



COLLOQUE DU CINQUANTENAIRE DE L'AGSE

« Géosciences »

Chercher, comprendre, appliquer, éduquer

Cassis, 14 octobre 2016

Résumés des conférences présentées à l'Oustau Calendal

Ouverture et clôture du colloque
par Monsieur le Président de l'AGSE et Madame le Maire de Cassis.

1^{ère} session

Quelques grandes étapes de la vie d'une association quinquagénaire de géologues.

Christiane RUGET, *Micropaléontologiste (Université de Lyon), membre fondateur de l'Association des Géologues du Sud-Est.*

Failles et aléa sismique en France : l'apport de la tectonique active et de la paléosismologie.

Olivier BELLIER, *Professeur (CEREGE, Aix-Marseille Université, UM 34 - CNRS, IRD, Collège de France, ECCOREV, Fédération de recherche « Ecosystèmes continentaux et risques environnementaux », Aix-Marseille Université).*

Les séismes sont la cause de catastrophes parmi les plus destructrices au monde et un des risques majeurs en France métropolitaine. En complément de la séismologie et de la géodésie, une « des approches » fondamentales pour appréhender l'aléa sismique, c'est à dire l'occurrence des séismes et leurs caractéristiques (magnitude, temps de retour (réurrence)...), est la tectonique active, couplée à la paléosismologie¹.

Sur la base de méthodes éprouvées en domaine de tectonique très active à vitesse de déformation rapide et à aléa élevé (caractérisé par des séismes fréquents et de magnitudes élevées), une nouvelle méthodologie pluridisciplinaire, intégrant l'analyse de la topographie cumulée sur le long terme (en utilisant notamment les MNT², pour avoir un signal tectonique significatif tout en discriminant les effets de l'érosion), l'imagerie géophysique fine du sous-sol et la paléosismologie ont été développées en France, avec des résultats probants, notamment dans le SE de la France. Durant l'exposé, cette approche moderne de la tectonique active sera illustrée au travers d'études menées le long de failles actives en Provence.

¹La paléosismologie correspond à l'ensemble des études qui recherchent le témoignage de séismes anciens par l'analyse de couches géologiques accumulées au pied d'une faille active. Ces couches, le plus souvent exposées dans des tranchées creusées à travers la trace en surface d'une faille active, constituent les témoignages géologiques de l'histoire sismique de la faille au cours du temps. En datant les couches successives, on date indirectement les événements sismiques successifs et on retrace donc l'histoire sismique de la faille et le temps de retour des séismes.

²Modèle Numérique de terrain (de plus en plus haute résolution).

Les trois grands types de stockages souterrains d'hydrocarbures

Blanca VAN HASSELT, *Ingénieur hydrogéologue (Géostock SAS, Rueil-Malmaison, France).*

Le stockage souterrain d'hydrocarbures représente une belle illustration de géologie appliquée.

Stocker des hydrocarbures ne se pratique typiquement qu'en pays importateur, soit pour des besoins stratégiques (gouvernement), soit pour des besoins industriels (à proximité de raffinerie ou en zone portuaire d'importation).

Le stockage souterrain et plus spécifiquement le confinement est basé sur des principes similaires à ceux trouvés dans la nature, c'est-à-dire des principes naturels qui conduisent à la genèse de réservoirs recherchés par les pétroliers.

Les différents types de confinement sont les suivants :

- Le piège structural ou stratigraphique
- Un matériau encaissant de très faible perméabilité
- Le confinement par un gradient hydraulique (aquifère)

Ces trois types de confinement naturels trouvent leurs applications respectives dans les trois types de stockage souterrain suivants :

- Le stockage en aquifère ou en champ déplété
- Le stockage en cavité saline
- Le stockage en cavité minée.

Ces trois types de stockages sont présentés et comparés vis-à-vis des aspects suivants :

- Le principe de confinement
- Les méthodes de reconnaissance type
- La création ou la construction du stockage
- Le type de produit qui peut être stocké, en fonction de la nature du stockage : gaz naturel, GPL (butane, propane, ...), pétrole brut ou produits raffinés liquides (essence sans plomb, diesel, etc.)
- La profondeur des stockages
- Les ordres de grandeur des volumes concernés, extensions latérales et en profondeur
- Les infrastructures de liaison fond/surface pour l'exploitation
- Les particularités d'exploitation.

Essai de développement de la géothermie basse enthalpie en basse-Provence.

Yves Glard et Jean Gimenez, *Experts consultants (Aix-en-Provence)*.

La géothermie basse enthalpie a connu depuis les années 80 un développement certain avec la réalisation de doublets dans le bassin parisien. La géologie est simple, la cible est le Dogger, les risques d'échec sont limités. Il y a donc eu des investissements importants de la part des grandes compagnies du chauffage urbain, qui ont répondu à l'intérêt des politiques.

En Provence en basse vallée du Rhône un PER Haute température (plus de 150°C) a été attribué (PER de Vistrenque). Il concerne le Malm et des profondeurs de 3500 à 5000m, il couvre les secteurs des failles de Nîmes (nous avons aidé à la réflexion initiale permettant son obtention). Pour le moment aucun forage n'a été réalisé du fait de la chute du prix du baril et des risques d'échec importants.

Dans le bassin d'Aix, en basse enthalpie (T° inférieure à 100°C), la seule opération effective a été celle réalisée par CG2T avec le forage de Meyreuil. Une eau de grande qualité, avec un fort débit artésien a permis de fournir une eau... qui devrait être embouteillée. La température n'était pas au rendez-vous, (la ventilation, puis le noyage des galeries de la mine de Gardanne, qui surmonte le calcaire hauterivien à faciès URGONIEN a joué le rôle de refroidisseur).

D'autres PER basse enthalpie ont été attribués (avec notre aide) dans notre région, sans déboucher sur une réalisation. Pourtant la géothermie en Provence a des atouts certains. Nous avons compris que les décideurs reculaient devant l'effort d'exploration géologique qui doit être entrepris : les puits d'exploration pétrolière sont peu nombreux on ne peut se contenter de réaliser un copié-collé des doublets précédents comme dans le bassin parisien (profondeurs incertaines des couches, géologie structurale complexe, variation du gradient géothermique etc.).

Dans l'objectif de relancer le développement de la géothermie basse enthalpie en basse Provence et avec l'accord de l'ADEME, nous avons proposé de constituer un groupe de géologues et de techniciens expérimentés. L'objectif est, en s'affranchissant des risques liés à la présence d'aquifères productifs, de réaliser des forages de reconnaissance néanmoins exploitables qui permettraient d'augmenter sensiblement la probabilité de succès de futurs doublets à réaliser dans les aquifères du Crétacé inférieur ou du Jurassique supérieur.

Nous nous inscrivons ainsi dans la longue lignée des géologues provençaux et avons associés à notre démarche Jean Claude

Lazarewicz, ancien Ingénieur en chef des Mines à Gardanne qui a participé à l'aventure de Meyreuil, GPC-IP Geofluid société experte en modélisation pour l'exploitation en géothermie basse enthalpie, ainsi qu'une société française, fournisseur de tubings isolés de haute qualité. Il est donc envisagé de réaliser avec le concours de l'ADEME une étude de faisabilité de sondes géothermiques profondes en Provence. Cette étude devant déboucher sur la réalisation d'un pilote.

Les auteurs espèrent une signature des accords en cours avant le colloque de Cassis, pour vous présenter le projet structuré.

Un grain de sable dans la pompe océanique de carbone.

Elvira Pulido-Villena, *Chargée de Recherche CNRS (Institut Méditerranéen d'Océanologie, Aix-Marseille Université, Marseille).*

Depuis le début de la période industrielle, l'océan joue un rôle primordial dans l'évolution du climat en absorbant une part significative du CO₂ atmosphérique: on parle de la pompe océanique de carbone. La biologie marine joue un rôle clé dans cette pompe de carbone. En effet, le phytoplancton utilise les nutriments disponibles dans l'eau de mer, ainsi que le carbone inorganique dissous, pour produire de la matière organique dont une partie est exportée et séquestrée au fond des océans. L'efficacité de cette pompe biologique de carbone est en partie limitée par la disponibilité en nutriments. La voie principale d'arrivée de ces éléments à la couche de surface de l'océan ouvert est éolienne: de fines poussières telluriques arrachées aux déserts par les vents violents sont transportées en haute altitude et finissent par se déposer à la surface de l'océan à des centaines voire des milliers de kilomètres de leurs zones sources. L'effet de ces apports atmosphériques sur le fonctionnement de la pompe océanique de carbone constitue aujourd'hui un sujet de recherche très actif qui rassemble des atmosphériciens et des océanographes, des géochimistes et des biologistes. Dans ce contexte, des études suggèrent que la pompe océanique de carbone pourrait être stimulée à travers l'ajout artificiel de nutriments simulant l'apport éolien. Cependant, il n'existe aujourd'hui pas de consensus sur l'efficacité de ces méthodes de géo-ingénierie qui ne tiennent compte en aucun cas de la multitude d'interactions physiques et biogéochimiques entre les surfaces continentales, l'océan et l'atmosphère.

2^{ème} session

Nouvelles découvertes d'ossements et d'œufs de dinosaures dans le Campanien supérieur de la Réserve Naturelle de Sainte-Victoire (Bouches-du-Rhône).

Thierry Tortosa, *Conservateur de la Réserve Naturelle de Sainte-Victoire (Conseil Départemental des Bouches-du-Rhône, Marseille)*, **M. Panneau** (*Direction Archéologie, Aix-en-Provence*), **V. Louppe** (*Muséum d'Histoire Naturelle d'Aix-en-Provence*), **Y. Dutour** (*Directeur du Muséum d'Histoire Naturelle d'Aix-en-Provence*).

Le gisement de Roques-Hautes, situé dans la Réserve Naturelle de Sainte-Victoire (commune de Beaurecueil, Bouches-du-Rhône) est mondialement connu depuis 70 ans pour avoir livré des milliers d'œufs fossilisés de dinosaures datant du Campanien supérieur (environ -74 Ma). En revanche, les premiers restes de vertébrés contemporains ne furent mis au jour qu'au début des années 90 (découverte de *Variraptor*) quelques années avant la création de la Réserve Naturelle de Sainte-Victoire (RNSV).

Nous présentons le résultat de quatre campagnes de fouilles entreprises dans le cadre du plan de gestion de la RNSV et en collaboration avec le MHNA. Ces recherches permirent la découverte de plusieurs centaines d'œufs fossilisés appartenant à deux oospèces et six nouveaux taxons (dont trois dinosaures, un crocodylien et deux tortues). L'utilisation d'un GPS différentiel, en collaboration avec la Direction Archéologie d'Aix-en-Provence, permit une étude très précise de la répartition des fossiles dans l'espace (étude des pontes, réassemblage des squelettes disloqués) et dans le temps (reconnaissance des horizons de dépôts dans un milieu argileux homogène).

Ces résultats permettent d'améliorer nos connaissances sur la paléobiodiversité locale, sur l'anatomie du dinosaure *Rhabdodon* et affinent les corrélations stratigraphiques à l'échelle provençale.

Bilan et perspectives sur la protection du patrimoine géologique en France.

Christine Balme, *Chargée de mission "Réserve naturelle géologique"*

(Parc naturel régional du Luberon, Réserve de Biosphère, Global & European Geopark, Apt), M. Guiomar (Réserve Naturelle Géologique de Haute-Provence), S. Menicucci (Géologue consultant parcs naturels régionaux, diagnostic et valorisation de territoires).

Le concept de patrimoine géologique et de sa nécessaire protection est né il y a une trentaine d'années, notamment en France et sous l'impulsion de la commission du patrimoine géologique de RNF (Réserves naturelles de France) : création des premières réserves naturelles géologiques, Symposium international de Digne en 1991...

Depuis, les actions et les acteurs se sont multipliés. La loi a enfin pris en compte ce nouveau patrimoine (1995 puis 2002 puis 2015). Des inventaires sont initiés dans toutes les régions de France, pilotés par les DREAL.

Le réseau des géoparcs créé en 2000, est devenu en 2015 réseau des géoparcs mondiaux UNESCO avec 120 territoires labellisés dans le monde dont 5 en France.

Le géotourisme se développe, itinéraires, musées, aménagements, visites guidées, fêtes et festivals...

Nous illustrerons ces propos par des exemples de sites patrimoniaux et de valorisation géotouristique en région PACA.

La notion même de géodiversité est récente. Mais elle commence à être reconnue à ce jour, notamment comme socle de la biodiversité et de l'occupation humaine.

Les géologues consultants, des spécialistes au service des citoyens et des entreprises.

Gérard Juventin et Eric Desagher, *Géologues-consultants (Aix-en-Provence et Pertuis)*

Les multiples facettes des interventions d'un géologue consultant :

- Concernant le citoyen : études de sol pour les fondations des maisons, études d'assainissement (fosses septiques), études de risques. Travail en relation avec les ingénieurs béton, les architectes et les maçons.
- Etudes pour les administrations : communes, département. Bassins de rétention, alimentation en eau de communes, problèmes de pollution, aménagement de décharges.
- Assistance aux experts, judiciaires ou d'assurances : ces études concernent généralement des sinistres dus à des mouvements du sol.

Un exemple concret d'étude géologique à la demande d'un expert :

- Un hangar a été emporté par un glissement de terrain le lendemain d'un gros orage. Un expert a été missionné pour définir les responsabilités et déterminer la solution de réparation du bâtiment.
- L'expert judiciaire a missionné un géologue : pourquoi la plate-forme a glissé ? Défaut des remblais de la plate-forme, poids trop élevé du hangar, importantes venues d'eau suite à l'orage ? L'expert désire également savoir si l'on peut reconstruire sur place et comment.
- Pour répondre à ces questions le géologue engage dans un premier temps des investigations de terrain : reconnaissance des fondations, sondages, essais de laboratoire.
- Dans un second temps, il rédige un rapport dans lequel il décrit les fondations du hangar, l'hétérogénéité de sol entre des différents sondages et la présence de venues d'eau souterraines. A partir de ces éléments, la cause du sinistre est établie : c'est l'arrivée massive d'eau dans le terrain qui a déclenché le glissement. Le rapport définit également les contraintes géotechniques pour reconstruire le bâtiment sur place.

Exemples d'interventions d'un hydrogéologue conseil :

- Pour l'implantation de forages dans un contexte géologique complexe pour sécuriser l'alimentation en eau d'une commune (Tourves - 83) : problématique, contexte géologique, études géophysiques, travaux, essais par pompage, conclusion et perspectives.
- Démarches et études pour la mise en place de périmètres de protection de captages (Aiglun - 04) : descriptif d'un site et de son environnement, état des connaissances, études complémentaires, réhabilitation des ouvrages, définition des périmètres de protection.

Des enjeux éducatifs aux connaissances scientifiques au collège : des exemples, de Cassis à Boscodon.

Nathalie Romeuf, Professeur (Chargée de mission auprès de l'Inspection Pédagogique Régionale de Sciences de la vie et de la Terre (CeFEG), collège les Hauts de l'Arc, Trets), **A. Faralli** (Inspecteur d'Académie, Inspecteur pédagogique Régional de Sciences de la vie et de la Terre).

Au terme des années de collège, les élèves doivent être capables de mettre en relation un phénomène naturel (aléa) avec des enjeux présents sur une zone géographique déterminée et ainsi d'identifier et de caractériser un risque. Ils doivent être en mesure de comprendre les mesures de prévention, de protection et d'atténuation du risque étudié dans le but d'adopter un comportement responsable dans leur vie quotidienne ainsi que collectivement. Les programmes proposent de constater une interdiction, d'étudier une réglementation afin d'en justifier l'existence grâce aux connaissances scientifiques que ces mesures sous-tendent. Le réel de terrain et des exemples locaux, permettant aux élèves d'acquérir des connaissances sur leur environnement proche, sont à privilégier.

Ainsi, à Cassis, la Pointe des Lombards est parcourue par un sentier littoral qui est accessible par la plage de la Grande Mer ou par la plage de l'Arène. Aujourd'hui, l'accès à ce sentier, connu de nombreux géologues provençaux, est interdit en raison du risque important d'écroulement de blocs rocheux. En revanche, la plage de l'Arène ne fait l'objet d'aucune interdiction alors qu'elle est également soumise au même aléa. L'étude de documents tels que le document d'information communal sur les risques, le DICRIM, le plan local d'urbanisme, les cartes d'aléas établies par le BRGM... permettent de s'interroger sur l'interdiction d'accès. Des photographies du sentier permettent d'établir rapidement la nature du risque encouru et conduisent à proposer des explications sur l'origine du phénomène. Une sortie sur le terrain effectuée à proximité sera l'occasion d'étudier des roches présentant les mêmes propriétés et de comprendre le phénomène d'érosion du calcaire à l'origine de la chute de blocs. La même démarche peut être adoptée dans de nombreux secteurs : Vitrolles, le torrent de Boscodon en relation avec les crues torrentielles, Lambesc et ses environs en relation avec le risque sismique...

Sources :

DICRIM Commune de Cassis : <https://www.cassis.fr/uploads/media/dicrim2013.pdf>

Eduscol : <http://eduscol.education.fr/cid99686/ressources-svt.html>

Observatoire des risques majeurs en Provence-Alpes-Côte d'Azur : <http://observatoire-regional-risques-paca.fr/>