

Ateliers

Géométries et usages Bassin de Paris

Jeudi 24 janvier 2019
09h00 – 17h00
Auditorium Brgm Orléans

Introduction

Rappel du contexte RGF : P. Nehlig

Choix du chantier Bassin parisien - Objectif de l'atelier : P. Audigane

Chantier avec des enjeux sociétaux forts et de nombreuses applications possibles nécessitant une mise à jour efficace des connaissances géologiques.

Focus sur le Cénozoïque au cœur du bassin, avec une priorité sur le Grand Paris, et les formations Tertiaires et Quaternaires.

1^{er} atelier sur les Géométries 3D des corps sédimentaires du Cénozoïque et leurs propriétés :

- Revisiter les géométries
- Cartographier et spatialiser les propriétés
- Assurer des corrélations fiables
- Rôle et cartographie des failles

Session : Quelles géométries, quelles propriétés et pour quels usages ?

▪ Géotechnique (G. Noury, C. Kreziak)

BRGM :

- Aléas à considérer : Retrait Gonflement Argiles, Glissement, Remontée de nappes → carrières, gypse, karsts, quelle géométrie ?
- Contexte Grand Paris → enjeux forts liés aux coûts.
- Lien géologie-géotechnique et lien géotechnique-géologie (formation/altération) → créer un cercle vertueux.
- Echantillonnage => spatialisation.
- Continuité/discontinuité, homogénéité/hétérogénéité, facteur d'échelle (labo, terrain, échantillonnage, modèles, ...).
- Analyse de sensibilité, incertitudes.
- Base de données sur les cavités souterraines, aléas « argile », BSS et remontée de nappes, <http://www.georisques.gouv.fr/dossiers/cavites-souterraines#/>
- De la carte au modèle ?

CEREMA :

- Amélioration de la compréhension spatiale des dépôts à l'échelle de la Plaine de France (93) dans le cadre du Grand Paris Express.
- Mécanisme et datation des processus d'altération/dissolution.
- Fonctionnement des failles de décompression en bordure de la vallée du Loing (77).
- Datation des remplissages karstiques de la craie. Amélioration des cartes piézométriques des nappes du Lutétien et de l'Yprésien supérieur dans des zones où la densité de points était faible pendant les campagnes de relevés de 2013 et 2014. Interactions entre les formations aquifères de l'Eocène supérieur, plus profondes.

▪ Hydrogéologie (N. Dorfliger, A. Rivière)

- Représentation géologique 3D pour établir un modèle 3D hydrogéologique, i.e. une représentation en 3D des formations aquifères et aquitards et des failles.
- Obtenir le champ des paramètres hydrodynamiques et mieux comprendre l'organisation des écoulements et les échanges potentiels entre aquifères, voire établir un modèle génétique des dépôts.
- Puissance de la zone non saturée, passer d'une info 2D à 3D, répartition spatiale de la recharge (zones d'infiltration par rapport aux faciès).
- Relations entre eaux de surface et eaux souterraines : objectif quantité/qualité de la ressource, état des écosystèmes.
- Description des systèmes karstiques tertiaires (notamment du gypse).
- Une représentation pour faire le lien entre RGF, et le référentiel BDLISA -référentiel de la limite des systèmes aquifères et le SIGES Seine Normandie.
- Une intégration des infrastructures souterraines (bâtiments, parkings, caves, carrières, lignes de métros-RER).

▪ **Géothermie (P. Monnot)**

- Géothermie de surface et de minime importance (cadre réglementaire (< 200 m et < 500 k > W, < 25/32 et 80 m³/h).
- Forages d'eau (doublets, multiplets), sonde géothermique en circuit fermé, champ de sondes.
- Autres types d'échangeurs (hors GMI): pieux énergétiques, capteurs horizontaux, et corbeilles géothermiques.
- Phénomènes redoutés : affaissement insurrections liés aux évaporites, aux cavités (hors mines), Mouvements, glissement de terrains, pollutions des sols et nappes, artésianisme, mise en communication des aquifères, remontée de nappes et biseau salé.
- Apport RGF : Consolidation des interpolations • Cartographie des ressources à la maille 250mx250m • Cartes de fiabilité de la donnée • Pertinence/fiabilité des études (modélisation, atlas du potentiel ou de la ressource, etc.).

Session : **Etat des connaissances du Cénozoïque du Bassin de Paris**

▪ **Quaternaire**

I. Cojan, C. Prognon

Formations alluviales :

- Géométrie mal contrainte, mal connue; données éparses en fonction des zones de l'intérêt (ex. beaucoup de données sur la Bassée).
- Profil altération des terrasses, le talus cache des informations

Formations lœss et dérivés :

- Epaisseur totale : non ou rarement connue, mais important pour les aménageurs, la géothermie, l'agriculture, l'érosion des sols... Où l'obtenir? : BSS insuffisante, car souvent dans le 0-10m (le code minier oblige le déversement des données pour les ouvrages dépassant 10 m de profondeur) ; de la donnée existe à l'INRAP, anciens CETE – CEREMA ; aménageurs ; BE et académiques (études locales).
- Géométrie/lithologie/propriétés au sein des lœss : généralement homogènes, mais dans le détail les lœss comportent souvent des profils d'altération/pédogénèse (argilisation) ou sont sableux, colluvionnés, ... Les coupes de références sont bien documentées.
- Problématique des « limons des Plateaux ».
- Études : analyses isotopiques, datations OSL, etc., sédimentologie, etc. également pour reconstructions paléoclimatiques.

Formations de pentes :

- Géométrie mal connue, représentations très inégales sur les cartes, toutefois formations importantes en domaine de bassin, avec des déplacements de matières importants.
- Echelle 1/50 000 non adaptée, à regarder à une échelle plus fine.

Autres types de dépôts: tourbes, dépôts fins des complexes holocènes des ZH ; travertins et concrétions carbonatées :

- Dépôts anthropiques => (important à considérer en géologie urbaine)
- Géométries à des échelles plus fines.
- Défis: représentation 3D des géométries quaternaires; évolution des propriétés et géométries en lien avec le changement global.
- => question sur les datations, l'âge des buttes à Paris, de la mise en place des reliefs; apport des traceurs cosmogéniques.

▪ **Tertiaire**

J. Briais (thèse)

- Géométrie à partir de données d'affleurement, mais pas uniquement, au vu du nombre limité d'affleurements.
- Intégration de données diagraphies, géophy, biostrati.
- Méthode strati séquentielle.
- Par intervalle de temps, carte d'extension de faciès.
- Log synthétique : du Danien, sables thanétiens, très homogènes, bons réservoirs), Yprésien (sables argileux, mal triés), calcaires lutétiens, environnements sabkhra avec dépôts évaporitiques.

- Géométrie en 2 D : remplissage discontinu, lacunes de sédimentations avec des grandes surfaces d'érosion.
- Informations pour modèle 3D, pour modélisation.

F. Guillocheau

- Projets post doc Source 2 Sink de Total Brgm, dé-zoomage, paléogéographie cénozoïque, avec une restauration des paléogéographies au cours du temps.
- Conditionnement pour apports des dépôts sédimentaires.
- Biostrati réévaluée, sur laquelle on peut s'appuyer.
- Calage temporel très satisfaisant.
- Synthèse climatique de la France et de la Belgique, à partir de données paléobotaniques, reconstitution des paléoprécipitations :
 - Hétérogénéités au sein des séquences strati.
 - Défis : approche géostatistique, analogue actuel.
 - Essentiel des dépôts dominés par les marais côtiers, avec des estuaires.
 - Paléoaquifères, porogenèse, lors des phases d'immersion en période humide.
 - => modèle litho 3D lithologiques et pétrophysiques, intérêt fort sur les analyses des couvertures en particulier les argiles :
 - Études pour améliorer la prédiction des corps, au sein des séquences.
 - Déformation bassins, fracturation.

Session : Nature et qualité des données

■ Géologie

E. Lasseur

- Carte géologique : 1/50K, 1/250K, Grandes unités, Peu d'affleurements, Approche en formations (biostratigraphie). Pas de renseignement faciès, Insuffisant pour 3D, nécessité d'une approche sub surface.
- Biostratigraphie : Datations à l'affleurement, Faciès de bordures Forages stratigraphiques
- Données de forages : BSS supérieur à 10 m, 75 000 ouvrages de qualité très disparates. Géométries lithologies : Log validés saisie numérique et métadonnées vérifiées Puits pétroliers, 2750 forages, 40% avec diagraphie et/ou description dans tertiaire, Diagraphies : A trier, set de diagraphies peu important, suffisant pour lignes temps mais pas pour propriétés pétrophysiques. Log validés 2 ème étape cohérence 3D.
- Sismique pétrolière: Imagerie plus profonde Mésozoïque.
- Pas de sismique THR qui serait utile pour le Cénozoïque et certains contacts.
- Propriétés pétrophysiques : Faciès sédimentaires (distribution extrapolation).
- Diagenèse fracturation, Pétrophysique.
- Données : Carottes Rares: Brie, Ussy sur marne. Grand Paris: Discussion en cours.
- Affleurements → essentiellement des carrières : Identification faciès, modèle de faciès. Géométries et taille des corps sédimentaires Diagenèse fracturation et pétrophysique, Biostratigraphie complémentaire.

■ Hydrogéologie

D. Allier

- Base de données existantes, BSS, ADES, BDLISA pour une représentation 2D et demi (empilement des entités).
- Chroniques piézométriques et qualités.
- BDLISA et SIGES : Utilisation des logs géologiques validés de la BSS et de la géologie harmonisée pour délimiter les entités.
- Objectifs dans RGF : Valider les géométries, Identifier les enveloppes 3D des entités BDLISA, Mieux caractériser les propriétés (perméabilité, porosité, ...), Modéliser les écoulements (fluctuations de la nappe, gestion des prélèvements, ...).
- Contexte urbain : Impacts des aménagements du sol et du sous-sol : Modification du cycle de l'eau Modification des écoulements. Des sources potentielles de pollutions variées. Des usages de l'eau nombreux et potentiellement sensibles.

■ Géophysiques

G. Martelet

- Sismique : Plus 61 000 km (enregistrés après 1970) dans le bassin de Paris dont 6 000 km retraités, numériques Imagerie entre ~200 m et 2 500 m de profondeur. Pas de sismique THR dans le bassin, au BRGM Forages et diagraphies 4 000 forages profonds dans le bassin de Paris. Parfois diagraphiés – généralement au-delà des 200 premiers mètres + quelques dizaines de milliers forages BSS.
- Levés aéroportés en magnétisme et gamma-spectrométrie : Cartographie du régolithe, Cartographie sous couverture, Modélisation géologique régionale.
- Gamma-spectrométrie : cartographie prédictive – Région Centre, aléa ruissellement vulnérabilité des nappes matériaux.
- Méthodes potentielles – gravimétrie / magnétisme : Géométrie du toit du socle magnétique.

Chantier Bassin parisien

- Levés héliportés en magnétisme et électromagnétisme → 1 levé de démo en région Centre (2009), 3 zones Sud Cher, Géométrie détaillée des corps sédimentaires sur le 0-100 m Géométrie en 3D Vierzon Courtenay, non adapté à l'urbain.
- Géophysique du sol ; toutes méthodes ERT, CSEM, gravi, sismique, données locales éparses, en cours de bancarisation.
- Imagerie bassin, projet interne Méthodo de spatialisation de paramètres « utiles » : poro, perm, géotech, thermique, ... Echelle régionale / 0-200 m de profondeur
Approche : 1- mesure locale du paramètre 2- spatialisation basée sur le modèle de résistivité 3D issu de l'EM héliporté 3- utilisant le « domain krigging » ... work in progress ...

Partage d'idées

N. Amraoui :

- Géométrie 3D, squelette essentiel d'un modèle hydrogéologique.
- Questions scientifiques : représentation variabilité spatiale des hétérogénéités dans les corps sédimentaires; relation entre faciès et paramètres hydrodynamiques et hydrodispersifs : incertitudes associées à la géométrie des corps sédimentaires :
 - Apport outil de géostatistiques; incertitudes sur géométrie et sur paramètres
 - Effet d'échelle.
 - => accès à carrières avec mesures *in situ* avec différentes méthodes avec instrumentation hydro, dans les faciès pour tests de pompage ; voir ENS - Jérôme et Sophie V. ; à faire sur différents systèmes (proposition de F. Guillocheau).

C. Hibsich :

- Déformation polyphasée de la craie, circulations de fluides et diagenèse, relations avec la mise en place des premiers dépôts tertiaires du bassin de Paris :
 - Répartition et typologie des failles normales précoces syn compaction rencontrées dans la craie du bassin de Paris en comparaison d'autres bassins ?
 - Influence du réseau de failles lors de la diagenèse tardive: réactivation, influence ou création d'hétérogénéités; rôle joué lors de l'émersion tardive crétacée et la mise en place des dépôts tertiaires puis au Quaternaire ?
 - Impacts du phénomène sur l'hydrogéologie de la craie et sur la géomorphologie quaternaire.
 - Retraitement de la sismique pour mieux imager les réflecteurs supérieurs + données de forages pour les dépôts tertiaires; nouvelles acquisitions de terrain
 - Questionnement, diagenèse polyphasée, et pas uniquement synsédimentaire et autres données de datations sur schéma structural plus large que le bassin de Paris ; problématique de dolomitisation, influence sur la perméabilité au sein des calcaires de Champigny.

A. Raingeard

- Modélisation 3D de faciès sédimentaires par analyse combinée des données électromagnétiques et gamma spectrométriques aéroportées => intérêt pour la plaine alluviale de la Bassée.

M. Fournier :

- Interactions entre les variations hydrogéologiques (piézo, débit, qualité) et les forçages naturels et anthropiques.
- Classification des aquifères sur la base de leurs variations, tendances et extrêmes piézométriques.
- Facteurs de contrôle des variations piézométriques (géologie, géomorphologie, occupation du sol, variabilité climatique, ZNS, aquifère multicouche).

B. Brigaud :

- Hétérogénéités des réservoirs
 - Caractérisation des réservoirs; question d'upscaling.
 - Carbonates continentaux, hétérogénéité en terme d'environnements de dépôts, du rôle des bactéries, rôle de la diagenèse sur les qualités réservoirs.
 - Instrumentation de carrières, pour mieux caractériser les hétérogénéités de faciès, typologie des conditions de dépôts, trouver des analogues.

A. Rivière :

- Contraintes flux d'eau à différentes échelles, à l'aide des différents modèles géol et hydro :
 - Liens géologie, géophysique et hydrogéologie, climat.
 - De la mesure à la modélisation
 - Changement d'échelle (upscaling, downscaling)
 - Ressources en eau et évolution thermique, pressions anthropiques, risques, changements globaux
 - Réactions des hydrosystèmes aux variations climatiques, quantité et qualité
 - Thèses :
 - Modélisation des flux d'eau et d'énergie dans le bassin de la Seine (Deniz Kilic)
 - Etude du risque d'inondation induite par les écoulements de nappe sur Paris et la petite couronne, PAPI, (Mathias Maillot, fin 2019).
 - Modèles hydrogéologiques existants : Bassin de la Seine, Tertiaire, zone de la Bassée, Paris et sa petite couronne. Ces modèles pourront être mis à jour grâce aux nouvelles bases de données géologiques (géométrie et données pétrophysiques).

S. Violette :

- Importance d'acquisition de données sur site, mais aussi modélisation des conditions (paléo)climatiques sur le Tertiaire au global :
 - Etudier le fonctionnement hydrogéologique et géothermique des aquifères tertiaires.
 - Système aux géométries complexes et propriétés hétérogènes.
 - Présence d'évaporites.
 - Forçage anthropique historique et actuel a Ressources en eau, géothermie et géotechnique.
 - Architecture 3D Data-Grand Paris.
 - Propriétés; Chroniques; Mesures.
 - Modélisation sous (paléo)forçages climatiques & anthropiques.

G. Noury :

- Intégration géotechniques aux réflexions géologiques et vice versa :
 - Quel modèle, quelle échelle et quelle résolution ?
 - Comment quantifier l'incertitude ? Géostatistique classique ?
 - Comment disposer d'un modèle vivant, mis à jour en temps quasi-réel ?
 - Intelligence artificielle ?
 - => des données discutées entre disciplines (apports croisés) !
 - => faciès, histoire géologique (diagenèse, formation, altération) ... géotechniques !

F. Guillocheau :

- Source to Sink F. Guillocheau :
 - Caractériser les sources sédimentaires et leur évolution au cours du temps (minéralogie, forme, granulométrie, ...).
 - SINK: localisation et volume de sédiments.
 - Analogue dans le monde du bassin de Paris - exemple un bassin au nord de Madagascar, fonds de mer avec des baies successives, avec des systèmes estuariens; voire pourtour Bornéo ou affluents de l'Amazone.
 - Etude d'analogues par les pétroliers, définition de faciès, diagramme de probabilité d'occurrence latérale par rapport à la distance d'un forage => modèle probabiliste ; en lien avec strati séquentielle, voir directions d'écoulements de surface, et de degré d'anisotropie horizontale ; comment prédire les anisotropies dans les aquitards, par activité microbienne ?

J.L. Grimaud :

- Etudier à grande échelle les alluvions quaternaires :
 - Mesurer la dynamique de l'érosion cratonique ; influence de paramètres extérieurs comme la déformation grande longueur d'onde et lithologie, propagation dans le niveau fluvial.
 - Impacts sur les ressources en eau et granulats.
 - Approche changement d'échelle, modèle FLUMY sur la Basée (PIREN SEINE).
 - Plusieurs plaines alluviales bien développées avec aquifères utilisées, pour lesquelles il y a peu de données, en particulier sur le fond des vallées, conséquences sur les échanges aquifères et nappes alluviales sus-jacents (Marne, Oise, ...).

Discussion :

- Pour chaque grand atelier thématique, une fois par an.
- Un défi du groupe, échanger et apprendre des autres disciplines.
- Avoir des sites tests communs, de la géophysique à la géomécanique, en passant par la géologie et l'hydrogéologie.
- 4 sites: aquitard (argile), sable, carbonate, évaporite.
- Approche multiéchelles, du site à l'aquifère au modèle ...
- Intégration de la composante, diagenèse et structurale; structuration et cinématique associée → à aborder au prochain atelier.
- Données de forages sur Grand Paris, CEREMA et autres BE pour avancer sur l'état des lieux des données et aider à l'élaboration de sujets sur la zone P1.
- Travailler sur un modèle vivant incluant Tertiaire Quat.
- Se rapprocher des mathématiciens pour aborder l'upscaling.
- 2^{ème} atelier thématique sur les calages, datations et strati intégrée le 8 février au BRGM

Thèmes proposés pour le prochain atelier :

- SI-GEOL (le Système d'Information GEOLogique du RGF)
- Diagenèse
- Structurale
- Modélisation 3D (des géométries, des faciès, des propriétés)
- Spatialisation des données par géostatistique
- Incertitudes
- Changement d'échelle, Upscaling → Sites d'études
- Géochimie
- Karst

Liste de référents thématiques Brgm pour les propositions de sujets :

- **Risques naturels gravitaires** : Olivier Cerdan, Séverine Bernardie,
- **Géotechnique** : Gildas Noury, Luc Closset, Sébastien Jaffrot
- **Géologie Urbaine** : Anne Bialkowski, Frédéric Lacquement
- **Géothermie** : Virginie Hamm, Simon Lopez
- **Formations superficielles** : Hélène Tissoux
- **Fracturation / Tectonique** : Cécile Allanic, Laurent Beccaletto
- **Sédimento/Stratigraphie Seq./Diagenèse** : Eric Lasseur, Justine Briaux, Simon Andrieu
- **Modélisation 3D** : Bernard Bourguin, Cécile Allanic
- **Géomatique** : Juliette Stephan, Aurore Hertout, Frédéric Chêne
- **Géologie du socle** : Julien Baptiste, Sunsearé Gabalda
- **Région** : (Ile de France) Eric Gomez, (Centre) Damien Salquebre, (Haut de France) Pierre Pannet
- **Eau – Environnement** : Delphine Allier, Alexandre Brugeron, Olivier Sedan, Jean-François Vernoux
- **Système Informatique-GEOL**: Christelle Loiselet, Mickaël Beaufils
- **Cartographie / Stratigraphie Intégrée** : Florence Quesnel
- **Géophysique**: Adnan Bitri, Laure Capar, Jean-Marc Baltassat, Guillaume Martelet
- **Géochimie et Analyse**: Philippe Negrel, Emmanuelle Petelet-Giraud, Eline Malcuit
- **Ressources minérales (matériaux)**: Sébastien Colin, Dominique Dessandier