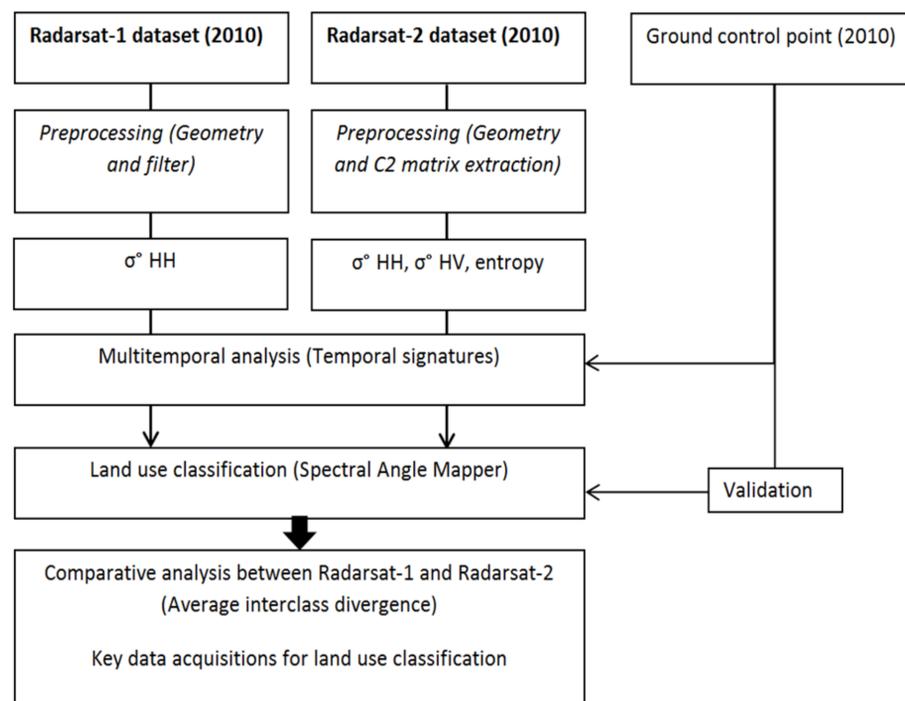
■ Evaluate the use of multitemporal SAR data for land use and land cover classification in an area characterized by high spatiotemporal dynamics (crops successions, land use practices).

■ Evaluate the contribution of polarimetric information vs SAR data mono polarisation.

■ Evaluate “key data acquisition” for land use classification optimization in our study area.



Data, methodology and results



■ Land use classification with the complete Radarsat 1 or 2 dataset provide a Kappa Index of 0.94 (Four types of land use : Maize, Wheat/Barley,Rapeseed, Others)

■ Radarsat-1 dataset analysis with the average interclass divergence analysis:

- Less informative images are identified in January (1/7 and 1/31) during the winter season (intercrop)
- More informative images are identified in May and August (5/7, 9/4 and 9/28) during major agricultural practices (sowing, harvesting...)
- Performance with the only 3 more informative images provides a severely degraded Kappa Index (0.2)

■ Radarsat-2 dataset analysis with the average interclass divergence analysis:

- Dynamic of the Kappa Index is much more concentrated with the Radarsat-2 data than with the Radarsat-1 data
- The three best dates identified are in may (5/19) , June (6/12) and November (11/27) and provide a Kappa Index of 0.88

Auteurs

Grégoire Mercier
Telecom Bretagne

Samuel Corgne
Delphy Dallon
UMR CNRS 6554 LETG
Rennes – COSTEL

Partenaires



Auteurs

Grégoire Mercier
Telecom Bretagne

Sébastien Giordano
IGN / ENSG

Jean Paul Rudant
ESYCOM / Univ. Paris Est

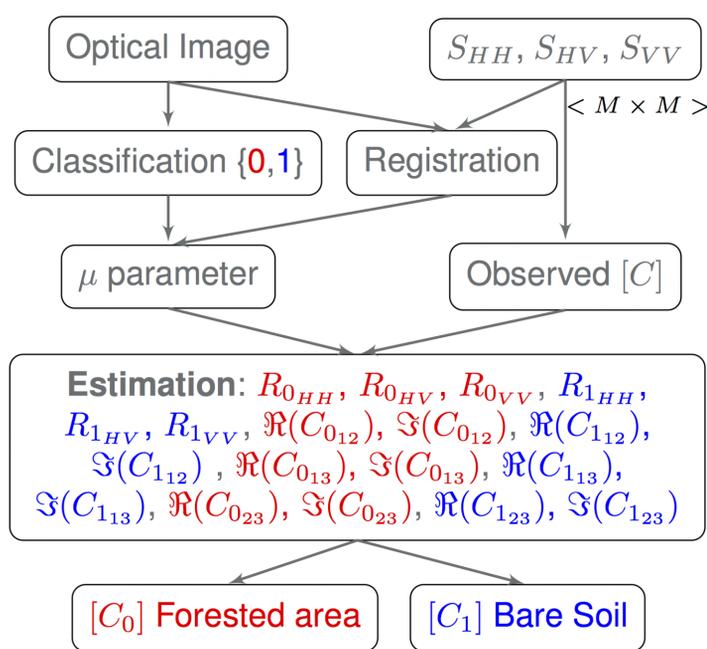
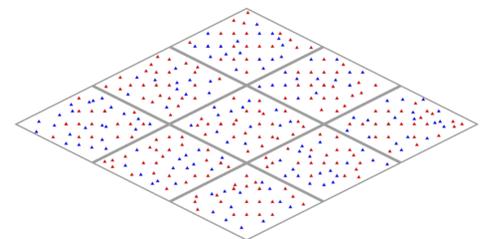
Partenaires



Decomposition polarimétrique en cas de mélange

Principe

- La décomposition polarimétrique n'est pas robuste à un mélange de classes thématiques
- Proposition de démélange de signatures radar polarimétrique à partir d'une image optique très haute résolution
- Carte d'occupation des sols par décompositions polarimétrique par classe



Méthodologie

Extension des hypothèses de Goodman

- Le modèle de mélange reste linéaire, même pour les matrices de covariances polarimétriques

$$[C] = \mu[C_0] + (1 - \mu)[C_1]$$

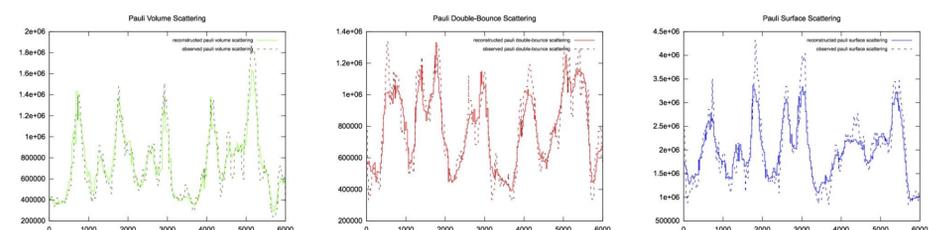
- Application à un problème à 2 classes : **Forêt / sol nu**

Données

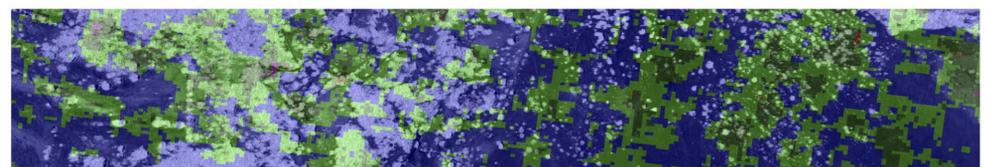
- Images SLC Full Pol 5m acquise le 27 juin 2012
- Images optique aéroportée, 25cm, acquise le 22 juin 2012
- Zone atelier de Forcalquier
- Transition entre des zones de forêt et des zones de sol nu

Résultats

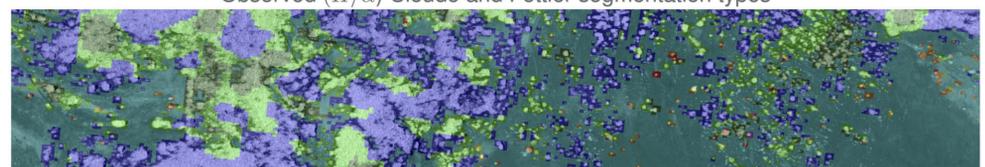
- Le modèle linéaire permet d'éclater l'information polarimétrique en fonction des classes d'occupation des sols
- Les termes diagonaux de la matrice de covariance (ou de cohérence) sont particulièrement bien reconstruits
- Les Résultats de décomposition cohérente par (H, α) semblent très cohérent par classe d'occupation des sols.



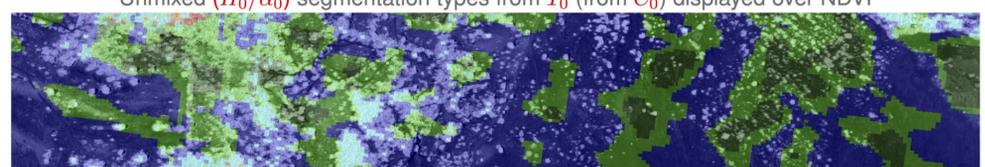
Observed and Reconstructed Pauli volume, double-bounce and surface scattering performed based on a transect



Observed (H/α) Cloudé and Pottier segmentation types



Unmixed (H_0/α_0) segmentation types from T_0 (from C_0) displayed over NDVI



Unmixed (H_1/α_1) segmentation types from T_1 (from C_1) displayed over NDVI



Perspectives

- Evaluer finement l'influence du paramètre de mélange μ
- Evaluer la signification thématique des matrices de covariance C_0 et C_1
- Evaluer l'impact du démélange sur la caractérisation de l'occupation des sols dans les régions mixtes.

Auteurs

Sylvain LOBRY (Télécom ParisTech/CNES)
 Florence Tupin (Télécom ParisTech)
 Roger Fjørtoft (CNES)
 Jean-Marie Nicolas (Télécom ParisTech)

Contexte

- Étude de la dynamique des eaux cruciale pour gestion des ressources et pour la compréhension des processus hydrologiques (ex: mousson).
- Récemment, données spatiales utilisées en plus des données acquises *in situ* pour les grands bassins (ex: l'amazone).
- Difficultés pour obtenir des données sur des bassins à largeur de l'ordre de 100m (ex: la Seine) car résolution trop faible.



SWOT

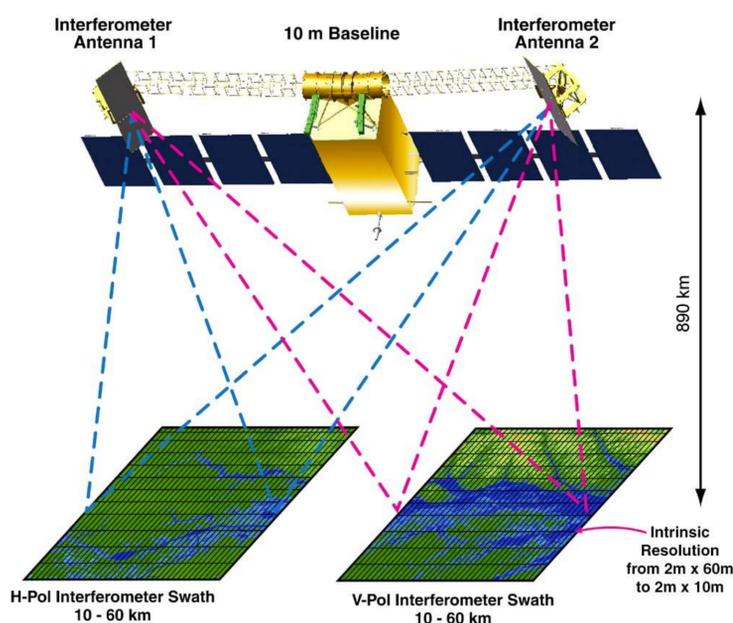
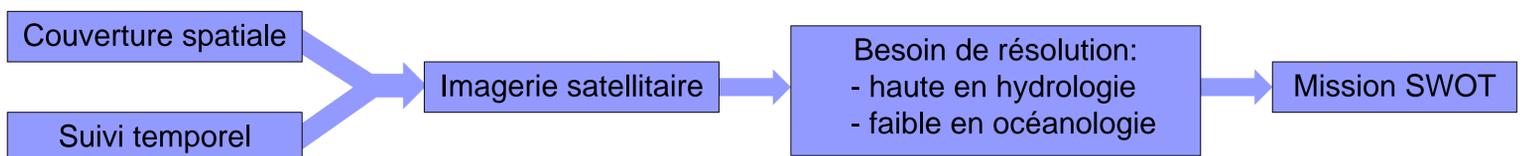


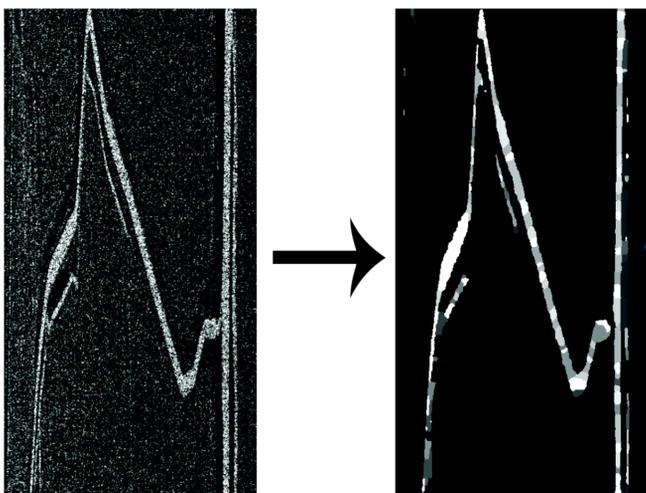
Schéma de SWOT- KaRIn

Mission SWOT

- Mission menée par le CNES et la NASA.
- Utilisation d'un capteur radar interférométrique mono-passe.
- SWOT permettra d'obtenir des données avec une résolution de 5m x 10-70m.
- Temps de revisite de 22 jours pour un suivi dans le temps quelles que soient les conditions météorologiques.
- Eau non visible sur les systèmes radar classiques:
 - ⇒ Utilisation de la bande Ka (35.6GHz) afin de mieux faire ressortir les surfaces d'eau rugueuses.
 - ⇒ Angle de visée faible (entre 1 et 4°), mais implique fort effet de recouvrement.
- Travail en amont de la mission SWOT (2020), pas d'images représentatives et réalistes disponibles:
 - ⇒ Plusieurs simulateurs aux caractéristiques différentes (images représentatives mais pas forcément réalistes).
 - ⇒ Images aéroportées « AirSWOT » (angles d'incidences différents).

Problématique

- Détecter les rivières fines à partir de 100m de largeur avec un taux d'erreur inférieur à 15%. Dans un second temps, les rivières à partir de 50m de largeur (avec un taux d'erreur inférieur à 25%).
- Image acquise corrompue par un bruit multiplicatif fort (bruit de chatoiement) inhérent à l'imagerie cohérente ainsi que du bruit thermique au niveau du capteur. Les techniques classiques de traitement des images ne sont donc pas directement applicables.



Exemple de résultat

Travaux effectués et axes de recherche

- Deux stages et quatre études R&T réalisés au CNES sur cette problématique en amont de la thèse avec comparaison de différentes méthodes. Proposition d'une méthode au niveau pixellique par le JPL.
- Création d'un jeu de données plus conséquent et réalisation d'un protocole de test sur ce jeu de données.
- Approches de pré-traitements basées sur des approches non-locales d'estimation pour s'adapter à la forme du réseau.
- Approches multi-échelles avec intégration d'*a priori* et fusion.
- Intégration de l'information multi-temporelle.
- Collaboration avec Nicolas Flipo (Mines ParisTech) pour les aspects hydrologiques.

46, rue Barrault
75634 Paris Cedex 13
France
Tél. +33 (0)1 45 81 80 80
www.mines-telecom.fr



INSTITUT
Mines-Télécom
