



# 11<sup>e</sup> ● LYMPIADES DE GÉ●SCIENCES 24 MAI 2017



En partenariat avec :



INSTITUT DE FRANCE  
Académie des sciences



# SOMMAIRE

<b>Programme de la journée</b>	<b>2</b>
<b>Présentation des olympiades de géosciences</b>	<b>3</b>
<b>Palmarès national</b>	<b>7</b>
<b>Les partenaires</b>	<b>13</b>
<b>Les intervenants</b>	<b>17</b>
<b>Sujets nationaux 2017</b>	<b>19</b>

# 10èmes Olympiades nationales des géosciences

## Programme de la journée du mercredi 24 mai 2017

- 10h00**      **Accueil des lauréats et des invités à la Société Géologique de France**  
Salle Van Straelen 77, rue Claude Bernard - Paris 5<sup>e</sup>
- 10h20**      **Allocution du représentant du ministre de l'Éducation nationale**
- 10h30**      **Ouverture de la cérémonie par Jean-Marc MOULLET,**  
Inspecteur général de l'éducation nationale, groupe « Sciences et technologies du vivant, de la santé et de la Terre ».
- 10 h 35**      **Intervention de M. Philippe TAQUET, Académicien. Paléontologue.**  
Académie des sciences.
- 10h40**      **Intervention d'Astrid CARATGE, géophysicienne d'interprétation**  
Sollicitée par Planètes Énergies  
Projets en Europe et Asie Continentale
- 10h55**      **Intervention de Thibault JOSSELIN, président de la section « Jeunes »**  
de la Société Géologique de France  
Présentation des formations en géosciences et témoignages
- 11h15**      **Remise des prix aux lauréats**  
en présence des représentants des différentes institutions partenaires de l'événement.
- 12h00**      **Photographie de groupe**
- 12h15**      **Cocktail**
- 14h/16h**      **Visite commentée du Musée de minéralogie de l'Université – UPMC**  
34 Rue Jussieu - Paris 5<sup>e</sup>  
par Jean-Claude BOUILLARD, responsable de la collection.

# Les olympiades de géosciences

## Les géosciences

Les géosciences sont les sciences de la planète. Leur objectif est à la fois de construire le grand récit argumenté de la planète (son histoire passée, son état présent, son avenir prévisible) et de participer à sa gestion responsable.

Nées au cours de l'antiquité grecque : l'époque ou Ératosthène de Cyrène (-276/-194), qui dirigea la bibliothèque d'Alexandrie, évalua rigoureusement la taille de la Terre, et, dit-on, se laissa mourir de faim parce qu'aveugle à la fin de sa vie, il ne pouvait plus regarder les étoiles. Le mot géologie est attribué, du moins dans son sens actuel, à Diderot. Il signifie (ge=Terre, logos=discours raisonné) le discours raisonné sur la Terre : le grand récit argumenté, donc.

Surtout descriptive du 18<sup>ème</sup> siècle à la première moitié du 20<sup>ème</sup>, la géologie est alors « naturaliste », elle décrit et classe, les roches, les minéraux, les structures. Elle devient explicative à partir de la deuxième moitié du 20<sup>ème</sup> siècle. Elle intègre à cette occasion les apports et méthodes d'autres sciences : la physique (et naît la géophysique) avec l'invention de la tectonique des plaques (Le Pichon, 1972) ; la chimie (et naît la géochimie). Les géosciences s'intéressent alors surtout à la Terre profonde ou très profonde.

Aujourd'hui, les géosciences s'intéressent de plus en plus aux enveloppes fluides (atmosphère et hydrosphère) et à la relation entre les géosciences et les sciences de la vie (interactions entre biosphère et géosphère, évolutions couplées du vivant et du non vivant).

Au-delà de ces aspects fondamentaux de production de connaissance, les géosciences ont de nombreuses applications pratiques et professionnelles : secteurs de l'énergie (prospection, exploitation), des matières premières, du climat, de la maîtrise des risques.

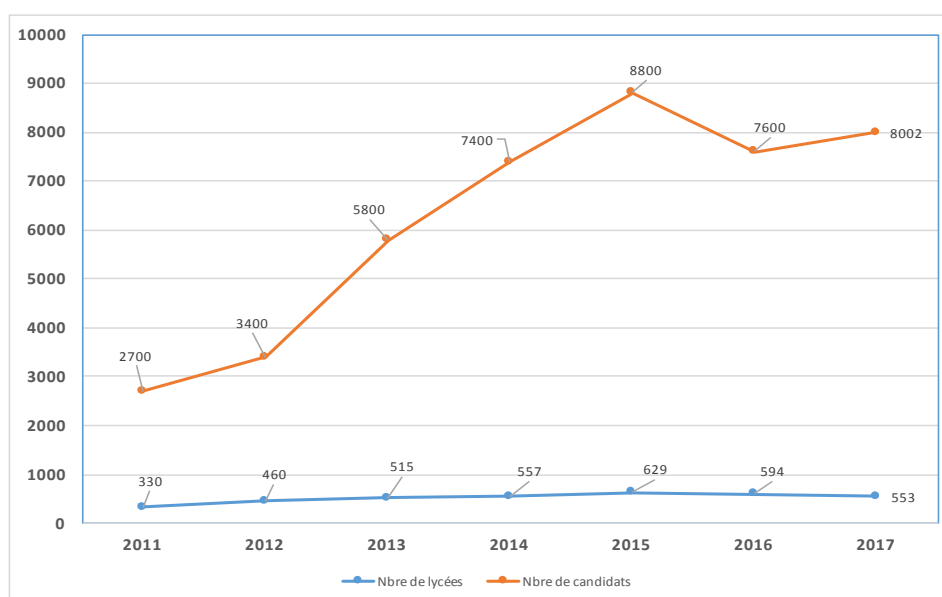
## Les olympiades de géosciences

Les olympiades de géosciences sont nées en 2007 à l'occasion de l'année internationale de la planète Terre.

Elles s'appuient sur de nombreux parrainages d'institutions scientifiques et entreprises : Muséum national d'histoire naturelle, Académie des sciences, Société géologique de France, Muséum national d'histoire naturelle, Planète-énergies et Total, BRGM, et UniLaSalle Beauvais. La mise en œuvre concrète repose sur la DGESCO et l'IGEN et la logistique est prise en charge par la Société géologique de France. Ces olympiades visent à valoriser les géosciences et leur image auprès des jeunes élèves. Elles s'adressent à ceux des classes de première scientifique.

Elles sont rendues possibles grâce à la mobilisation forte des professeurs de SVT et de leurs inspecteurs, à la fois pour la production des sujets, l'organisation des épreuves et la correction. Ainsi, cette année, ce sont 31 inspecteurs d'académie, inspecteurs pédagogiques régionaux et 6 chargés de mission qui ont piloté en académie la mise en place du concours ; 409 professeurs ont été mobilisés sur les territoires pour corriger les épreuves ; 60 professeurs ont travaillé en académie à l'élaboration des sujets et une commission nationale composée de 7 inspecteurs d'académie, inspecteurs pédagogiques régionaux et présidée par un inspecteur général de l'éducation nationale a fait le choix et mis en forme les versions finales des épreuves.

Cette année, le nombre de lycées participants atteint 553 (dont 78 lycées français à l'étranger), le nombre d'élèves ayant composé est de 8 002 (dont 1 110 dans les lycées français à l'étranger). L'académie de Guyane n'a pas pu participer cette année, empêchée par les événements sociaux qui s'y sont déroulés.



## Enjeux et objectifs

Le Ministère de l'Éducation nationale a à cœur de soutenir les actions éducatives de culture scientifique comme les Olympiades de géosciences car c'est par la diffusion de la culture scientifique que la France donne le goût des études scientifiques et conforte son avance scientifique.

Afin que de plus en plus d'élèves s'engagent dans les carrières scientifiques et techniques, il est essentiel de développer à l'école, pendant le temps scolaire et périscolaire, une politique de promotion de la science et de la technologie. Le rapport annexé à la loi d'orientation et de programmation du 8 juillet 2013 pour la refondation de l'école dispose qu'en matière de sciences, de technologie et plus largement de culture scientifique, un certain nombre de défis s'imposent à notre système éducatif.

Il s'agit notamment de :

- susciter chez nos élèves un plaisir d'apprendre et de pratiquer les sciences ;
- inciter les jeunes, et notamment les jeunes filles, à se tourner vers les carrières scientifiques afin de permettre à la France de conforter son avance scientifique, son tissu industriel, son potentiel économique, sa capacité d'innovation et sa compétitivité en formant les techniciens, chercheurs, ingénieurs et entrepreneurs de demain ;
- préparer le futur citoyen à comprendre le monde qui l'entoure et à appréhender les défis sociétaux et environnementaux.

Les Olympiades de géosciences contribuent à relever ces défis. Les sciences de la Terre construisent leurs modèles explicatifs en mobilisant différentes disciplines : les sciences de la vie, la physique et la chimie, la technologie et les mathématiques sont parmi elles. Elles reposent sur la pratique de démarches scientifiques variées qui permettent à nos élèves de comprendre les grands enjeux du monde qui les entoure.

Les Olympiades de géosciences poursuivent ainsi différents objectifs :

- développer le goût des sciences chez les lycéens et les lycéennes ;
- favoriser l'émergence d'une culture scientifique adossée aux géosciences ;
- mettre en avant la dimension pluridisciplinaire des géosciences ;
- souligner le lien étroit entre les géosciences et l'éventail des métiers qui leur sont associés.

# Olympiades de géosciences 2017 – Palmarès national

## Lauréat national :

SAINT OMER Léry, académie de Grenoble, lycée des eaux claires de Grenoble

## Médailles d'or :

BEYLER Eliot, académie d'Orléans-Tours, lycée Charles Péguy d'Orléans

KLINGUER Audrey, académie de Besançon, lycée Ledoux de Besançon

LETAILLEUR Inès, académie de Lille, lycée privé Le Collège de Marcq en Baroeul

MILLET Aurélien, académie de Reims, lycée St Joseph de Reims

ROCHELLE Emilie, académie de Rouen, lycée Blaise Pascal de Rouen

THOURET Erwann, académie de Limoges, lycée Pierre Bourdan de Guéret

VILLANI Neven, académie de Versailles, lycée Blaise Pascal d'Orsay

## Médailles d'argent :

CHAMPOUSSIN Cloé, académie de Nouvelle Calédonie, lycée Michel Rocard de Pouembout

CHARPENTIER Ange, académie de Lyon, institution des Chartreux de Lyon

FELDMANN Léa, AEFÉ, lycée français de Berlin

FOUCHE Louis, académie de Rennes, lycée St Martin de Rennes

HERMAN Louise, académie de Caen, lycée Charles Lebrun de Coutances

JEROME Marie, académie de Poitiers, lycée Camille Guérin de Poitiers

KIRSCHER Tristan, académie de Strasbourg, lycée Schuman de Haguenau

LE CALVEZ Julie, académie de Nice, lycée General et Technologique Amiral de Grasse

MASCARO Océane, académie de Paris, lycée Saint Louis de Gonzague de Paris

PLUVINET Bérénice, AEFÉ Thaïlande, lycée Français International de Bangkok

POLYN Noémie, académie de Toulouse, lycée Pierre-Paul Riquet de Saint Orens de Gameville

RENARD Tom, académie de Nancy-Metz, lycée Notre Dame St Sigisbert de Nancy

VRECKO Valentin, académie de Dijon, lycée Maurice Genevoix de Decize

### **Médailles de bronze :**

BUFFET Clarisse, académie de Clermont-Ferrand, lycée Blaise Pascal de Clermont-Ferrand

DENOUN Leah, AEFÉ Malaisie, lycée Henri Fauconnier de Kuala Lumpur

DESCLAUX Ariane, académie de La Réunion, lycée La Possession de La Possession

EL AJRAOUI Mohammed Adil, AEFÉ Maroc, lycée Lyautey de Casablanca

GOSNET Lila, académie de Nantes, lycée Le Mans Sud au Mans

JOUVENCEL Titouan, académie de Bordeaux, lycée Largenté de Bayonne

LORIN Cassandre, académie d'Amiens, lycée Lamarck d'Albert

MASSALA Corentin, AEFÉ Congo, lycée Charlemagne de Pointe-Noire

MONLOUIS-EUGÉNIE Marine, académie de La Martinique, lycée La Jetée de Le François

OLIVEREAU Juliette, académie de Polynésie Française, lycée Paul Gauguin de Papeete

RAKONTONDABARY Jenny, académie de Mayotte, lycée Petite Terre de Pamandzi

RENARD Alexandre, académie de Guadeloupe, lycée Baimbridge aux Abymes

ROCCHI Francesca, académie de Corse, lycée Pascal Paoli de Corte

SALOMON Clara, académie de Montpellier, lycée Déodat de Séverac de Ceret

SERAFINI Thomas, académie d'Aix-Marseille, lycée de L'Empéri de Salon-de-Provence

VAISSIE Victor, académie de Créteil, lycée Evariste Gallois de Noisy le Grand



## Olympiades de géosciences 2017 – candidats félicités

ABDOURAHAMANE Sophie, académie de Mayotte

AL-HAJ JOHNSTON Sofyan Daniel, académie de Lille

ALBERTINI Coline, académie d'Aix-Marseille

ALLAIN Eeva, académie de Polynésie Française

BACAR Olivier, académie de Mayotte

BARREIRA Thomas, académie de Bordeaux

BATILLAT Kim, académie de Dijon

BAUDE Romain, académie de Créteil

BEAUGEOIS Yannis, académie de Besançon

BELFILS Guillaume, académie de Besançon

BELLEMARE Noah, académie de Martinique

BERGER Adrien, académie de Montpellier

BERRONDO Alice, académie de Grenoble

BERTHOLD Thomas, académie de Guadeloupe

BLANC Boris, académie de Lille

BLIN Océane, académie de Reims

BOU KHALIL Antoine, académie d'Orléans-Tours

BOURGEOIS Alexia, académie de Limoges

BOUVET Thibaud, académie d'Aix-Marseille

BRIDENNE MAX Franck, académie de Lille

CAPITANT Abel, académie de Paris

CAZANOVE Alexandre, académie de La Réunion

CAZANOVE Nicolas, académie de La Réunion

CERVERA Bastien, académie de Polynésie Française

CHAGNON Sarah, académie de Créteil

CHANCENOT Baptiste, académie de Besançon

CIMINI Nicolas, académie de Nantes

COCHET Maxime, académie de Lyon

COLLARD Eliot, académie de Toulouse

COMOZ Paula, académie de Caen

COUPIN Aimeric, académie de Guadeloupe

CUILLER Marine, académie d'Aix-Marseille

DANHIEZ Thomas, académie de Guadeloupe

DARMON Maia, AEFÉ Canada

DE BREMOND D'ARS Marc , académie de Paris

DE WITASSE Philomène, académie de Poitiers

DECAIX Corentin, académie de Nouvelle Calédonie

DELAMER Jade, académie de Nice

DEMERLE Pascaline, académie de Versailles

DEROUET Lina, académie de Martinique

DOSTAL Eline, académie de La Réunion

DUBOIS MIGNON Tamia, académie de Paris

DUBUS Sarah, académie de Nancy-Metz

DUFOUR Domitille, académie de Grenoble

DUMAS Mathis, AEFÉ Emirats Arabes unis

DURAND Arthur, académie de Poitiers

ESCHMANN Logan, académie de Strasbourg

ETIENNE Clément, académie de Nancy-Metz

FORAY Henry, académie de Polynésie Française

FRANCHESCHINI Davia, académie de Nice

FROBERT Bastien, académie de Lyon

GALERY Angélique, académie de Clermont-Ferrand

GARCIA Sarah, académie de Rennes

GENOT Louis, académie d'Orléans-Tours

GEORGES Véronika, académie de Caen

GIRAULT Thomas, académie de Nouvelle Calédonie

GONZALEZ Julie, académie de Toulouse

GRASSET-GOTHON Guillaume, académie de Grenoble

GUIDONI Côme, académie de Lyon

HAMIDOUNI Camardine, académie de Mayotte

HAMO Julian, académie de Toulouse

HAUET Léo-Paul, académie de Poitiers

HEIDEYER Mika, académie de Martinique

HEINRICH Claire, académie de Rouen

HENNINGER Romane, académie de Rennes

IDAUHADY Wadjibou, académie de Mayotte

JACQUES Clémentine, académie d'Aix-Marseille

JANVIER Maya, académie de Bordeaux

JENET Clara, académie de Grenoble

JOBARD Maximin, académie de Besançon

JOFFRAUD, académie de Corse

KELLNER Eloïse, académie de Caen

KLEBER Lucas, académie de Strasbourg

LAFLORENCIE Paul, académie de Clermont-Ferrand

LAGORSSE Romain, académie de Limoges

LAMBERT Sarah, académie de Limoges

LASTEL Nicolas, académie de Rouen

LE BELICARD Cassandra, académie de Poitiers

LECANNU Celine, académie de Guadeloupe  
 LEPROUST Marine, académie de Nantes  
 LESCURE Enzo, académie de Montpellier  
 MALARTRE Julie, académie de Clermont-Ferrand  
 MALASSIS Nicolas, académie de Strasbourg  
 MARIE Emma, académie de Clermont-Ferrand  
 MARTIN Mathilde, académie de Dijon  
 MATTEI Léa, académie de Versailles  
 MAUDIER Anna, académie de Nantes  
 MICK Léa, académie de Nancy-Metz  
 MONTAGNE Inès, académie de Nancy-Metz  
 MORENO CARBONELL Lucas, académie de Reims  
 MOUCHARD Leelo, académie d'Amiens  
 NARCISSOT Melissa, académie de Nouvelle Calédonie  
 ORSINI, académie de Corse  
 OZDEMIR Berin Bengin , AEFÉ Congo  
 PARIS Julie-Maï, académie de Créteil  
 PECHNYK, académie d'Amiens  
 PFEIFFER Jeremy, académie de Strasbourg  
 PIGOZZO Clara, académie de Nantes  
 POISSENOT Eva, académie de La Réunion  
 POLO Alexandre, académie de Paris  
 POPA Thibault, académie de Rouen  
 POPOFF Soline, académie de Corse  
 POURNY Charles, académie de Dijon  
 POUVREAU Romy, académie d'Orléans-Tours  
 QUEBRIAC Pierre, académie de Versailles  
 QUILAZI Zoé, académie de Polynésie Française  
 RAFFIN Chloé, académie de Versailles  
 RAGENARD Olivia, académie de Rennes  
 RAIMBAULT Chloé, académie de Dijon  
 RAULT Corentin, académie de Rennes  
 REYNAERT Quentin, académie de Lille  
 RICHARD Brune, académie de Lyon  
 RIOU Brice, académie de Montpellier  
 ROBLIN Tom, académie de Reims  
 ROCHAT Amélie, académie de Bordeaux  
 ROGET Nuria, académie de Montpellier  
 ROZET Estelle, académie de Toulouse  
 SAZIO Andrea, académie de Nice  
 SCHUELLER Mariane, académie de Créteil  
 STOREY Morgane, académie de Nice  
 STREIFF Clément, académie d'Amiens  
 SUPLISSON Antoine, académie d'Orléans-Tours  
 TACHERON Thomas, académie de Reims

TCHOUBAR Moana, académie de  
Nouvelle Calédonie

THOMAS Théo, académie de Limoges

TOURENCHEAU Alice, académie de  
Rouen

TRIAS Samuel, académie de Bordeaux

VAN ECKE Joséphine, académie  
d'Amiens

VIMONT Sébastien, académie de Caen

WASTAUX, académie de Corse

## Les partenaires

### Société géologique de France (SGF)

La SGF est une association qui a pour objet :

- Le développement des sciences de la Terre et des Planètes ainsi que ses rapports avec l'industrie, l'agriculture, l'environnement, l'éducation...
- La promotion des géosciences, de leur excellence professionnelle et des disciplines qui les constituent ;
- La diffusion des connaissances dans les différentes spécialités ;
- La représentation et la défense des géologues, au niveau national et international ;
- L'accueil des amateurs et la vulgarisation.

Les actions de la Société Géologique de France s'organisent grâce à différents vecteurs : son site Internet, des réunions scientifiques et techniques, des conférences, des excursions, la publication de revues et d'ouvrages, son centre de documentation, son service emploi...

Son engagement dans l'organisation des Olympiades de géosciences démontre sa volonté de promouvoir les sciences de la Terre et les métiers associés auprès des élèves et enseignants de SVT. La SGF souhaite leur apporter un soutien en matière d'information, de documentation et de conseils sur les métiers des géosciences qui occupent une position clé dans notre société où les questions de préservation des ressources, d'approvisionnement en matières premières et d'environnement sont au cœur de nombreux débats.

Au-delà de sa caution scientifique, la Société géologique de France apporte son soutien à l'organisation et la gestion de cet événement depuis 2011.

[www.geosoc.fr](http://www.geosoc.fr)

## **Planète Énergies**

L'initiative pédagogique de Total « Planète Énergies » a pour but de partager des clés de compréhension sur toutes les énergies avec les jeunes générations et les curieux des sciences.

Elle se décline en un site Internet pédagogique dont l'équipe éditoriale et ses partenaires développent un contenu encyclopédique sur les énergies, leurs enjeux et leurs innovations.

Planète Énergies propose également des interventions gratuites dans les écoles animées par des experts, heureux de partager leurs connaissances et leur expérience. Plus de 8 000 élèves ont rencontré des professionnels volontaires durant l'année scolaire 2015-2016.

Planète Énergies soutient les Olympiades des Géosciences depuis leur création. Cette année, au cours de la cérémonie de remise des prix une conférence sera donnée par Astrid Caratge, Géophysicienne d'interprétation.

<http://www.planete-energies.com/fr>

## **Muséum national d'Histoire naturelle**

Au carrefour des sciences de la Terre, de la Vie et de l'Homme, le Muséum national d'Histoire naturelle se consacre quotidiennement – et ce depuis près de 400 ans – à la nature et à ses relations avec l'espèce humaine.

Le Muséum occupe une position de référence dans les débats environnementaux contemporains grâce à ses cinq missions institutionnelles : la recherche fondamentale et appliquée, la conservation et l'enrichissement des collections, l'enseignement, l'expertise et la diffusion des connaissances.

Centre de recherche, le Muséum s'appuie sur des travaux en laboratoire et des expéditions dans le monde entier, un grand éventail de disciplines, des collections exceptionnelles et une expertise reconnue.

A travers l'enseignement ou les actions de diffusion, il a également pour mission de partager ses savoirs avec un objectif clair : rendre les connaissances sur la nature accessibles à tous et sensibiliser le plus grand nombre à la protection de notre planète.

C'est donc dans cette optique de valorisation des sciences de la Terre et de leur image auprès des élèves du secondaire que le Muséum soutient les Olympiades nationales et internationales de Géosciences.

<https://www.mnhn.fr/>

## **LaSalle Beauvais**

Grande école d'ingénieurs post-bac de 1 850 élèves, membre du réseau mondial des universités La Salle, LaSalle Beauvais propose des formations d'ingénieurs dans les Sciences de la Terre, du Vivant et de l'Environnement : agronomie, agroalimentaire, alimentation et santé, eau, énergies, environnement, géologie. Intégrer LaSalle Beauvais, c'est s'immerger au cœur des enjeux de la planète. C'est aussi se préparer à devenir un expert conscient de ses responsabilités. Étudier au sein de LaSalle Beauvais, c'est apprendre la Terre en grand, sur un campus vert de 24 Ha.

### **Pourquoi devenir ingénieur géologue ?**

Dotés d'un goût naturel pour la géologie, les élèves-ingénieurs de LaSalle Beauvais sont confrontés dès la première année à l'expérience du terrain et sont formés à résoudre des projets concrets liés aux sols et aux sous-sols, en France et à l'international. La spécificité de LaSalle Beauvais consiste en une approche pédagogique dans laquelle la théorie n'est pas toujours le point de départ de l'apprentissage. Les futurs diplômés apprennent ainsi à observer pour tirer des conclusions à partir de leurs expériences, de leurs recherches et des travaux sur le terrain. Accompagnés par une équipe d'enseignants-chercheurs et de professionnels, les élèves-ingénieurs de LaSalle Beauvais apprennent à agir et à résoudre les problématiques de l'entreprise dans les secteurs des matières premières minérales, des énergies renouvelables et fossiles, de l'aménagement du territoire ou encore de l'environnement.

<http://international.lasalle-beauvais.fr/>

## **Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM)**

Le BRGM (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) a été créé en 1959. Placé sous la tutelle du ministère de l'Éducation nationale, du ministère de la transition écologique et solidaire et du ministère de l'Économie, le BRGM est l'établissement public de référence dans les applications des sciences de la Terre pour gérer les ressources et les risques du sol et du sous-sol.

Les actions du BRGM s'articulent autour de 5 missions : recherche scientifique, appui aux politiques publiques, coopération internationale, sécurité minière et formation (Le BRGM et

son école, l'Enag, interviennent en soutien à l'enseignement supérieur dans le domaine des géosciences).

Autour de la géologie, son cœur de métier, le BRGM développe une expertise dans le secteur de la gestion des ressources, de la maîtrise des risques et des écotechnologies innovantes.

Le BRGM, déjà très actif sur les Olympiades académiques de géosciences encourage désormais les Olympiades de Géosciences au niveau national.

<http://www.brgm.fr/>



## Les intervenants

### **Astrid Caratge, Géophysicienne – Total S.A.**

Astrid Caratge est passionnée depuis son plus jeune âge par les sciences. Sa matière de prédilection est la physique.

Elle s'est naturellement dirigée vers un bac S puis a intégré l'école Mines ParisTech dont elle est sortie diplômée en juillet 2011.

En 2012, elle poursuit ses études avec un master spécialisé en Géophysique pétrolière à l'Imperial College de Londres. Diplômée en poche, elle rejoint le Groupe Total en 2012 à Paris en tant que Géophysicienne Junior sur la partie Projets Nouveaux de la zone Amérique.

En collaboration avec un géologue senior et des universités et des compagnies locales, elle participe à de nombreuses études pour améliorer sa connaissance géologique du continent.

Elle évolue ensuite comme Géologue de puits, elle a ainsi passé plusieurs semaines en plateforme onshore et offshore en Argentine, au Royaume Uni ou encore aux Pays-Bas.

Depuis 2016, Astrid Caratge est Géophysicienne d'interprétation. Elle travaille en binôme avec un géologue pour capturer au mieux le potentiel prospectif du terrain ainsi que pour déterminer quelles opérations (puits, sismique....) pourraient les aider à mieux comprendre la géologie de la zone.

## **Thibault JOSSELIN, Président de la section « Jeunes » de la Société Géologique de France**

Très investi depuis plusieurs années dans les activités de la section, il en devient le président en octobre 2016. Son cursus :

- Master 2 Exploration des ressources minérales (Université de Lorraine, 2015/2016)
- Assistant de recherche au Laboratoire GéoRessources (Février-Juin 2016).

## **Jean-Claude BOULLIARD**

Jean-Claude Boulliard est enseignant-chercheur et directeur de la collection des minéraux de l'Institut de Minéralogie, de Physique des Matériaux et de Cosmochimie à l'université Pierre-et-Marie-Curie – Sorbonne Universités. Il est l'auteur de plusieurs ouvrages sur les minéraux dont 101 minéraux et pierres précieuses qu'il faut avoir vus dans sa vie, Dunod 2016).

**Sujets nationaux des  
Olympiades de Géosciences 2017**

# Olympiades de géosciences 2017

**Métropole**

**Et**

**AEFE**



## Seul sur Mars : un film entre science et science-fiction

*The Martian* (*Seul sur Mars* en version française), film de Ridley Scott de 2015, montre comment un homme, Mark Watney, réussit à survivre seul sur Mars grâce à ses connaissances scientifiques. La NASA nous annonçant un vol habité pour Mars dans les années 2030, l'hypothèse de ce film de science-fiction n'est pas complètement irréaliste. Cependant, on ne peut s'empêcher de se demander si certains éléments du film sont crédibles...

Dès les premières minutes du film, une violente tempête fait hurler les vents, soulever de gros débris, secouer la base martienne et surtout... fait dangereusement pencher le vaisseau d'évacuation de l'équipage. Celui-ci est alors contraint de décoller au plus vite, sans Mark Watney.



*Le véhicule ascensionnel martien (VAM) au premier plan à gauche ; la tempête en arrière-plan.*

Mark Watney est alors livré à lui-même seul sur Mars. Dès qu'il sort de la base pour explorer la planète, il porte un scaphandre. Ce scaphandre est pressurisé (il permet de maintenir une certaine pression de l'air à l'intérieur de la combinaison) et la composition de l'air à l'intérieur de la combinaison est contrôlée, notamment le pourcentage de dioxygène.



*Mark Watney, seul sur Mars dans son scaphandre.*

Afin de survivre sur le long terme, il décide de faire pousser des pommes de terre pour s'alimenter. Il transporte du sol martien dans sa base, ajoute une sorte de compost fabriqué à partir de ses propres excréments, plante des pommes de terre dans le sol, les arrose... et ça marche ! Il réussit à faire pousser des plants de pommes de terre.



*Mark Watney et ses plants de pommes de terre*

À partir des documents présentés dans ce sujet, vous répondrez sous forme de trois textes argumentés aux trois questions scientifiques suivantes, issues du film *The Martian*.

**Question 1 :** après avoir expliqué ce qui contrôle la force des tempêtes sur Mars, déterminer si les vents martiens peuvent renverser le VAM (Véhicule ascensionnel martien).

**Question 2 :** expliquer pourquoi il faut pressuriser et contrôler la composition de l'air dans le scaphandre.

**Question 3 :** déterminer si les sols martiens permettraient des cultures.



**Document 1 : influence de la masse sur l'atmosphère d'une planète.**

Chaque planète exerce une force d'attraction sur les objets situés à son voisinage, notamment sur les molécules gazeuses constituant l'atmosphère de la planète.

Cette force est associée à un champ de pesanteur et son intensité dépend avant tout de la masse de la planète. L'intensité de la pesanteur détermine l'épaisseur et la densité de l'atmosphère. La densité de l'atmosphère influence la vitesse des vents à la surface de la planète : plus la densité de l'atmosphère est importante, plus la vitesse des vents est élevée.



Source : document modifié, Manuel Bordas 2de SVT éditions 2015

**Document 2 : données comparées de l'atmosphère de Mars et de la Terre.**

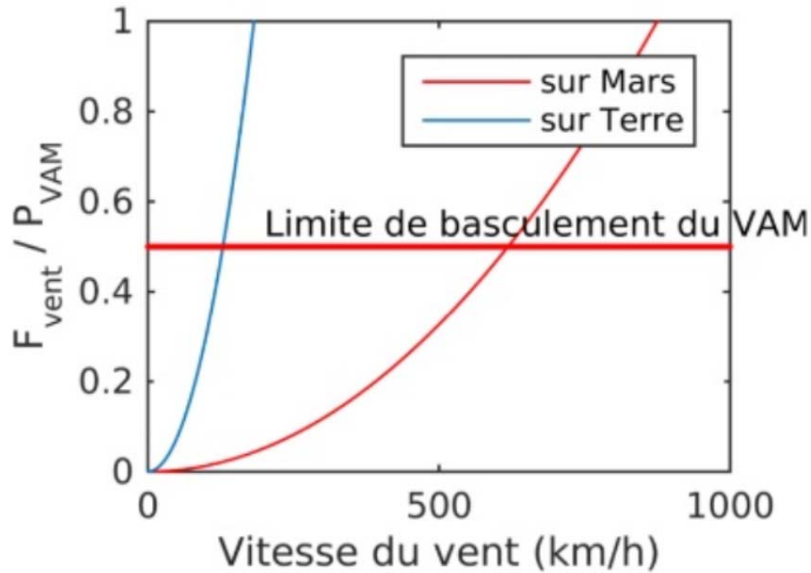
Données atmosphériques	MARS	TERRE
Intervalle de température mesurée (°C)	-140 à 0	-60 à 60
Pression atmosphérique (bar)	0,006	1
Composition chimique	CO <sub>2</sub> (95%) - N <sub>2</sub> (2,7%) - O <sub>2</sub> (0,13%)	N <sub>2</sub> (77%) - O <sub>2</sub> (21%)
Couche d'ozone	non	présence dans la stratosphère (à 12 km de la surface)
Intensité de la pesanteur (m/s <sup>2</sup> )	3,71	9,8
Densité	0,02	1,2
Vitesse des vents à la surface (km/h)	7 à 108	0 à 360

Source : Composition de l'atmosphère martienne, Institut Royal d'Aéronomie Spatiale de Belgique, 04/01/2016



**Document 3 :** rapport des forces exercées par la gravitation et le vent sur le VAM (véhicule ascensionnel martien) en fonction de la vitesse du vent sur Terre (en bleu) et sur Mars (en rouge).

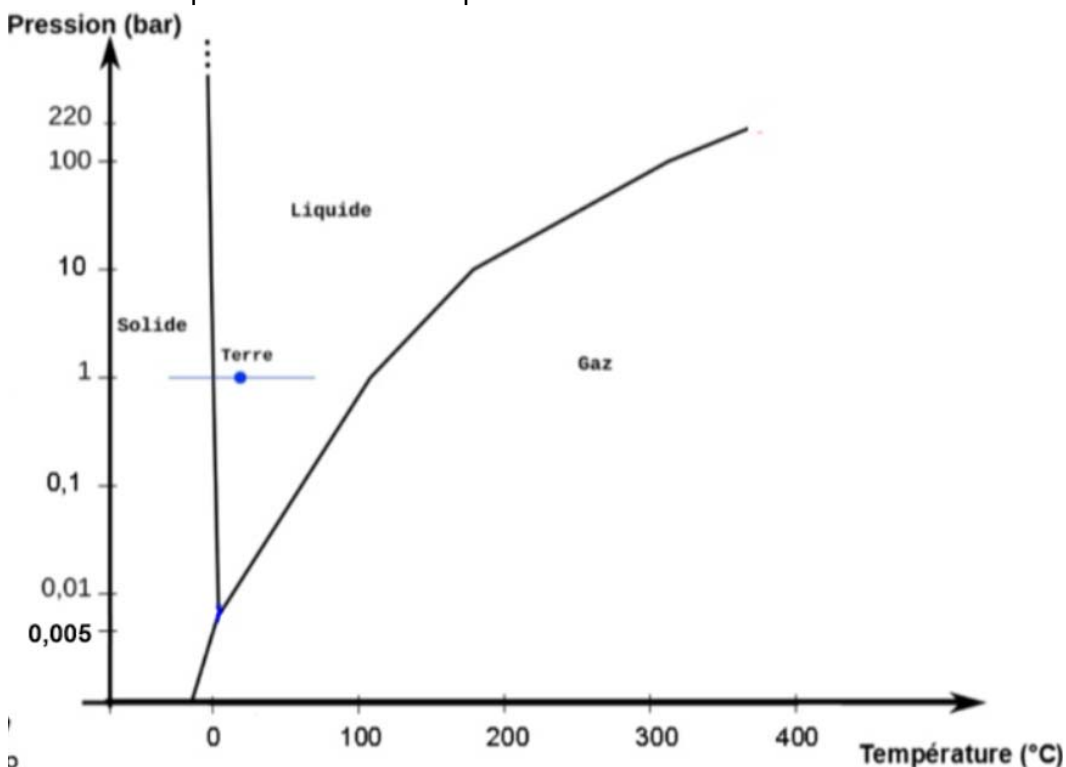
Il est possible de calculer la limite de basculement du VAM, celle-ci dépendant de la force du vent ( $F_{vent}$ ), du poids du véhicule ( $P_{VAM}$ ) et de la vitesse du vent. Les conditions terrestres et martiennes étant différentes, la limite de basculement n'est pas la même sur ces deux planètes.



Source : article entre Science et Science-Fiction, site Planète-Terre, 18/12/2015

**Document 4 :** diagramme de phase de l'eau.

Un diagramme de phase est une représentation graphique des domaines d'état d'un corps pur en fonction de la pression et de la température.



Source : article Vapeur d'eau à la surface de la Terre, site Planète-Terre, 18/02/2014



### **Document 5 : sang et dioxygène.**

Composé à 91 % d'eau à l'état liquide, le plasma sanguin contient une grande variété de solutés dont les gaz respiratoires ( $O_2$  et  $CO_2$ ) qui sont dissous dans le sang.

Le sang permet ainsi d'absorber et de transporter le dioxygène ( $O_2$ ), essentiel au fonctionnement des organes. Dans les conditions de pression terrestre, il faut un pourcentage de dioxygène dans l'air suffisant pour permettre une absorption correcte.

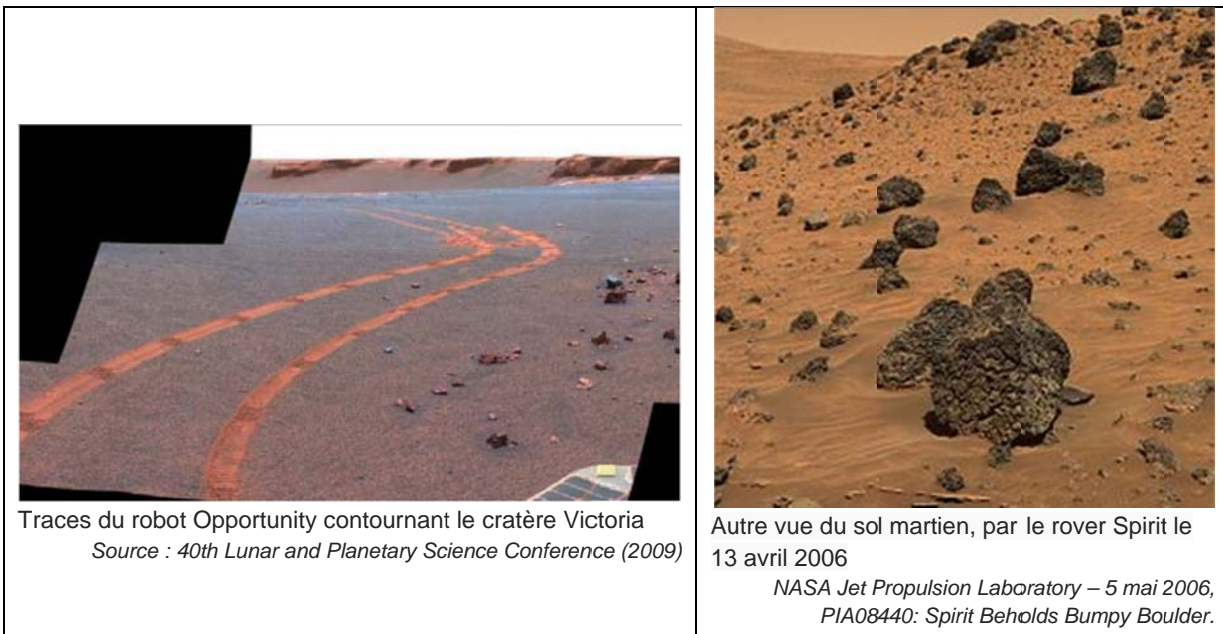
De 19 à 23 % d' $O_2$	Niveau normal de dioxygène.
De 16 à 19 % d' $O_2$	Difficultés respiratoires, nausées, vomissements, vertiges.
De 12 à 16 % d' $O_2$	Perte de connaissance.
< à 12 % d' $O_2$	Perte de connaissance immédiate entraînant la mort.

*Source : Simtronics Fire & Gas, les risques liés à la présence de gaz, 2005*

### **Document 6A : sol martien et origine de la couleur de la planète.**

Le sol martien est issu de l'altération de roches martiennes.

La teinte rougeâtre de la planète provient avant tout de l'oxyde de fer (III),  $Fe_2O_3$ , omniprésent à sa surface. Ce minéral constitue une fraction importante des grains de poussière transportés par les vents qui balayent continuellement la surface de la planète. Cette couche de poussière de couleur rouille est fine et superficielle, les roches martiennes sont de couleur sombre.





**Document 6B : composition chimique d'une roche martienne et de deux roches terrestres (le basalte et le granite) exprimée en pourcentage pondéral d'oxydes.**

Le basalte et le granite sont deux roches de la croûte terrestre issus de deux magmas différents. Le basalte est une roche volcanique, issue du refroidissement rapide de lave en surface, alors que le granite est une roche plutonique, issue du refroidissement lent de magma en profondeur. L'altération de ces deux roches conduit à la formation d'un sol.

Composition chimique %	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	FeO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O
Roche martienne	52,2	7,8	5,9	13,1	2,0	0,5
Basalte	50	10,2	7	7,3	2	0,3
Granite	73,86	0,72	0,26	1,13	3,51	5,12

Source : R. Rieder, T. Economou, H. Wänke, A. Turkevich, J. Crisp, J. Brückner, G. Dreibus et H. Y. McSween Jr., « The Chemical Composition of Martian Soil and Rocks Returned by the Mobile Alpha Proton X-ray Spectrometer: Preliminary Results from the X-ray Mode », Science, vol. 278, no 5344, 5 décembre 1997

**Document 7 : une expérience de culture sur un sol volcanique d'Hawaï.**

Actuellement, les missions spatiales devant limiter le poids du vaisseau spatial et donc de sa cargaison, il n'est pas question de transporter des pommes de terre, mais plutôt des graines.

Une expérience de culture a été réalisée à partir de graines sur un sol couleur rouille (riche en fer) puisé près d'un volcan à Hawaï et issu de l'altération de la roche volcanique (un basalte). Les chercheurs néerlandais ont d'abord semé quatorze espèces de plantes, parmi lesquelles des tomates, des légumineuses et des plantes sauvages. Ils ont sélectionné à dessein des espèces à petites graines afin que le stock nutritif qu'elles contiennent soit rapidement épuisé et que les végétaux dépendent totalement du sol pour pousser.



Source : *Can Plants Grow on Mars and the Moon: A Growth Experiment on Mars and Moon Soil Simulants*, G. W. Wiegman, Wamelink, Joep Y. Frissel, Wilfred H. J. Krijnen, M. Rinie Verwoert, Paul W. Goedhart Published: August 27, 2014.

Jour	Plantes encore en vie	Espèces ayant atteint le stade de floraison	Espèces ayant donné des graines
50	60 %	3 sur les 14 espèces testées (seigle, cresson, moutarde des champs)	2 sur les 14 espèces testées (cresson et moutarde des champs)

**Tableau des résultats de l'expérience de culture sur un sol volcanique d'Hawaï**

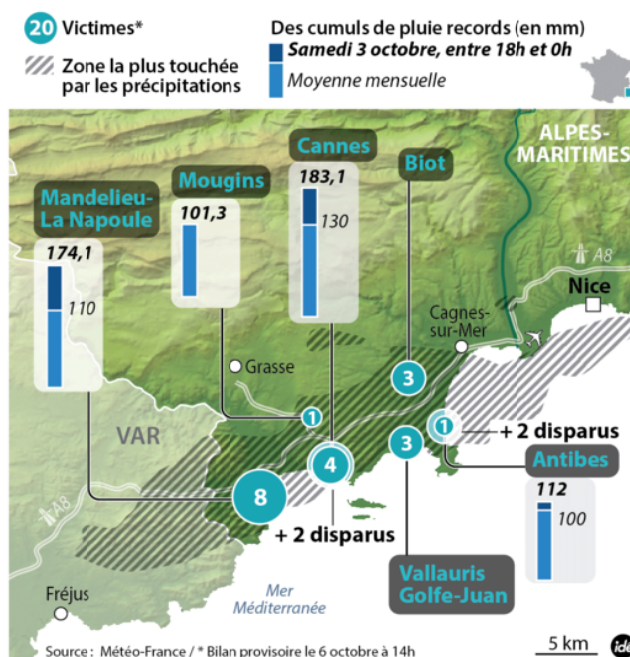




## Des pluies diluviennes sur la Côte d'Azur

Le 3 octobre 2015, des inondations catastrophiques ont eu lieu sur la Côte-d'Azur.

Trente kilomètres de Côte d'Azur ont été submergés en quelques heures par les eaux de deux cours d'eau : *le Riou* de l'Argentière à Cannes et Mandelieu-la-Napoule et *la Brague* à Biot et Antibes.



**Vous êtes attaché territorial, spécialiste de l'urbanisme et du développement des territoires, également en charge de la prévention des risques naturels.**

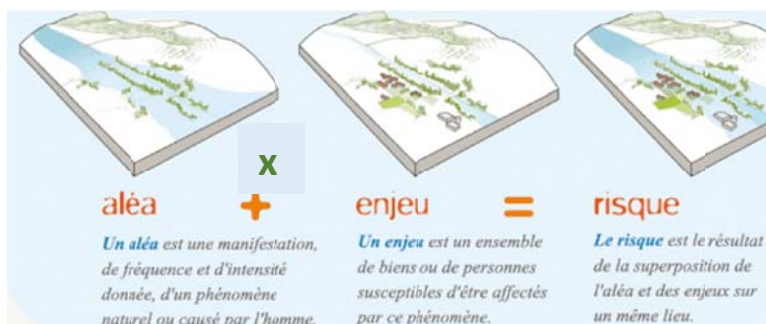
On vous demande de rédiger un rapport permettant d'expliquer l'enchaînement des événements survenus dans le sud-est de la France, le 3 octobre 2015, en distinguant les éléments naturels de ceux d'origine anthropique (humaine). Vous vous appuyerez sur le cas du débordement de la Brague à Biot.

Dans ce rapport, il conviendra aussi d'indiquer les mesures prises pour faire face aux risques d'inondation et leurs limites, en précisant ce qui est du domaine de la prévision et du domaine de la prévention / protection.

Enfin vous préconiserez quelques mesures à prendre, pour éviter de nouvelles catastrophes.

### Document de référence

À ne pas commenter



<http://www.etang-de-l-or.com>

Un risque est généralement considéré comme la résultante de la combinaison d'un aléa (possibilité qu'un phénomène menace ou affecte une zone donnée) et de l'enjeu (exposition et vulnérabilité, humaine, industrielle, économique, ...).



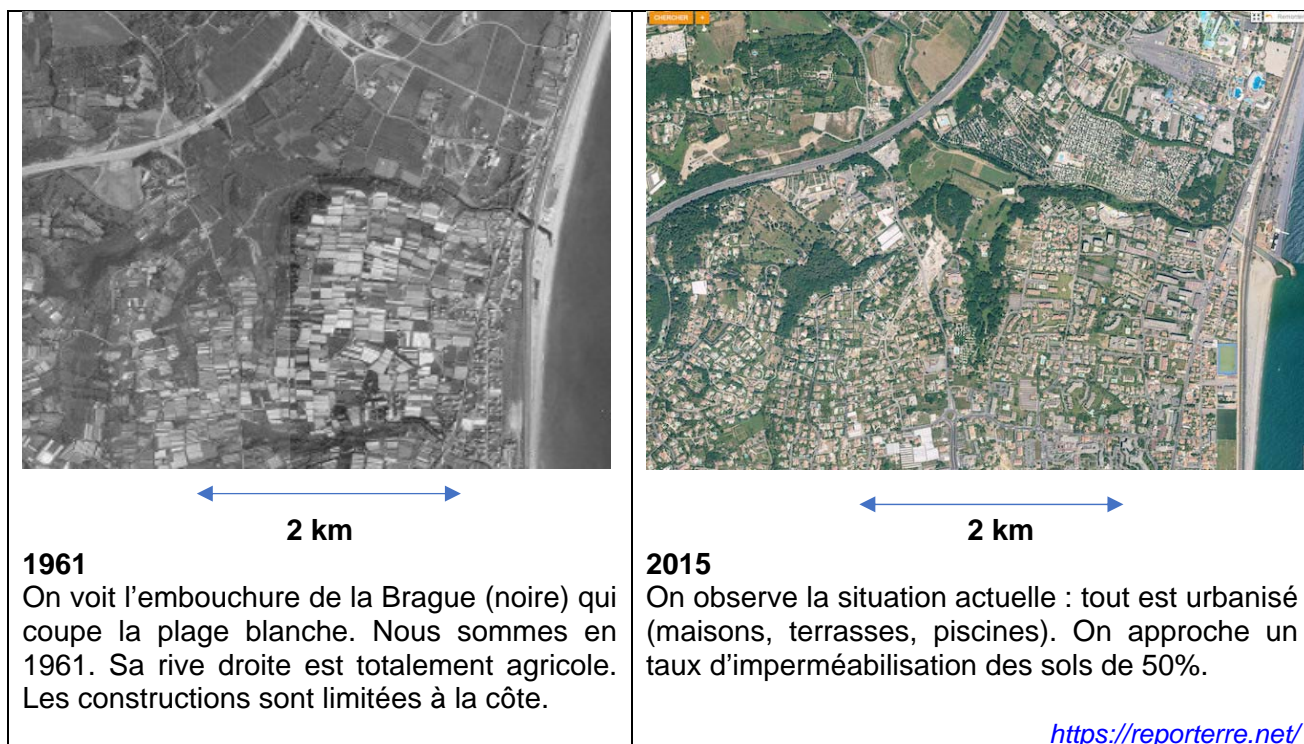
**Document 1 : extraits d'articles de presse parus à propos des intempéries survenues dans les Alpes Maritimes.**

**Extrait 1** (d'après les articles de S. Foucart, M. Valo, L. Van Eeckhout, I. Rey-Lefebvre et L. Leroux « Le Monde » du 05.10.2015)

De tels épisodes sont souvent observés à cette époque de l'année. " Ce qui est très exceptionnel, en revanche, c'est l'intensité du phénomène qui s'est développé à l'est du Var et a longé le littoral des Alpes-Maritimes ; à Cannes, entre 20 heures et 21 heures, sont tombés 107 mm d'eau, le précédent record dans la région étant de 70 mm ", explique Pascal Brovelli, adjoint à la direction de la prévision de Météo France. Météo France avait bien annoncé de fortes précipitations sur la région. Mais la réalité a été deux fois pire que prévu. " Il nous était difficile de prévoir une telle intensité en un si court temps, dit M. Brovelli. En l'état de nos systèmes, nous ne sommes pas en mesure d'annoncer une telle ampleur et de la localiser de manière aussi précise. Le phénomène a été d'une rare violence. "

En quelques heures, il est tombé pas moins de 200 millimètres d'eau, soit l'équivalent de trois à six mois de pluviosité, explique Jean Leonetti, député et maire d'Antibes. " Bien que nous ayons tiré les leçons des précédentes inondations de 2006, 2010 puis 2011, en installant, par exemple, des bassins de rétention [retenue d'eau] calibrés pour une crue centennale [crue qui se reproduit statistiquement tous les cents ans], cela n'a pas suffi : ils ont été débordés."

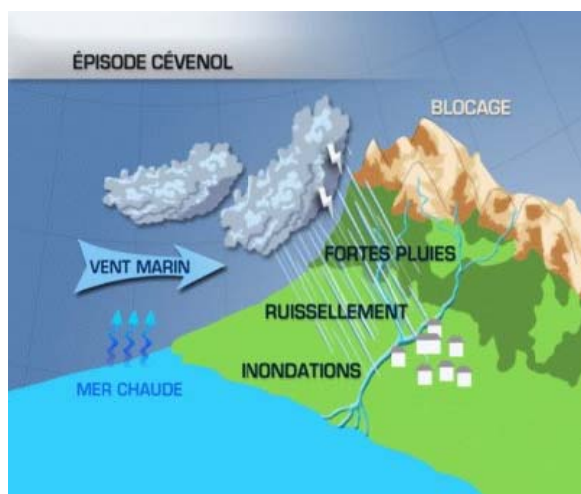
**Extrait 2** : clichés aériens de l'embouchure de la Brague en 1961 et 2015 (commentés par Jean-Paul Legros, pédologue, dans une communication interne à l'Association Française pour l'Etude du Sol)



Le bétonnage des sols et le bitume des routes, favorisent le ruissellement des eaux. À pluies égales, l'accumulation de l'eau dans les points bas peut doubler du fait des sols rendus imperméables.



**Extrait 3** : qu'est-ce qu'un " épisode cévenol " ? (d'après l'article d'Audrey Garric « Le Monde » du 05.10.2015).



<http://pavillon.hcfdc.org>

Ce terme regroupe les épisodes de pluies brèves et intenses, et de crues rapides, qui surviennent sur tout l'arc méditerranéen, depuis l'Espagne jusqu'à l'Italie et la Croatie, particulièrement à la fin de l'été et au début de l'automne. Sous l'effet d'une dépression qui vient de la péninsule ibérique, un air chaud chargé d'humidité remonte vers l'Europe en provenance de la Méditerranée. Quand il rencontre les reliefs montagneux des Alpes, du Massif central et des Pyrénées, l'air prend de l'altitude et se refroidit, entraînant la formation de précipitations intenses, souvent plus de 100 mm en une journée. Les conditions qui conduisent à la formation de ces phénomènes ont toujours existé.

## **Document 2** : données hydrologiques sur la formation des crues

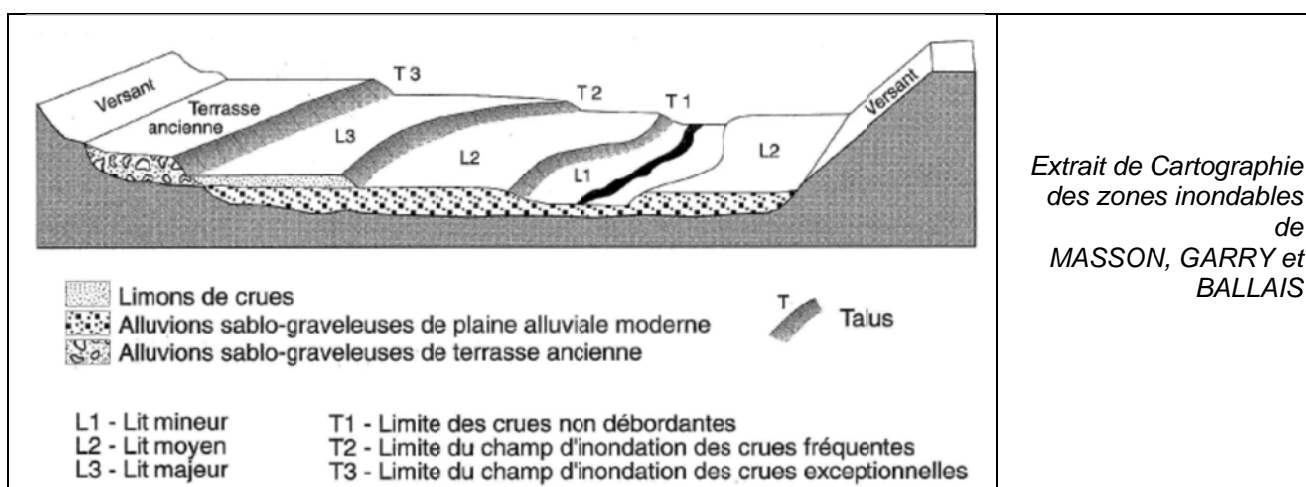
### **2a De la pluie aux crues**

**A** - Une crue correspond à une augmentation rapide et temporaire du débit d'un cours d'eau au-delà d'un certain seuil. Elle est caractérisée par 3 paramètres : hauteur d'eau, vitesse du courant et débit (exprimé en m<sup>3</sup>/s) qui est égal à la surface de la section d'écoulement par la vitesse d'écoulement (en m/s). Les écoulements d'eau dans un réseau hydrographique (fleuves, rivières...) résultent de l'arrivée des précipitations dans un bassin versant\* récepteur ; ruissellement, infiltration dans le sol et les nappes phréatiques, évaporation interviennent.

D'après « *Les risques naturels majeurs* » Christian Lefèvre et Jean-Luc Schneider.

\*Un bassin versant est l'espace drainé par un cours d'eau et ses affluents. L'ensemble des eaux qui tombent dans cet espace convergent vers un même point de sortie.

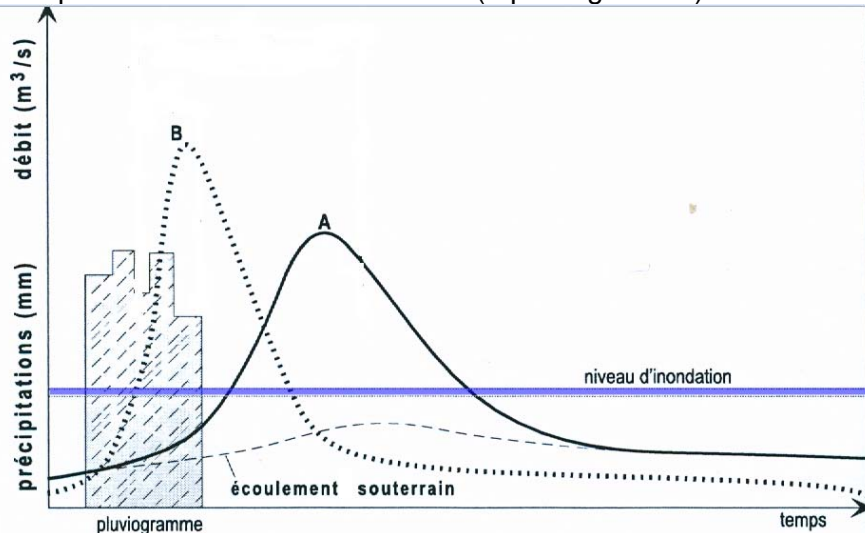
### **B** – Les différents lits d'une rivière :



2b : hydrogrammes de crue, pluviogramme et réseau hydrographique.

**A – L'hydrogramme de crue.**

Ce diagramme représente, pour un cours d'eau, la variation du débit à la suite de précipitations intenses. Le point le plus haut correspond au débit maximal qui correspond au maximum de la crue. On reporte également sur le diagramme la quantité des précipitations dans le bassin versant (= pluviogramme).

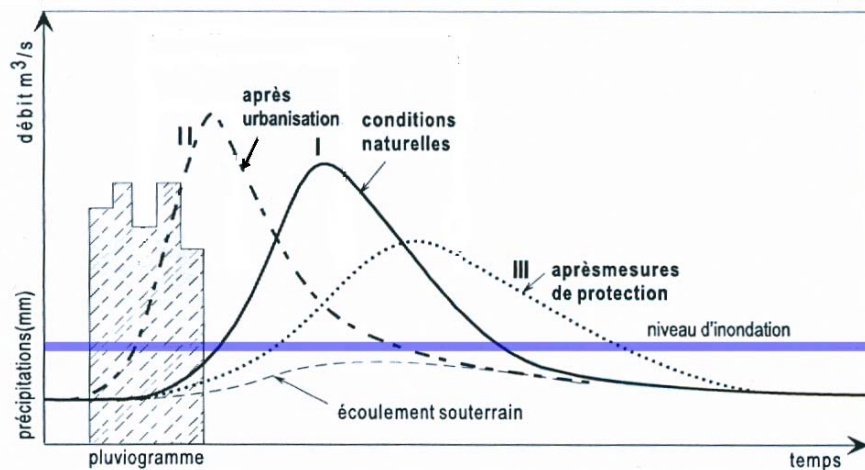


Hydrogrammes de crues et pluviogramme.

A : crue lente ; B : crue rapide.

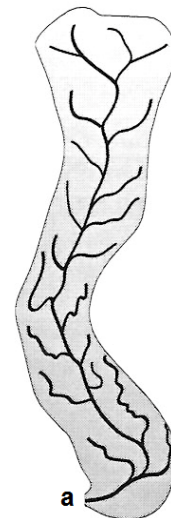
(inspiré de Casati et Pace, 1996)

Ce deuxième diagramme permet de comparer la variation des débits en fonction des actions de l'être humain. La courbe I est une référence (conditions naturelles), Les courbes II et III montrent les modifications de débits lors d'actions humaines.

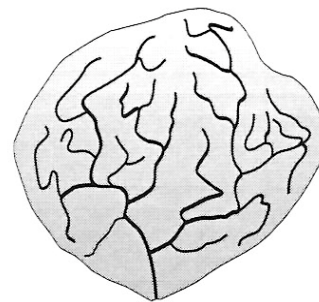


D'après Chamley, 2002

**B – L'influence de la forme du bassin hydrographique.**



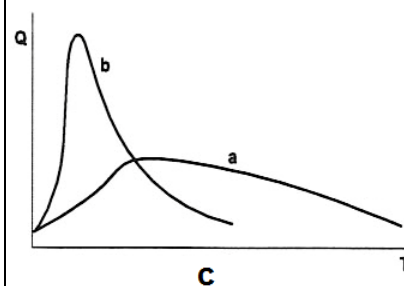
a



b

a : bassin hydrographique de forme allongée.

b : bassin hydrographique de forme arrondie.



c

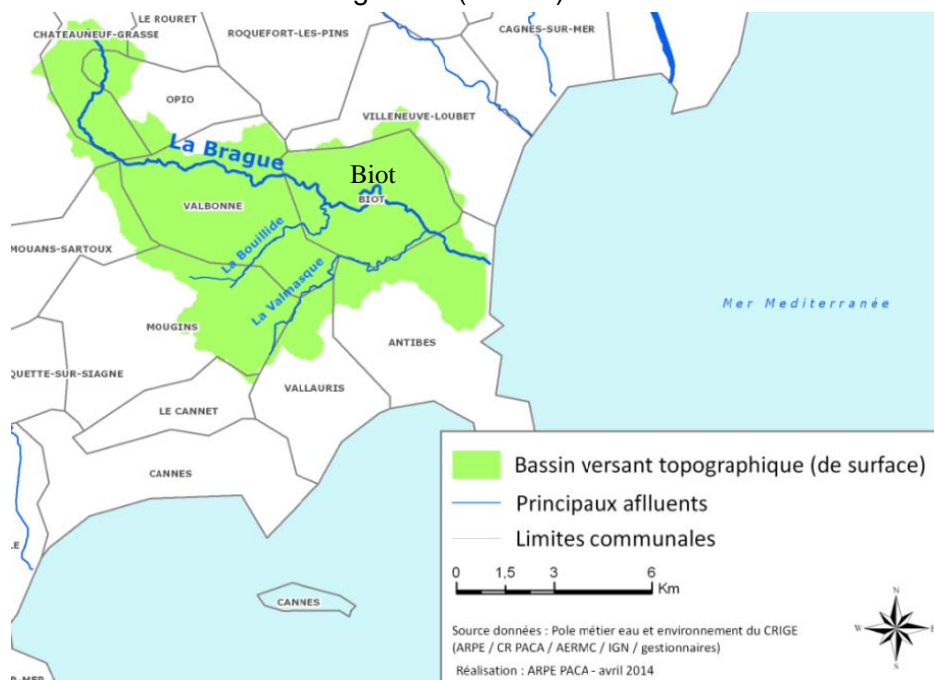
Débit du cours d'eau (Q) et temps (T) de concentration des eaux selon le type de bassin (a : bassin allongé et b : bassin arrondi)



**Document 3 : le cas de la Brague et de Biot.**

**Document 3a : le réseau hydrographique.**

La carte ci-dessous donne la forme globale (en vert) du bassin versant de la zone d'étude)



**Document 3b : une affiche vue à Biot.**

Biot

ALPES-MARITIMES  
Provence-Alpes-Côte d'Azur

feux de forêt

mouvements de terrain

inondation

sismicité zone 3

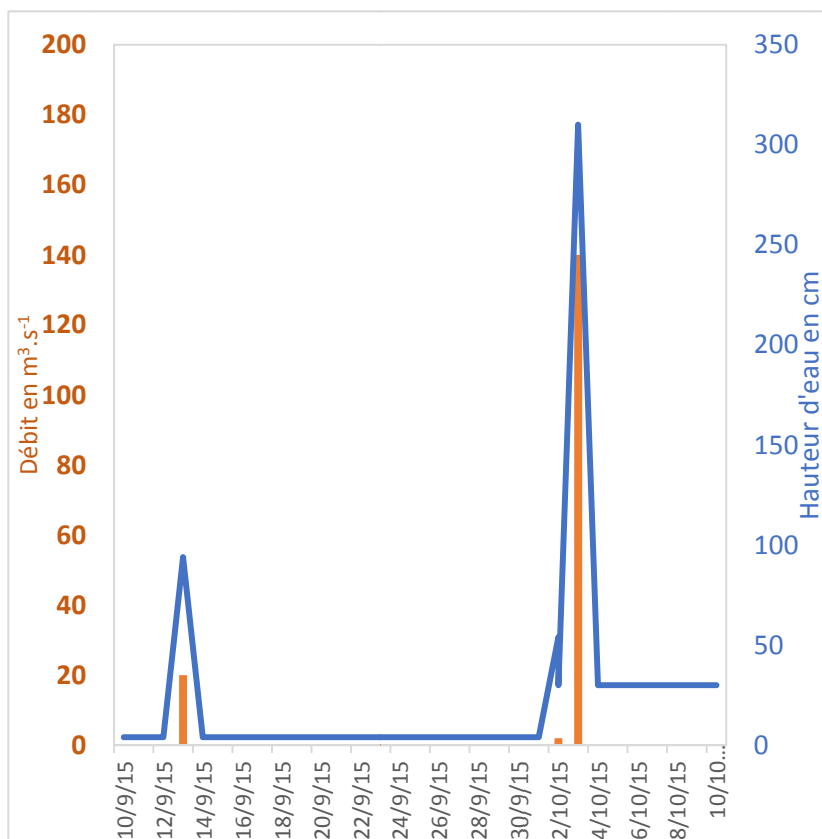
en cas de danger ou d'alerte

1. abritez-vous
2. Écoutez la radio
3. respectez les consignes
  - > n'allez pas chercher vos enfants à l' cole

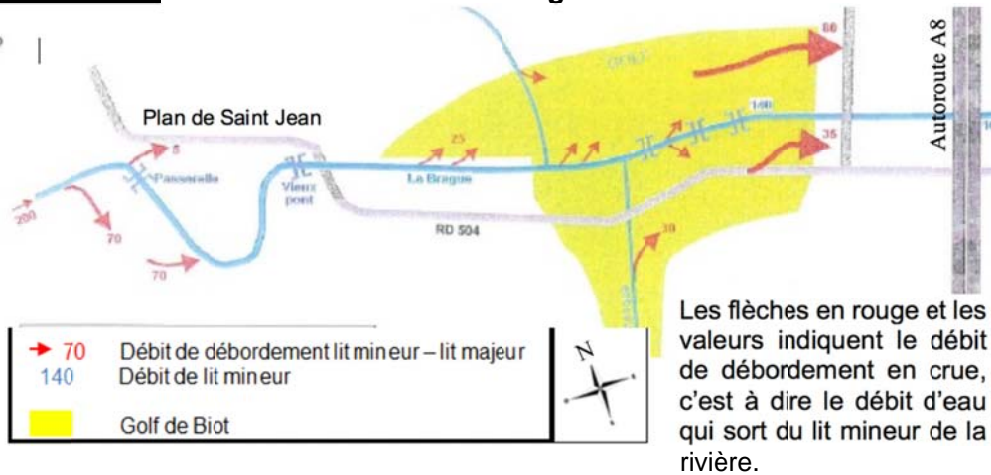
pour en savoir plus, consultez

- >   la mairie, le document communal d'information
- > sur Internet : [www.prim.net](http://www.prim.net)

**Document 3c : données fournies par la station hydrogéologique de la Brague   Biot (Plan de Saint Jean). En abscisses : les dates de relevé.**



### Document 3d : les écoulements de la Brague à Biot.



### Document 3e : extrait du Plan de Prévention des Risques naturels liés aux Inondations (= PPRi) de Biot.

L'ensemble de la population peut consulter le PPRi sur Internet, par exemple pour acheter un bien immobilier.

<http://www.biot.fr/wp-content/uploads/2016/09/DICRIM>

**LE RISQUE INONDATION**

Sur notre commune, les inondations constituent un des risques les plus fréquents avec des phénomènes dévastateurs et très dangereux. Elles proviennent majoritairement de phénomènes de crues des vallons.

Un PPRi arrêté en date du 29 décembre 1998 définit deux zones d'aléa : une zone rouge de risque fort et une zone bleue de risque modéré. Les consignes à suivre sont indiquées ci-dessous.

#### AVANT L'ÉVÉNEMENT

- Entretenez les vallons (débroussaillage, curage)
- Prévoyez les moyens permettant de fermer et obturer les ouvertures
- Coupez le gaz et l'électricité
- Mettez hors d'eau les équipements
- Prévoyez les moyens d'évacuation
- Préparez une réserve d'eau potable, d'aliments non périssables et votre kit d'urgence
- Amarrez les équipements pouvant flotter
- Éloignez-vous des bordures de cours d'eau

#### APRÈS L'ÉVÉNEMENT

- Aérez et désinfectez les pièces
- Chauffez les pièces
- Ne rétablissez l'électricité et le gaz qu'après assèchement des installations

#### PENDANT L'ALERTE

- Écoutez les avertissements à la radio
- Libérez les lignes téléphoniques, sauf détresse vitale
- Évacuez votre maison ou réfugiez-vous dans les étages supérieurs
- Emportez les équipements minimums : kit d'urgence (pharmacie, radio à piles, lampe de poche, papiers personnels, vêtements de rechange, couverture)

#### PENDANT L'ÉVÉNEMENT

- Restez sur les points hauts préalablement identifiés
- Ne pas se déplacer en voiture - à l'école vos enfants sont en sécurité
- Restez informés de la montée des eaux (radio/accueil Mairie)
- Coupez les réseaux (électriques, gaz)





## Le climat : un moteur de l'évolution dans l'histoire de la famille de l'être humain ?

« Les théories associant les variations climatiques et l'évolution remontent à Charles Darwin (1809-1882). Il postulait que des grands changements du climat modifient de façon importante la végétation, les abris et les différentes ressources disponibles dans une région. La disparition d'un aliment favori ou le remplacement d'une longue saison humide par une saison sèche créent une pression ». ... « L'environnement, déterminé par le climat, favorise les individus dotés de certains traits (*c'est la sélection naturelle*). Avec le temps, ces organismes et leur héritage génétique deviennent dominants parce qu'ils survivent en plus grand nombre au changement.

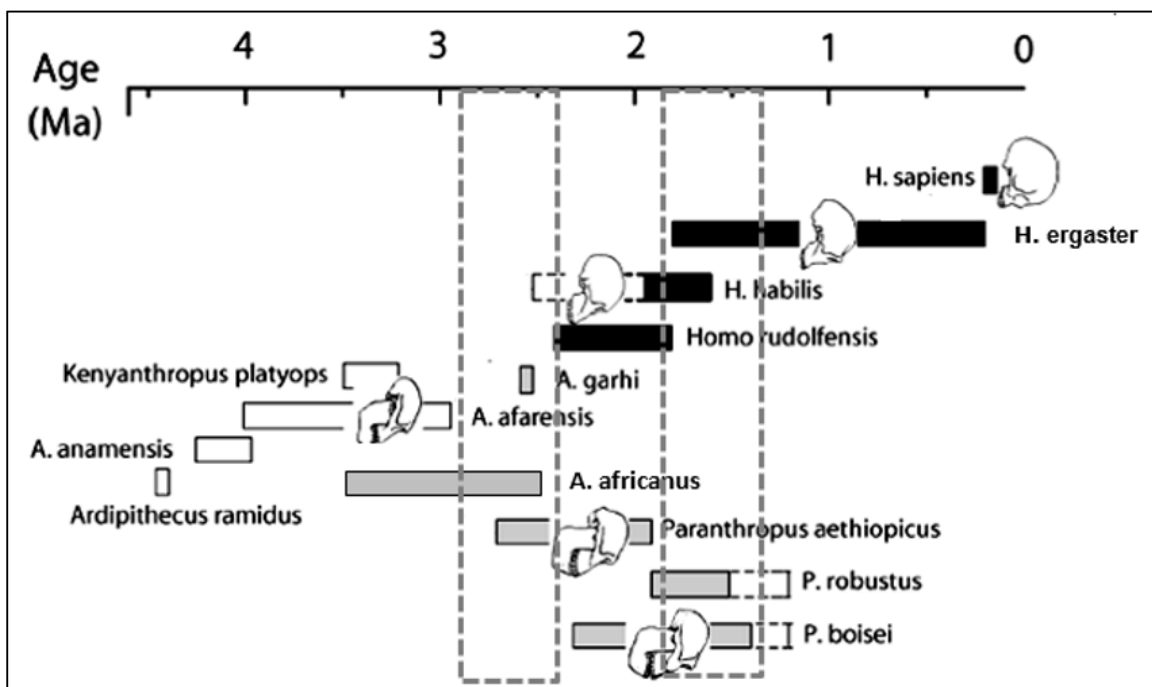
*D'après Peter de Menocal, Pour la science N°445, novembre 2014, modifié*

**Dégager à partir des documents les arguments qui permettent de construire l'hypothèse suivante : « Il existe une influence des climats sur l'évolution des espèces apparentées à l'être humain. »**

S'appuyer sur l'étude des périodes de -2,9 à -2,4 millions d'années et de -1,9 à -1,4 millions d'années. Présenter la réponse sous la forme d'une synthèse.

**Document 1 : les espèces apparentées à l'être humain actuel.**

**Document 1a :** apparition, extension et disparition des espèces au Pliocène et au Pléistocène.



A. = Australopithecus ; P. = Paranthropus ; H. = Homo

**Document 1b :** quelques informations complémentaires

Les scientifiques tentent d'associer des milieux de vie aux différentes espèces.

On peut aujourd'hui faire trois grandes catégories :

- des espèces strictement liées à la savane ;
- des espèces strictement liées aux milieux forestiers ;
- des espèces pouvant se développer dans les deux milieux.



**Document 2 : l'apport des études isotopiques.**

**Document 2a : la méthode du carbone 13.**

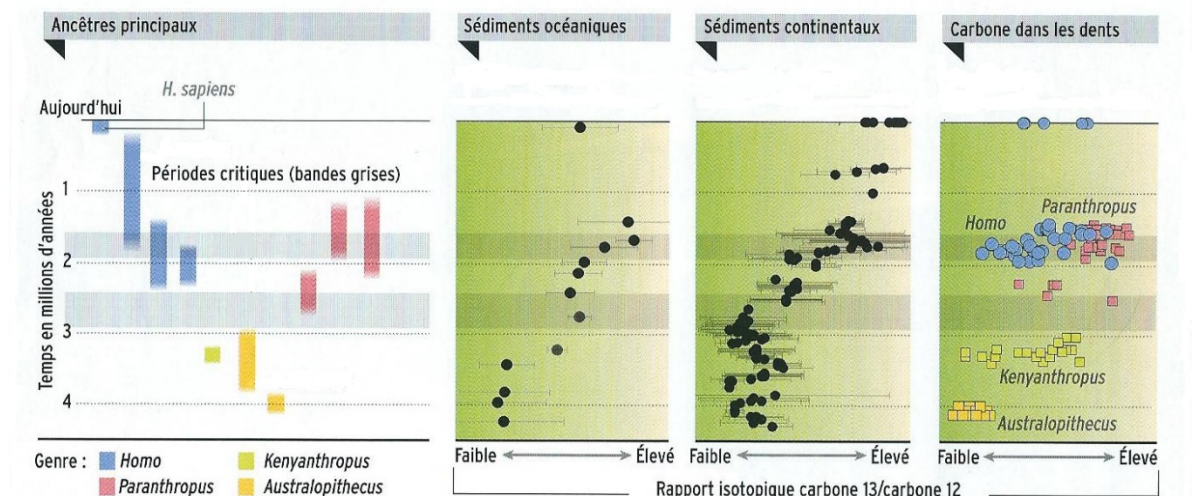
Le carbone 13 ( $^{13}\text{C}$ ) est l'une des trois « formes » du carbone. Dans l'atmosphère, les molécules  $^{13}\text{CO}_2$  coexistent avec les molécules  $^{12}\text{CO}_2$ , à hauteur d'environ 1,1 % du total du  $\text{CO}_2$ . Les plantes utilisent les deux types de carbone lors de la photosynthèse, mais le  $^{13}\text{C}$ , un peu plus lourd, est un peu moins absorbé que le  $^{12}\text{C}$ . De plus, on observe de légères différences, liées au type de photosynthèse : certaines plantes adaptées à des climats secs absorbent plus de  $^{13}\text{C}$  que des plantes adaptées à des climats plus humides. Cette différence est faible : on calcule un rapport isotopique. On peut ainsi déterminer le rapport isotopique des matières organiques contenues dans les sédiments mais aussi de l'émail des dents des herbivores se nourrissant des plantes.

**Tableau d'analyse des rapports isotopiques des matières organiques des sols et de l'émail des dents des herbivores selon le type de végétation :**

	Climat Humide	Climat sec
	Forêts ombrophiles congolaises	Savanes
Rapport isotopique des matières organiques des sols	Plus le rapport, est faible, plus les territoires occupés par la forêt sont importants	Plus le rapport, est élevé plus les territoires occupés par la savane sont importants
Rapport isotopique de l'émail des dents des herbivores	Faible	Élevé

Concernant les espèces de notre étude, des résultats intermédiaires peuvent être interprétés soit comme le résultat d'un régime herbivore mêlant les 2 types de végétaux soit comme le signe d'une alimentation variée avec une part de zoophagie dans le régime alimentaire.

**Document 2b : résultats des analyses isotopiques pratiquées sur les sédiments contenant de la matière organique et sur l'émail des dents des différentes espèces.**



D'après Peter de Menocal, dossier Pour la science EVOLUTION, LA SAGA DE L'HUMANITE, janvier-mars 2017, modifié



**Document 3a :** les collectes de sédiments contenant de la matière organique et leur origine.

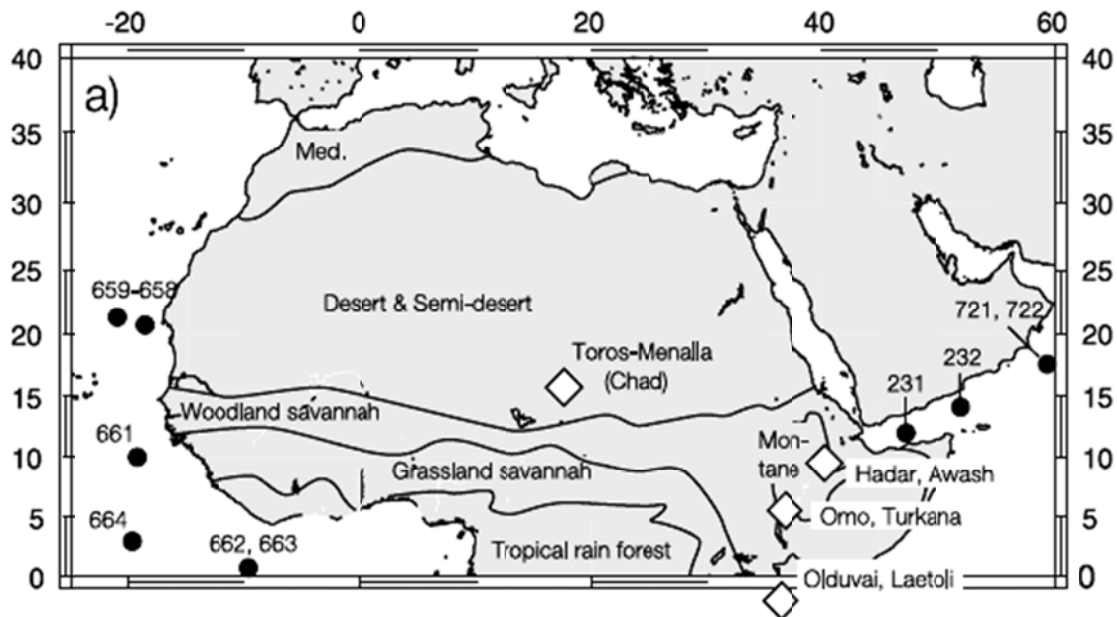
Peter de Menocal a participé à des campagnes de forages en Mer Rouge ; il nous raconte :

« Lorsque le responsable du forage criait « carotte sur le pont », nous quittions les laboratoires pour monter récupérer une par une des carottes de dix mètres de long prélevées au fond de la Mer Rouge. À cet endroit, le fond est à environ 2000 mètres. Et depuis la séparation des grands singes et de l'Homme, il y a plus de sept millions d'années, le sol océanique a accumulé près de 300 mètres de boue à un rythme d'environ quatre centimètres tous les 1 000 ans. »



**Cette tempête de sable** transporte des poussières du continent africain vers la Mer Rouge. Ces particules se déposent.

**Document 3b :** carte d'Afrique indiquant les zones de prélèvement des sédiments et la végétation actuelle.



Les cercles noirs situent les forages océaniques et les losanges blancs certaines localités de découvertes des fossiles : d'*Australopithecus afarensis* (Lucy) dans l'Hadar et la vallée de l'Awash, de *Paranthropus aethiopicus* près du Lac Turkana et la vallée de l'Omo, de *Paranthropus boisei* et d'*Homo habilis* à Olduvai et celui de *Sahelanthropus tchadensis* (Toumaï) daté d'environ 7 millions d'années à Toros-Menalla au Tchad.

Woodland savannah : savane arborée  
Grassland savannah : savane herbacée  
Tropical rain forest : forêt tropicale humide

D'après *Earth and Planetary Science Letters* 220 (2004), Peter B. de Menocal



**Document 4 : quelques données sur les appareils masticatoires de *Paranthropus boisei* (à gauche ci-dessous) et des premiers *Homo* (à droite ci-dessous).**



L'appareil masticatoire de *Paranthropus boisei* a longtemps intrigué les paléanthropologues. En effet, il montre des molaires très massives avec des surfaces d'usure importantes. Ces particularités, avec d'autres, peuvent être reliées à une alimentation composée de végétaux très coriaces. Dans les forêts ombrophiles, il peut s'agir de noix, et dans les savanes, de plantes herbacées. On sait, avec certitude, grâce à d'autres analyses isotopiques que leur alimentation était d'origine exclusivement végétale.

De telles traces d'usure n'ont pas été

mises en évidence chez les spécimens,

même anciens, du genre *Homo*.

Crédit photographique :

Melissa Lutz Blouin Université d'Arkansas

**Document 5 : données actuelles sur la résistance des espèces face aux changements climatiques.**

Depuis plusieurs décennies, le réchauffement climatique associé aux activités humaines est une source de bouleversements d'habitats des espèces. Afin d'évaluer les conséquences sur la biodiversité de ces changements, les chercheurs suivent les effectifs d'espèces ayant des exigences différentes face au milieu de vie.

Espèces	Effectifs	Depuis 1989	Ces dix dernières années
Pigeon ramier ( <i>Columba palumbus</i> ) Espèce présente dans des milieux de vie très différents.		+169%	+34%
Bouvreuil pivoine ( <i>Pyrrhula pyrrhula</i> ) Espèce présente uniquement dans des milieux forestiers		-64%	-35%
Hirondelle rustique ( <i>Hirundo rustica</i> ) Espèce présente dans les milieux bâtis		-39%	-24%
Tarier des prés ( <i>Saxicola rubetra</i> ) Espèce présente dans les milieux agricoles		-57%	-37%

D'après Anne Teyssède, Biodiversité, le paradoxe du pigeon ramier, Pour la science-juillet 2016 modifié



# Olympiades de géosciences - 2017

**Académies de la Guadeloupe, de la  
Guyane, de la Martinique.**

**et**

**AEFE**



## Nîmes : comprendre l'origine des inondations pour mieux les anticiper

La ville de Nîmes, chef-lieu de la région du Gard, est située entre la mer Méditerranée et le massif des Cévennes. Elle subit régulièrement, à l'automne, d'importantes inondations qui peuvent avoir des conséquences dramatiques. C'est ainsi que dans la nuit du 2 au 3 octobre 1988, une de ces inondations entraîne 11 morts, 45 000 sinistrés, 2 000 logements endommagés, 6 000 véhicules sinistrés dont 1 200 emportés, 90 km de réseaux d'eaux usées détruits, 15 km de voirie à refaire, 41 écoles sinistrées.

**Photo 1** : Cadereau, route d'Alès. Orages diluviens dans le Gard, le 10 octobre 2014. © Stéphane Rodillon

*KERAUNOS / Observatoire Français des Tornades et des Orages Violents / [www.keraunos.org](http://www.keraunos.org)*

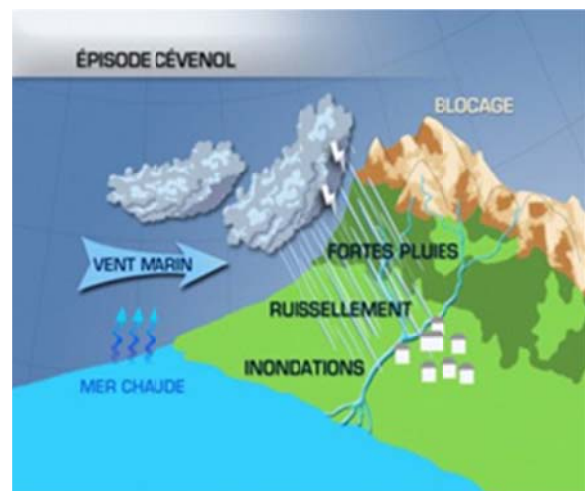


**Question** : à partir de l'exploitation des documents, présenter les causes des inondations qui affectent régulièrement la ville de Nîmes et montrer comment leur connaissance permet de concevoir des outils de prévention des risques pour la population.

### Document 1 : des données météorologiques sur la région de Nîmes

Un **orage cévenol** ou **épisode cévenol**, désigne un type particulier de pluie qui affecte principalement les Cévennes et les plaines avoisinantes, notamment la région de Nîmes. Ces orages violents provoquent souvent de graves inondations car l'équivalent de plusieurs mois de précipitations tombe alors en seulement quelques heures ou quelques jours.

Ces phénomènes sont liés à des remontées d'air chaud, humide et instable en provenance de la Méditerranée qui peuvent générer sur les reliefs, au contact de l'air froid, des orages violents parfois stationnaires. Ils se produisent de façon privilégiée en automne, moment où la mer est la plus chaude, ce qui favorise une forte évaporation.

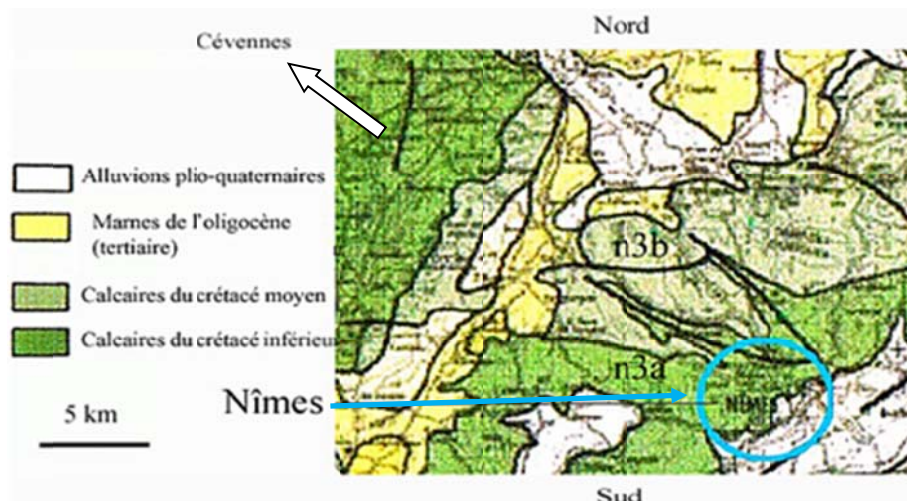


D'après <http://pavillon.hcfdc.org>



## **Document 2 : carte géologique de la région de Nîmes**

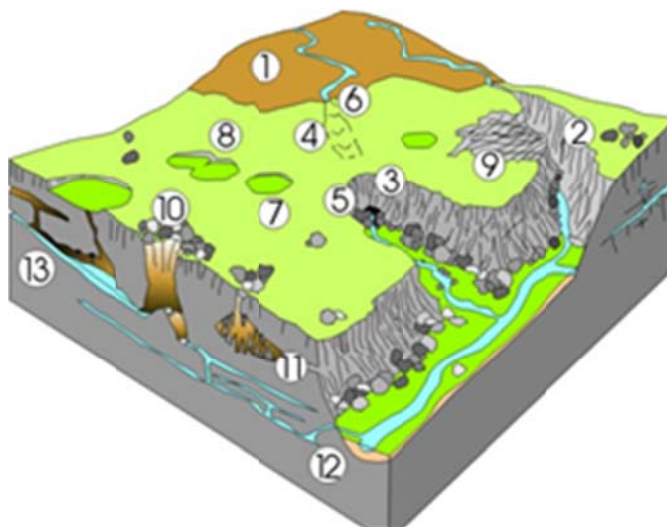
La ville de Nîmes est située à une cinquantaine de kilomètres au sud-est des Cévennes. Cette zone est constituée de collines et de plateaux calcaires plus ou moins fortement karstifiés (voir doc 3).



## **Document 3 : un type de relief affectant les pays calcaires : le karst**

Tout massif calcaire est fissuré, aussi bien en surface qu'en profondeur. En ruisselant à la surface du plateau calcaire, les eaux, chargées en CO<sub>2</sub> et légèrement acides, pénètrent dans les fissures et dissolvent la roche.

Les fissures s'agrandissent et finissent par former de véritables galeries dans lesquelles coulent des rivières souterraines. Quand le plafond d'une galerie s'effondre, un canyon se forme.



(1) terrains non karstiques ; (2) canyon ; (3) reculée ; (4) vallée sèche ; (5) résurgence de rivière ; (6) perte ; (7) doline ; (8) ouvala ; (9) lapiez ; (10) aven ; (11) grotte ; (12) source vauclusienne ; (13) rivière souterraine.

Source : Université de Liège

## **Document 4 : fonctionnement du système karstique associé à la ville de Nîmes**

La ville de Nîmes se situe au pied d'une garrigue karstique dont l'exutoire<sup>1</sup> principal est la Fontaine de Nîmes. En période de basses eaux (en été par exemple), seules les cavités de la partie inférieure du karst sont remplies d'eau. Cette eau circule et ressort au niveau de la fontaine de Nîmes. Après plusieurs épisodes pluvieux intenses, le débit observé au niveau de la fontaine de Nîmes augmente considérablement. Elle est en crue. Les sources temporaires, situées en pleine ville, normalement à sec, inondent alors la cité. L'eau ruisselle dans la garrigue et s'accumule dans des vallons secs, les « cadereaux » (d'Alès, d'Uzes etc.) qui traversent la ville et deviennent de véritables torrents (voir photo 1). La montée en crue des cadereaux est brutale, souvent de l'ordre d'une demi-heure.



Photo 2 : Fontaine de Nîmes le 1er octobre 2014.  
J-C. Maréchal, «Crues karstiques : des outils novateurs de prévision», *Geosciences*, N°20, février 2016, p64

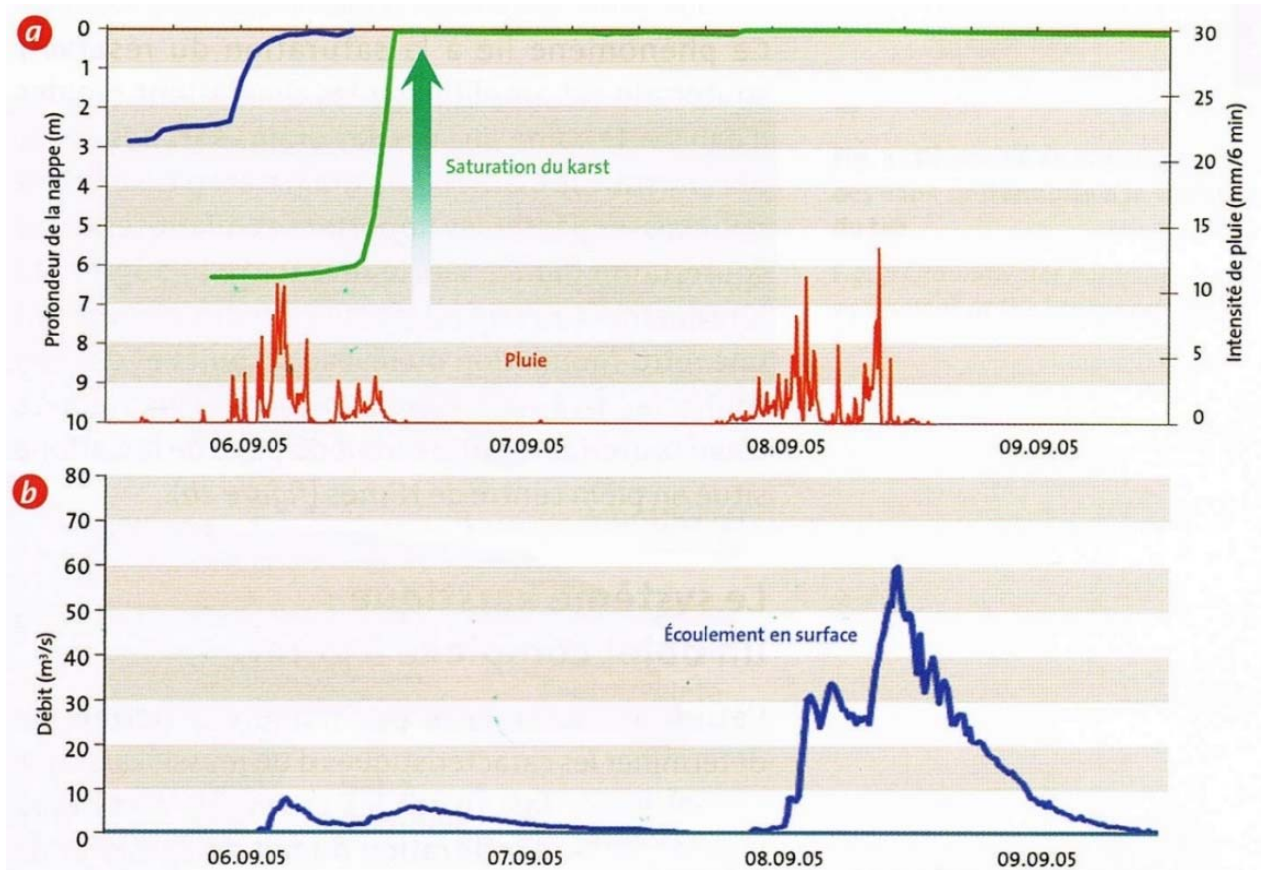
<sup>1</sup> Exutoire : issue par laquelle l'eau d'un court d'eau, d'un lac, d'une nappe, s'écoule par gravité.



## Document 5 : étude du double épisode de pluie à Nîmes de septembre 2005

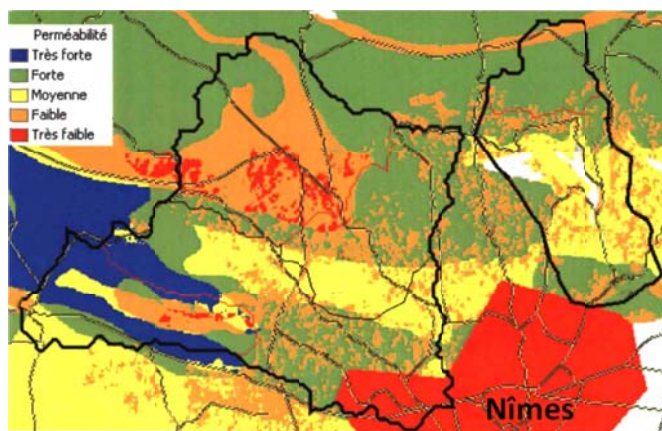
« L'analyse détaillée de la crue survenue à Nîmes en septembre 2005, provoquée par deux épisodes de pluie d'environ 180 mm/jour, montre que le premier épisode est caractérisé par un coefficient de 10 % seulement (autrement dit, 90 % de la pluie s'est infiltrée vers l'aquifère karstique). Le second épisode, survenu le surlendemain est caractérisé par un coefficient de ruissellement de 100 % . »

Double épisode de pluie de septembre 2005. (a) Pluie (en rouge) et évolution des niveaux d'eau dans deux piézomètres<sup>2</sup> (en bleu et vert) situés dans le karst de Nîmes. (b) Débit dans le cadereau d'Alès.



J-C. Maréchal, « Crues karstiques : des outils novateurs de prévision », *Geosciences*, N°20, février 2016

## Document 6 : impact de l'urbanisation sur la perméabilité des sols



Fonctionnement hydrogéologique : du système karstique de la Fontaine de Nîmes en crue  
Rapport final, BRGM/RP-54723-FR, Avril 2006

<sup>2</sup> Un piézomètre permet la mesure du niveau de l'eau souterraine en un point donné d'une nappe.





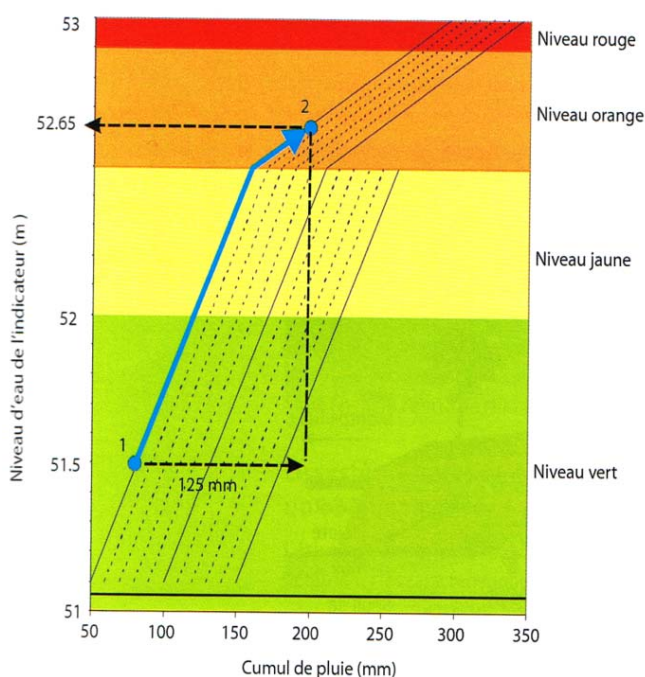
## **Document 7 : prévenir les risques des crues**

### **Document 7.a** : un outil de prévision des crues

Depuis plus de 20 ans, un vaste plan d'actions est mis en œuvre pour réduire l'impact des pluies torrentielles sur le territoire de Nîmes et diminuer les conséquences pour les personnes, les biens, les activités économiques et l'environnement.

Basé sur les connaissances et la surveillance de la contribution des eaux souterraines aux crues, le graphique suivant, appelé « abaque », présente les variations des niveaux d'eau en fonction du cumul de pluie. Cet outil permet d'anticiper la saturation du karst et ses débordements potentiels à partir des différents scénarios de pluie envisagés par la météorologie.

Ici est représenté en exemple, le niveau d'eau prévisible dans un indicateur<sup>3</sup> (point 2) pour un niveau initial d'eau de 51,5 m (point 1) et une pluie de 125 mm



Abaque d'aide à la vigilance pour les crues à Nîmes en période d'inondation

Source : J-C. Maréchal, « Crues karstiques : des outils novateurs de prévision », *Geosciences*, N°20, février 2016, p64

### **Document 7.b** : des couleurs pour mesurer le niveau de risque

**Rouge** : risque de crue majeure. Menace directe et généralisée de la sécurité des personnes et des biens.

Conseils de comportement : mettez-vous à l'abri et suivez strictement les consignes de sécurité des pouvoirs publics. Évitez tout déplacement. Tenez-vous informé de l'évolution de la situation (radio, etc...). Veillez à la protection des biens susceptibles d'être inondés ou emportés (mobilier, produits toxiques, appareils électriques, etc...). Coupez les réseaux si nécessaire (électricité, gaz, eau).

**Orange** : risque de crue génératrice de débordements importants susceptibles d'avoir un impact significatif sur la vie collective et la sécurité des biens et des personnes.

Conseils de comportement : mettez-vous à l'abri. Limitez tout déplacement sauf si absolument nécessaire et conformez-vous à la signalisation routière. Tenez-vous informés de l'évolution de la situation (radio, etc...). Veillez à la protection des biens susceptibles d'être inondés ou emportés (mobilier, produits toxiques, appareils électriques, etc...).

**Jaune** : risque de crue ou de montée rapide des eaux n'entraînant pas de dommages significatifs, mais nécessitant une vigilance particulière dans le cas d'activités saisonnières et/ou exposées.

Conseils de comportement : soyez vigilants si vous vous situez à proximité d'un cours d'eau ou d'une zone habituellement inondable. Conformez-vous à la signalisation routière.

**Vert** : pas de vigilance particulière requise.

<http://www.vigicrues.gouv.fr>

<sup>3</sup> L'indicateur est un piézomètre situé dans une zone représentative de l'état général de saturation du karst.



## Un lycée en sursis ?

Le 20 décembre 2012, la falaise littorale située à quelques centaines de mètres au sud-ouest de Dieppe, tout près d'un lycée s'écroule. À cet endroit, la falaise crayeuse présentait avant l'événement une hauteur d'environ 45 m. Cet éboulement, d'un volume estimé entre 20 000 et 30 000 m<sup>3</sup>, a généré un cône d'éboulis s'étalant sur une longueur de plus de 100 m en direction de la mer, pour une épaisseur maximale de 5 m. Des blocs de craie se sont retrouvés à une distance de plus de deux fois la hauteur de la falaise, ce qui est exceptionnel.



On cherche à élucider le mécanisme particulier de l'éboulement qui s'est produit à proximité du lycée et à estimer le risque encouru par ce lycée dans l'avenir.

**Question 1** : à partir de l'exploitation des informations issues des documents 1 à 5,

- déterminer les facteurs intervenant dans l'érosion des falaises ;
- expliquer comment la conjugaison de ces facteurs peut agir sur le mécanisme d'érosion.

**Question 2** : à partir de l'exploitation des documents 6 à 8, proposer un mécanisme à l'origine du déclenchement de l'éboulement du 20 décembre 2012 et qui permettrait d'expliquer la grande distance parcourue par les blocs de craie.

**Question 3** : à partir de l'exploitation des documents 9 et 10, argumenter le risque encouru par le lycée vis-à-vis d'un éventuel nouvel éboulement dont l'imminence\* est à estimer.

(\*proximité dans le temps)

**Question 4** : tracer le nouveau trait de côte qui résulterait d'un nouvel éboulement semblable à celui observé le 20 décembre 2012 sur la carte de l'annexe fournie (à rendre avec la copie).

Remarque : le document 9 présente la localisation des lieux géographiques cités.



**Documents 1 à 5 pour la question 1**

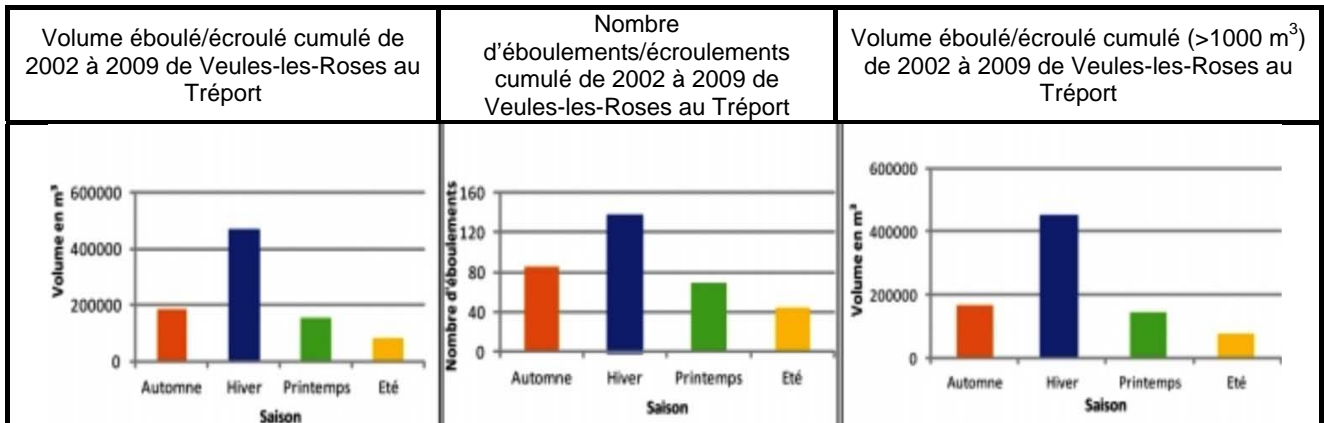
**Document 1** : photographie d'éroulement gravitaire.



**Document 2** : photographie de vagues « à l'assaut » d'une falaise.

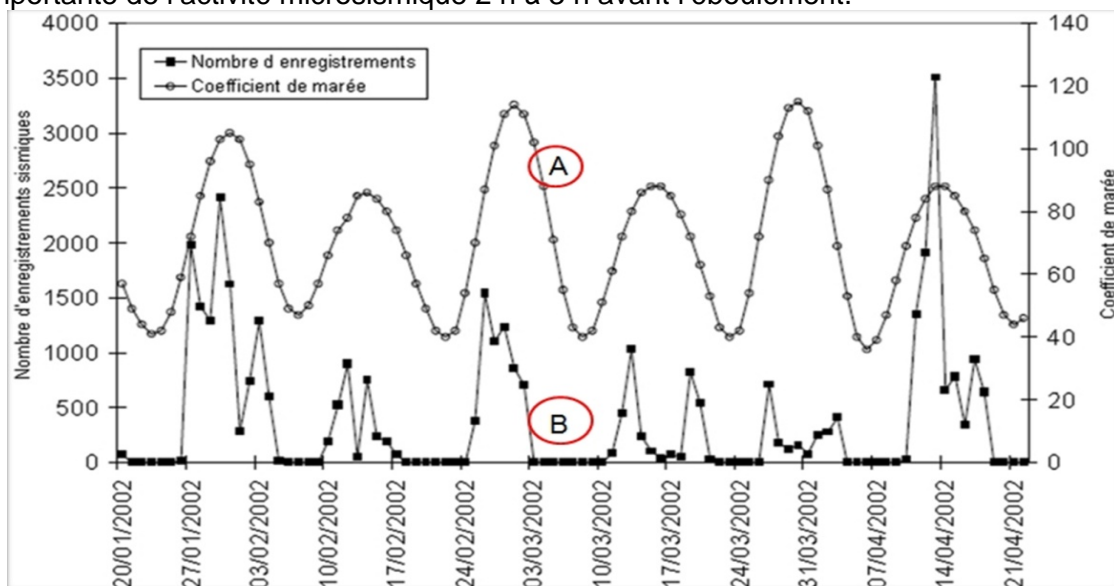


**Document 3** : distribution temporelle des effondrements de 2002 à 2009 entre Veules-les-Roses et Le Tréport.



<http://www.geolittoral.developpementdurable.gouv.fr/>

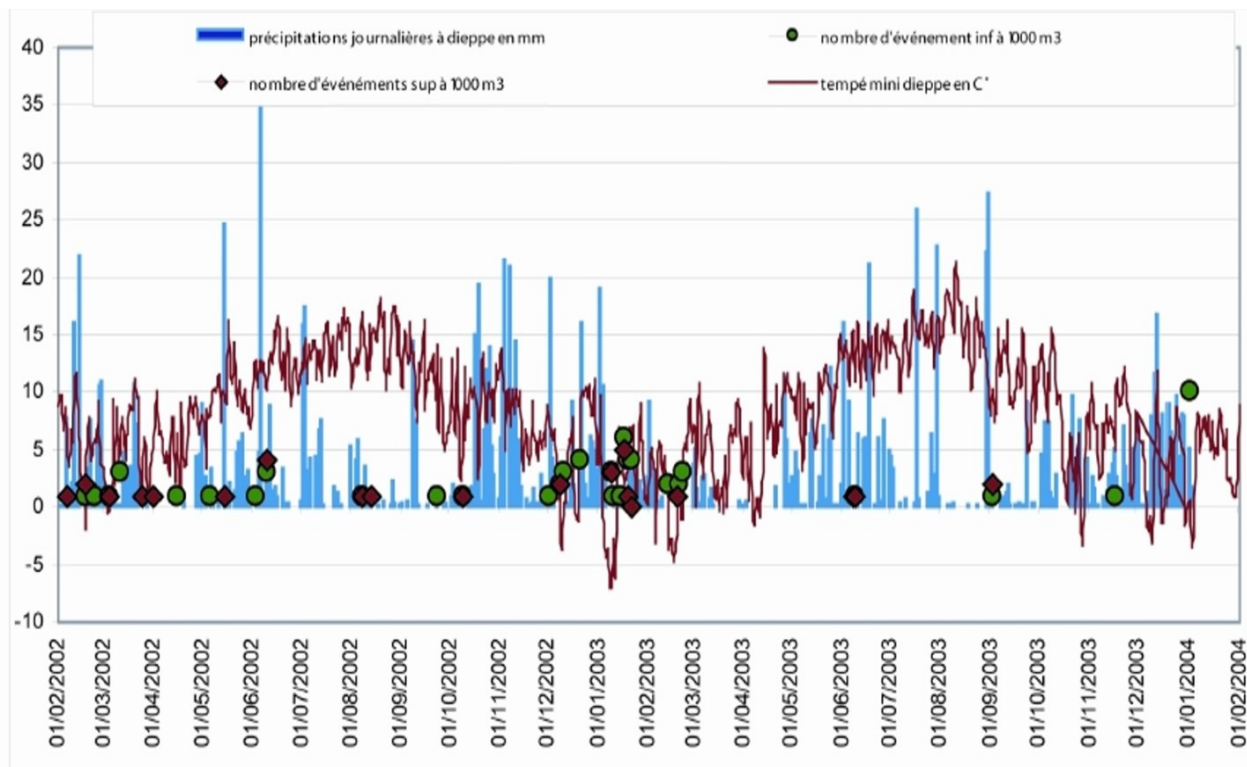
**Document 4a** : relation entre l'activité microsismique enregistrée dans la falaise de Criel entre janvier et avril 2002 pendant les périodes de marée haute (courbe B) et la valeur du coefficient de marée (courbe A). Une étude réalisée sur cette falaise a montré une augmentation importante de l'activité microsismique 2 h à 3 h avant l'éboulement.



<http://www.geotech-fr.org/>



**Document 4b** : relation entre l'importance des précipitations, la température minimum et le nombre d'effondrements supérieurs à 1000 m<sup>3</sup>

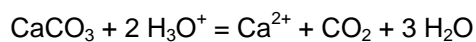


<http://www.geolittoral.developpement-durable.gouv.fr/>

**Document 5** : dissolution des carbonates et pH de l'eau de pluie



La réaction de dissolution des carbonates est la suivante :



L'eau de pluie possède un pH compris entre 5 et 6.



## Documents 6 à 8 pour la question 2

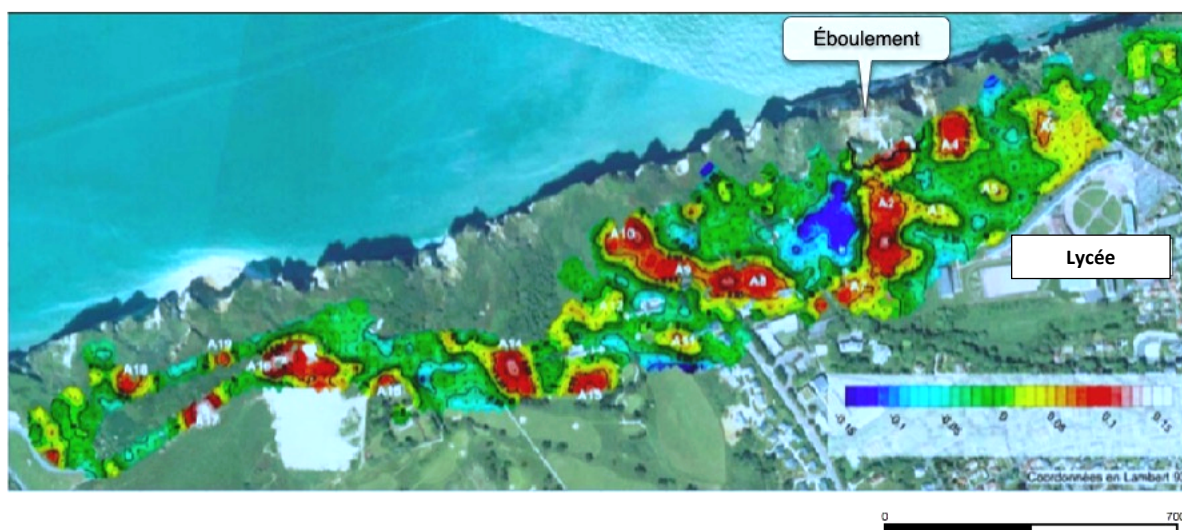
**Document 6 :** photographie prise par Jérôme Bonche de « l'estran » de Dieppe, fin décembre 2012, 10 jours après l'effondrement.

La distance parcourue par les blocs de craie les plus éloignés, au premier plan de la photographie, plus de 100 m, n'est pas le cas ordinaire. (Voir document 3).



**Document 7 :** variation des anomalies gravimétriques dans le secteur du lycée

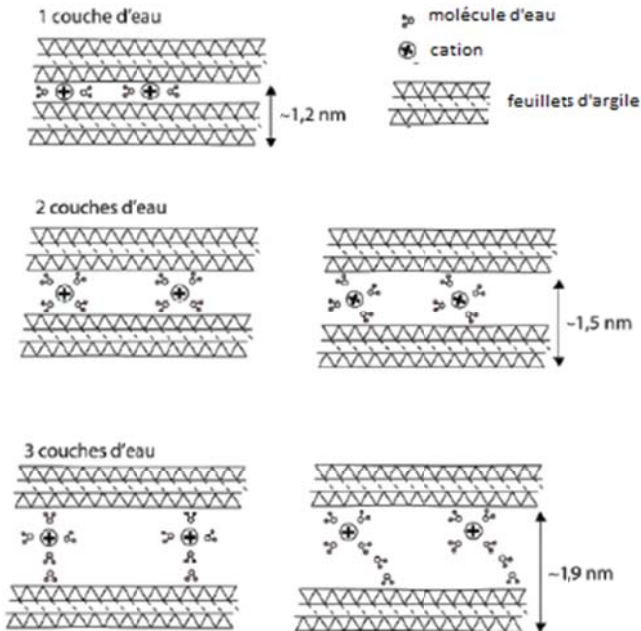
Les anomalies gravimétriques témoignent d'anomalies de répartition de masse et donc de densité, dans les matériaux du sous-sol. Les valeurs élevées (en rouge) sont caractéristiques de matériaux denses (argilites et sables saturés en eau), les valeurs faibles (en bleu) sont caractéristiques de matériaux moins denses (craie peu altérée).



**Document 8 : caractéristiques des argilites en fonction de leur hydratation**

Les minéraux argileux formant les argilites sont constitués d'empilements de feuillets d'épaisseur variable (0,7 à 1,4 nm). L'interstice entre feuillets peut contenir de l'eau ainsi que des ions. Il en résulte des variations de la distance entre feuillets, et donc des variations dimensionnelles macroscopiques de l'argilite quand elle s'hydrate ou s'assèche.

*D'après Wikipedia*



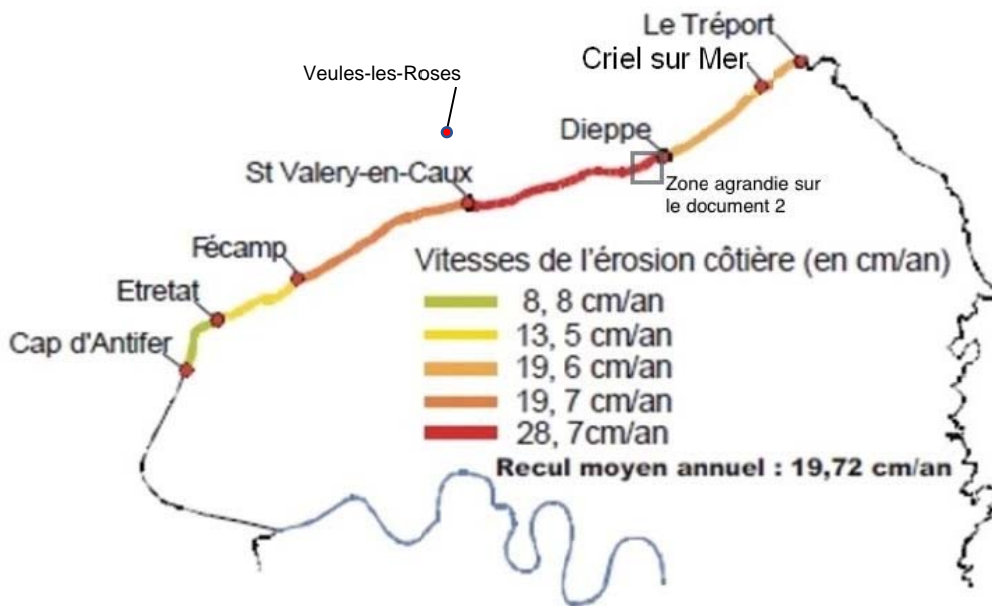
À l'état sec, la cohésion des empilements de feuillets résulte d'un équilibre entre forces d'attraction de Van der Waals et forces électrostatiques entre les feuillets chargés et les cations. En présence d'eau, l'énergie d'hydratation des cations permet de rompre cet équilibre en provoquant l'écartement des feuillets.

Chaque palier représente un état d'hydratation de l'espace interfoliaire : état sec, état hydraté à 1, 2 ou 3 couches d'eau.

*D'après mémoire de Master de Chimie Fondamentale : « Argile et minéraux argileux : propriétés physico-chimiques et propriétés colloïdes » - Faculté des Sciences Tétouan 2013*

**Documents 9 et 10 pour la question 3**

**Document 9 : vitesse moyenne de recul de la falaise entre 1986 et 1995.**



Source : Université de Caen, laboratoire Géophen, décembre 2000 – Cartographie AREHN



**Document 10 : photographie aérienne de la zone du lycée**



*D'après Google earth*



**Document 11 : annexe à rendre avec la copie**

**Coller ce document dans votre copie.**



Les bâtiments du lycée sont situés sous l'étiquette de légende « Lycée ».



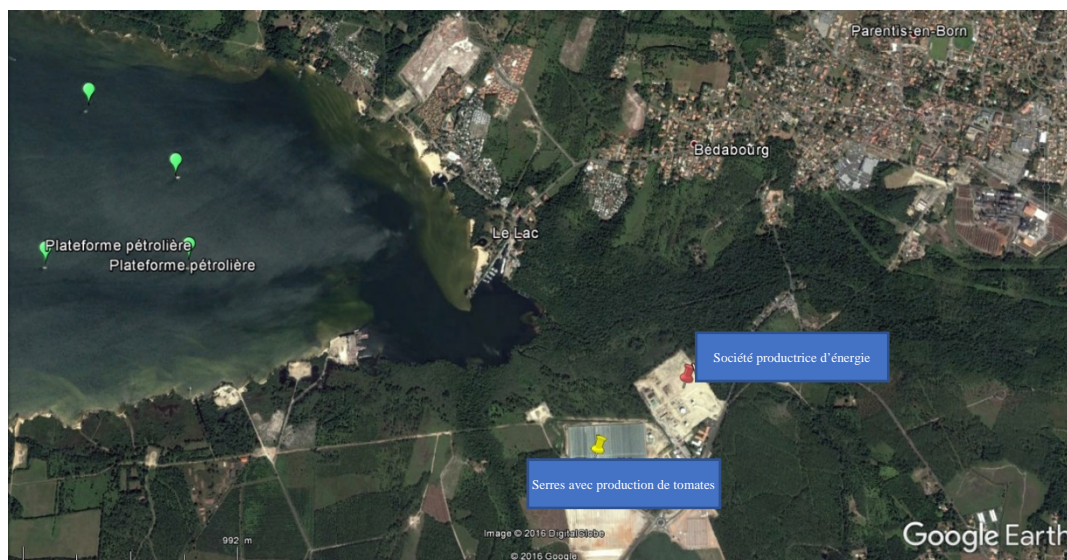
## La pétrothermie fait rougir les tomates d'Aquitaine



Depuis 15 ans, dans le Sud-Ouest de la France, à Parentis-en-Born, des producteurs de tomates se sont installés à quelques mètres d'une exploitation pétrolière.

Il n'est pas évident au premier abord d'associer l'exploitation pétrolière et la culture de légumes et pourtant quatre jeunes agriculteurs, tous ingénieurs agronomes, ont réalisé une exploitation de tomates sous serres et hors-sol en partenariat avec une exploitation pétrolière. Ils s'appuient sur la pétrothermie pour chauffer leurs serres, ils produisent 4000 tonnes de tomates par an. Cette production est envisagée pour au moins 25 ans.

Vue aérienne de la région où sont implantées les serres de l'entreprise et de la Société productrice d'énergie.



**En tant que responsable de la communication de l'entreprise de production de tomates, réaliser une brochure de présentation d'une page permettant à des lycéens de comprendre la technique de la pétrothermie et d'en expliquer les intérêts.**

Une brochure est un support de communication qui permet de structurer et de rendre lisible une information dense. Ce document comportera obligatoirement divers types de supports (textes, schémas...) de votre conception.

**Document 1 : formation d'hydrocarbures dans la région de Parentis en Born**

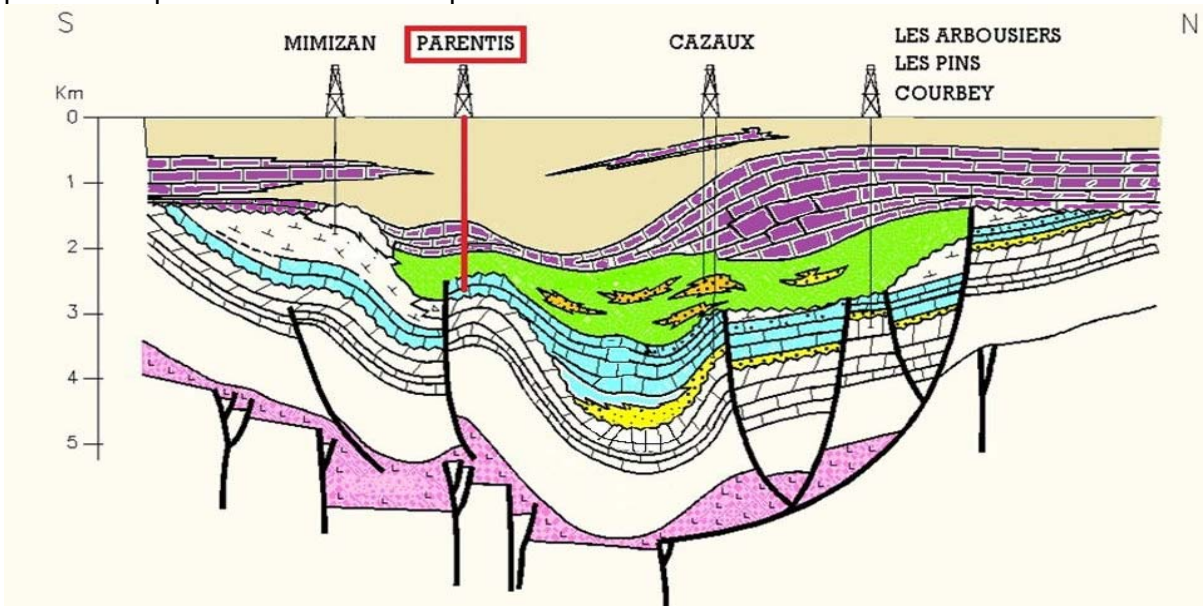
**Document 1a : les formations géologiques de la région**

Parentis-en-Born est un village situé dans le bassin sédimentaire aquitain. Un bassin sédimentaire correspond à une portion de croûte terrestre déformée en cuvette où s'empilent et s'enfoncent des sédiments marins ou continentaux pendant des millions d'années.











Dans ce contexte géologique, le gradient géothermique est de 3,3°C pour 100 m. Ainsi la température s'élève de 3,3°C tous les 100 m. Il faut donc descendre au-delà des 3 000 m de profondeur pour atteindre une température de 100°C.

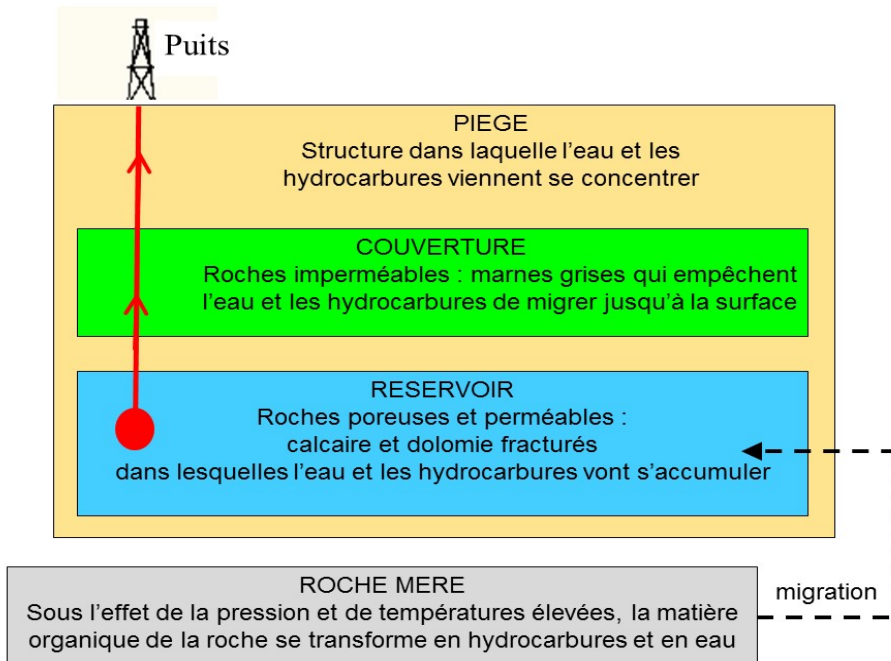


**Légendes :**

-  Puits de forage
-  Faille inverse
-  Calcaire du Crétacé supérieur ( entre -100 et - 65 Millions d'années : Ma)
-  Marne grise et calcaire de l'Albien (- 113 à -100 Ma)
-  Calcaire peu fracturé et dolomie très fracturée de l'Aptien (- 125 à -113 Ma) et du Barrémien (-129 à -125 Ma)
-  Roches du Trias (-250 à -201Ma)

*D'après documents fournis par la société Vermilion energy*

**Document 1b : représentation schématique d'un piège à hydrocarbures**



Dans le réservoir, l'eau présente provient de la roche mère ou de l'infiltration des eaux de surface.

### **Document 2 : exploitation pétrolière de la société**

Le champ pétrolier de Parentis a été découvert en 1954. Il s'agit de 60 puits producteurs, qui sont tous situés dans un rayon de 5 km autour du dépôt de l'entreprise de production d'énergie et des serres de production de tomates. Les puits atteignent une profondeur de 2 500 m. Chaque jour sont prélevés 2 000 barils d'hydrocarbures (pétrole) et l'équivalent de 60 000 barils d'eau chaude salée présents dans les roches du réservoir. Le pétrole et l'eau sont séparés par l'entreprise de production d'énergie : le pétrole est envoyé par pipelines (réseaux de canalisations) vers un point de stockage.



**Station de pompage sur l'étang de Biscarosse**

### **Document 3 : transfert de chaleur entre l'exploitation pétrolière et les serres**

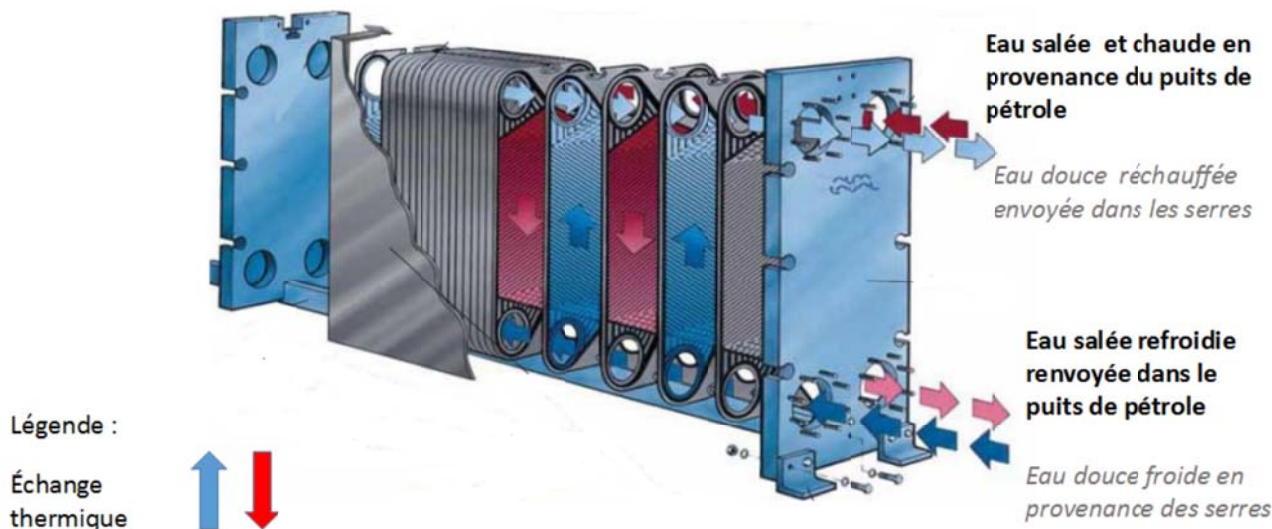
L'eau prélevée dans les puits au niveau des roches du réservoir a une température de 55°C et une concentration en sel de 45 g/L. Cette eau passe par un échangeur thermique.

A la sortie de l'échangeur, l'eau salée moins chaude (25°C) est réinjectée dans les roches du réservoir d'où elle a été extraite. On peut donc considérer que c'est un circuit fermé, car l'eau réinjectée va de nouveau se déplacer dans le réservoir. Ce sont ainsi 10 500 m<sup>3</sup> d'eau qui sont produits et réinjectés quotidiennement.

La chaleur de l'eau salée est récupérée au travers des échangeurs thermiques à plaques.

Ce dispositif permet de transférer de l'énergie thermique entre deux fluides (de températures différentes) présents dans les plaques très rapprochées les unes des autres.

#### Schéma d'un échangeur thermique à plaques



*D'après Matevi-France.com*

La serre possède un silo qui permet de stocker l'eau douce chaude. Dans chaque serre, un réseau de tuyaux distribue la chaleur pour maintenir les tomates dans un environnement à température constante : 25°C, 10 mois par an.

Il s'agit là encore d'un circuit fermé car l'eau douce refroidie dans la serre retourne à l'échangeur thermique pour y être réchauffée.



#### **Document 4 : modèle économique de la société productrice de tomates**

La culture sous serre est une réponse à la demande croissante en France de tomates et de concombres. En effet, elle a permis d'allonger les calendriers de production ainsi que d'optimiser les rendements. La mise en place de systèmes de chauffage dans les serres permet d'assurer une production régulière et d'améliorer la précocité des récoltes.

#### **Production « hors sol » de tomates dans la serre.**



Les serres chauffées dans lesquelles on réalise des cultures hors-sols présentent certains avantages :

- une meilleure gestion climatique,
- une meilleure gestion phytosanitaire (moins de pesticides)
- une meilleure gestion de l'irrigation (3 fois moins d'eau consommée que pour une culture plein champ).

Les serres chauffées représentent 1 054 ha en France et 87 % de cette surface est destinée à la production de 400 000 tonnes de tomates.

Le chauffage d'une serre représente, en moyenne, 30 % du coût de production des tomates. La consommation moyenne énergétique d'une serre est de 300 kWh/m<sup>2</sup>/an.

Le gaz naturel est utilisé sur 70 % des surfaces chauffées. La combustion de gaz naturel libère du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère qui est un gaz à effet de serre.

#### **Émission de CO<sub>2</sub> en fonction de l'énergie utilisée**

	<b>Charbon</b>	<b>Fioul domestique</b>	<b>Gaz naturel</b>
<b>Emissions</b> (en g CO <sub>2</sub> /kWh)	342	270	230

*D'après l'étude du Centre Technique Inter Professionnel des Fruits et Légumes de 2011*

Dans le cas d'étude, les serres du site de Parentis-en-Born représentent une surface de 10 ha (1 ha = 10 000 m<sup>2</sup>).

Cette société emploie 200 personnes à 95 % d'origine locale. Malgré un investissement déjà important (7 M€), ce projet de serre durable à la française permet aux producteurs de rester compétitifs face à d'autres pays producteurs au coût de main-d'œuvre plus faible.



# Olympiades de géosciences - 2017

**Nouvelle Calédonie, Polynésie Française**

**Et**

**AEFE**



## La lentille d'eau douce de l'île de Lifou (Nouvelle Calédonie)

La Nouvelle-Calédonie est centrée autour d'une île principale, la Grande Terre. Elle comprend également plusieurs ensembles d'îles plus petites, dont les îles Loyauté à l'est (Ouvéa, Lifou, Tiga et Maré).

Dans les îles Loyauté, des **lentilles d'eau douce** (nappes d'eau douce superficielle), constituent les uniques ressources en eau douce. On se propose d'étudier leur origine, leur dynamique et d'envisager les conséquences des activités humaines sur ces ressources, à partir de l'exemple de l'île de **Lifou**.



Les questions portent sur les deux parties du corpus de documents :

### Partie 1 : origine et dynamique de la lentille d'eau douce.

En prenant appui sur les documents de la partie 1 :

- 1 – Documents 1 et 2 : expliquer la relation entre l'absence de réseau hydrologique et les caractéristiques géologiques et structurales de l'île de Lifou.
- 2 – Documents 1, 3 et 4 : expliquer l'origine de la lentille d'eau douce, puis les déplacements de l'eau dans la structure géologique qui la contient.
- 3 – En s'aidant du doc 1b, réaliser une schématisation de ces déplacements.

### Partie 2 : influence des activités humaines et perspectives

En prenant appui sur les documents de la partie 2 :

- 4 - Document 5 : préciser quelles pourraient être les conséquences d'un pompage intensif dans de la lentille d'eau douce.
- 5 - Documents 6 et 7. discuter de l'intérêt et des limites de la localisation choisie pour le centre technique de déchets.

### Corpus de documents.

#### Partie 1 : origine et dynamique de la lentille d'eau douce.

##### Document 1a : caractéristiques géologiques des îles Loyauté

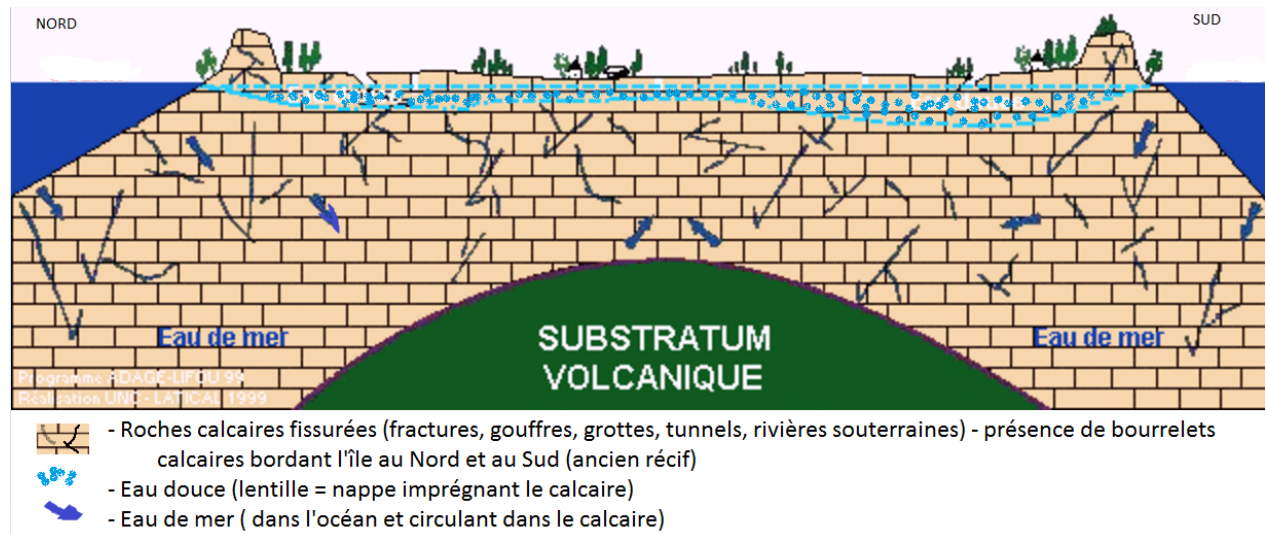
De nature calcaire avec une morphologie karstique\* très perméable, les îles Loyauté (Nouvelle Calédonie) : Maré, Lifou, Ouvéa et Tiga présentent des caractéristiques communes vis-à-vis de la ressource en eau douce avec, en outre, l'absence de réseau hydrologique (rivière) de surface. Formée par l'accumulation de l'eau de pluie infiltrée dans le sous-sol de l'île « flottant » au-dessus de l'eau de mer plus dense, une **lentille d'eau douce** est l'unique ressource en eau de ces îles.

\* *Karstique* : ensemble de formes développées dans une région où prédominent des roches sédimentaires sensibles à la dissolution, calcaires en premier lieu.



**Document 1b** : schéma d'une coupe Nord-Sud et données structurales de l'île de Lifou.

Source : adaptation de sage.espace.ird

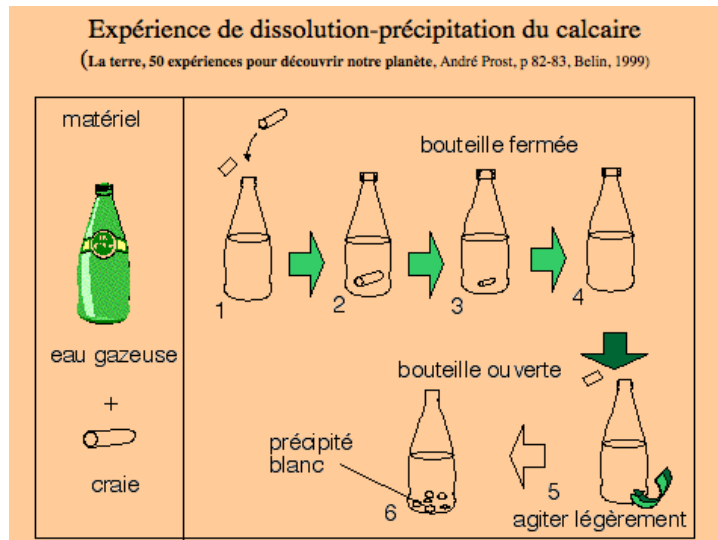


Au-dessus du substratum volcanique, le sous-sol de Lifou est constitué de différents types de calcaires en grande partie poreux et perméables à l'eau. Il est percé de nombreuses fissures et cavités résultant de la dissolution des calcaires par l'eau de pluie qui donnent à l'île une morphologie particulière dite « karstique ». Cette morphologie est caractérisée par la présence, dans le sous-sol, d'un important réseau de grottes, gouffres et rivières souterraines.

**Document 2** : une expérience de dissolution des calcaires.

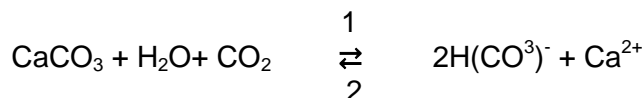
On peut imiter l'attaque acide d'une eau de pluie sur le calcaire en faisant dissoudre un morceau de craie dans une eau riche en dioxyde de carbone (et donc en ions carbonate et bicarbonate), comme par exemple de l'eau gazeuse qui peut jouer le rôle d'une eau de pluie (au pH d'environ 5,5).

Dissolution du **carbonate de calcium** (craie) par l'eau gazeuse acide (chargée en CO<sub>2</sub>) et formation sous atmosphère saturée en CO<sub>2</sub> du **bicarbonate de calcium** (réaction 1)



Ouverture de la bouteille : dégazage (atmosphère non saturée en CO<sub>2</sub>), déplacement de l'équilibre, dissolution du bicarbonate de calcium et précipitation du **carbonate de calcium** (précipité blanc) (réaction 2)

Équilibre chimique :



### **Document 3 : expérimentation.**

<https://www.culture-maritime.com/>

Expérience : on verse de l'eau douce, colorée en rose, sur le bord d'un verre contenant de l'eau salée, incolore. Les deux eaux sont à la même température. Les résultats, stables dans le temps, sont présentés ci-contre.



### **Document 4 : les résurgences d'eau douce surprenantes.**

Sur les pourtours de l'île de Lifou, il n'est pas rare de voir émerger de l'eau douce du sable et du calcaire corallien Source : adaptations Michel Lepiller 17 mai 2008

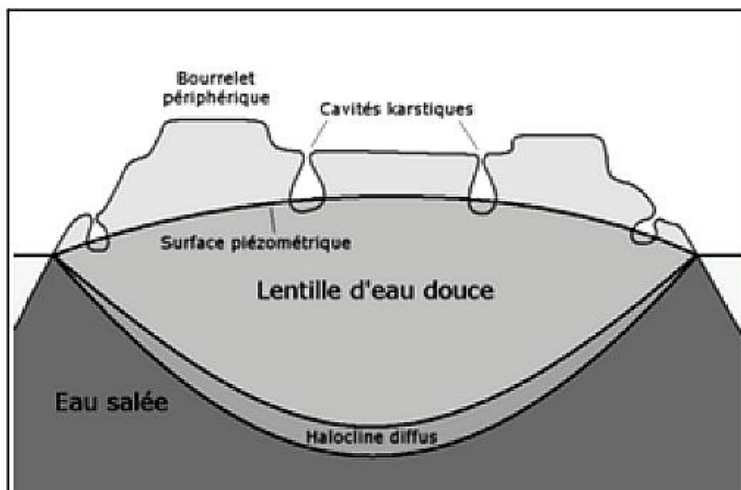


### **Partie 2 : influence des activités humaines et perspectives.**

L'équilibre qui maintient la lentille d'eau douce est fragile. Ainsi, une alimentation régulière de la nappe par l'eau de pluie, la faible variation de son niveau et de celle du niveau marin, favorisent une contamination faible par l'eau de mer salée.

### **Document 5 : le pompage de l'eau douce dans la lentille.**

Source : Colloque Hydrogéologie et karst au travers des travaux de Michel Lepiller 17 mai 2008



L'halocline est la limite entre la nappe d'eau douce et l'eau salée sur laquelle elle repose. Les études ont montré que cette halocline est diffuse et qu'elle se déplace en fonction des variations de la surface piézométrique (limite supérieure d'eau de la lentille). Une légère baisse de la surface piézométrique suffit à faire remonter fortement l'halocline.

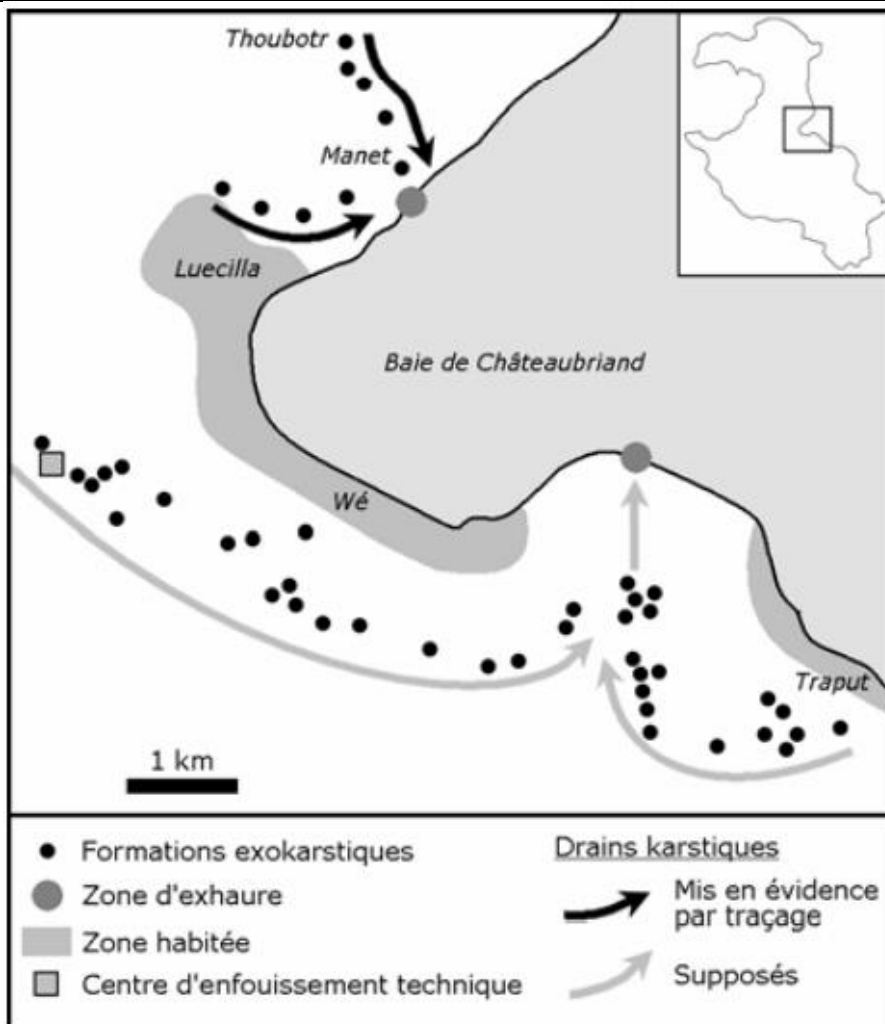


## Document 6.

La fragilité naturelle de la ressource en eau douce est aujourd'hui accentuée du fait du développement économique (agriculture, artisanat et tourisme en province des îles Loyauté). Ainsi, la gestion durable de cette ressource passe nécessairement par une sensibilisation et une éducation des populations afin de modifier leur comportement vis-à-vis de la gestion de la ressource en eau.

La nature très perméable des terrains calcaires rongés par la karstification fait que les substances polluantes peuvent être entraînées par les eaux de pluie jusque dans la nappe et sont donc une menace permanente vis à vis de la potabilité des eaux de pompage. Dans cette optique, différents programmes de recherches pluridisciplinaires ont été mis en œuvre, notamment concernant l'installation de centres d'enfouissement technique des déchets.

**Document 7 : Carte de la Baie de Châteaubriand** (zone la plus peuplée de l'île de Lifou), avec trajet des drains karstiques, mis en évidence par traçage fluorimétrique, ou supposés. D'après Michel Lepiller



Des traçages d'eau douce ont été réalisés en injectant de la fluorescéine (colorant) au fond de certaines formations karstiques où la nappe d'eau est accessible.

Des mesures par fluorimétrie *in situ* ont été effectuées sur l'eau prélevée aux points de sortie supposés.

Formations exokarstiques : grottes naturelles ouvertes sur la surface.

Zone d'exhaure : zone d'évacuation de l'eau douce.

Drains karstiques : réseaux de cavités et tunnels creusés dans le calcaire permettant la circulation de l'eau



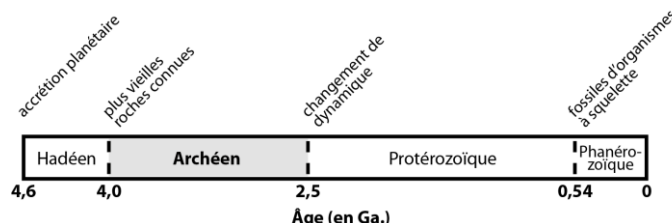


## Les roches archéennes, témoins de la tectonique ancienne

Il est aujourd'hui admis que les  $\frac{2}{3}$ , voire les  $\frac{3}{4}$  du volume de la croûte continentale étaient formés à la fin de l'Archéen (voir l'échelle des temps ci-dessous). Les géologues cherchent à savoir si les conditions actuelles de la formation des croûtes continentales et océaniques sont comparables à celles de l'Archéen. Pour cela, ils ont étudié la nature et la mise en place de roches archéennes : les TTG et les komatiites.

### Échelle simplifiée des temps géologiques.

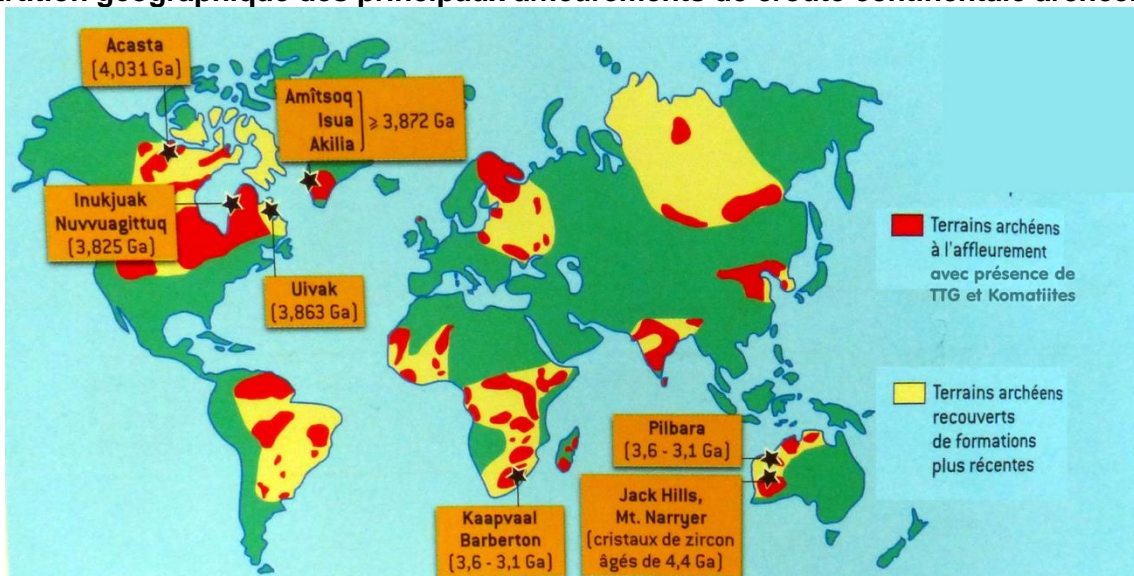
Ga = milliards d'années



Les TTG regroupent 3 roches de type granitique (trondhjémites - tonalites - granodiorites). Elles constituent la croûte continentale la plus ancienne (voir la carte ci-dessous). Ces roches, qui ont cristallisé très lentement en profondeur, n'existent que dans des terrains datés de l'Archéen.

Les komatiites sont des roches de nature basaltique, issues de la fusion de la péridotite du manteau. Elles constituaient le plancher océanique à l'Archéen. Actuellement, le fond des océans est constitué de basaltes.

### Répartition géographique des principaux affleurements de croûte continentale archéenne.



(D'après H.Martin)

### Questions :

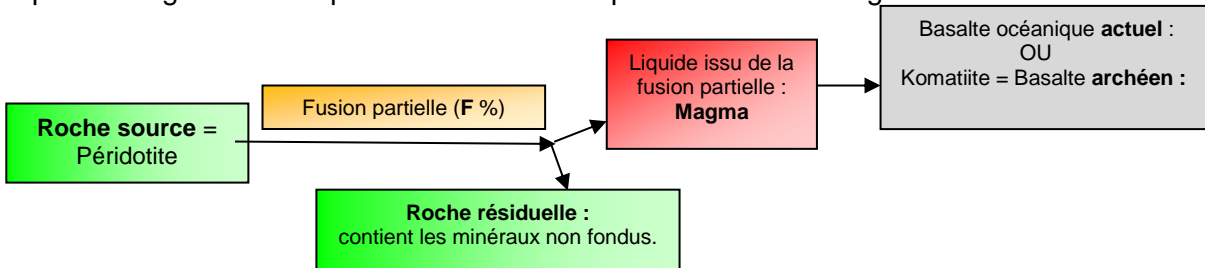
1. Comparer les conditions de la fusion de la péridotite à l'origine de la croûte océanique à l'Archéen par rapport à l'actuel (documents 1, 2a et 2b). En déduire une information sur la température interne de la Terre à cette époque.
2. Grâce à l'étude des TTG, comparer la formation de la croûte continentale à l'Archéen et à l'époque actuelle (documents 3, 4a, 4b et 5).



## Documents pour la première question (documents 1, 2a et 2b).

### Document 1 : la fusion partielle à l'origine des komatiites et des basaltes actuels.

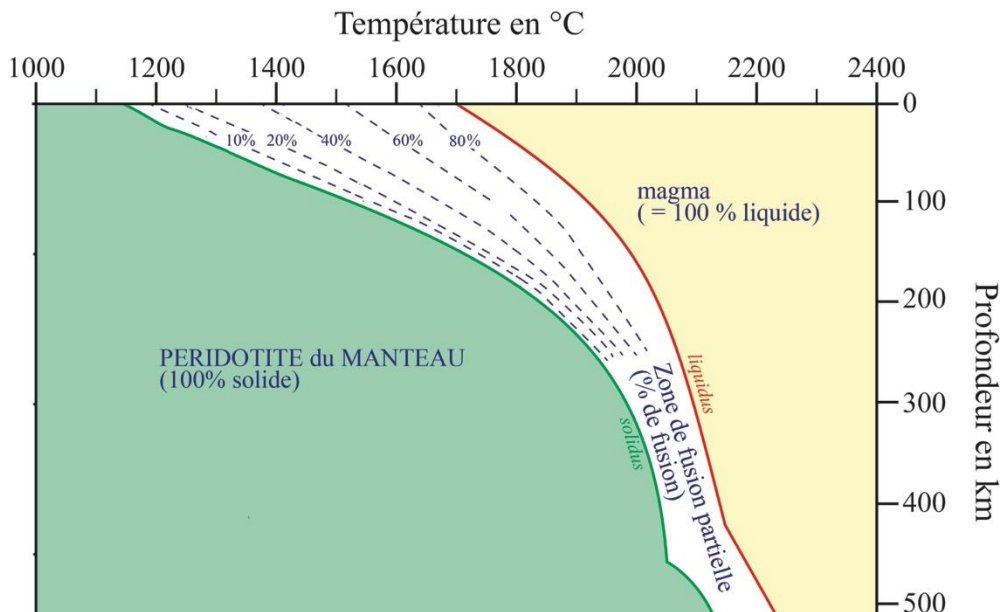
La fusion partielle d'une roche produit une phase liquide (le magma) à l'origine d'une lave qui se solidifie en roches volcaniques (C) (par exemple les basaltes actuels, les komatiites archéennes), et laisse une roche résiduelle solide (B) dont la composition chimique sera différente de la roche initiale (A) puisque certains éléments chimiques seront partis dans le magma (schéma ci-dessous). Le pourcentage de fusion partielle reflète la température interne du globe.



### Document 2 : fusion partielle et mise en place des komatiites et basaltes océaniques.

La fusion partielle à l'origine des basaltes actuels a lieu vers 50 km de profondeur, alors que celle à l'origine des komatiites a eu lieu vers 100 km de profondeur. Les géologues ont déterminé que le taux de fusion partielle à l'Archéen était proche de 55 % contre 25 % actuellement (document 2a et 2b).

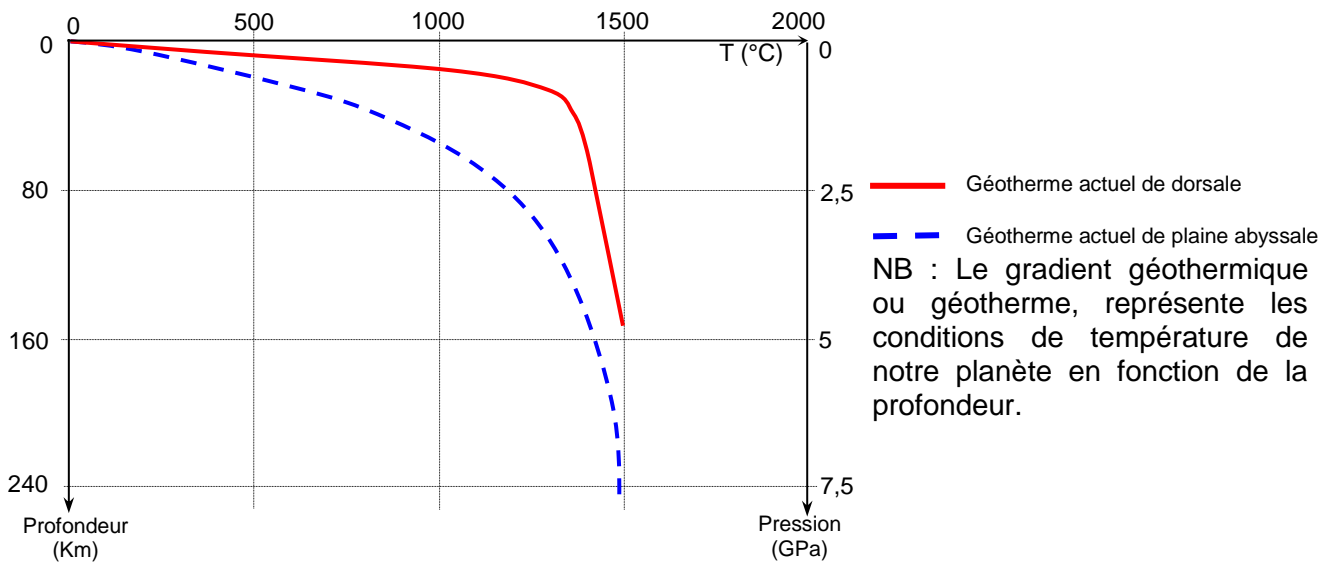
### Document 2a : relation entre profondeur, température et taux de fusion partielle de la péridotite du manteau.



D'après Nisbet et al. 1993, Nisbet, E.G., Cheadle, M.J., Arndt, N.T. and Bickle, M.J., 1993. Constraining the potential temperature of the Archaean mantle: A review of the evidence from komatiites. *Lithos*, 30: 291-307



**Document 2b : géothermes actuels à l'aplomb du domaine océanique.**

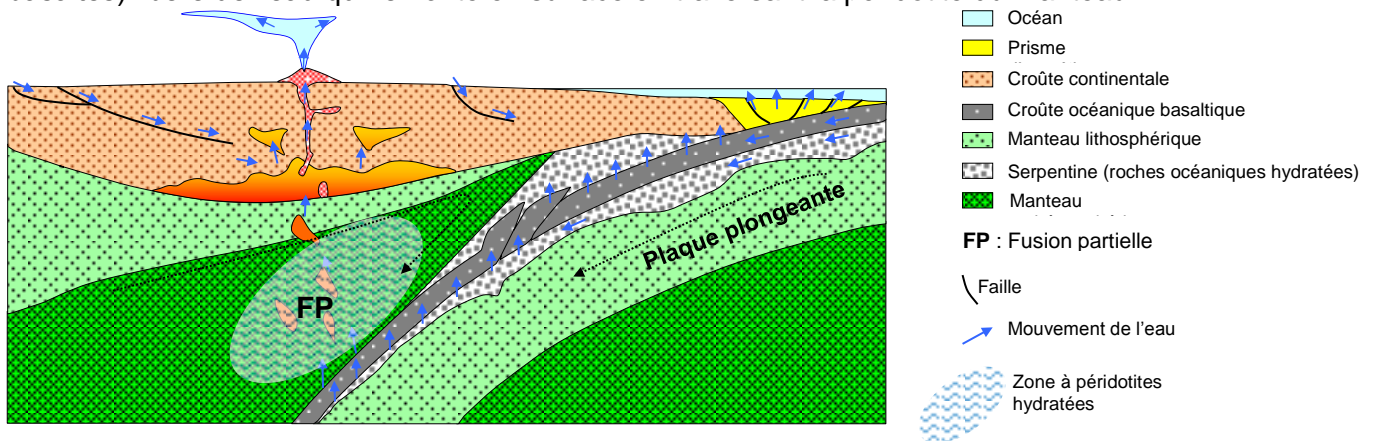


*D'après Banque de schémas SVT – Académie de Dijon*

**Documents pour la deuxième question (documents 3, 4a, 4b et 5).**

**Document 3 : modèle d'une zone de subduction telle qu'elle fonctionne actuellement.**

La tectonique des plaques actuelle explique le déplacement des plaques lithosphériques sur le manteau asthénosphérique par des mouvements horizontaux. La croûte océanique de nature basaltique se forme au niveau des dorsales océaniques et la croûte continentale (de type granitique) est en partie produite à l'aplomb des zones de subduction où les plaques océaniques plongent et s'enfoncent dans le manteau terrestre. La plaque plongeante (composée en surface de basaltes) libère de l'eau qui remonte en surface en traversant la péridotite du manteau.



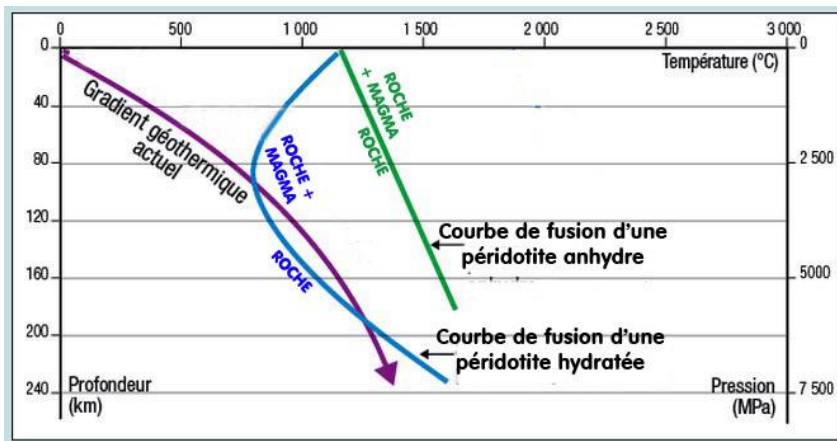
*D'après Banque de schémas SVT – Académie de Dijon*

**Document 4.**

À l'Archéen, comme aujourd'hui, la croûte continentale est issue essentiellement du magmatisme de zone de subduction : une partie forme les roches volcaniques, mais l'autre partie remonte sans arriver jusqu'à la surface et cristallise très lentement pour former les TTG. Les études sur les TTG ont montré que le magma à partir duquel ces roches ont cristallisé était hydraté (documents 5a et 5b).

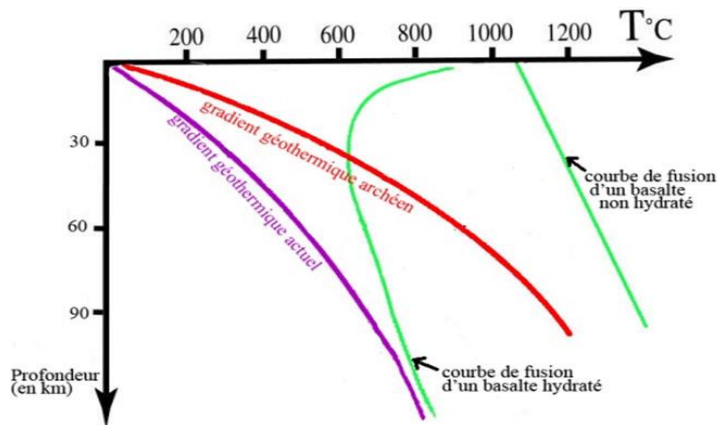


**Document 4a : conditions de fusion d'une péridotite anhydre (dépourvue d'eau) ou hydratée et gradient géothermique actuel dans une zone de subduction.**



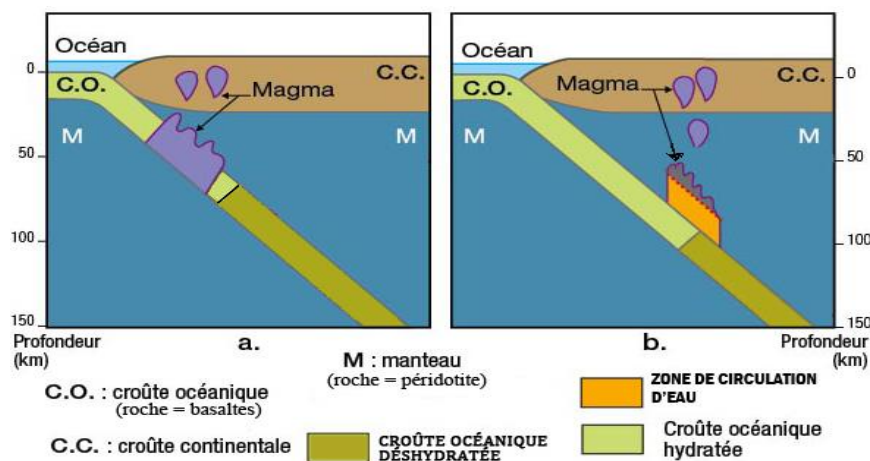
NB : Les géologues ont déterminé, en laboratoire, les conditions de pression et de température pour lesquelles un échantillon de péridotite fond. Sur le graphique ci-contre, la « courbe de fusion d'une péridotite » marque la limite entre un domaine où les conditions n'autorisent pas la fusion partielle (Roches) et un domaine où la fusion partielle est possible (Roches + Magma).

**Document 4b : conditions de fusion des basaltes anhydres ou hydratés dans une zone de subduction.**



D'après H.Martin et JF.Moyen, *Geology*, 2002

**Document 5 : deux modèles de genèse de la croûte continentale.**



D'après H.Martin et JF.Moyen, *Geology*, 2002



## Des séismes en lien avec des exploitations de gaz de schiste dans l'Oklahoma ?

Le 8 septembre 2016 la chaîne d'information France24 publie un article sur son site Internet dont voici un extrait :

« Le 3 septembre, l'État d'Oklahoma, dans le sud des États-Unis, a été frappé par le plus important séisme de son histoire. (...)

Quatre jours après avoir frappé la ville de Pawnee, l'origine du plus puissant tremblement de terre recensé dans cette région intrigue les scientifiques et inquiète les industriels du secteur du gaz de schiste, très présents et influents dans cet État du sud des États-Unis. »

**Question :** À l'aide des ressources documentaires, discuter des arguments en faveur d'une origine anthropique, c'est-à-dire liée aux activités humaines, des séismes tels que celui de Pawnee et préciser comment ces activités peuvent induire de tels phénomènes.

### Document 1 : sismicité et tectonique des plaques.

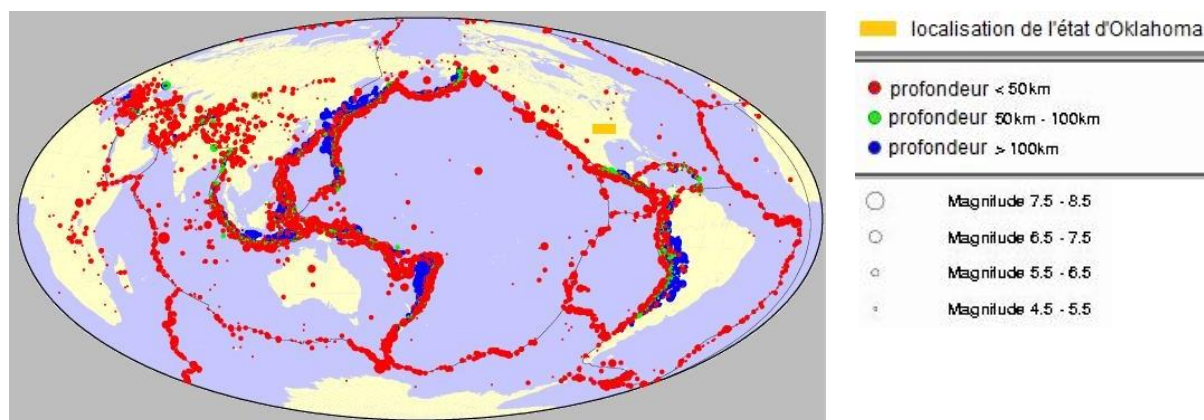
#### Document 1.1 : origine des séismes.

Le sol se met à trembler lorsque des masses rocheuses cassent brutalement. La rupture se produit en profondeur, à l'hypocentre, et s'accompagne d'un déplacement relatif de deux blocs rocheux le long d'une surface plus ou moins plane de l'écorce terrestre appelé le plan de faille. La cassure libère une certaine quantité d'énergie (évaluée par la magnitude) qui se dissipe sous forme de vibrations. Ces vibrations, appelées **ondes sismiques**, naissent à la source puis se propagent dans toutes les directions. Quand elles arrivent en surface, le sol se met à trembler.

Source : site Internet du réseau sismologique de Nouvelle-Calédonie

#### Document 1.2 : frontières de plaques et sismicité mondiale.

Les séismes se produisent principalement *le long des frontières de plaques* en raison des mouvements qui les animent. C'est d'ailleurs comme cela que l'on définit la notion de plaque : ce sont des zones sismiquement peu actives bordées de séismes.

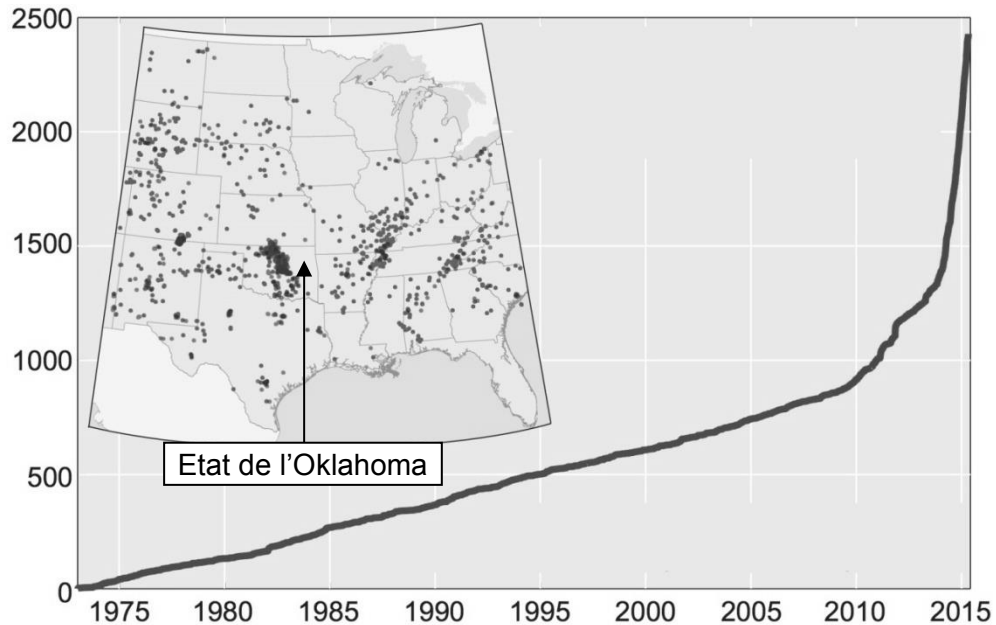


Source : site Internet Planet-Terre de l'ENS Lyon



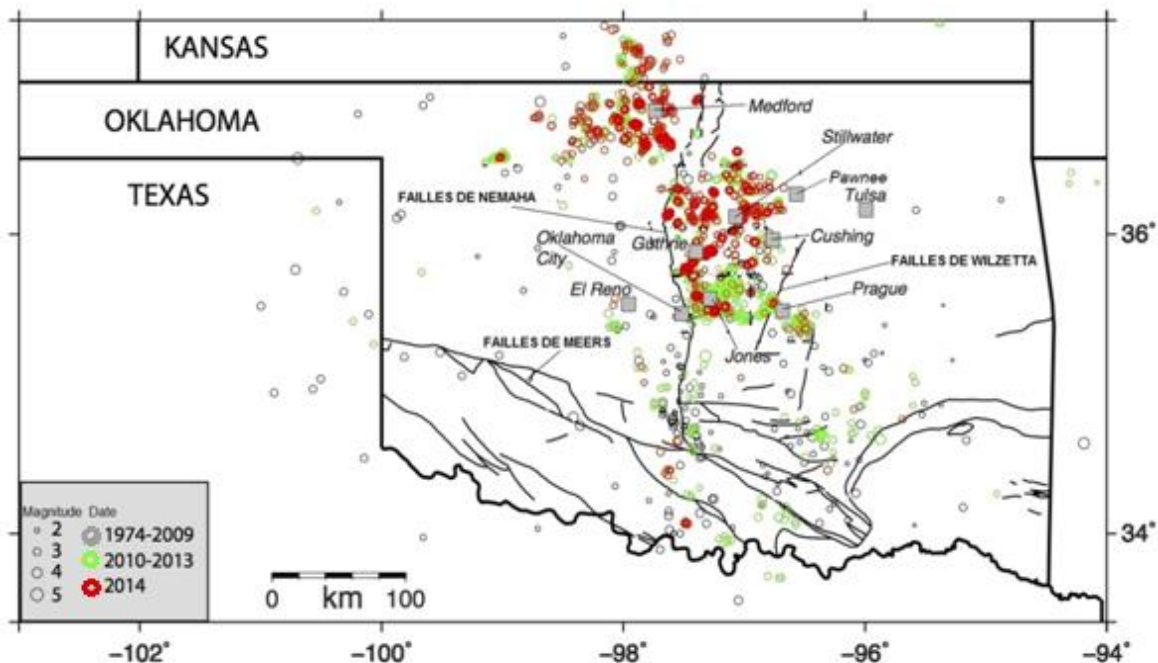
**Document 2 : séismes dans l'Oklahoma des années 1970 à nos jours.**

**Document 2.1 : nombre cumulé de séismes de magnitude égale ou supérieure à 3 dans les états du centre et de l'est des Etats-Unis depuis 1975.**



Source : site Internet de l'USGS

**Document 2.2 : failles et séismes dans l'Oklahoma.**



Sur cette carte sont représentées par des traits noirs les principales failles qui découpent le sous-sol de l'Oklahoma. Ces failles, telles que celles de Wilzetta, se sont formées en Amérique du Nord il y a environ 300 millions d'années.

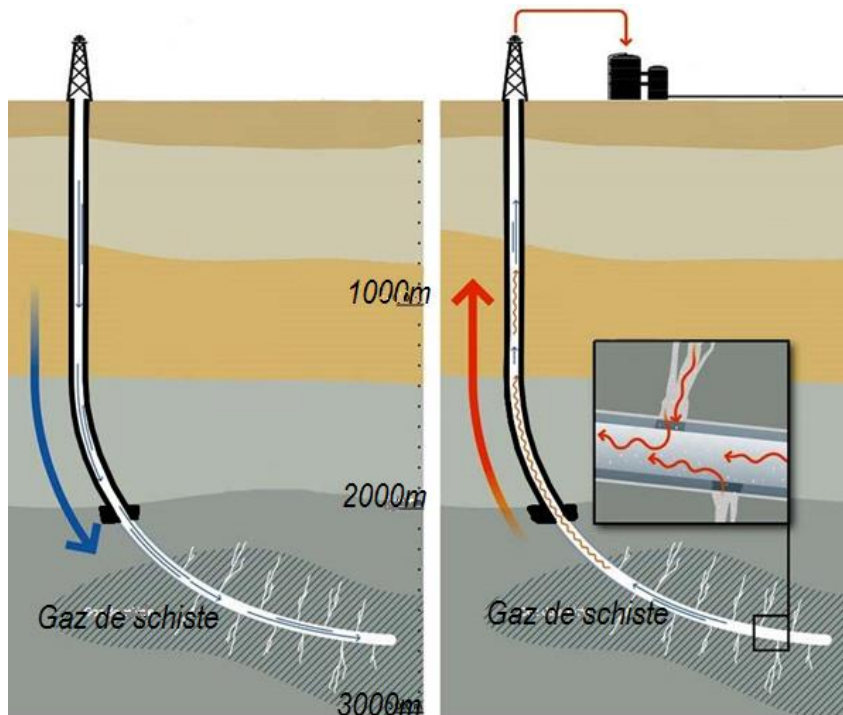
Source : Daniel Macnamara - AGU publications geological researches letters



### Document 3 : exploitation du gaz de schiste.

Ce qu'on appelle « *gaz de schiste* », c'est du gaz (méthane) contenu dans une roche qui n'est pas (ou très peu) perméable. Il ne s'en échappe donc pas facilement.

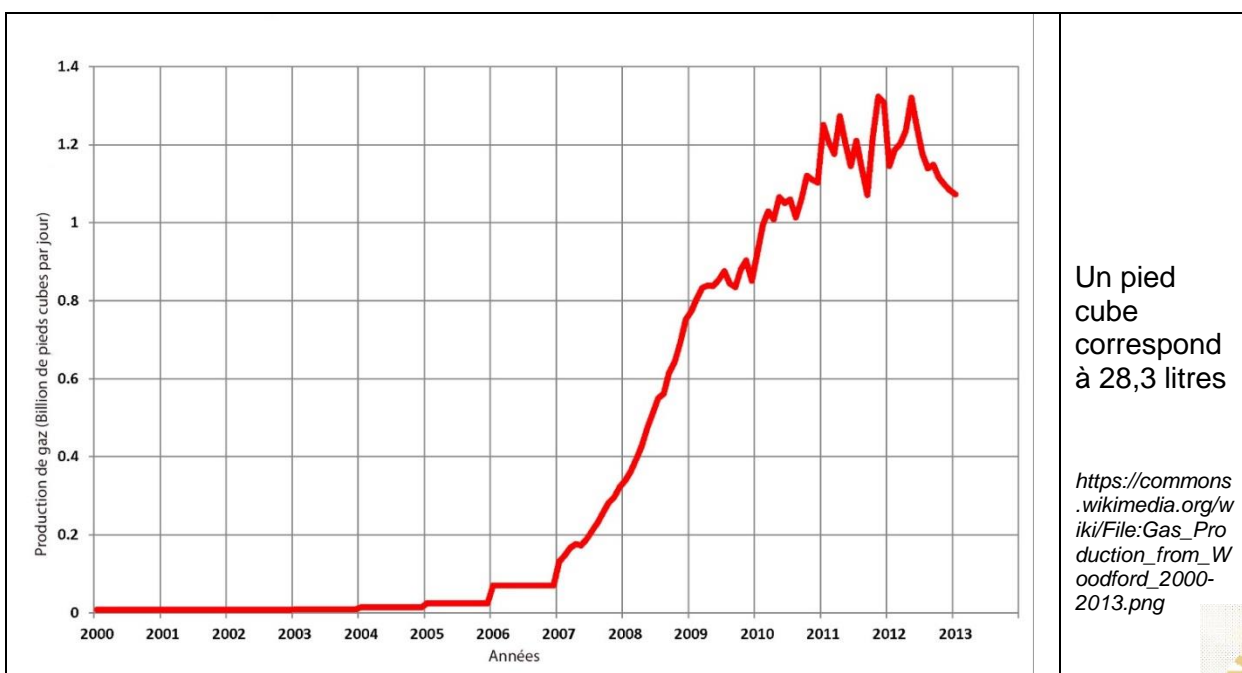
Le principe théorique d'exploitation des gaz de schiste est très simple : puisque la roche contenant ce gaz est imperméable, il n'« y a qu'à » la rendre perméable.



À gauche, une représentation du forage et de la fracturation hydraulique. On réalise un forage qui atteint la couche contenant le gaz de schiste. On injecte alors de l'eau mêlée de sable et d'additifs sous très haute pression (plusieurs centaines de bars) qui fracture la roche. À droite, le fonctionnement du puits en période d'exploitation. Le gaz migre le long des fractures, atteint le tube de forage, arrive en surface et est stocké dans des réservoirs ou évacué par gazoduc.

Les techniques d'exploitation du gaz de schiste impliquent une remontée vers la surface de l'eau injectée pendant la période de forage et de fracturation hydraulique. Cette eau est bien souvent très riche en sel et en polluants. La plupart du temps elle est en fait réinjectée en profondeur sur d'autres sites. *Source : site Internet Planet-Terre de l'ENS Lyon*

### Document 4 : quantité de gaz de schiste produite annuellement au niveau du gisement de Woodford (Oklahoma) de 2000 à 2013.



Un pied cube correspond à 28,3 litres

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gas\\_Production\\_from\\_Woodford\\_2000-2013.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Gas_Production_from_Woodford_2000-2013.png)

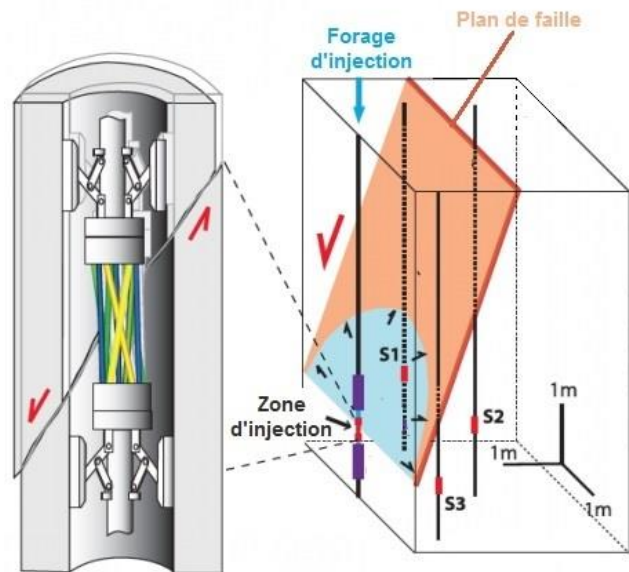


## **Document 5 : étude de la sismicité induite par injection de fluide au niveau d'une faille.**

### **Document 5.1 : principe expérimental de l'étude.**

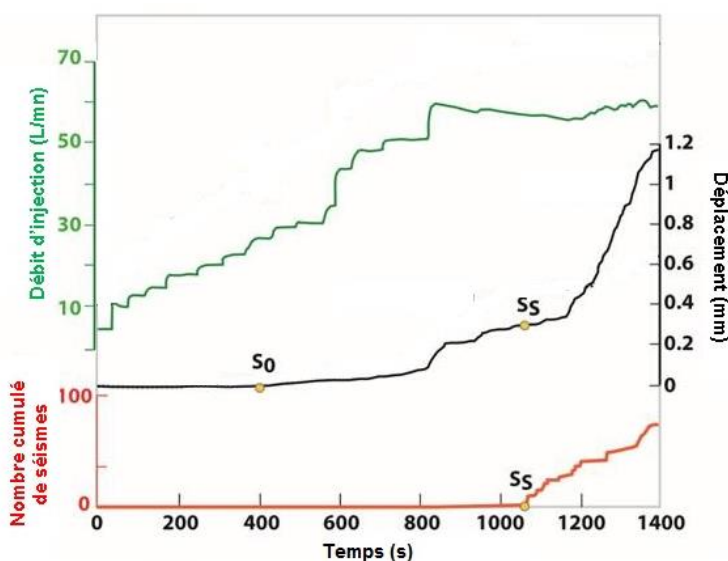
Une expérimentation a été menée sur une faille initialement inactive dans les calcaires du Laboratoire Souterrain à Bas Bruit (LSBB) de Rustrel-Pays d'Apt dans le sud-est de la France. Cette expérimentation réalisée par une équipe franco-américaine a permis de mesurer pour la première fois l'effet d'une injection de fluide dans un plan de faille au niveau d'un forage, à environ 300 m de profondeur.

Des forages verticaux ont été creusés à travers le plan de faille. Une sonde spécialement conçue pour l'expérience a été positionnée dans un forage de part et d'autre du plan de faille (indiqué par les flèches rouges sur le schéma). Des



sismomètres (S1, S2 et S3 sur le schéma) ont été positionnés afin d'enregistrer les séismes. La sonde comprend une zone d'injection d'eau au niveau du plan de la faille. Dans cette sonde, un capteur de déplacement (tubes bleus, jaunes, verts sur le schéma) a été ancré aux parois du forage. Ce capteur a enregistré le moindre déplacement (glissement) des blocs rocheux de part et d'autre de la faille. Le fluide qui a été injecté est de l'eau : au total 950 litres d'eau ont été injectés au niveau de la faille avec un débit croissant et en 25 minutes environ. Le glissement le long de la faille a été mesuré en continu pendant que les fluides s'écoulent et modifient les contraintes dans la roche.

### **Document 5.2 : résultats de l'étude.**



$S_0$  : le glissement des roches débute.

$S_S$  : la sismicité débute. Les séismes enregistrés sont de magnitude inférieure à 2. Leurs hypocentres sont localisés en dehors de la zone envahie par les fluides.

Source : Science 12 Juin 2015 et site Internet de l'INSU-CNRS





Avec le soutien de

**Belin:**

**FRANCE-TECH**  
Microscopie et imagerie numérique

**Flammarion**

**UPMC**  
SORBONNE UNIVERSITÉS

Contact presse 01 55 55 30 10

[spresse@education.gouv.fr](mailto:spresse@education.gouv.fr)

