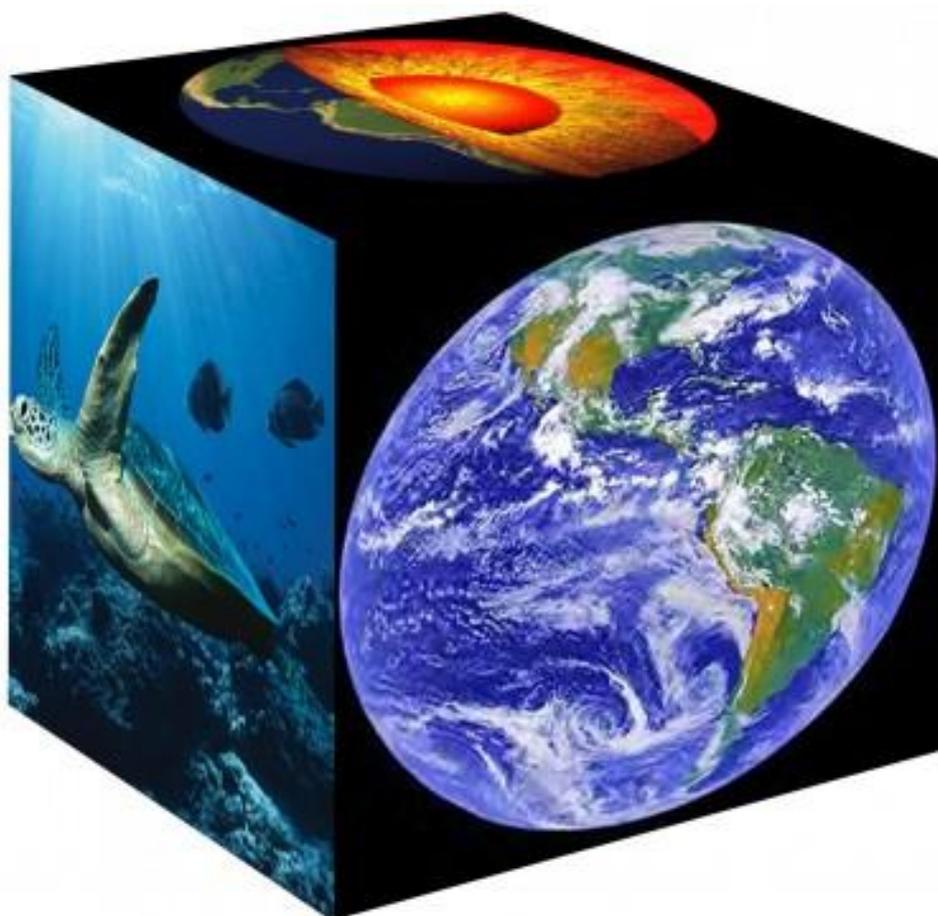




12^e ● LYMPIADES DE GÉ●SCIENCES 30 MAI 2018



SOMMAIRE

Programme de la journée	4
Présentation des olympiades de géosciences	5
Palmarès national	9
Les partenaires	17
Les intervenants	23
Sujets nationaux 2018	27



12èmes Olympiades nationales des géosciences

Programme de la journée du mercredi 30 mai 2018

- 10h00** **Accueil des lauréats et des invités à la Société Géologique de France**
Salle Van Straelen 77, rue Claude Bernard - Paris 5^e
- 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 du Pr Henry de Lumley**
Membre correspondant de l'Académie des Sciences
- 10h40** **Intervention de Benoît Hauville**
Géoscientifique – Total S.A.
- 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** **Institut de Paléontologie Humaine - 1 rue René Panhard - Paris 13e**
Conférence « Les grandes étapes de l'évolution morphologique et culturelle de l'Homme. Emergence de l'Être humain » par Henry de Lumley, directeur de l'IPH ;
Visite des collections.



**Olympiades de géosciences 2018
– Présentation –**

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^{ème} siècle à la première moitié du 20^{ème}, 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^{ème} 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). Elles permettent également d'investir d'autres objets du système solaire comme en témoigne la toute dernière mission martienne partie il y a quelques jours : « Mars InSight » et qui doit permettre de mieux connaître la structure interne de cette planète.

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, Le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM), et UniLaSalle Beauvais. La mise en œuvre concrète repose sur la Direction Générale de l'Enseignement Scolaire (DGESCO) et l'Inspection Générale de l'Education Nationale (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 Sciences et Vie de la Terre (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 36 inspecteurs d'académie, inspecteurs pédagogiques régionaux et 24 chargés de mission qui ont piloté en académie et pour l'Agence pour l'Enseignement Français à l'Etranger (AEFE) la mise en place du concours ; 492 professeurs ont été mobilisés sur les territoires pour corriger les épreuves ; 96 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.

En 2018, le nombre de lycées participants atteint 614 (dont 82 lycées français à l'étranger), le nombre d'élèves ayant composé est de 9642 (dont 1024 dans les lycées français à l'étranger).



Enjeux et objectifs

Le Ministère de l'Éducation nationale a à cœur de soutenir les actions éducatives de culture scientifique car elles contribuent à donner le goût des études scientifiques aux élèves. Il est en effet essentiel de former des jeunes dans ces domaines pour que la France garde et conforte son avance scientifique. Les Olympiades de géosciences en sont l'un des exemples.

La stratégie nationale de culture scientifique, technique et industrielle de février 2017 a pour ambition de donner aux futures citoyennes et aux futurs citoyens les moyens de développer et renforcer leur curiosité, leur ouverture d'esprit, leur esprit critique en partageant la culture scientifique et la démarche scientifique.

Aussi, à l'École, pendant le temps scolaire et périscolaire, est renforcée la politique de promotion de la science et de la technologie, favorisant l'acquisition et la compréhension de la démarche scientifique. Il s'agit notamment de :

- susciter chez nos élèves un plaisir d'apprendre tout en pratiquant des 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. (*Loi d'orientation et de programmation pour la refondation de l'École de la République n°2013-595 du 8 juillet 2013*)

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. C'est une science qui investit des objets complexes, qui forme à des compétences scientifiques variées et prépare efficacement les jeunes à des études exigeantes et passionnantes.

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 2018
– Palmarès National –
&
– Candidats Félicités –

Olympiades de géosciences 2018 – Palmarès national

Lauréat national :

MARCHON Amaury, académie de Paris, Lycée Henry IV de Paris

Médailles d'or par ordre alphabétique :

BAKTACHE Laetissia, AEFÉ (Algérie), Lycée international Alexandre-Dumas d'Alger

BALAT Elias, académie de Rouen, Lycée François 1er du Havre

BARBARIN Nicolas, académie de Clermont-Ferrand, Lycée Massillon de Clermont-Ferrand

BARTS-BERARD Martin, académie d'Aix-Marseille, Lycée Adolphe Thiers de Marseille

BERNARD Augustin, académie de Bordeaux, Lycée Victor Louis de Talence

BONADONNA Pauline, académie de Nice, Lycée International de Valbonne

CINQUIN Alizée, académie de Lyon, Lycée Édouard Branly de Lyon

DELPEYROU Léonie, académie de Nancy-Metz, Lycée Notre-Dame-Saint-Sigisbert de Nancy

DIJOUX Gabriel, académie de La Réunion, Lycée Maison Blanche de Guillaume -St Paul

GIMENEZ Nastasia, académie de Montpellier, Lycée Déodat de Séverac de Ceret

GUEUDET Baptiste, académie de Strasbourg, Gymnase Jean Sturm de Strasbourg

MERAT Margaux, académie d'Amiens, Lycée Gay Lussac de Chauny

PRAT Marie, académie de Rennes, Lycée St Gabriel de Pont L'Abbe

ROBERT VASSY Arlette, académie de Versailles, Lycée International de St Germain En Laye

VILLECOSSE Lorenzo, académie de Limoges, Lycée Auguste Renoir de Limoges

Médailles d'argent par ordre alphabétique :

ANTIER Estéban, académie de Reims, Lycée Jean Jaurès de Reims

BEAURY Antoine, académie d'Orléans-Tours, Lycée Descartes de Tours

BOURDIER Maxime, AEFÉ (Chine), Lycée français international Victor-Segalen de Hong Kong

DUPUIS Anaïs, AEFÉ (Malaisie), Lycée Henri Fauconnier de Kuala Lumpur

FISHER Timothee, académie de Lille, Lycée Nazareth Haffreingue de Boulogne Sur Mer

GERMAIN Elodie, académie de Dijon, Lycée du parc des chaumes d'Avallon

GOBE Thomas, académie de Toulouse, Lycée Pierre Bourdieu de Fronton

HERMAN François, AEFÉ (Etats-Unis), Lycée Rochambeau de Bethesda de Washington

HUETZ Candice, académie de Martinique, Lycée Josep Zobel de Rivière Salée

KACHER Nazim, académie de Caen, Lycée Charles de Gaulle de Caen

MARET Mathis, académie de Grenoble, Lycée Pierre du Terrail de Pontcharra

TRESSEL Thomas, AEFÉ (Etats-Unis), Lycée Rochambeau de Bethesda de Washington

Médailles de bronze par ordre alphabétique :

BAUDOQUIN Aélia, académie de Nantes, Lycée Jean Renoir d'Angers

BORDET Briac, académie de Nouvelle Calédonie, Lycée Blaise Pascal de Nouméa

DESBOIS Tunaia, académie de Guyane, Léopold Elfort de Mana

FIGINI Théo, académie de Guadeloupe, Lycée F.Fleret de Mome À L'eau

HUI Marissa, académie de Polynésie Française, Lycée de La Menais de Papeete

KAJIRALE Charles, académie de Guyane, Léopold Elfort de Mana

LEFEVRE Ambre, académie de Poitiers, Lycée Camille Guérin de Poitiers

LIMAM Ines, académie de Besançon, Lycée Edouard Belin de Vesoul

LINHARES CAMPOS Ana, académie de Corse, Lycée Giocante de Casbianca de Bastia

NAJIM Hind, académie de Créteil, Lycée Marcelin Berthelot de Saint Maur Des Fossés

TARBY Antoine, académie de Mayotte, Lycée Younoussa Bamana de Mamoudzou

Olympiades de géosciences 2018 – candidats félicités par ordre alphabétique :

ACKERMANN Claire, académie de Strasbourg

AGOSTINI Sophie, académie de La Réunion

AKTURK Célia, académie d'Amiens

ALI Raiyat, académie de Mayotte

ALLES Nouchka, académie de Grenoble

AMRANI Benjamin, académie de Nice

ANCEL Alix, académie de Montpellier

ANDREOLETTI Antoine, académie de Grenoble

ANTUNES Lise, académie de Dijon

ARNAUD Louis, académie de Dijon

ASSELIN Klara, académie de Nice

ASSOUMANI Raissane, académie de Mayotte

ASTIER Pierre, académie de Strasbourg

BACHIR Jalil, académie de Montpellier

BADR Elie, académie de Lyon

BARTOLI Mateo, académie de Nantes

BASSEMENT Loic, académie de Nice

BAURIAUD Laura, académie de Reims

BELHUMEUR Benoit, académie de Martinique

BERARD Flore, académie de Toulouse

BERTOZZI Pierre, académie de Versailles

BESNIER Victor, académie de Nancy-Metz

BOCCIARELLI Hugo, académie de Besançon

BOURDIER Maxime, AEFE (Chine)

BRISARD Lina, académie de Lille

BROUSSE DE LABORDE Rodrigue, académie de Nouvelle Calédonie

BRUN Eguerrand, académie de Limoges

BRUNOT Louise, académie de Bordeaux

CAILLAUD Loïc, académie d'Orléans-Tours

CARREAU Clément, académie de Créteil

CHANCIOUX Meg, académie de Clermont Ferrand

CHANFOUR Kalani, académie de Polynésie Française

CHONG A THUNG Andrew Alick, académie de Guyane

CREMAS Sébastien, académie de Martinique

CREUSY Paul, académie de Lille

CUCHEVAL Anaëlle, académie de Polynésie Française

CURCHELLAS Margot, académie de Rouen

DA COSTA Alexis, académie de Poitiers

DAMIAN Kelly, académie de Rennes

DARMANTE Sophia, académie de Bordeaux

DE MONTGOLFIER Nathan, académie de Versailles

DE SOUSA Diego, académie de Limoges

DEFFRENNES Vianney, académie de Lille

DES MOUTIS Jean-Baptiste, académie de Nouvelle Calédonie

DORSTER Manon, académie de Nice

DOUCET Léa, académie de Poitiers

DUCROT Orlane, académie de Guadeloupe

DUMONT Marc-Antoine, académie de Paris

EL BAGHLI Youssef, académie de Mayotte

EL KZIBRI Sophie, académie de Toulouse

FAGOT Adèle, académie de Grenoble

FAUX Valentine, académie de Paris

FAVENNEC Briec, académie de Martinique

FERRIERE Paul, académie de Dijon

FOURNY Yanis, académie d'Amiens

FRANCESCHI Antoine, académie de Bordeaux

GARCES Floriane, académie de Reims

GASTON Théo, académie d'Aix-Marseille

GENAY Perrine, académie de Nancy-Metz

GERARD Clémence, académie d'Orléans-Tours

GOUPY Maxime, académie de Rouen

GOURCEROL Charlie, académie de Limoges

GOUZY Julien, académie de Montpellier

GOVINDINCHETTY Doriane, académie de La Réunion

GRANDON Arthur, académie de Poitiers

GREGORJ Joseph, académie de Nouvelle Calédonie

GRISEZ Laure, académie de Versailles

GUIONNET Marie, académie de Rennes

HANIN Jeanne, académie de Corse

HANOUNE Mathilde, académie de Lille

HOSPITAL Théo, académie de Clermont Ferrand

HOUITTE Hélène, académie de Rennes

ICIAKENE Joshua, académie de Nancy-Metz

JACQUET Simon, académie de Caen

JACQUIN Sami académie de Guyane

JEANBOURQUIN Edouard, académie de Besançon

JOSHUA Néa, académie d'Aix-Marseille

JULES Sarah Marie, académie de Guadeloupe

LAGORCE Alexis, académie de Limoges

LECLUSE Martin, académie de Lyon

LEFIZELIER Alice, académie de Guadeloupe

LEGRY Amandine, académie d'Amiens

LEROY Michel, académie de Paris

LESCHI Juliette , académie de Corse

LETHUILLIER Léa, académie de Grenoble

MADASSAMY Lauryn, académie de Martinique

MARGULIES Hélène, académie de Créteil

MARIDET Pauline, académie de Clermont Ferrand

MERION Marvin, académie de Guadeloupe

MERTZ Inès, académie de Strasbourg

MINODIER Paul, académie de Paris

MOHAMADI Farda, académie de Mayotte

MOKRANI Rayan, académie de Créteil

MONTBRUN Charlotte, académie de La Réunion

MORIN Tanguy, académie de Rouen

MOUILLERON Titouan, académie de Toulouse

MUSSARD Léa, académie de La Réunion

MUZART Mathias, académie de Toulouse

NAJIB Salim, académie de Clermont Ferrand

NORMAND Gabriel, académie de Reims

PIERRE ALEXANDRE Edouardo, académie de Guyane

PISTIEN Maodan, académie de Nantes

PLANTIER Benjamin, académie de Lyon

POSTAIRE Justine, académie de Caen

POUSSIN Gweltaz, académie de Caen

RINGUEDE Marceau, académie d'Orléans-Tours

ROBIN Thomas, académie de Reims

ROSSI XXX , académie de Corse

ROUSSAT Mady, académie de Dijon

SAINT GIRONS Emile, académie de Bordeaux

SALVERT Anne, académie de Poitiers

SCHWALLER Véia, académie de Lyon

SCHWARTZ Thomas, académie d'Aix-Marseille

SETRUK Solane, académie de Montpellier

SIMON Elien, académie de Rouen

STCHETININE Lilas, académie de Corse

TADEBOIS Marine, académie de Nouvelle Calédonie

TAHERALY Mickaël, académie de Caen

TEXIER Jules, académie de Nantes

THEAUD Tiphaine, académie de Nantes

THIRIAU Malo, académie d'Aix-Marseille

THUILLIER Sarah, académie de Besançon

TIBAUD Teva, académie de Polynésie Française

USANG Bastien, académie de Polynésie Française

VANDAIS Augustin, académie de Versailles

VARIS Marianne, académie de Créteil

VARNEROT Quentin, académie de Besançon

VITU Capucine, académie de Nancy-Metz

WAGNER Alizée, académie de Strasbourg

WEBER Gabrielle, académie d'Amiens

ZIMMER Shima-Océane , académie de Rennes



Olympiades de géosciences 2018 –Les partenaires –



Société Géologique de France
Des géologues au service de la société

La SGF est une association reconnue d'utilité publique 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, la vulgarisation et la médiation scientifique.

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, sa présence sur les réseaux sociaux...

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

planete energies

Une initiative de  TOTAL

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 6 000 élèves ont rencontré des professionnels volontaires durant l'année scolaire 2016—2017.

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 Benoît Hauville, Géoscientifique au sein de Total S.A.

<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.

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.

L'institution rassemble 2 000 personnes dont 500 chercheurs, forme environ 350 étudiants par an, abrite 67 millions de spécimens dans ses réserves et ses galeries et accueille chaque année près de 3 millions de visiteurs dans 12 sites à travers la France.

www.mnhn.fr



Grande école d'ingénieurs post-bac membre du vaste réseau mondial des universités La Salle, UniLaSalle propose des formations d'ingénieurs dans les Sciences de la Terre, du Vivant et de l'Environnement. Les problèmes traités en Sciences de la Terre sont à la croisée de nombreuses disciplines enseignées au lycée : géologie, biologie, physique-chimie, informatique, mathématiques ! En effet, le « géoscientifique » exerce dans de nombreux domaines en relation avec les énergies, le climat, l'eau, la construction, l'aménagement du territoire, les travaux publics, les risques naturels, le génie environnemental, les matériaux, le génie minier... Véritable détective, il cherche à mieux comprendre notre planète, son histoire, ses ressources et sa fragilité. Immégré au cœur des enjeux de la planète, tu fais des études de rêve encadré par des spécialistes de ces domaines, experts nationaux et internationaux.

www.unilasalle.fr



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 (par le biais de sa structure « BRGM Campus », le BRGM intervient 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 écotecnologies 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/>





Olympiades de géosciences 2018 –Les intervenants –

Benoît Hauville, Géoscientifique – Total S.A.

Benoît Hauville est passionné depuis son plus jeune âge par les sciences de la terre et cherche toujours à comprendre ce qui se cache derrière les paysages.

Ses matières de prédilection sont les sciences ; il s'est naturellement dirigé vers un bac S puis a intégré un cursus de géologie à UNILASALLE où il est sorti diplômé Ingénieur en Géologie en juillet 2007.

Il poursuit ses études en apprentissage avec un second diplôme d'ingénieur spécialisé en Géosciences pétrolière à IFP School et rejoint le Groupe Total qui sponsorise son double diplôme.

Il commence sa carrière à Paris comme Géophysicien et recherche des potentiels gisements au large de l'Australie avant de s'envoler pour le Yemen comme Géologue de réservoir pour comprendre et développer un gisement découvert quelques années plus tôt.

Il évolue ensuite dans un milieu très opérationnel et occupe le poste de géologue sur des plateformes de forage en mer du Nord, Afrique, Moyen-Orient ou Asie avant de s'expatrier 4 ans au Brésil où il pilote les opérations en eaux profondes en Amérique du sud, de la Guyane à l'Uruguay.

Depuis 2017, de retour en France, il rejoint l'équipe Stratégie Exploration où il suit l'activité globale de l'industrie et développe les relations avec les compagnies concurrentes afin de guider le positionnement de la société en Exploration.



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 Géologie Environnement (Université de Lorraine, 2016)
- Licence Science de la Terre (Paris-Saclay, 2014).



Pr Henry de Lumley, Membre correspondant de l'Académie des Sciences

Le professeur Henry de Lumley s'attache depuis plus de 60 ans à des recherches sur l'Homme, son évolution morphologique et culturelle, sur ses comportements de subsistance et ses modes de vie au sein de ses paléoenvironnements, de ses paléoclimats et de la paléobiodiversité.

Directeur de divers musées, institutions, laboratoires et organisateur de nombreux chantiers de fouilles préhistoriques, il est une véritable référence à l'international pour l'étude de l'Homme.

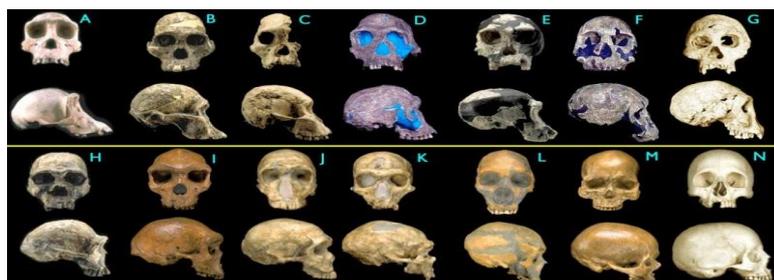
Géologue et préhistorien, Henry de Lumley a été nommé Directeur du laboratoire de Préhistoire du Muséum national d'Histoire naturelle en 1980, dont il devint le Directeur en 1994. Il fut nommé Directeur de l'Institut de Paléontologie Humaine (IPH), Fondation Albert Ier, Prince de Monaco en 1981.

La création de la Fondation Institut de Paléontologie Humaine le 23 juillet 1910 par le Prince souverain Albert Ier de Monaco, puis la reconnaissance d'utilité publique le 15 décembre 1910 par le Président de la République, a fait de l'IPH le premier centre de recherche au monde, entièrement dédié à l'étude de l'Homme fossile, dans une perspective à la fois naturaliste et ethnographique ayant vocation à assurer l'intégralité de la production du savoir, de la fouille à la publication des résultats scientifiques dans une optique pluridisciplinaire.

L'Institut de Paléontologie Humaine poursuit des grands chantiers de fouilles préhistoriques et des recherches sur le matériel archéologique et paléontologique découvert dans divers pays du monde : en France, en Espagne, en Italie, en Grèce, en Turquie, en Géorgie, en Russie, en Inde, en Chine, en Corée du Sud, en Mauritanie et en Ethiopie.

Dans le cadre de sa mission statutaire de diffusion de la culture scientifique, l'IPH organise fréquemment des colloques internationaux, des cycles de conférences, des visites guidées, des spectacles, etc. L'IPH accueille tout au long de l'année de nombreux chercheurs français et étrangers qui viennent consulter ses collections exceptionnelles qui y sont conservés et les ouvrages très anciens de sa prestigieuse bibliothèque.

L'Institut de Paléontologie Humaine, est devenu un haut lieu de la Préhistoire mondiale, véritable creuset de science et de culture, en pointe sur les dernières avancées de l'évolution de l'Homme fossile.





**Olympiades de géosciences 2018
– Sujets nationaux –**

Olympiades de géosciences 2018

Métropole

Épreuve écrite du 29 mars 2018

Durée de l'épreuve : 4 h

Le sujet se compose de trois exercices notés sur dix points chacun. Il comporte de nombreux documents, mais leur exploitation et les réponses attendues sont courtes.

La calculatrice n'est pas autorisée.

Exercice 1 - Le poignard de Toutankhamon : terrestre ou extraterrestre ?

Toutankhamon est le onzième pharaon de la XVIII^e dynastie. Il a régné entre 1333 et 1327 av. J.-C. (avant Jésus Christ). Il doit sa célébrité à la découverte de sa sépulture par l'archéologue britannique Howard Carter le 4 novembre 1922 et au fabuleux trésor qu'elle recèle. Ce trésor contient notamment un poignard exposé actuellement au musée égyptien du Caire (Égypte).

La lame de cette arme est composée de fer, rare dans les objets façonnés à cette époque. C'est pourquoi, depuis la découverte du trésor, de nombreuses études ont été réalisées afin de comprendre l'origine de ce poignard royal.

À partir des documents proposés, déterminer l'origine probable du fer qui compose la lame du poignard de Toutankhamon.

Document 1 - Et si le trésor de Toutankhamon était en fer et pas en or !

Le travail du métal a joué un rôle si crucial dans l'évolution de la civilisation humaine que les historiens divisent traditionnellement l'Antiquité en âges « métalliques ». Ainsi on se réfère aux âges de cuivre, de bronze et de fer.

Il n'y a pas de transition bien marquée entre ces périodes. L'Égypte ancienne avait de grandes ressources minérales. Les vastes zones désertiques, en particulier le désert oriental, sont riches en mines et en carrières exploitées depuis l'Antiquité. Le cuivre, le bronze et l'or ont été utilisés depuis le IV^e millénaire av. J.-C. Ceci étant, malgré l'importante présence de minerais de fer en Égypte ancienne, l'usage utilitaire du fer dans la vallée du Nil est plus tardif que dans les pays voisins. Les premiers usages sont datés du I^{er} millénaire av. J.-C.

Le fer était considéré comme un métal extrêmement précieux pendant le règne de Toutankhamon et les Égyptiens n'avaient pas encore des techniques très perfectionnées pour le forger.

Ci-contre le poignard en fer (lame) et en or (manche et fourreau)

Source : the meteoritical society « The meteoritic origin of Tutankhamun's iron dagger blade » 2016 Daniela Comelli et al.



Document 2 - L'origine du « fer terrestre »

Il existe plusieurs catégories de minerais de fer : des oxydes (hématite, magnétite), des hydroxydes (goethite, limonite) et des carbonates (sidérose). Les sulfures, dont les représentants principaux sont la pyrite, la marcassite et la pyrrhotine, ont une teneur élevée en fer (45-60 %) mais ils ne sont jamais utilisés directement pour la production du fer à cause de l'effet fragilisant du soufre sur les alliages ferreux.

Les êtres humains ont exploité en particulier deux types de gisements riches en minerais de fer.

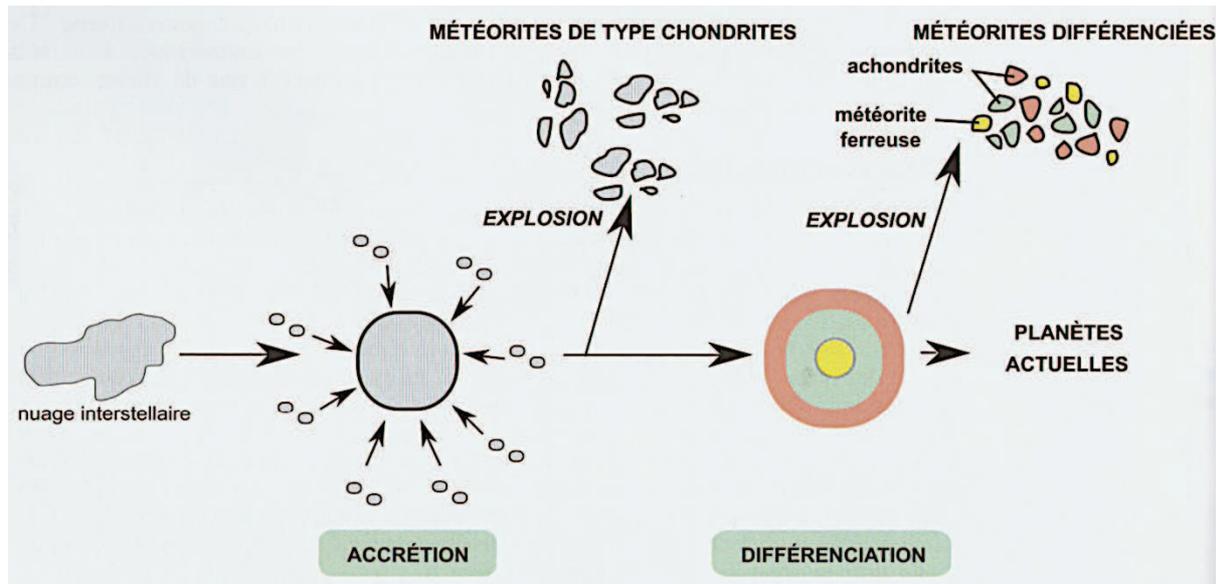
- La minette ou ironstone exploitée à travers l'Europe depuis le début de l'âge du fer, environ il y a 800 ans av. J.-C., dont la concentration typiquement autour de 30 % ne rend plus rentable son exploitation de nos jours.
- Les plus grands gisements de fer au monde se trouvent dans les roches sédimentaires recouvrant les cratons archéens au Brésil, en Australie, au Canada, en Afrique du Sud et en Russie. Les minerais exploités dans ces pays contiennent entre 55-65 % de fer. Ces gisements de fer se sont formés dans un environnement géologique très spécifique, pendant une période particulière de l'histoire de la Terre. Près de 90 % du minerai de fer est extrait des formations de fers rubanés, un type de sédiments formé par précipitation chimique dans l'eau de mer sur les plateformes continentales de faible profondeur, pendant le Protérozoïque âgé de - 2,5 à -1 Ga. Cette période de l'histoire de la Terre est marquée par une forte augmentation de la teneur en dioxygène de l'atmosphère et des océans, phénomène qui a entraîné la précipitation d'oxydes de fer dissous dans l'eau de mer.

(In Ressources minérales Arndt et Ganino – Dunod 2010)

Document 3 - L'origine du « fer extraterrestre », les météorites ferreuses ou sidérites

La ceinture d'astéroïdes est un ensemble de matériaux d'une taille allant du grain de poussière à l'embryon de planète qui gravite sur une orbite située entre celles de Mars et de Jupiter. Ces matériaux proviennent de la matière non utilisée lors de l'édification des planètes. Les plus gros objets nommés « astéroïdes » ont été suffisamment chauffés pour fondre et se différencier en noyaux de fer et en enveloppes de **minéraux silicatés***. Les roches plus petites, agglomérées sans fusion et non différenciées ont conservé une composition voisine de celle des poussières **protosolaires***. La gravité très forte de Jupiter perturbe les orbites des roches et des astéroïdes qui entrent ainsi en collision et se fragmentent en débris. La trajectoire des débris éjectés de la ceinture d'astéroïdes peut recouper l'orbite de la Terre où ils s'écrasent : ce sont alors des météorites. Elles sont donc considérées comme des objets extraterrestres.

Modèle de formation des différentes météorites



BCPST 1^{er} et 2^e année, Géologie tout en un, P. Peycru et al. Dunod 2015

***Protosolaire** : se dit de la nébuleuse dont la condensation a donné naissance au Soleil et au Système Solaire (*dictionnaire Larousse*)

***Minéraux silicatés** : ce sont des minéraux fréquents dans les roches terrestres en particulier dans les croûtes.

On recueille ainsi, à la surface de la Terre, trois types de météorites :

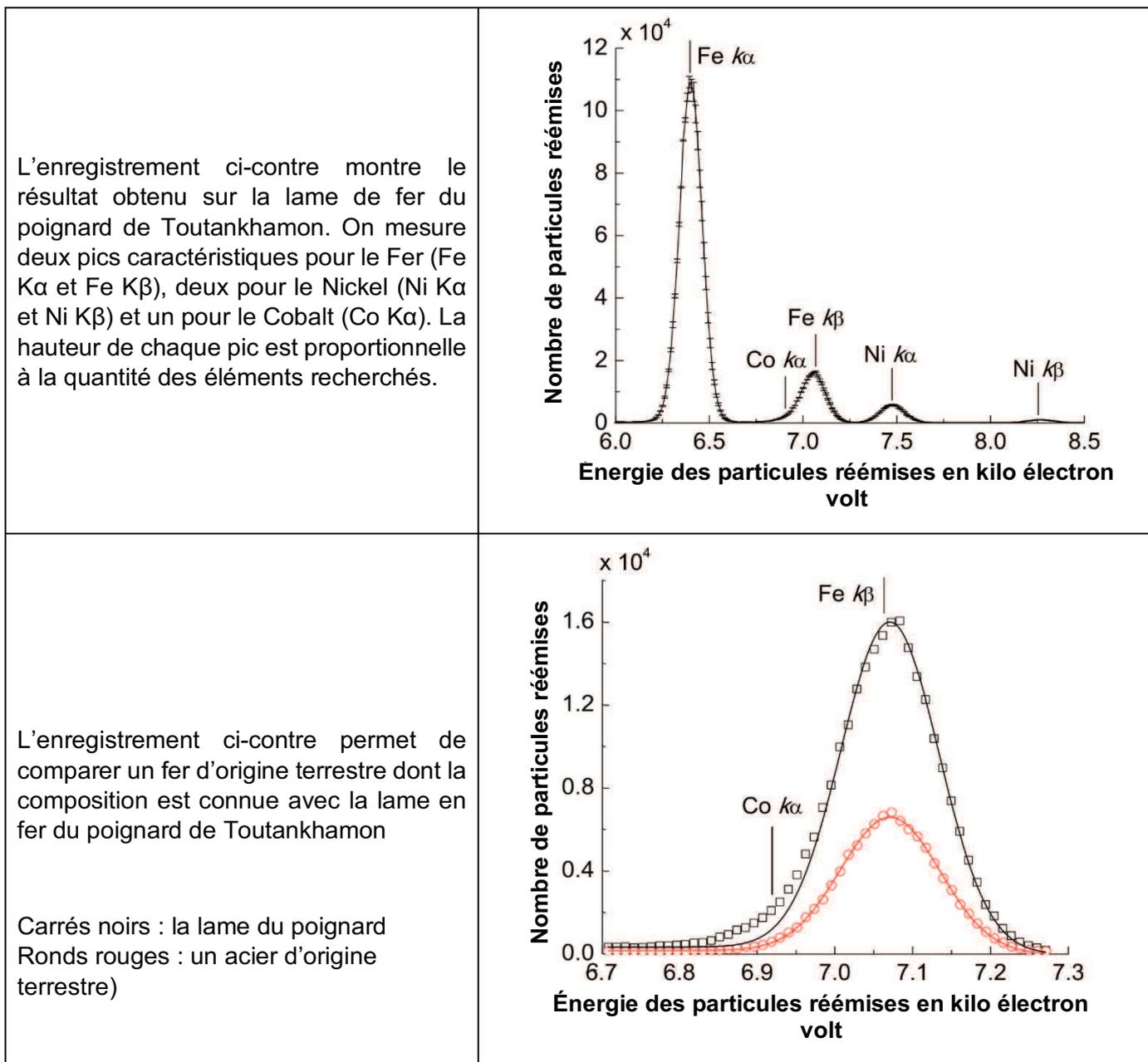
- **des chondrites** : ces météorites pierreuses caractérisées par des granules sphériques, les chondres, sont des fragments de cailloux non différenciés ;
- **des achondrites**, météorites pierreuses, qui sont des fragments de l'enveloppe des astéroïdes différenciés ;
- **des sidérites** ou *achondrites métalliques* ou *météorites ferreuses*, fragments des noyaux des astéroïdes différenciés formés principalement de fer.

Document 4 - Une nouvelle technique, la spectrométrie de fluorescence des rayons X portable dite « XRF »

Document 4a – Principe de la technique

L'origine de la lame de fer du poignard de Toutankhamon fait débat depuis de très nombreuses années. Est-elle d'origine terrestre ou extraterrestre ? Jusqu'à maintenant il n'y avait pas de technique à la fois suffisamment précise et non destructrice qui permettait d'avoir des analyses assez précises pour trancher.

Une nouvelle technique, la spectrométrie XRF portable, a permis d'obtenir de nouveaux résultats sans endommager la lame de fer et avec une plus grande précision. Elle utilise une propriété physique de la matière, la fluorescence de rayons X. Quand on bombarde de la matière avec des rayons X, les atomes réémettent de l'énergie sous différentes formes que l'on peut analyser. Le spectre de réémission est caractéristique de la composition de l'échantillon. On peut ainsi connaître de façon très précise les concentrations massiques en éléments sans prélèvements de matière sur les objets.



Source : The meteoritical society « The meteoritic origin of Tutankhamun's iron dagger blade » 2016. Daniela Comelli et al.

Document 4b – Résultats obtenus : comparaison de la composition du poignard de Toutankhamon à des sidérites (météorites ferreuses) et à des aciers terrestres

Des mesures XRF ont été effectuées sur le poignard de Toutankhamon, sur 11 météorites (sidérites) de composition bien connue et 11 matériaux de référence en acier certifiés. Les compositions réelles ont été obtenues par des méthodes qui détruisent partiellement l'échantillon.

La liste complète des échantillons analysés est fournie dans le tableau ci-dessous.

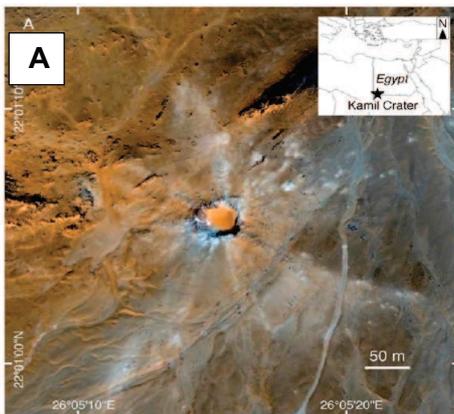
	Nom de l'échantillon	Nombre de points de mesures	% réel en Ni (Nickel)	% réel en Co (Cobalt)	Mesures XRF pour le Ni (Nickel)	Mesures XRF pour le Co (Cobalt)
Météorites ferreuses	Campo del Cielo	21	6,73	0,46	6,82 ± 0,35	0,52 ± 0,03
	Canyon Diabolo	32	6,93	0,47	7,09 ± 0,34	0,55 ± 0,04
	Chinga	20	16,5	0,58	15,17 ± 0,33	0,57 ± 0,04
	Dronino	12	9,81	0,55	9,83 ± 0,30	0,57 ± 0,04
	Gebel Kamil	17	20,60	0,76	20,68 ± 0,46	0,70 ± 0,05
	Gibeon	16	7,99	0,39	7,90 ± 0,33	0,43 ± 0,03
	Hoba	1	16,30	0,78	17,08 ± 0,36	0,69 ± 0,05
	North Chile	1	5,65	0,454	6,16 ± 0,36	0,51 ± 0,03
	NWA 5289	12	9,02	0,40	9,94 ± 0,30	0,41 ± 0,03
	Tambo Quemado	10	10,15	0,56	9,44 ± 0,31	0,50 ± 0,03
	Tres Castillos	7	9,23	0,51	8,57 ± 0,32	0,47 ± 0,03
Aciers terrestres	ARMI AISI 303	1	9,50	0,20	8,65 ± 0,32	0,10 ± 0,03
	NIST SRM 1262b	1	0,60	0,30	1,72 ± 0,48	0,36 ± 0,03
	NIST SRM 1158	1	36,10	0,01	4,57 ± 1,15	0,05 ± 0,04
	SS-CRM 461/1	4	6,12	≈ 0	6,13 ± 0,36	0,04 ± 0,04
	SS-CRM 462/1	4	12,85	≈ 0	12,04 ± 0,30	0,04 ± 0,04
	SS-CRM 463/1	4	10,20	0,12	10,20 ± 0,30	0,07 ± 0,04
	SS-CRM 464/1	4	20,05	0,05	20,78 ± 0,48	- 0,01 ± 0,04
	SS-CRM 465/1	4	9,24	0,05	9,20 ± 0,31	0,04 ± 0,04
	SS-CRM 466/1	4	10,20	0,02	10,02 ± 0,30	0,01 ± 0,04
	SS-CRM 467/1	4	9,21	≈ 0	9,21 ± 0,31	0,02 ± 0,04
	SS-CRM 468/1	4	8,90	0,02	8,89 ± 0,31	0,02 ± 0,04
Lame en fer du poignard de Toutankhamon	2	?	?	10,85 ± 0,30	0,58 ± 0,04	

Source: The meteoritical society « The meteoritic origin of Tutankhamun's iron dagger blade" 2016. Daniela Comelli et al.

Document 5 - Une zone de récolte possible, le cratère Gebel Kamil, au sud de l'Égypte.

Le petit cratère Kamil de 45 mètres de diamètre a été découvert grâce à Google Earth par Vincenzo de Michèle, conservateur au Musée d'Histoire naturelle de Milan (photographie A). Une expédition scientifique dirigée par Luigi Folco a été organisée en 2009 pour l'étudier (photographies B et C). Cette structure a un âge inférieur à 5 000 ans. Autour du cratère Kamil, Luigi Folco et son équipe ont récolté près de 6 000 morceaux de météorites ferreuses (sidérites) pour un poids total de 1,7 tonne. Le plus gros pèse 83 kg (photographie D).

D'après leurs estimations, le bolide qui a creusé Kamil devait peser entre 5 et 10 tonnes ; c'était un bloc d'un peu plus d'un mètre de diamètre qui aurait heurté le sol à plus de 3 kilomètres par seconde.



Falco et al., 2011. Kamil crater (Egypt) : Ground truth for small-scale meteorite impacts on Earth. Geology 39:179-182

Les météorites sont une source possible de fer dans les artefacts archéologiques de l'Égypte pharaonique, le « fer du ciel » des anciens. L'apparition d'un mot pour les météorites (« fer du ciel ») en langue égyptienne suggère qu'une chute significative doit avoir été vue : peut-être Gebel Kamil, bien qu'il serait bon d'avoir une date précise pour la chute, probablement dans les 5 000 ans.

Johnson et Tyldsley, 2013, Sighinolfi et al, 2015

Exercice 2 - Quand les volcans se mêlent du climat...

Le risque d'éruption d'un supervolcan fait fréquemment les gros titres des journaux, quand bien même les scientifiques estiment qu'il est très peu probable qu'une telle éruption ait lieu au cours du prochain millénaire.

per-volcan du Yellowstone menace nir de l'humanité ?

"National Geographic", ce super-volcan pourrait se réveiller plus tôt que prévu et provoquer un "hiver volcanique" sur tout le monde.

Publié le 14/10/2017 par LePoint.fr

North Sumatra's Mount Toba erupted again, at any time

by Adi Gunawan

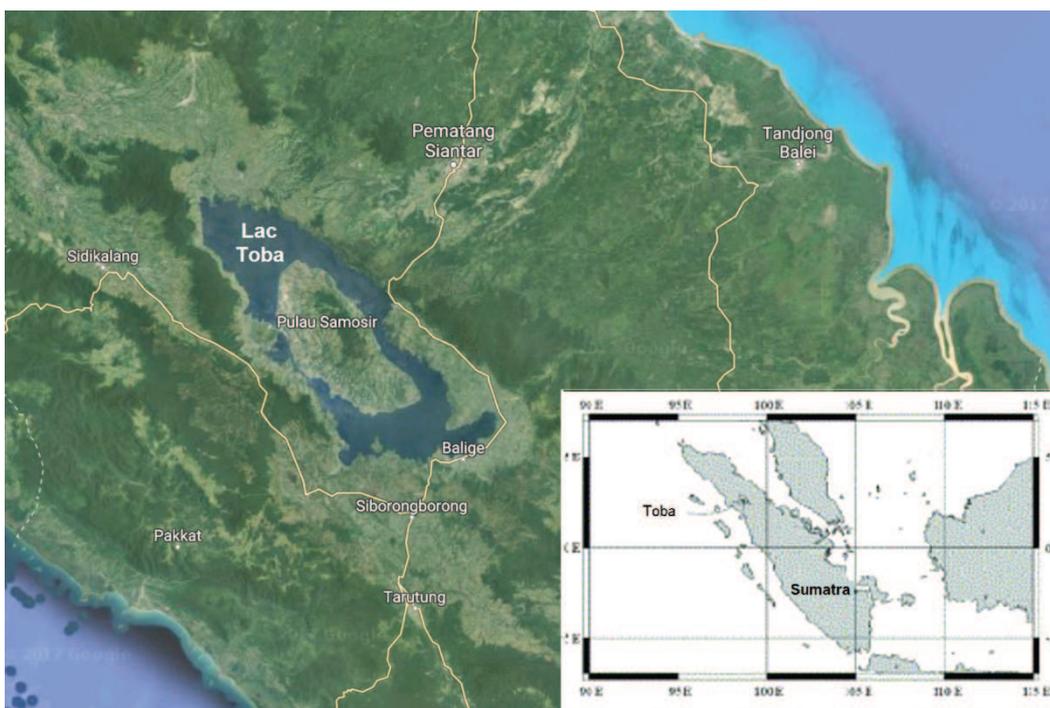
Votre mission est de montrer, à partir de l'exemple du volcan Toba, comment une éruption volcanique majeure peut impacter le climat.

- 1) Justifier, à partir des informations tirées des documents 1, 2 et 3, que le volcan Toba est un volcan à dynamique majoritairement explosive qui appartient à la catégorie des supervolcans.
- 2) Justifier, à partir des informations tirées des documents 4 et 5, que l'éruption du volcan Toba, d'il y a 74 000 ans, est associée à des modifications du climat mondial.
- 3) Expliquer, à partir des informations extraites de l'ensemble des documents, comment une éruption volcanique majeure, telle que celle de Toba il y a 74 000 ans, peut fortement impacter le climat mondial.

Document 1 - Le volcan Toba

Document 1a - Le lac Toba (vue satellitaire)

Le lac Toba actuel se situe en Indonésie, sur l'île de Sumatra. Au centre du lac se trouve une île située par un dôme de roches volcaniques. Sa profondeur moyenne est d'environ 500 m.



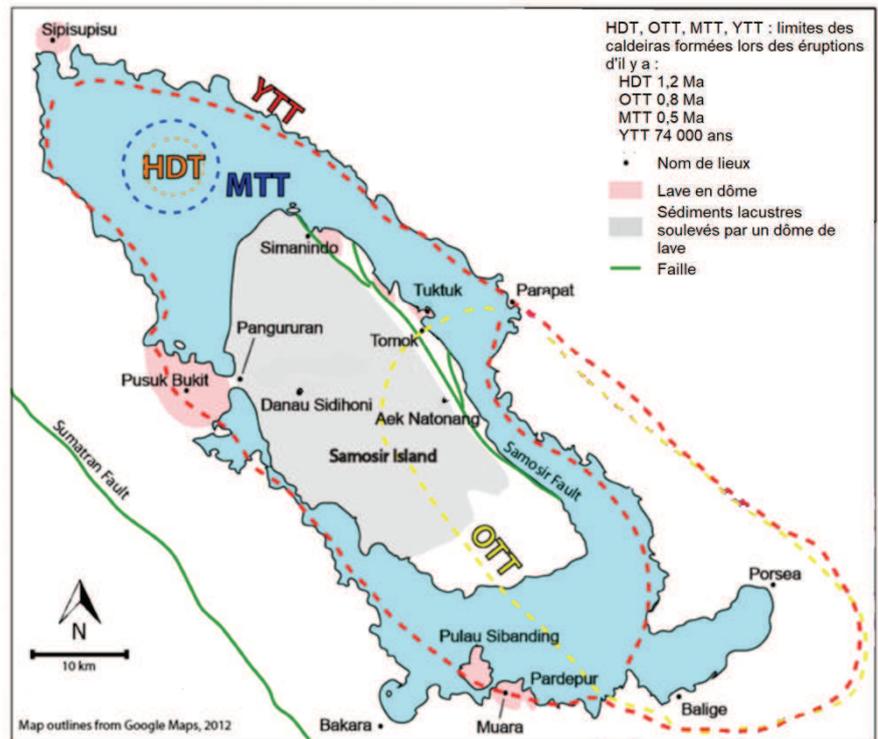
<https://torums.infoclimat.fr/> - GoogleEarth

Document 1b - Les caldeiras du lac Toba

Une caldeira est un vaste cratère volcanique d'effondrement qui résulte de l'émission rapide d'un important volume de lave.

Le volcan Toba montre des traces de caldeiras successives (limites marquées par un trait en pointillés sur la carte ci-à-droite).

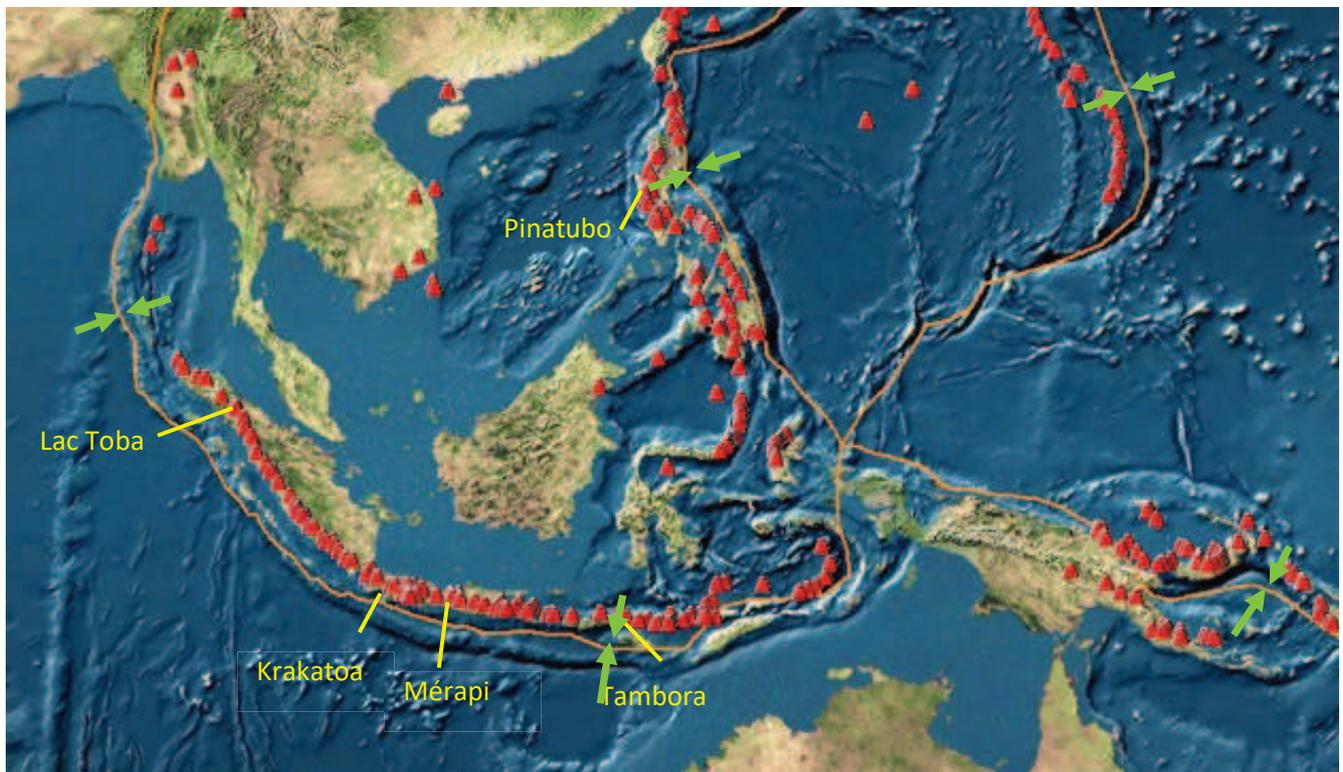
La dernière éruption a eu lieu il y a 74 000 ans. On estime la production de matériel pyroclastique* laissé par cette dernière à près 3 fois le volume de la caldeira formée lors cette éruption, soit environ 2 800 km³.



* fragments de roches solides expulsés dans l'air ou dans l'eau pendant l'éruption d'un volcan, provenant du magma lui-même ou de la roche encaissante.

D'après Chesner et Rose (1991) et Chesner (2012)

Document 1c - Le contexte géologique



Conçu avec le logiciel Sismolog

▲ Volcan

➔➔➔ Mouvement relatif de convergence

↘↘ Limite de plaques tectoniques

➔➔➔ Mouvement relatif de divergence

Document 2 - L'éruption du volcan Tambora (autre volcan indonésien) et ses conséquences

« Considéré comme un volcan éteint par les habitants de la région, le Tambora s'est réveillé lentement à partir de 1812. Le 5 avril 1815, une éruption débute et forme une colonne de cendres de plus de 30 km de hauteur. Cette activité persiste de façon intermittente jusqu'au soir du 10 avril. À 19 h ce jour-là, l'éruption majeure débute. Une seconde colonne se forme jusqu'à une altitude de 43 km, envoyant des quantités gigantesques de cendres dans l'atmosphère. Très rapidement, le conduit par lequel le magma est éjecté s'élargit, la teneur en eau du magma diminue et la colonne de cendres s'effondre sur elle-même, générant des coulées pyroclastiques qui recouvrent toute la région. La quantité de magma qui sort du volcan est tellement importante que le volcan s'effondre sur lui-même, perdant plus de 1 400 m d'altitude et laissant une caldeira de 6,5 km de diamètre et 1 000 m de profondeur. Cette phase paroxysmale de l'éruption dure à peine plus de 24 heures. L'arrivée des coulées pyroclastiques à la mer provoque des tsunamis qui déferlent sur les côtes des îles voisines et parcourent plusieurs centaines de kilomètres, affectant jusqu'à l'île de Java. D'immenses radeaux de ponces (roches volcaniques très légères) et de nombreux troncs d'arbres flottent sur l'océan.

[...]

Dès le premier été qui a suivi l'éruption du Tambora, des phénomènes étranges sont observés en Europe de l'Ouest. De nombreuses observations écrites font état, notamment dans le sud de l'Angleterre, d'une atmosphère brumeuse en permanence, filtrant une partie du rayonnement solaire, et ceci indépendamment des vents qui soufflaient au niveau du sol. La présence de produits volcaniques dans la haute atmosphère est bien sûr à l'origine de ce phénomène, immortalisé par le peintre anglais William Turner. L'année 1816 a été la plus froide depuis les 600 dernières années en Europe et en Amérique du Nord. L'histoire retient surtout la tempête qui a eu lieu, dans l'est des États-Unis, du 5 au 11 juin, avec des températures en dessous de zéro durant plusieurs nuits, et d'abondantes chutes de neige qui ont fortement affecté les cultures. En Europe de l'Ouest, la famine s'étend rapidement, en lien avec l'augmentation du prix des céréales devenues beaucoup plus rares. »

Extrait de Volcanologie, Chazot, Lénat, Maury, Agranier, Roche, éditions Deboeck, 2017, p 175

Document 3 - Quelques caractéristiques d'éruptions volcaniques majeures de type explosif

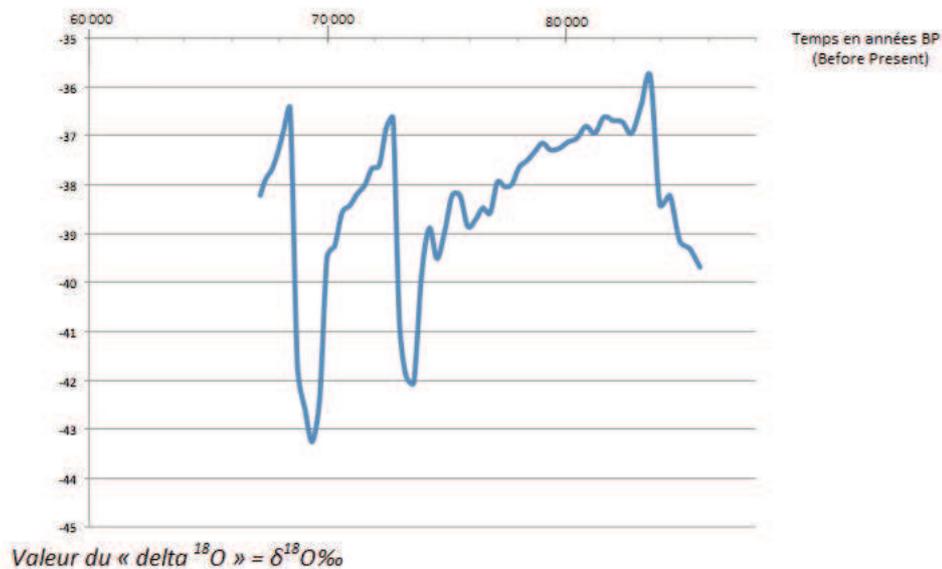
On distingue les éruptions explosives de supervolcans explosifs par leur production pyroclastique* hors norme ; l'US Geological Survey (USGS) l'applique à toute éruption qui rejette plus de 1 000 km³ de ponces et de cendres en une seule explosion.

Volcan et localisation	Date ou âge des éruptions	Volume de matériel pyroclastique émis (en km ³)*
Fish Canyon, Colorado, USA	- 28 millions d'années	3 000
Yellowstone, Wyoming, USA	- 2,2 millions d'années	2 500
Taupo, Nouvelle-Zélande	- 26 500 ans	1 170
Yellowstone, Wyoming, USA	- 640 000 ans	1 000
Tambora, île de Sumbawa, Indonésie	1 815	150
Méropi	2 010	130
Krakatoa, île au sud de Sumatra, Indonésie	1 883	21
Pinatubo, Philippines	1 991	4
Vésuve	79	3,3
Mont Saint Hélène, Washington, USA	1 980	<1

*Le volume de matériel pyroclastique est le volume de matière émis par le volcan, il est à distinguer du volume de magma (ainsi, pour l'éruption du Tambora, les 150 km³ de matériel pyroclastique correspondraient à 41 km³ de magma).

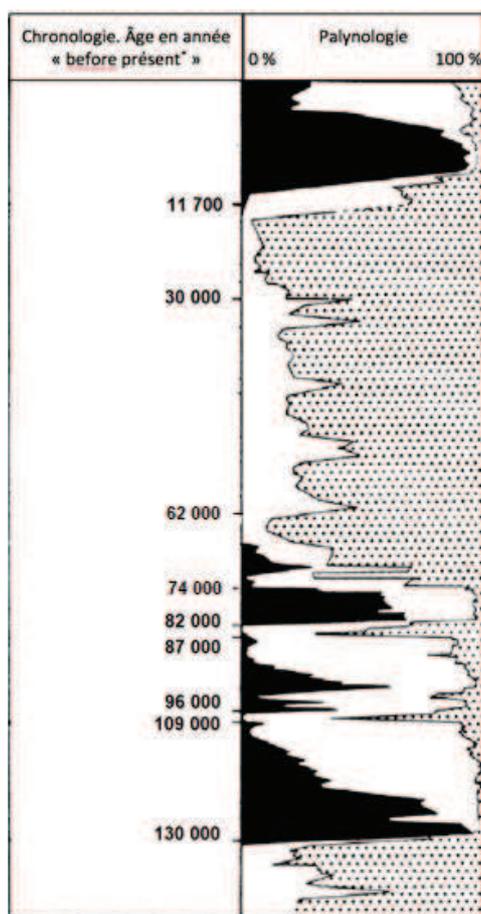
Données dispersées

Document 4b - Les variations du delta ¹⁸O dans les glaces du Groenland



Grootes, P.M., and M. Stuiver. 1997. Oxygen 18/16 variability in Greenland snow and ice with 10³ to 10⁵-year time resolution. *Journal of Geophysical Research* 102:26455-26470.

Document 5 - Les informations apportées par l'étude des pollens



L'étude des pollens des végétaux permet de reconstituer la diversité des espèces végétales qui sont notamment dépendantes des conditions climatiques

- une dominante de pollens de plantes herbacées traduit un climat froid et sec ;
- une dominante de pollens d'arbres traduit un climat plus tempéré, en particulier les chênaies.

Le graphe ci-à-droite présente la composition en pollens d'une colonne de sédiments âgés de -140 000 ans à nos jours (tourbière de la Grande Pile, France).

* Before présent = Avant 1950

Légende

En noir : Chêne

En blanc : Autres arbres

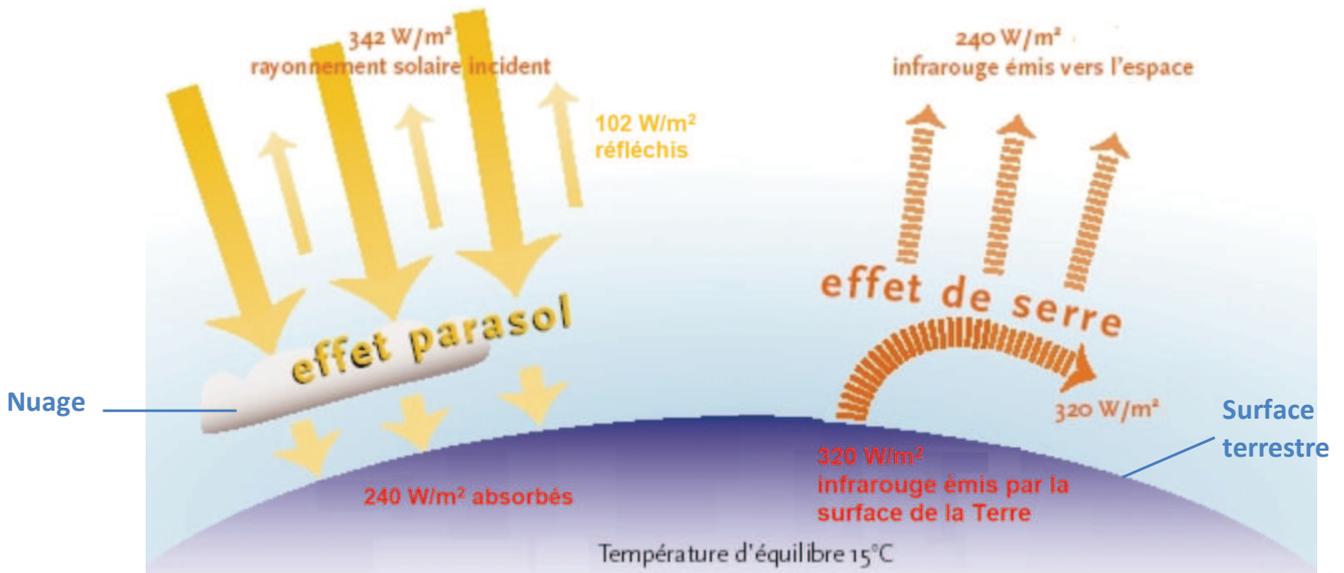
En pointillés : Herbes

<https://www.sciencedirect.com>

Document 6 - Les émissions volcaniques et leurs conséquences

Document 6a - Le bilan radiatif de la Terre

Le bilan radiatif de la Terre dresse un inventaire de l'énergie reçue et perdue par l'atmosphère et hydrosphère de la planète.



D'après le CNES

Document 6b - Les matériaux émis dans l'atmosphère lors d'une éruption volcanique

Outre les matières solides, de nombreux gaz sont libérés lors d'une éruption volcanique. Le tableau ci-dessous présente les proportions des principaux gaz émis lors de deux éruptions explosives à l'exception de la vapeur d'eau. Ces gaz sont normalement en concentration très faible dans l'atmosphère.

	Mt. St. Helens (USA)	Mérapi (Indonésie)
H ₂ (%)	0,85	1,54
CO ₂ (%)	6,64	7,07
CO (%)	0,06	0,16
SO ₂ (%)	0,2089	1,15
H ₂ S (%)	0,3553	1,12

D'après volcano.oregonstate.edu

Document 6c - L'influence de quelques composants atmosphériques sur le bilan radiatif de la Terre

Les effets suivants sont régionaux et relativement brefs si seule la troposphère (les 10 premiers km environ) est affectée. Si les gaz et les particules ci-dessous atteignent la stratosphère (10 à 50 km d'altitude), l'effet est mondial et plus durable, jusqu'à plusieurs années.

Composant	Effet
Cendres	Effet parasol
CO ₂	Effet de serre (difficilement quantifiable compte tenu du CO ₂ atmosphérique préexistant)
H ₂ S, SO ₂	Transformation en H ₂ SO ₄ , pluies acides
H ₂	Aucun impact direct
Aérosols dont H ₂ SO ₄	Effet parasol très élevé
CO	Contribution à la formation de l'ozone troposphérique Transformation en CO ₂ dans l'atmosphère

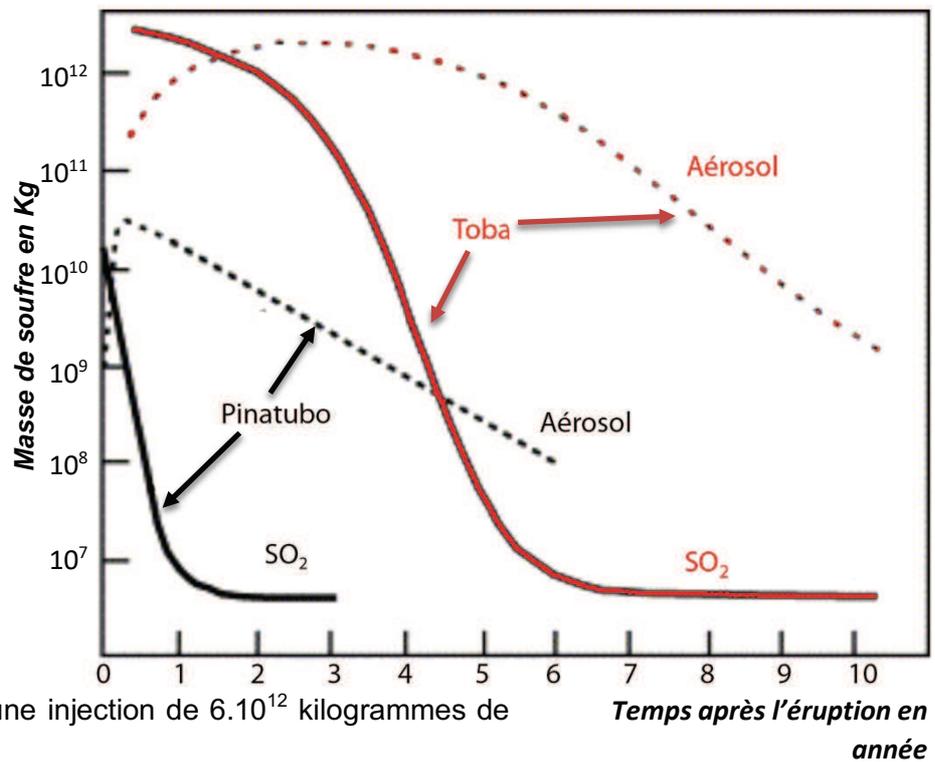
D'après le MOOC Volcanologie physique de l'IPGP

Document 6d - Le devenir des matériaux soufrés

Éjecté dans la stratosphère, le dioxyde de soufre se mélange avec la vapeur d'eau de l'atmosphère et se transforme alors en acide sulfurique liquide (H_2SO_4). Il devient ce qu'on appelle un "aérosol", c'est-à-dire de fines gouttelettes de quelques dixièmes de microns de diamètre en suspension dans un gaz.

Le graphe ci-à-droite présente les masses totales de soufre, sous la forme de dioxyde de soufre (traits pleins) et d'aérosol de sulfate (traits pointillés) qui auraient été émises dans la stratosphère lors de l'éruption de Toba. Ces résultats sont issus d'un modèle numérique. Pour la simulation, il a été considéré une injection de 6.10^{12} kilogrammes de SO_2 dans la stratosphère.

Les masses de soufre sous la forme de SO_2 et d'aérosol de sulfate observées pour le Pinatubo (éruption de 1991) sont présentées à titre de comparaison.



Exercice 3 - Les stériles miniers uranifères de Lozère

Les « stériles miniers » sont constitués des sols et des roches déplacés et non exploités pour accéder aux roches économiquement rentables. Parmi les stériles, on distingue usuellement les **stériles francs** qui sont des roches ne présentant aucune concentration en substance utile et les **stériles de sélectivité** qui sont des roches dont la concentration en substance utile est jugée non valorisable sur des critères technico-économiques.

Entre 1945 et 2001, 250 sites miniers d'uranium ont été exploités en France, permettant ainsi la production de 80 000 tonnes d'uranium. Cette exploitation a généré 200 millions de tonnes de stériles, dont une partie stockée en tas (verse) dans l'enceinte ou aux alentours des anciens sites miniers. Des stériles furent aussi cédés pour un usage public à des entreprises ou à des particuliers, la majeure partie du temps afin de servir dans la construction. Les stériles issus des mines d'uranium ayant potentiellement une activité radioactive, le suivi de l'accès à ces stériles par le grand public apparaît aujourd'hui comme un problème de santé publique et fait, depuis la circulaire du 22/07/2009, l'objet d'un recensement et d'un suivi approfondi.

Nous chercherons dans cet exercice à comprendre l'impact possible des stériles sur les populations ainsi qu'à identifier quelles mesures peuvent être mises en place pour le limiter.

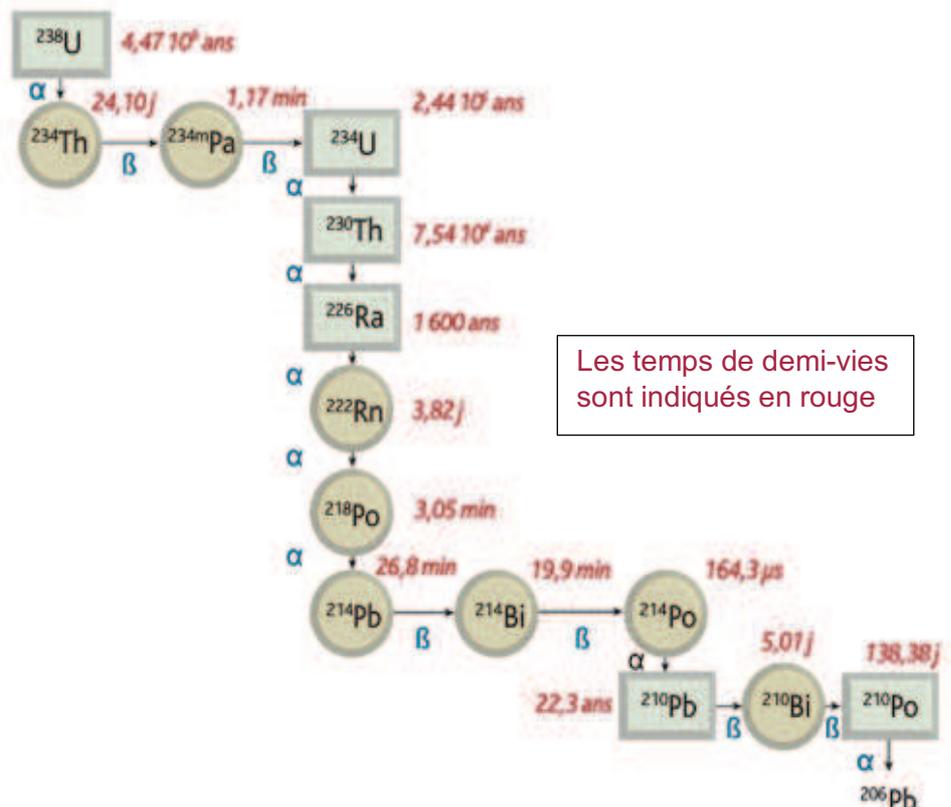
Document 1 - La décroissance radioactive de l'uranium

Les trois isotopes qui composent l'uranium naturel sont l'uranium 238, l'uranium 235 et l'uranium 234.

L'uranium 235 et l'uranium 238 sont les parents de 2 chaînes de désintégrations qui comptent respectivement 10 et 13 radionucléides émetteurs de particules α , β et γ avant d'atteindre respectivement le plomb 207 et le plomb 206.

Dans la chaîne de désintégration schématisée, le radon 222 (^{222}Rn) est la seule particule à l'état de gaz. Il peut s'échapper dans l'atmosphère et s'accumuler dans les espaces clos notamment les maisons peu ventilées. Ce gaz est incolore et inodore.

La demi-vie du radon 222 (^{222}Rn), très courte (3,82 j), entraîne une émission importante de particules α . Il se désintègre en polonium 218 (^{218}Po) et peut alors, s'il est inhalé, se déposer dans les alvéoles pulmonaires. Le polonium 218 (^{218}Po) subit à son tour de nombreuses désintégrations radioactives entraînant l'exposition de l'organisme à une quantité importante de rayonnements potentiellement cancérogènes notamment des rayonnements α très énergétiques.



D'après <http://www.irsn.fr/>

Document 2 - Évaluation des doses de rayonnement ionisant reçu par un être humain

Le rayonnement des particules est mesuré avec différents appareils, par exemple pour le rayonnement γ le scintillomètre SPP2 ou encore le radiamètre. On obtient des mesures en coups par seconde symbolisé c/s ce qui correspond au nombre de désintégrations des noyaux des atomes radioactifs présents dans l'échantillon testé. Certains appareils donnent également les mesures en Becquerel ou en milliSievert (mSv). Le Becquerel, symbole Bq est l'unité de mesure de l'activité des matières radioactives, c'est-à-dire le nombre de désintégrations qui s'y produisent par seconde. Le Sievert, symbole Sv est l'unité de mesure de la quantité d'énergie qu'un corps humain absorbe quand il est soumis à un rayonnement ionisant. Les doses ionisantes reçues par un être humain sont calculées en Sievert par an. C'est donc la quantité d'énergie absorbée par un être humain au cours d'une année.

Document 2a - Calcul de la DEAA (Dose Efficace Ajoutée Annuelle)

Pour évaluer les risques d'exposition aux rayonnements ionisants (radioactivité) pour un individu donné on tient compte à la fois de la radioactivité des différents lieux qu'il fréquente et du temps qu'il y passe.

La dose ionisante totale (Dose Efficace Annuelle) est issue à la fois de sources ionisantes naturelles encore appelées le bruit de fond, et de sources ionisantes issues de l'activité humaine aussi appelées la Dose Efficace Ajoutée Annuelle.

Dose Efficace Ajoutée Annuelle (DEAA) = Dose Efficace Annuelle (DEA) – bruit de fond.

Bases de connaissances IRSN (irsn.fr)

Document 2b - Règlementation autour de la DEAA (Dose Efficace Ajoutée Annuelle)

Afin de limiter l'impact des activités anthropiques sur les populations, l'article R1333-8 du code de la santé publique définit une limite de DEAA de 1 mSv.an^{-1} à ne pas dépasser. Cette valeur ne s'applique pas pour les personnes travaillant dans le secteur nucléaire, les patients bénéficiant d'une radiothérapie, les volontaires à des programmes de recherche médicale et biomédicale...

<https://www.legifrance.gouv.fr>

Document 3 - Mesure de radioactivité dans des bâtiments ; le cas des abords de la mine des Bois-Noirs en Lozère et dose reçue par un être humain en mSv.an^{-1}

La mine des Bois-Noirs a été exploitée à partir de 1960.

Étude de juin 2001 :

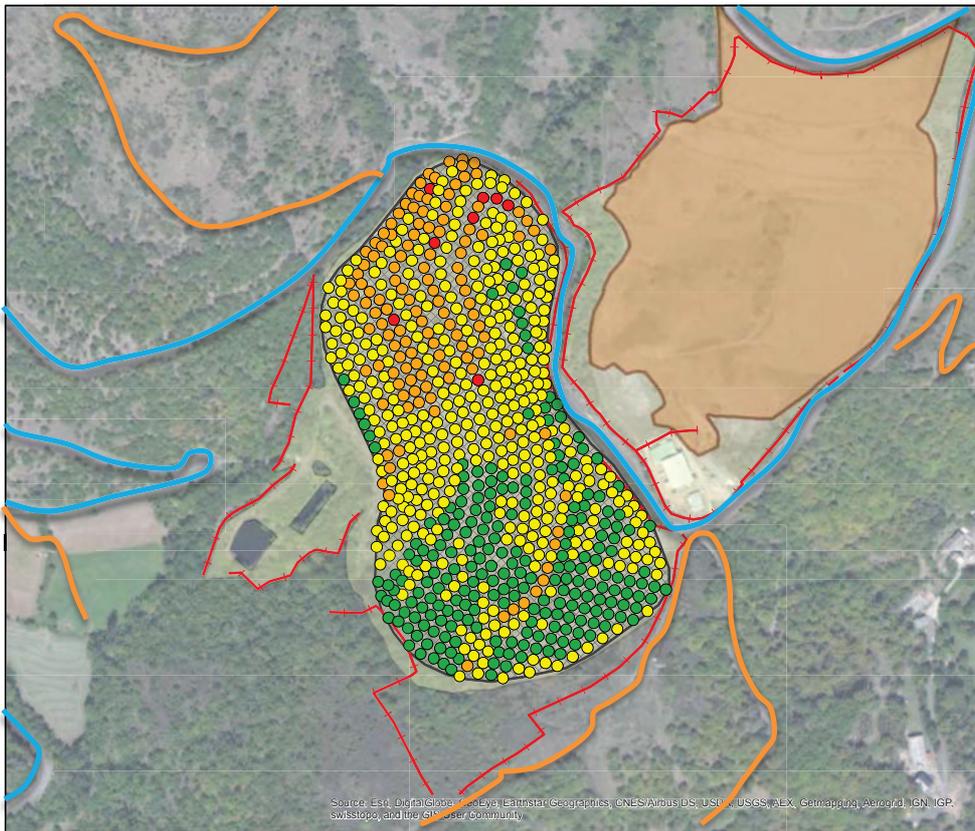
Localisation	Radon 222 (Bq.m^{-3})	mSv.an^{-1}
Saint Priest La Prugne Maison éloignée de l'exploitation	355	5,91
Moulin de Poyet proche de l'exploitation (chambre sur cave)	724	12
Scierie Mondière proche de l'exploitation (local d'affûtage)	7 720	36,7

Étude complémentaire, décembre 2001 au lieu-dit « Moulin de Poyet » après recommandation d'aération :

Localisation	Radon 222 (Bq.m^{-3})	mSv.an^{-1}	
Moulin de Poyet	Salle de bain – rez-de chaussée	129	2,15
	Cave adjacente au garage	447	7,45
	Chambre sur cave	240	4
	Chambre 2 ^e étage	188	3,13

Rapport CRIIRAD n° 03-38 Site des Bois-Noirs

Document 4 - Données géographiques et relevés des compteurs de la verse à stériles des Bondons

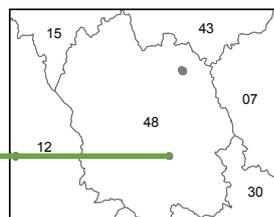
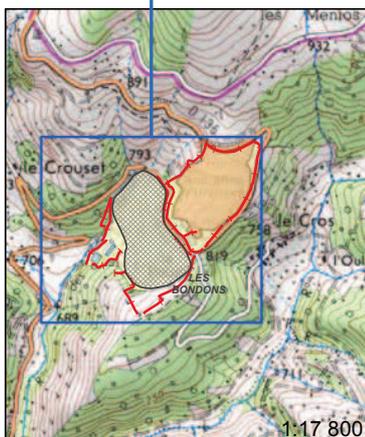


Une exploitation d'uranium a eu lieu sur la commune des Bondons de 1980 à 1989. Les matériaux extraits mais non exploités constituent des stériles. On appelle « verse » le lieu où sont stockés ces stériles.

La commune des Bondons comptait 143 habitants en 2014.

Sur la commune voisine à l'est on compte une trentaine de constructions.

DDEA liée à l'usage des chemins : 0,14 mSv.an⁻¹



Flux de photons (SPP2)

Bruit de fond : **90** c/s
 Minimum : **220** c/s
 Moyenne : **444** c/s
 Maximum : **1400** c/s

Légende

- Emprise minière
- Périmètre de sécurité
- Mine à ciel ouvert
- Mine à ciel ouvert en eau
- Entrée de galerie
- Travaux miniers souterrains
- Verse à stériles

Plan Compteur SPP2

- Inférieur à 300 c/s (223)
- Entre 300 et 600 c/s (398)
- Entre 600 et 1000 c/s (124)
- Supérieur à 1000 c/s (8)

- Route départementale
- Routes et chemins

Rapport PNGMDR 2013-2015 AREVA

Document 5 - L'activité des stériles et leur réutilisation lors de l'exploitation minière en France

Document 5a - Seuil de coupure

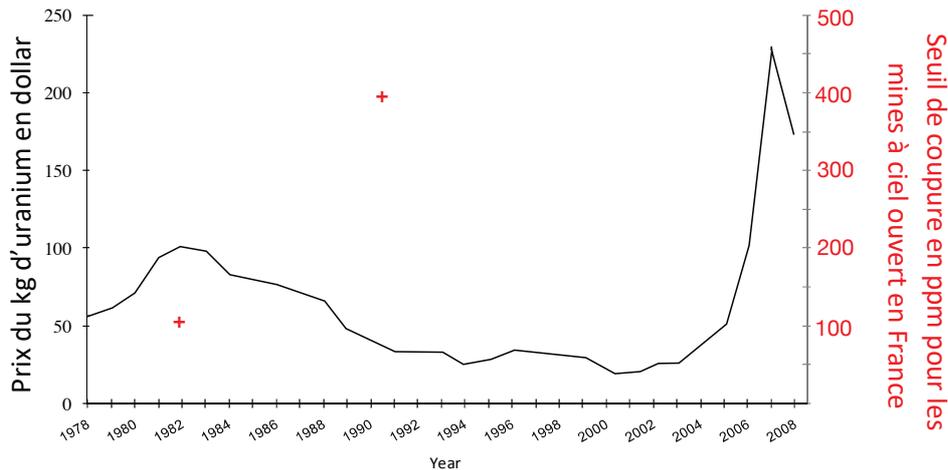
Les teneurs en uranium des stériles miniers sont comprises entre des valeurs très faibles, soit quelques grammes par tonne ou ppm, pour les « **stériles francs** » et des valeurs plus élevées, soit quelques centaines de grammes par tonne ou ppm, pour les « **stériles de sélectivité** ».

Lors de l'exploitation des mines d'uranium, on classe une roche dans la catégorie des **stériles de sélectivité** lorsque les coûts de l'extraction de l'uranium contenu dans cette roche sont supérieurs au bénéfice de sa vente. On définit alors un **seuil de coupure** qui est la concentration d'uranium en dessous de laquelle les roches ne sont pas exploitées.

La valeur du seuil de coupure a évolué dans le temps en fonction de l'évolution des prix de l'uranium et de l'évolution des techniques d'exploitation.

Rapport d'expertise globale de l'IRSN sur le bilan décennal d'AREVA NC (1993-2004)

Document 5b - Évolution du prix de l'uranium et du seuil de coupure (données mondiales)

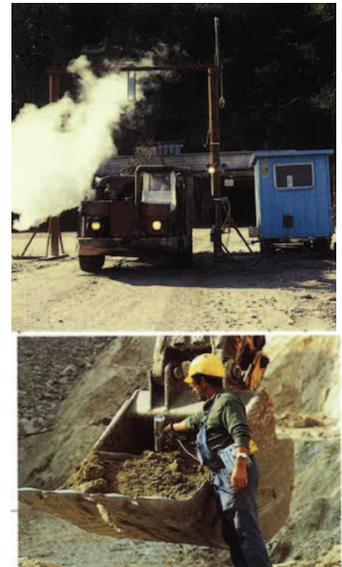


Uranium 2009: Resources, Production and Demand A Joint Report by the OECD Nuclear Energy Agency

Document 5c - Tri radimétrique

Lors de l'activité minière, les teneurs en uranium étaient mesurées grâce à des portiques de détection (photo du haut ci-contre) ou réalisées directement au godet des pelleteuses chargées de l'excavation (photo du dessous ci-contre). La fiabilité de ces mesures n'était pas toujours garantie. Par ailleurs des mélanges involontaires se sont parfois produits entre des stériles radioactifs et des stériles non radioactifs.

Une partie des stériles était réutilisée pour remblayer au fur et à mesure les galeries n'étant plus exploitées, mais pour éviter une accumulation trop importante des stériles, de grands volumes ont été cédés à des entreprises et des particuliers pour la construction ou l'aménagement de sites publics ou privés. Avant 1984, il n'y avait, ni contraintes d'utilisation, ni suivi concernant ces cessions. À partir de 1984, les responsables de l'exploitation de la majorité des mines d'uranium en France ont mis en place progressivement un registre permettant un suivi de la cession des stériles ainsi que des restrictions d'usage. En ce qui concerne les cessions antérieures à 1984, l'état des connaissances, notamment des lieux et des usages, reste pauvre. Des stériles ont parfois été détectés à plusieurs kilomètres de leur lieu d'extraction



Fiche n°1 Extraction de l'uranium en France IRSN 2017 et Photos : L'uranium de la Crozille (Haute Vienne), B Bavoux, P-C Guillard.

Document 6 - Les actions mises en place

Dans le cadre de la gestion des stériles disséminés en dehors des emprises minières, le seuil « d'incompatibilité d'usage » a été fixé à $0,6 \text{ mSv.an}^{-1}$. L'instruction du 8 août 2013 précise :

- **Cas « travaux »** : lorsque la DEAA moyenne $\geq 0,6 \text{ mSv.an}^{-1}$. Ces zones feront l'objet d'une recherche systématique d'actions correctives. Les objectifs seront fixés en fonction d'un bilan coûts / avantages
- **Cas « discussion »** lorsque la DEAA moyenne $\geq 0,3 \text{ mSv.an}^{-1}$ et $< 0,6 \text{ mSv.an}^{-1}$ feront l'objet d'études plus spécifiques pour statuer sur les travaux éventuels d'assainissement
- **Les autres cas** ne donnent pas lieu à des études ou des actions particulières

DREAL Nouvelle-Aquitaine Février 2017

Questions :

Expliquer l'origine de la radioactivité mesurée sur le site des Bondons et de celle mesurée sur le site des Bois-noirs.

Évaluer, à partir des résultats des différentes mesures pour chacun des sites, les impacts sur l'être humain et proposer, le cas échéant, les mesures à prendre pour limiter les risques.

Olympiades de géosciences 2018

**Nouvelle-Calédonie
Polynésie Française**

Épreuve écrite des 18 et 19 avril 2018

Durée de l'épreuve : 4 h

Le sujet se compose de trois exercices notés sur dix points chacun. Il comporte de nombreux documents, mais leur exploitation et les réponses attendues sont courtes.

La calculatrice n'est pas autorisée.

Exercice 1 - Les cyclones

Les phénomènes atmosphériques et climatiques violents sont à l'origine de risques naturels majeurs, et les dégâts qu'ils engendrent représentent des coûts économiques et humains importants. Par exemple, en septembre 2017, le cyclone Irma, dont les vents ont dépassé les 300 km.h^{-1} , a détruit, au moins partiellement, 95 % des bâtiments de l'île de Saint-Martin (Antilles françaises).

Dans le cadre de la gestion des risques majeurs, les cyclones sont donc des phénomènes particulièrement étudiés et surveillés.

On se propose dans ce sujet, de comprendre la formation d'un cyclone et de déterminer la trajectoire du cyclone tropical Andrew présenté ci-dessous.

Positions successives du cyclone tropical Andrew sur 2 jours

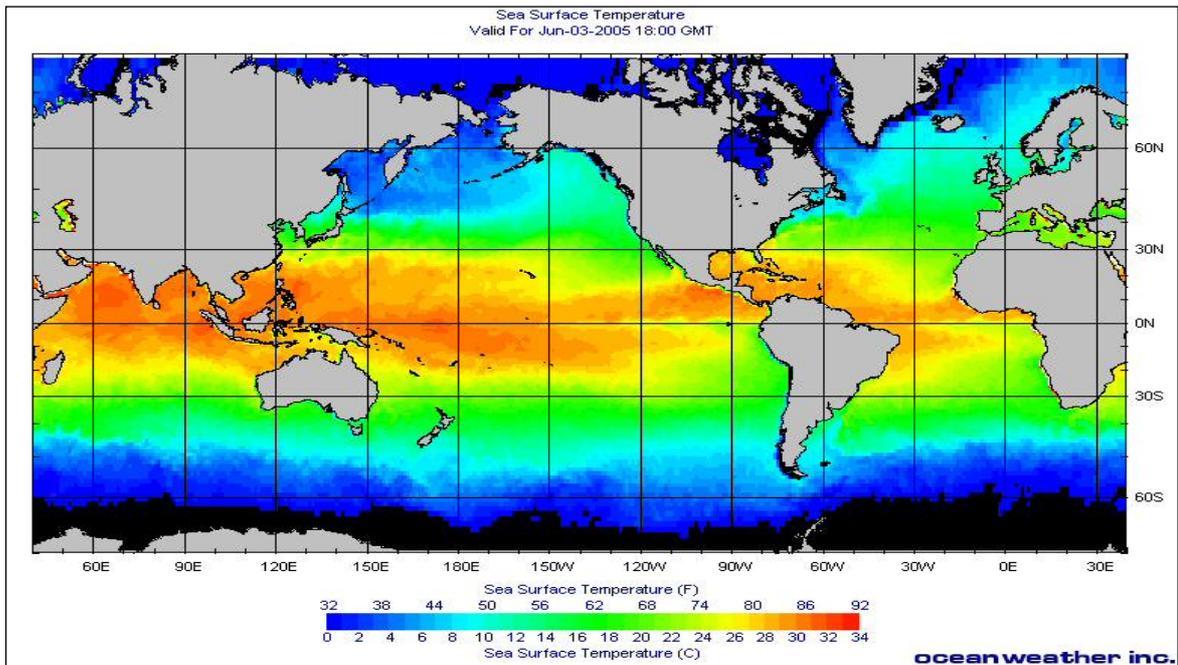


Source : Le courrier de Floride

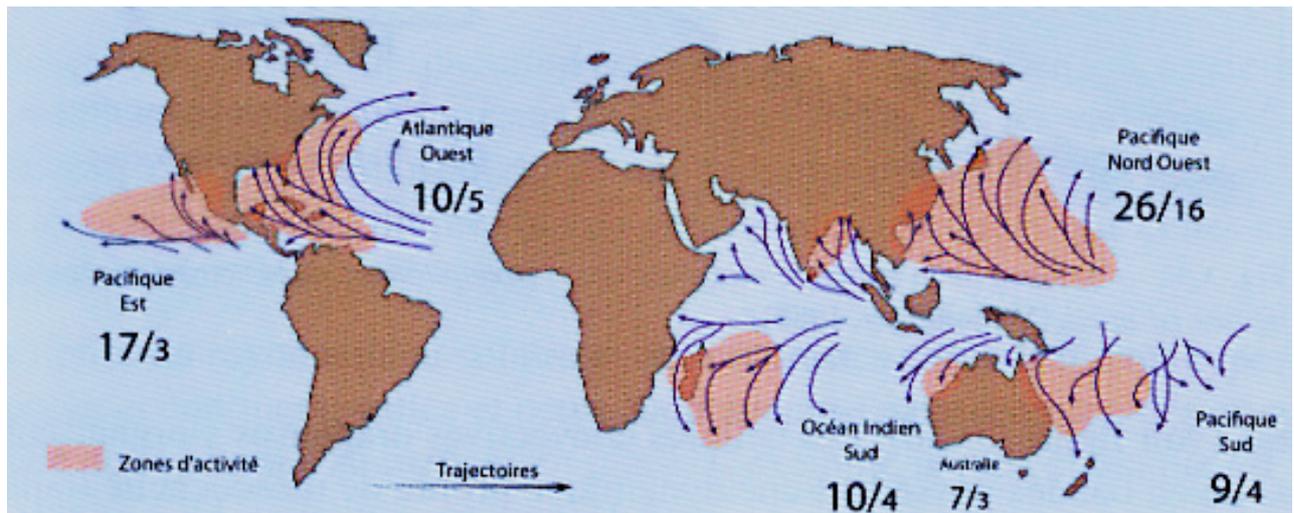
Questions à partir de l'exploitation des documents

1. À l'aide d'un schéma, décrire les étapes et les conditions menant à la formation d'un cyclone.
2. QCM : cocher la bonne réponse sur la page à rendre avec la copie. Page 7 du sujet.
3. Dans un souci de gestion des risques, la trajectoire d'Irma avait été établie. Faire de même pour le cyclone Andrew : tracer sa trajectoire sur le document de la page à rendre avec la copie. Prévoir son évolution en argumentant la réponse.

Document 1 - Température à la surface des océans (juin 2005)



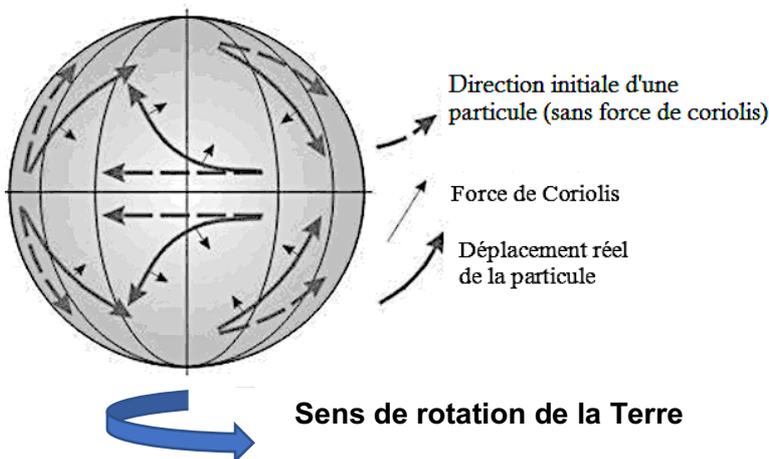
Document 2 - Zones de formation et d'activité des cyclones, trajectoires et nombre moyen par an et par bassin de tempêtes tropicales (chiffres de gauche) et de cyclones (chiffres de droite)



Source : Fondamentaux de la Météorologie- Sylvie Malardel-Cépaduès éditions

Document 3 - La force de Coriolis

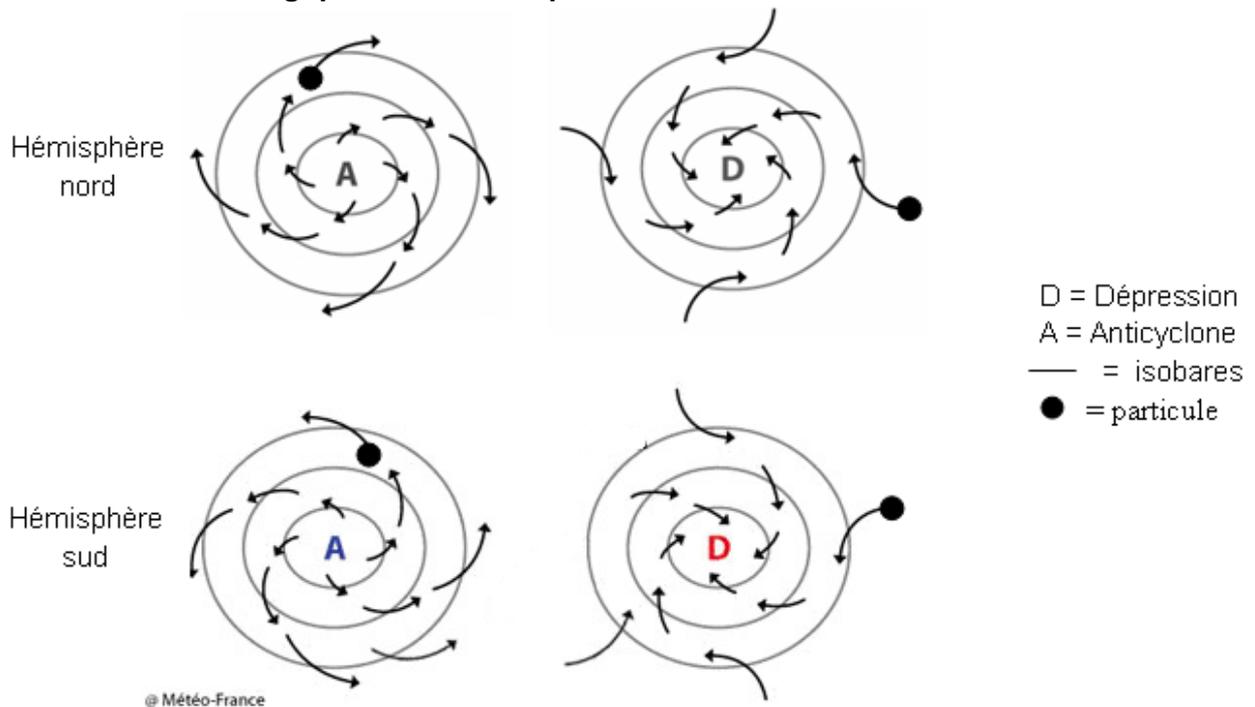
Document 3a - Influence de la force de Coriolis sur une particule en mouvement



Toute particule en mouvement est déviée par une force liée à la rotation de la Terre, appelée force de Coriolis. Celle-ci dévie les particules vers la droite par rapport à leur sens de déplacement dans l'hémisphère Nord et vers la gauche par rapport à leur sens de déplacement dans l'hémisphère Sud. La force de Coriolis est maximale aux pôles et nulle à l'équateur.

Source : Modifié d'après www.planet-terre.fr

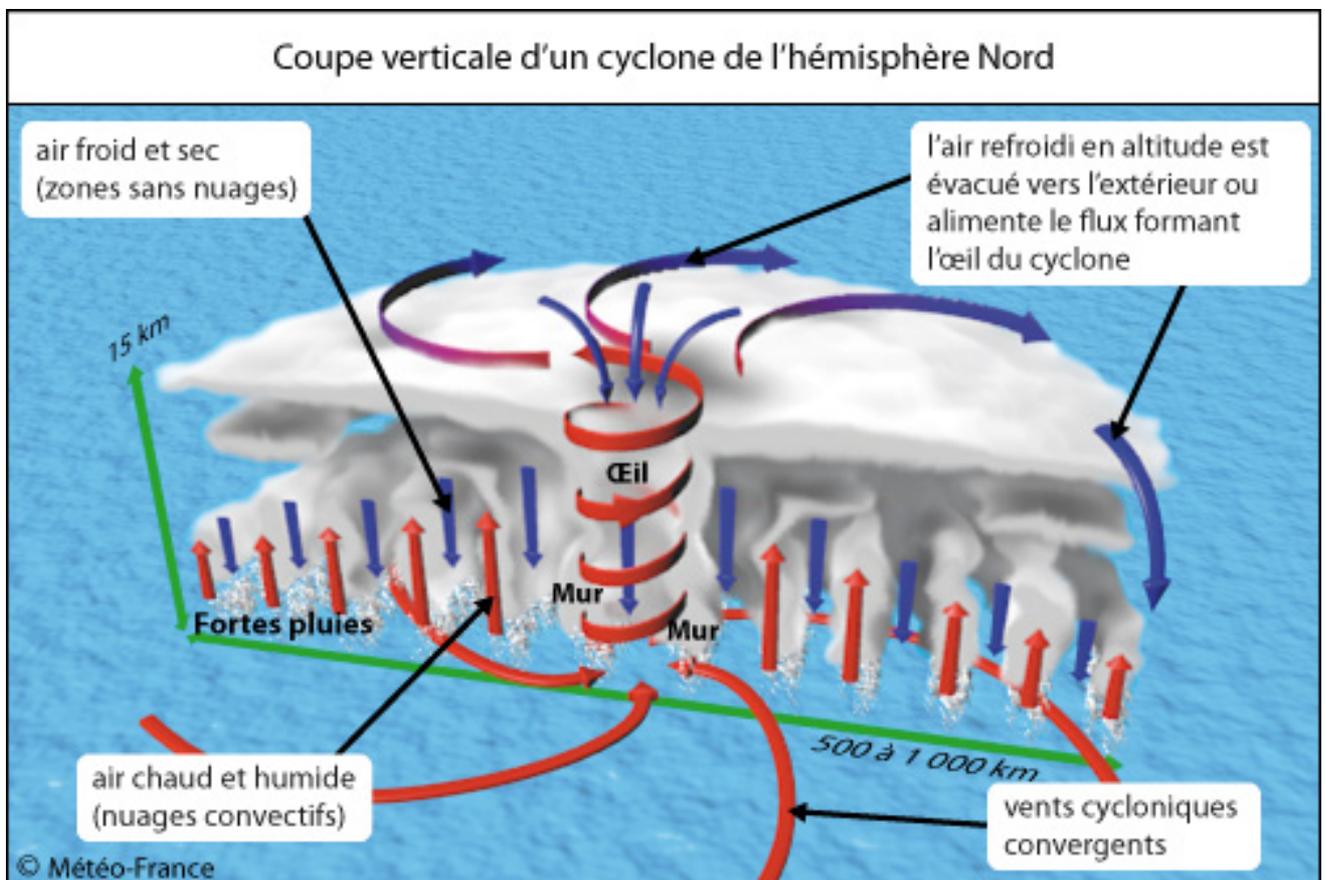
Document 3b - Influence de la force de Coriolis sur le sens de rotation des particules en fonction du contexte météorologique et de l'hémisphère



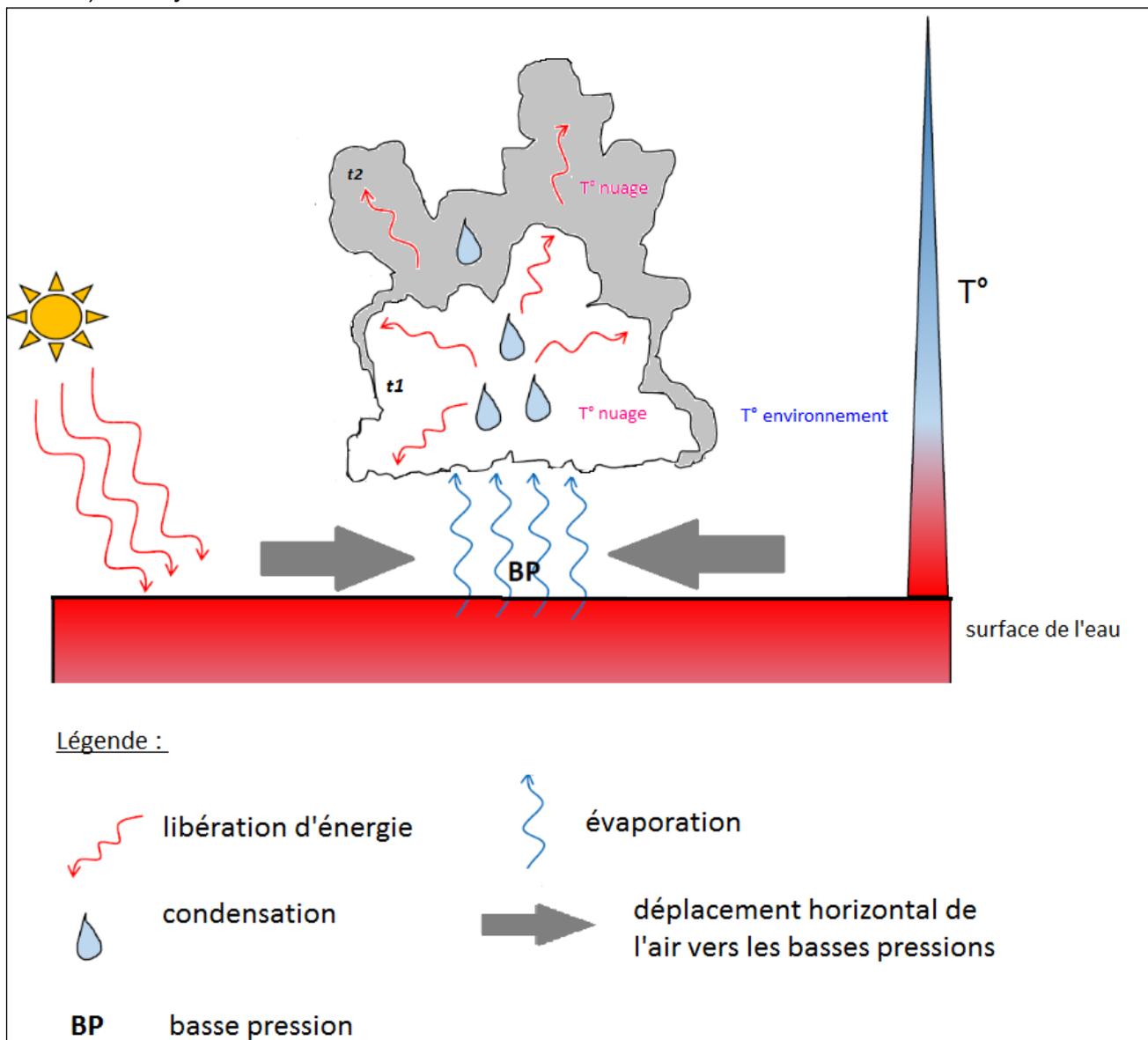
Document 4 - Formation du nuage cyclonique

Document 4a - L'énergie solaire réchauffe l'air au-dessus de l'océan. L'air chaud, peu dense, s'élève, ce qui entraîne la formation d'une zone de basse pression (= dépression) à la surface de l'océan.

Sources : Météofrance.

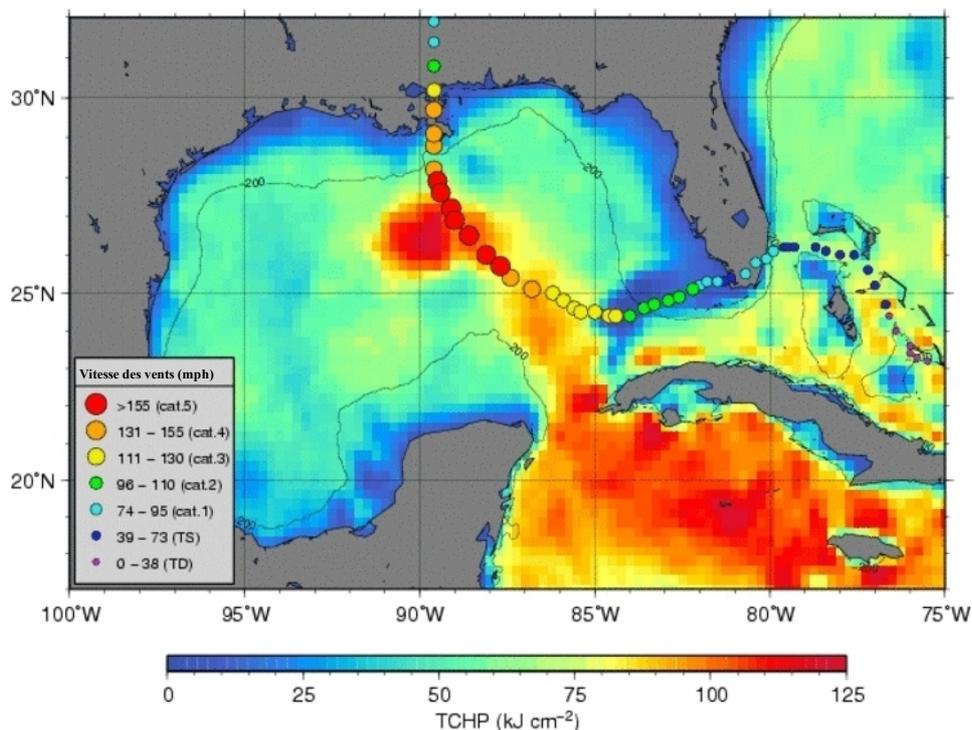


Document 4b - Dans les zones de formation de cyclone, on observe des mouvements d'air ascendants. En s'élevant, l'air se refroidit, et une partie de la vapeur d'eau qu'il contient se condense. Cette condensation est à l'origine d'une libération d'énergie (nuage à t_1 sur le schéma), qui élève la température de l'air à l'intérieur du nuage de 15 à 20°C au-dessus de la température ambiante. Cet air chaud s'élève, il y a ainsi augmentation de la taille du nuage cyclonique (nuage à t_2 sur le schéma) et le système s'auto-entretient.



Document modifié d'après une présentation de Quentin Boesch – EOST

Document 5 - Évolution de la vitesse des vents du cyclone Katrina au-dessus du Golfe du Mexique et de la température de l'eau



Source : www.aviso.altimetry.fr

TCHP : Le potentiel de chaleur cyclonique (Tropical Cyclone Heat Potential) permet d'évaluer l'énergie thermique des masses d'eau superficielles dont la température est supérieure à 26°C.

mph : mille par heure (unité de vitesse anglo-saxonne).

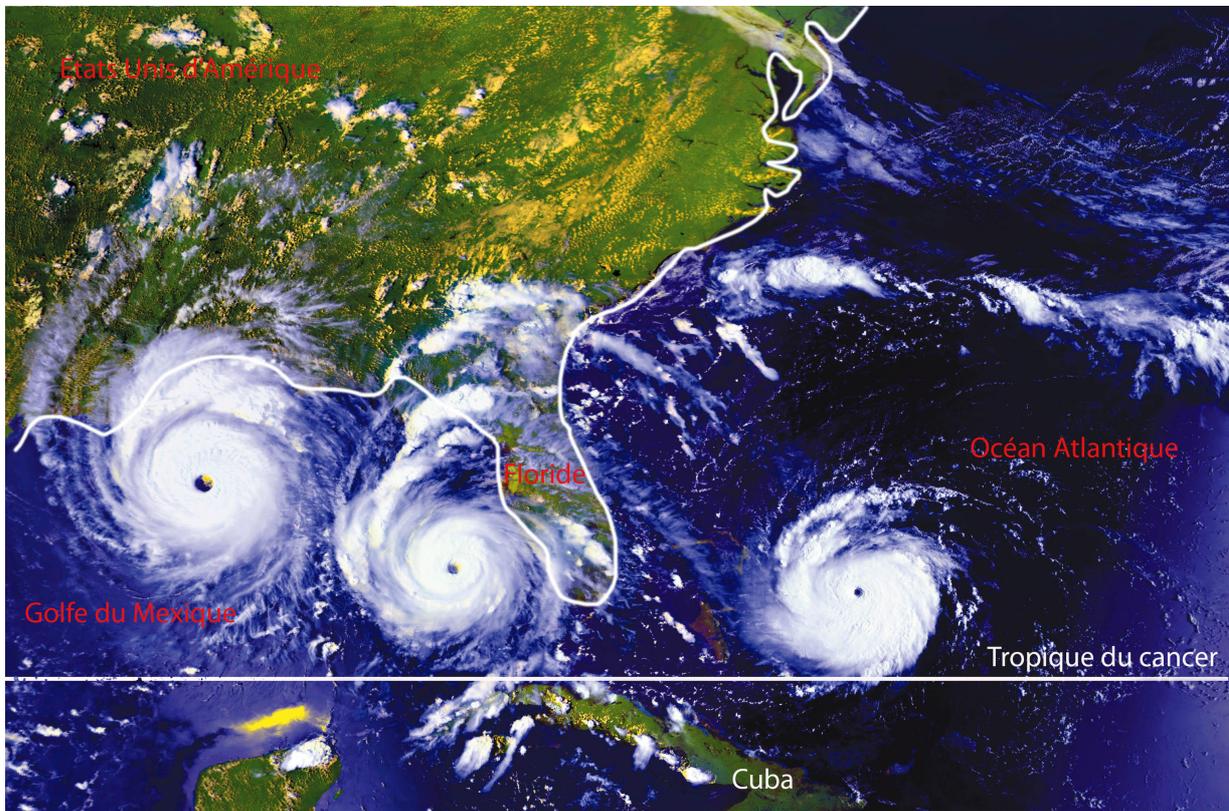
Catégorie	Vitesse des vents en mph	Vitesse des vents en km.h ⁻¹	Dommages
Dépression tropicale	17 à 33	29 à 61 km.h ⁻¹	
Tempête tropicale	34 à 63	89 à 117 km.h ⁻¹	
Cyclone de niveau 1	64 à 95	118 à 153 km.h ⁻¹	Peu de dommages, inondation côtière
Cyclone de niveau 2	96 à 110	154 à 177 km.h ⁻¹	Dégâts notoires, inondation des plaines, des routes côtières. Évacuation des habitations
Cyclone de niveau 3	111 à 130	178 à 201 km.h ⁻¹	Dommage des bâtiments, inondations importantes, beaucoup de vagues, des débris, évacuations même à l'intérieur des terres
Cyclone de niveau 4	131 à 155	211 à 249 km.h ⁻¹	Évacuations importantes en particuliers des plaines pieds, dommages importants
Cyclone de niveau 5	155	250 km.h ⁻¹	Destructions importantes, y compris des habitations renforcées, évacuation au-delà de 8 km des côtes

À partir de www.meteofrance.fr

3. QCM : Cocher la bonne réponse.

- Le cyclone Andrew se trouve dans l'hémisphère Nord car les vents qui convergent vers la dépression sont déviés vers la droite.
- Le cyclone Andrew se trouve dans l'hémisphère Nord car les vents qui s'éloignent de l'anticyclone sont déviés vers la droite.
- Le cyclone Andrew se trouve dans l'hémisphère Sud car les vents qui convergent vers la dépression sont déviés vers la droite.
- Le cyclone Andrew se trouve dans l'hémisphère Sud car les vents qui s'éloignent de l'anticyclone sont déviés vers la droite.

4. Dans un souci de gestion des risques, la trajectoire d'Irma avait été établie. Faire de même pour le cyclone Andrew : tracer sa trajectoire sur le document ci-dessous. Prévoir son évolution en argumentant la réponse.



Exercice 2 - « Qui ne saute pas n'est pas Auvergnat ! »

« La victoire de Clermont en finale du « Top 14 » de rugby a causé un tremblement de terre. La joie des 30 000 supporters de l'ASM sur la place de Jaude de Clermont-Ferrand a causé un mini-séisme, Dimanche lors de la finale du Championnat contre Toulon.

Les sismologues ont peut-être cru à un réveil des volcans d'Auvergne, mais ce sont bien les 30 000 supporters de Clermont-Ferrand massés sur la place de Jaude qui ont fait trembler la ville, dimanche, pendant la finale du « Top 14 » remportée face à Toulon (22-16). À plusieurs reprises, la Terre a tremblé jusqu'à six kilomètres à la ronde sous l'effet de l'agitation des supporters. »



7 juin 2017 – l'Equipe

Géologue, vous travaillez au laboratoire « Magmas et volcans » de l'Université Clermont-Auvergne. Au lendemain de la victoire de Clermont, vous recevez un journaliste qui s'interroge sur le risque géologique et notamment volcanique à Clermont-Ferrand.

À partir des documents fournis, répondre de façon argumentée aux questions du journaliste :

« 1- Afin d'estimer la réalité du risque sismique à Clermont-Ferrand, est-il plus probable d'être victime d'une canicule ou d'un séisme ?

2 - Peut-on considérer comme définitivement éteints les volcans de la Chaîne des Puys ?

3 - Pouvez-vous nous expliquer l'intérêt d'un réseau de sismomètres dans la région de Clermont-Ferrand dans la prévision d'éruptions volcaniques ?

4 - Et si demain une éruption se déclençait, quels pourraient en être les effets ?

5 - En définitive, les clermontois peuvent-ils dormir sur leurs deux oreilles ? »

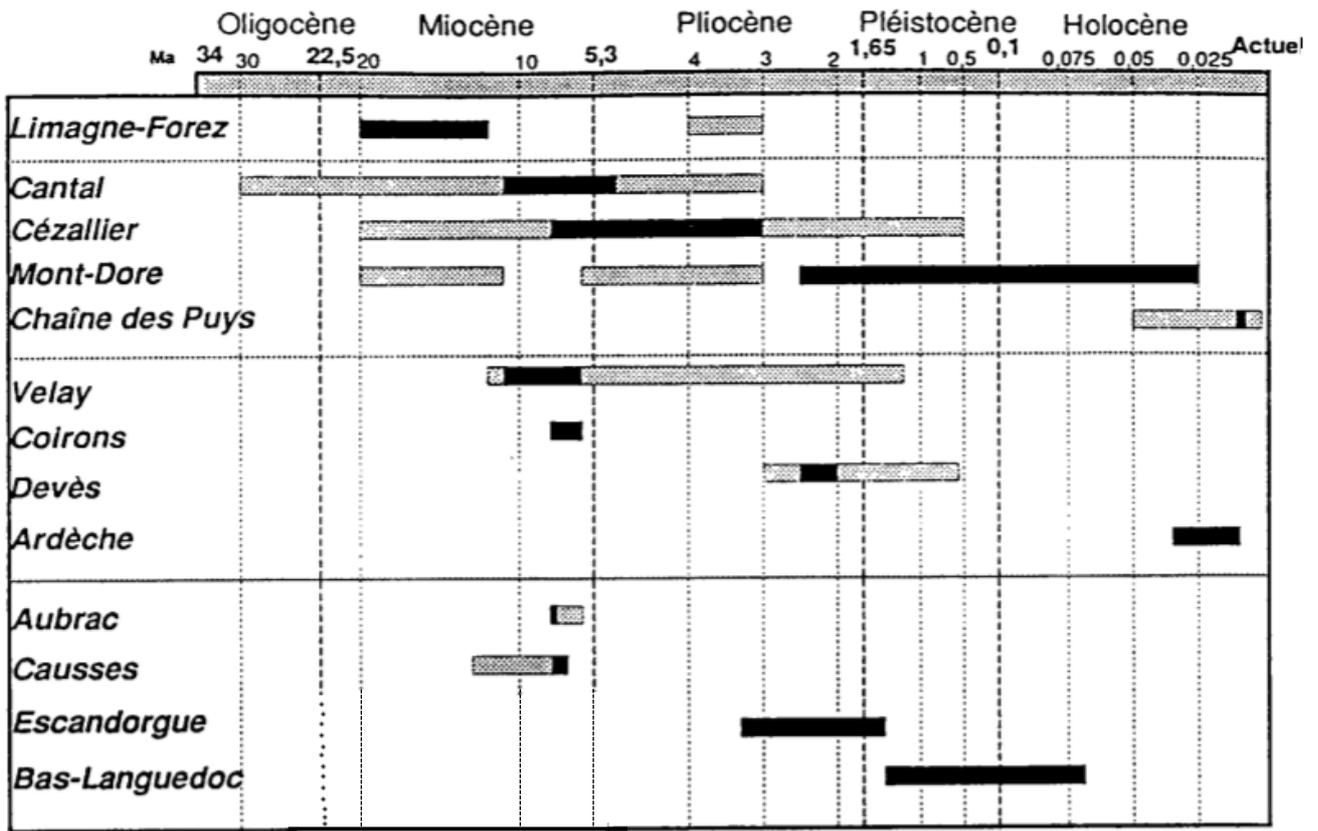
Document 1 - Taux nationaux de mortalité annuelle pour différents risques naturels correspondant au nombre d'événements et à leurs victimes associées sur la période de 1900 à 2013 et calculé pour une population moyenne de 50 millions d'habitants.

Types d'événements	Nombre d'événements	Nombre moyen de victimes par événement	Taux de mortalité annuel ¹
Canicules	3	6961	$3,7 \cdot 10^{-6}$
Tempêtes	51	8	$7,4 \cdot 10^{-8}$
Inondations	40	6	$4,5 \cdot 10^{-8}$
Vagues de froid	9	8	$1,2 \cdot 10^{-8}$
Epidémies	2	21	$7,4 \cdot 10^{-9}$
Séismes et Tsunamis	2	57	$2,0 \cdot 10^{-8}$
Incendies de forêts	11	3	$5,6 \cdot 10^{-9}$
Conditions hivernales extrêmes	2	3	$8,8 \cdot 10^{-10}$

¹ Le taux de mortalité annuel est le rapport entre le nombre de décès et la population totale.

D'après (EM-DAT - CRED) publié dans l'AFPS - Association française du génie parasismique - cahier technique

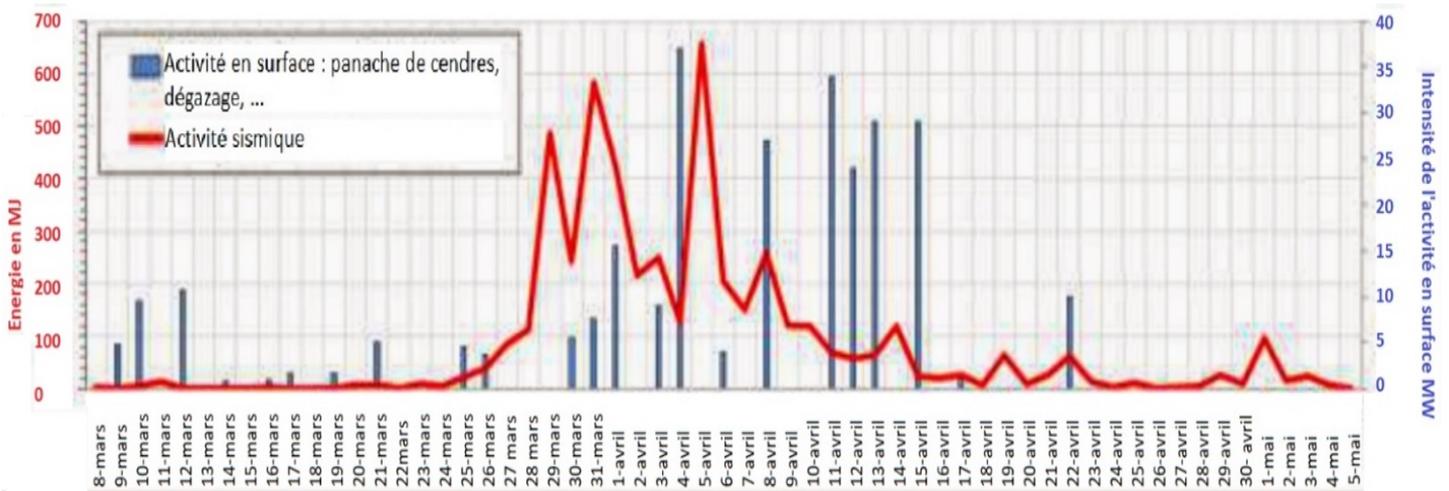
Document 2 - Chronologie des épisodes volcaniques dans le Massif Central



D'après D Carbon, rapport de stage BRGM Marseille 1991

- Activité principale
- ▨ Activité mineure

Document 3 - Surveillance sismique du volcan Ubinas au Pérou en 2017 (volcan actif)



D'après l'Institut de Géophysique du Pérou et Observatoire Volcanologique d'Arequipa

Document 4 - Fréquence de dommages humains et matériels selon la distance au volcan (point de départ de l'aléa)

Coulées de pyroclastites = nuées ardentes = ensemble de gaz volcaniques et de particules solides (cendres et autres) de très haute température qui s'écoule à grande vitesse au voisinage du sol.

ALEA VOLCANIQUE	FREQUENCE DE DOMMAGES HUMAINS ET MATERIELS SELON LA DISTANCE AU POINT DE DEPART DE L'ALEA					
	à moins de 10 km	10 à 30 km	20 à 100 km	100 à 500 km	500 à 1000 km	Plus de 1000 km
Gaz et pluies acides	+++	+++	R	R	TR	TR
Raz de marée (tsunamis)	+++++	+++	++	R	TR	
Chute de cendres	+++++	+++	+++	++	R	
Effets atmosphériques	++	++	R	TR	TR	
Coulées de pyroclastites	+++++	+++	R	TR		
Coulées de boue	+++	+++	R	TR		
Coulées de lave	+++	++	TR			
Activité sismique (et déformations du sol)	++	++	TR			
Projections balistiques (blocs)	++					

Légende :

- +++++ : toujours,
- ++++ : très fréquent,
- +++ : fréquent,
- ++ : courant,
- R : rare,
- TR : très rare

d'après BRGM Stieltjes, 1994

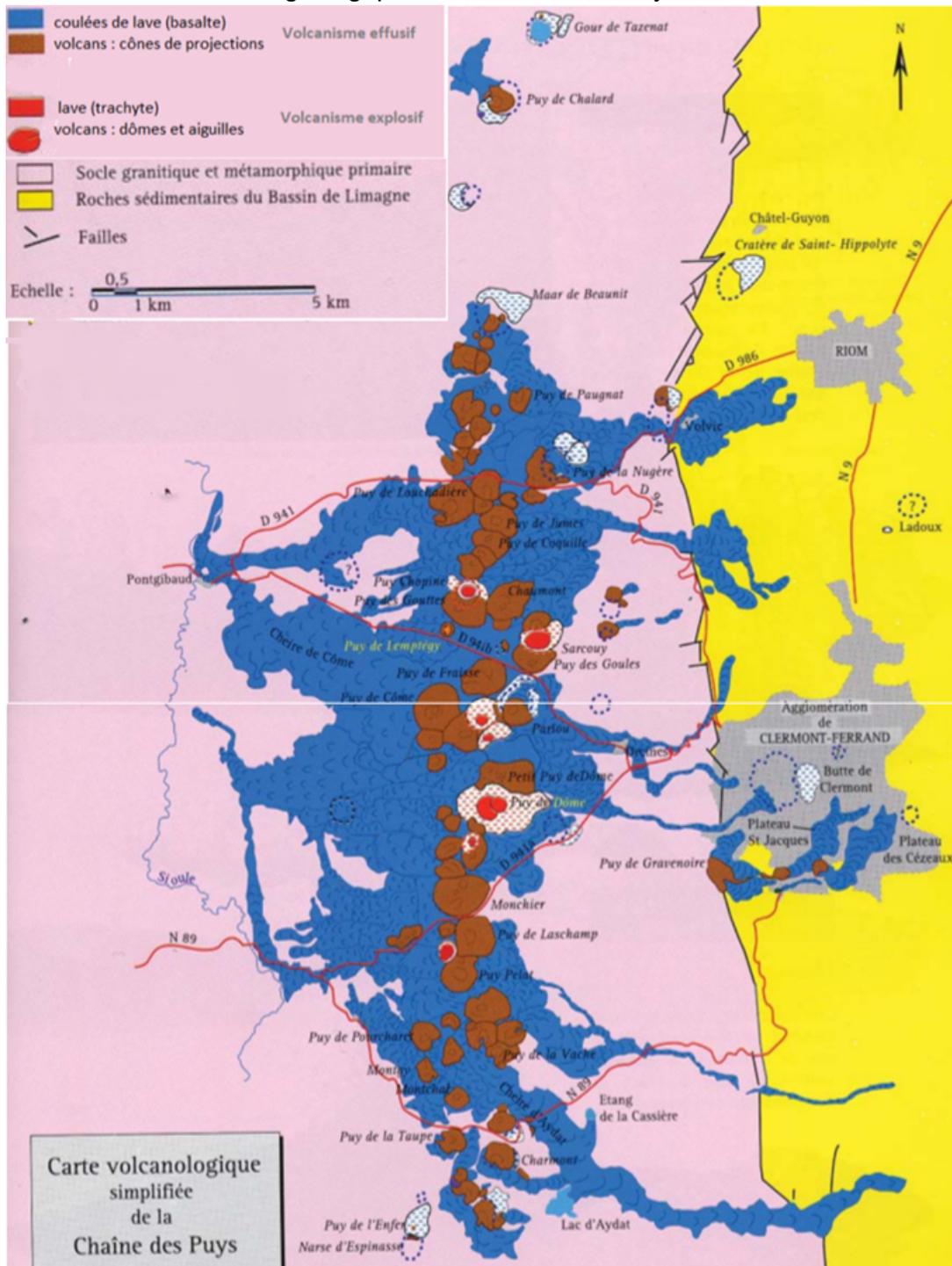
Document 5 - Les grandes étapes de l'activité de la Chaîne des Puys

La Chaîne des Puys est le plus jeune ensemble volcanique de France métropolitaine. Son activité a débuté il y a 95 000 ans et s'est arrêtée il y a 7 000 ans environ. Les premières manifestations datent de 95 000 à 90 000 ans environ. Entre -70 000 ans et -60 000 ans, les éruptions se multiplient puis vient une accalmie de 15 000 ans. Autour de -30 000 ans, la Chaîne des Puys a connu une forte période d'activité suivie d'une nouvelle période de repos entre -30 000 et -15 000 ans, seulement interrompue par quelques rares éruptions. De -15 000 à -12 000 ans, une nouvelle période de forte activité débute. Les plus violentes éruptions se produisent entre -12 000 et -8 500 ans.

Les dernières éruptions ont eu lieu autour de -7 000 ans. À cette époque, et en moins de 200 ans, se forment quatre volcans. Il est ainsi évident que des humains ont assisté à des éruptions volcaniques dans la Chaîne des Puys.

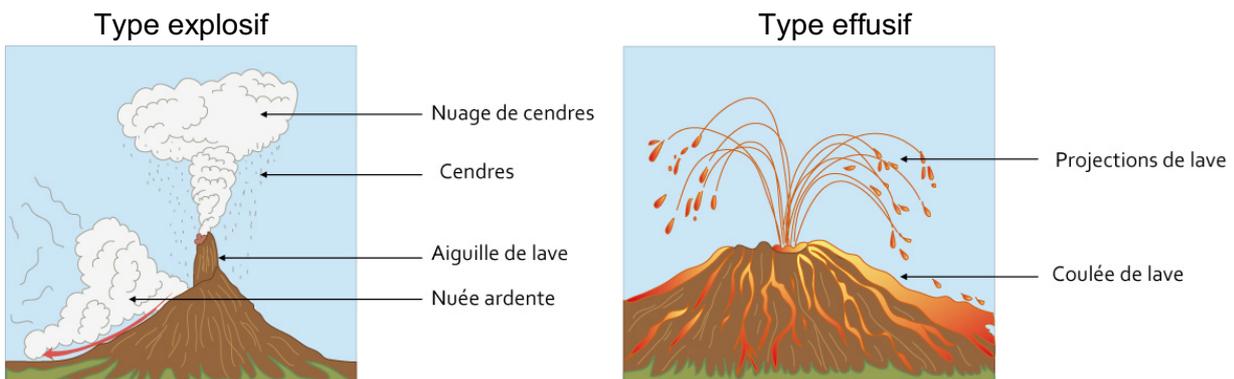
D'après <http://science.vulcania.com>

Document 6 - Extrait de la carte géologique de la Chaîne des Puys



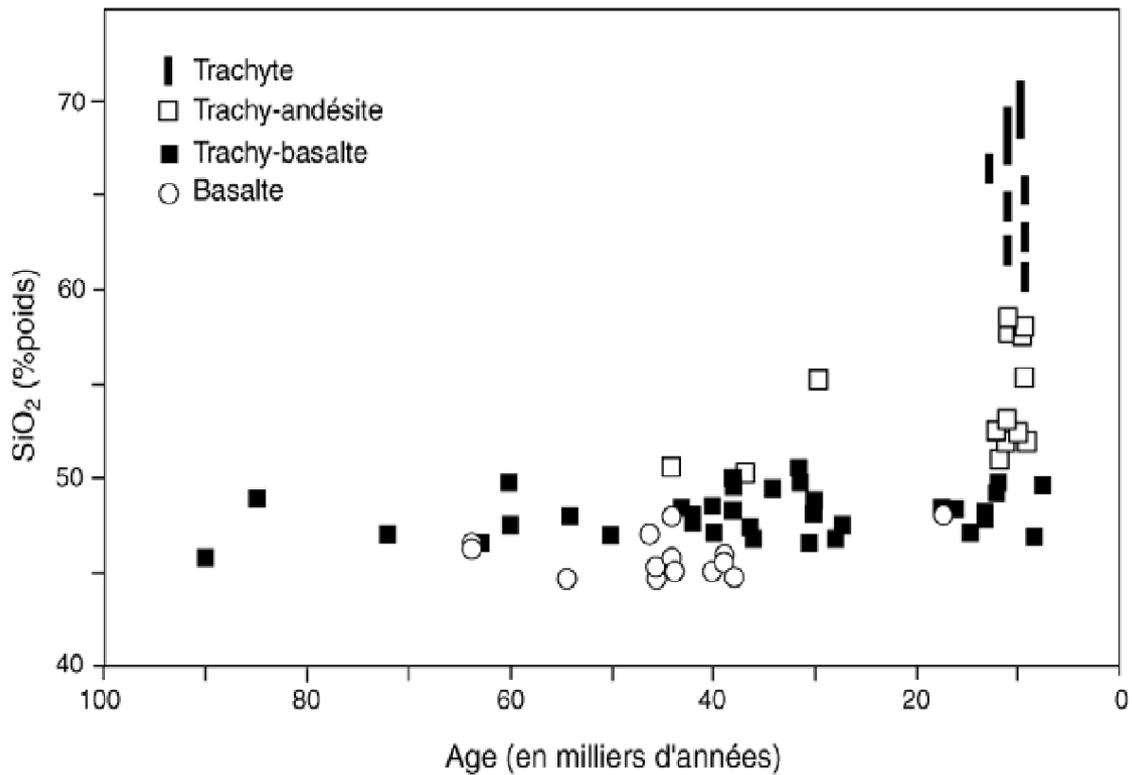
D'après de Goër de Hervé, Camus, Boivin, Gourgaud, Kieffer, Mergoil, Vincent, 1991 modifié

Document 7 - Schéma des deux grands types d'éruption



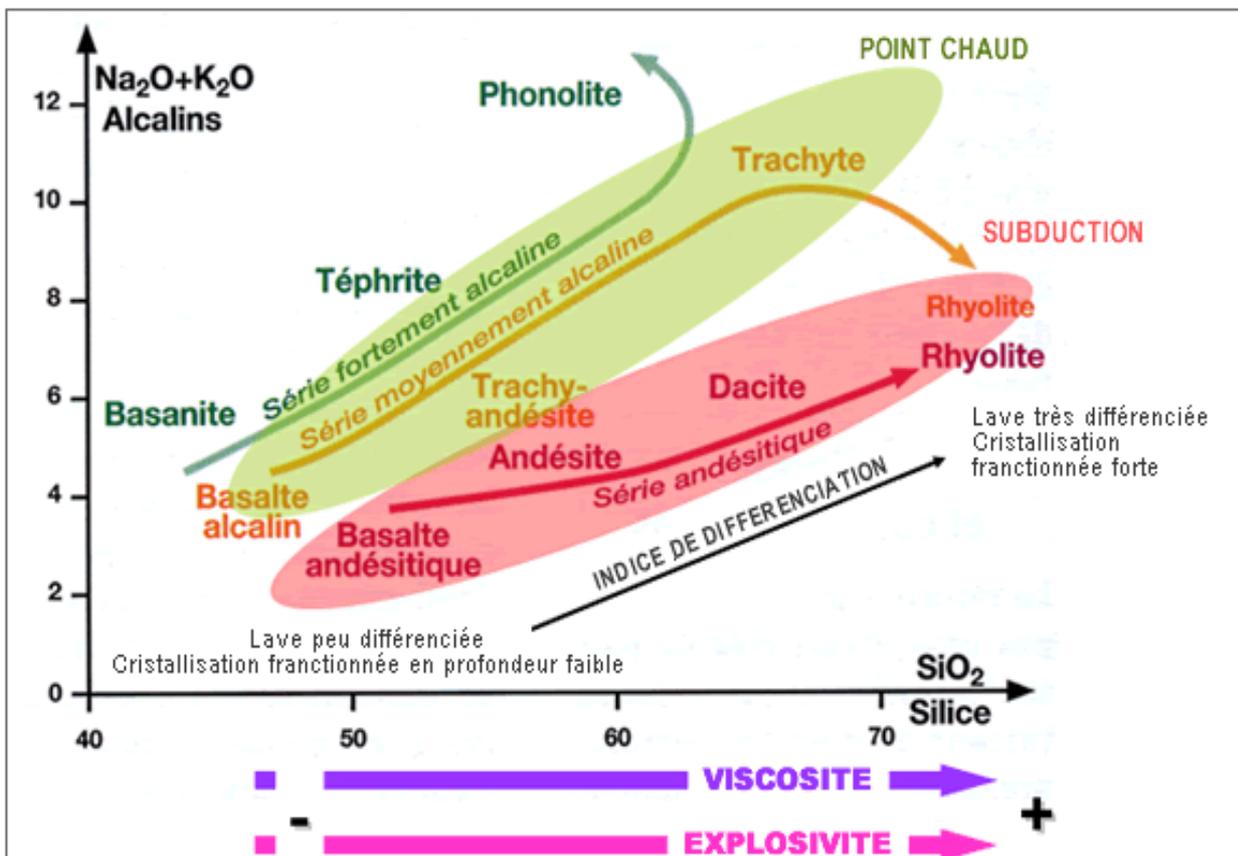
d'après Fondation-lamap.org

Document 8 - Teneur en silice des laves de la Chaîne des Puys en fonction de leur âge



D'après : Séverine Jannot, *Genèse et évolution des magmas primitifs de la chaîne des Puys (Massif Central)* : Université Blaise Pascal – Clermont-Ferrand II, 2005.

Document 9 - Composition chimique et propriétés physiques des laves, en relation avec leur explosivité



D'après <http://crdp.ac-bordeaux.fr/>

Exercice 3 - Le glissement de terrain du massif de La Clapière : un aléa surveillé

L'exercice est composé de trois questions, la première ci-dessous, la deuxième page 15 et la troisième page 18.

Le massif de La Clapière est situé à proximité du village de St Etienne de Tinée et de la station de ski d'Auron dans le département des Alpes maritimes. Dans ce massif, on trouve un glissement de terrain majeur qui mobilise entre 20 et 40 millions de m³ de roches (document 1 sur la feuille annexe).

Les premières traces de ce phénomène sont notées dans la littérature dès 1751. Le mouvement est mesuré, surveillé et étudié depuis 1976 (document 2).

Partie 1 - On se propose d'examiner les parades actives mises en place.

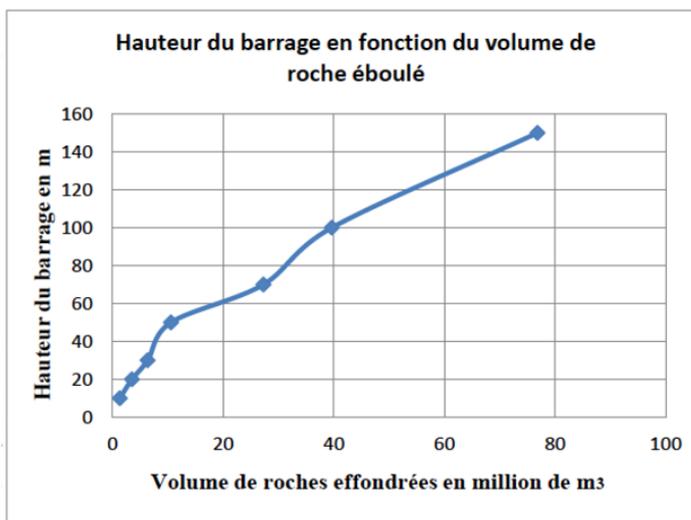
Question 1 : (4 pts)

Journaliste dans un organisme de presse locale, rédiger un court article (10 lignes maximum) qui présente les aménagements réalisés dans les années 80-90 et leurs liens avec l'aléa de cette vallée.

Document 1 - Panorama de la zone étudiée (octobre 2015) : voir feuille annexe

Document 2 - Conséquences d'un glissement de terrain.

Très rapidement, on a pris conscience du danger potentiel que représentait La Clapière pour le village et ses habitants, mais aussi l'éventuel impact économique sur la station de ski d'Auron toute proche. On a pu ainsi évaluer la hauteur d'eau du barrage naturel que provoquerait un éboulement en fonction du volume de roche qui comblerait la vallée (on a ici considéré que La Clapière glisse sur toute sa largeur). Jusque dans les années 80, l'unique route desservant le village de St Etienne de Tinée et la station d'Auron passait au pied du massif.

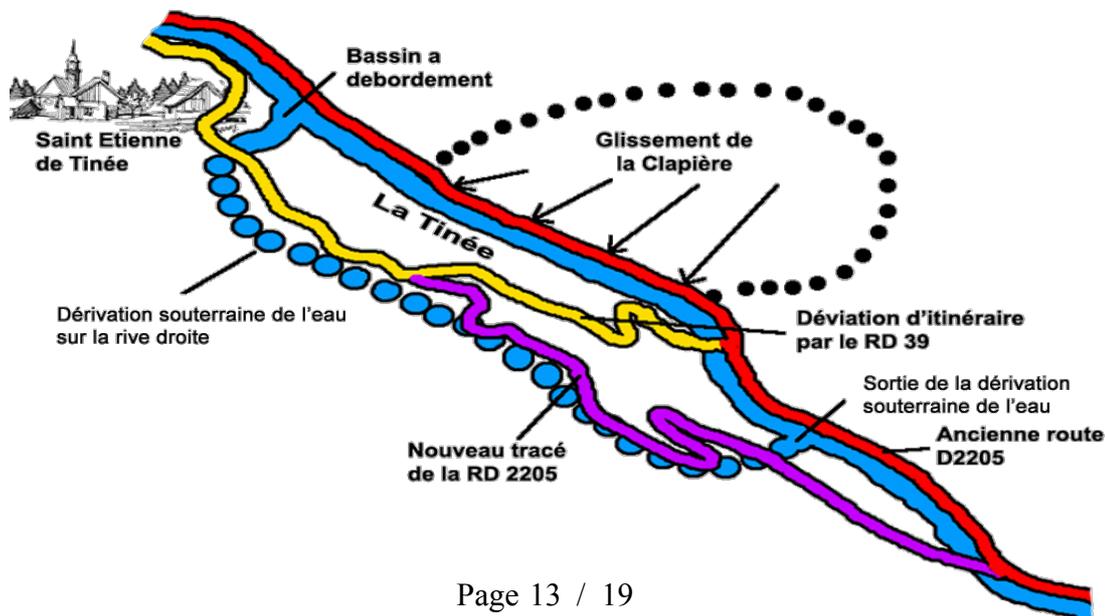


Document 3 - Localisation des aménagements

Dans les années 80-90, des ouvrages ont été construits dans cette vallée.

Un tunnel parallèle à la rivière « la Tinée » est réalisé pour canaliser les eaux. L'entrée de ce tunnel se trouve à 1142 m et ressort bien en aval de La Clapière.

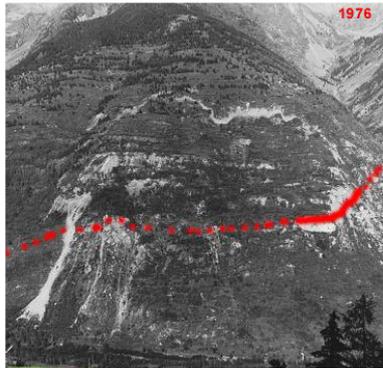
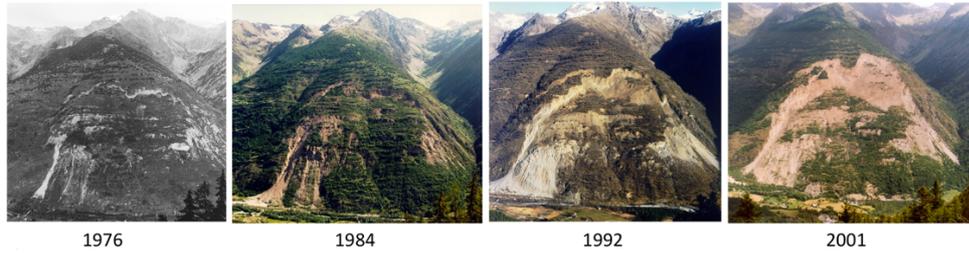
Une nouvelle route a été construite sur la rive droite de la rivière.



Partie 2 - La surveillance.

Dès le début des années 80 s'est donc imposée la nécessité d'une surveillance attentive du massif de la Clapière. Une simple observation visuelle dans le temps a permis de mettre en évidence le mouvement général (document 4).

Document 4 - La Clapière au fil du temps



Le gneiss, roche constituant principalement le massif, est traversé par une couche de diorite qui se matérialise dans le paysage par une petite falaise. On retrouve le tracé de cette falaise (ligne rouge située 1600 m) sur les photos de 1976, et sur le panorama de 2015 (document en annexe).

Diorite : roche magmatique plutonique à structure grenue très cohérente.

Gneiss : roche métamorphique, présentant une foliation caractérisée par des lits de teinte sombre, riches en minéraux ferromagnésiens (biotite, amphibole) alternant avec des lits clairs de quartz et de feldspaths.

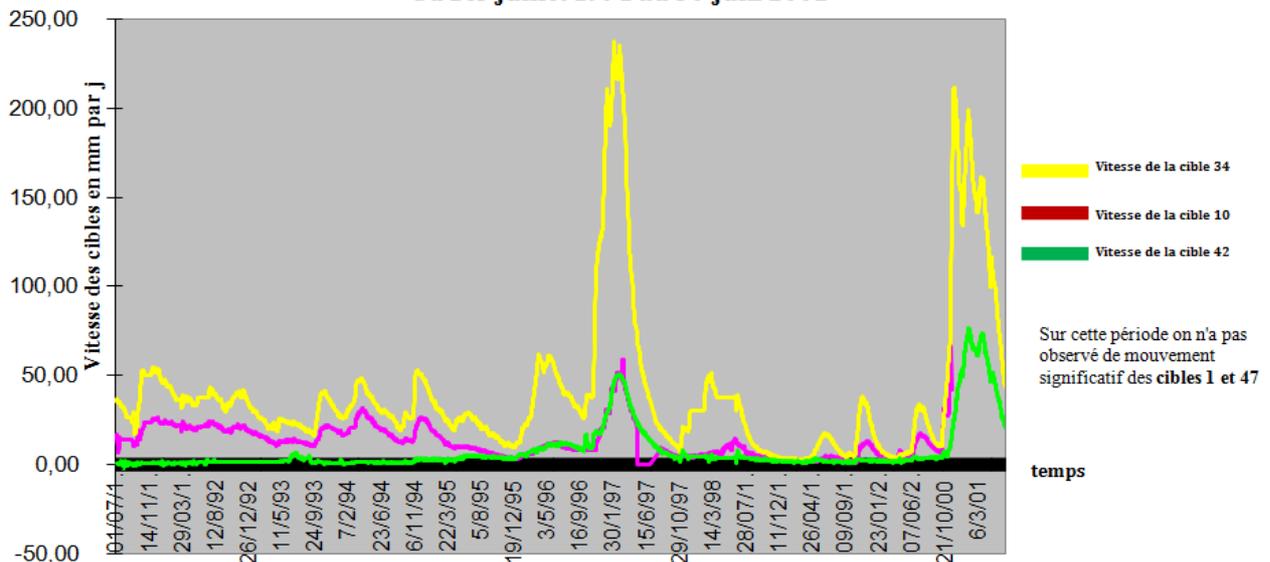
On installa une grande quantité de miroirs cibles, visés quatre fois par jour par un théodolite*. Ce procédé a permis de réaliser une étude en continu (et en temps réel) du glissement de différentes zones du massif (document 5).

* le théodolite est un instrument permettant la mesure d'angles et de distances.

Document 5 - Mesure du mouvement des miroirs cibles installés sur le massif.



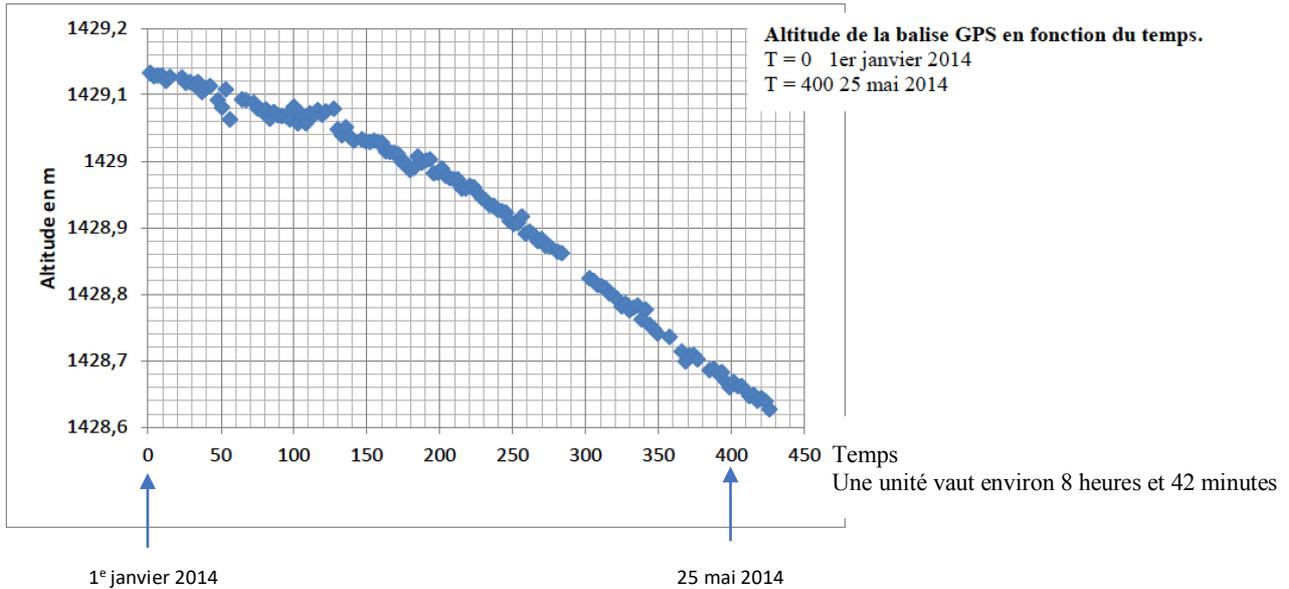
Vitesse de glissement (en mm/j) des cibles 10, 34, 42 du 1er juillet 1991 au 30 juin 2001



Source : lithothèque PACA

Plus récemment, une série de balises GPS enregistrent l'évolution de certains secteurs du massif (document 6).

Document 6 - Série temporelle d'une balise GPS installée sur le massif



source : Géoazur

Question 2 : (2 pts)

Répondre au questionnaire suivant, à partir de l'étude des documents précédents. Une seule réponse est exacte par question. Relever seulement le numéro de la question et la lettre, par exemple 1A ou 1B ou 1C ou 1D pour la première.

1. L'observation géologique du massif montre que :
 - A. la falaise de diorite retient le glissement.
 - B. la falaise de diorite facilite le glissement.
 - C. la falaise de diorite est un indicateur de glissement, car une partie s'est décalée vers le haut.
 - D. la falaise de diorite est un indicateur de glissement, car une partie s'est décalée vers le bas.

2. À partir du document 6 on peut calculer la vitesse de modification de l'altitude en mm/j. Pour cela on doit faire le calcul suivant :
 - A. $((1429,12-1428,6)/400)*1000 = 1,25 \text{ mm/j}$
 - B. $((1429,12-1428,6)/(31+28+31+30+25))*1000 = 3,45 \text{ mm/j}$
 - C. $(400/(1429,12-1428,6))*1000 = 800 \text{ 000 mm/j}$
 - D. $((31+28+30+31+25)/(1429,12-1428,6))*1000 = 250 \text{ 000 mm/j}$

3. À la lecture du document 5, on peut affirmer que :
 - A. le mouvement des cibles 10 et 34 est synchrone.
 - B. les cibles bougent avec la même vitesse.
 - C. le glissement n'a pas la même intensité partout dans le massif ; le versant Nord-Ouest montre un glissement plus précoce sur la période étudiée.
 - D. le glissement n'a pas la même intensité partout dans le massif ; le versant Nord-Ouest montre un glissement plus tardif sur la période étudiée.

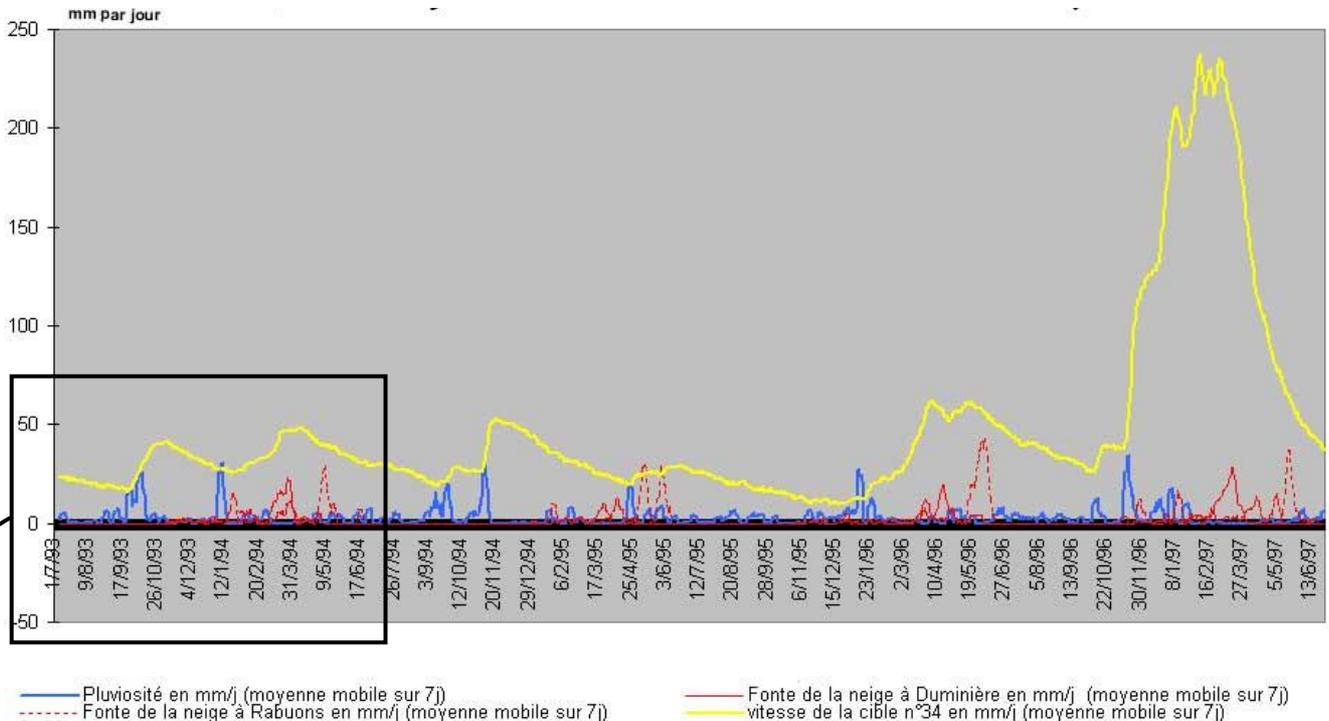
4. En mettant en relation les documents 5 et 6 :
 - A. le mouvement actuel est comparable au mouvement du massif en février 1997.
 - B. le mouvement actuel est plus rapide que le mouvement du massif en février 1997.
 - C. le mouvement actuel est plus lent que le mouvement du massif en février 1997.
 - D. il est impossible de comparer les mouvements actuels et ceux de février 1997.

Partie 3 - À la recherche des causes du glissement

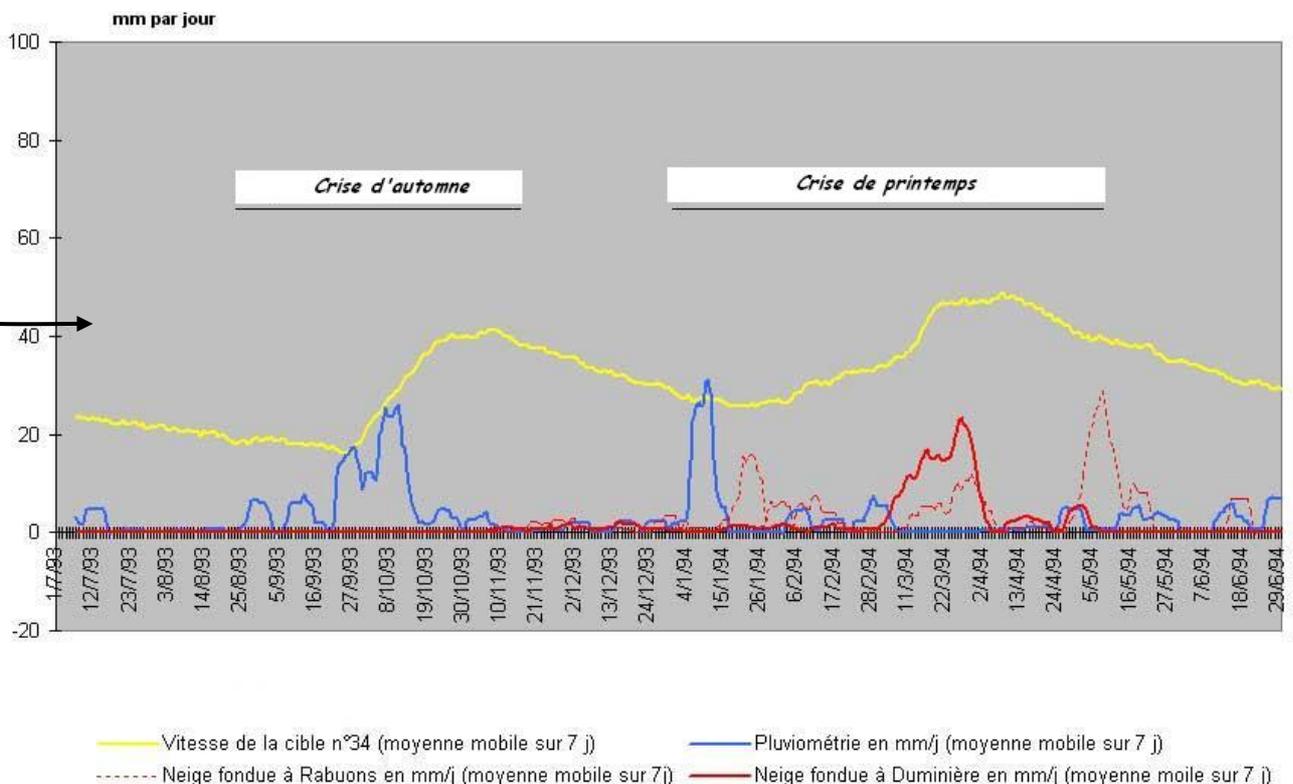
Pour mieux anticiper le risque naturel dans cette vallée, il est important de comprendre l'aléa, notamment les causes du glissement. Des travaux sont toujours menés par des équipes de chercheurs sur ce site. Quelques résultats de ces recherches sont décrits ci-dessous.

Document 7 - Mouvement des cibles et données météorologiques

Pluviosité, fonte des neiges à Duminères et Rabuons et vitesse de la cible n°34 entre juillet 93 et juin 97



Pluviosité, Fonte des neiges à Duminière et Rabuons et vitesse de la cible n°34 du 1er juillet 1993 au 30 juin 1994



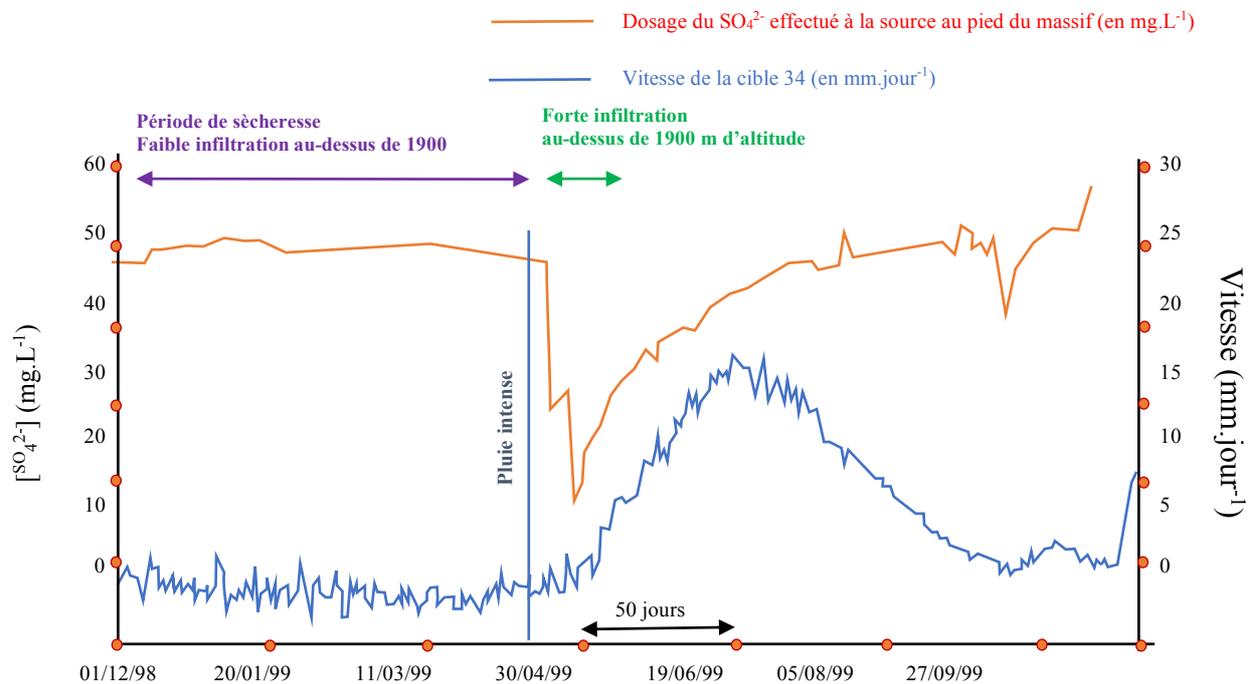
Échelles identiques pour la vitesse et les quantités d'eau

(source : Lithothèque PACA)

Document 8 - Analyses d'eau de source sur le massif

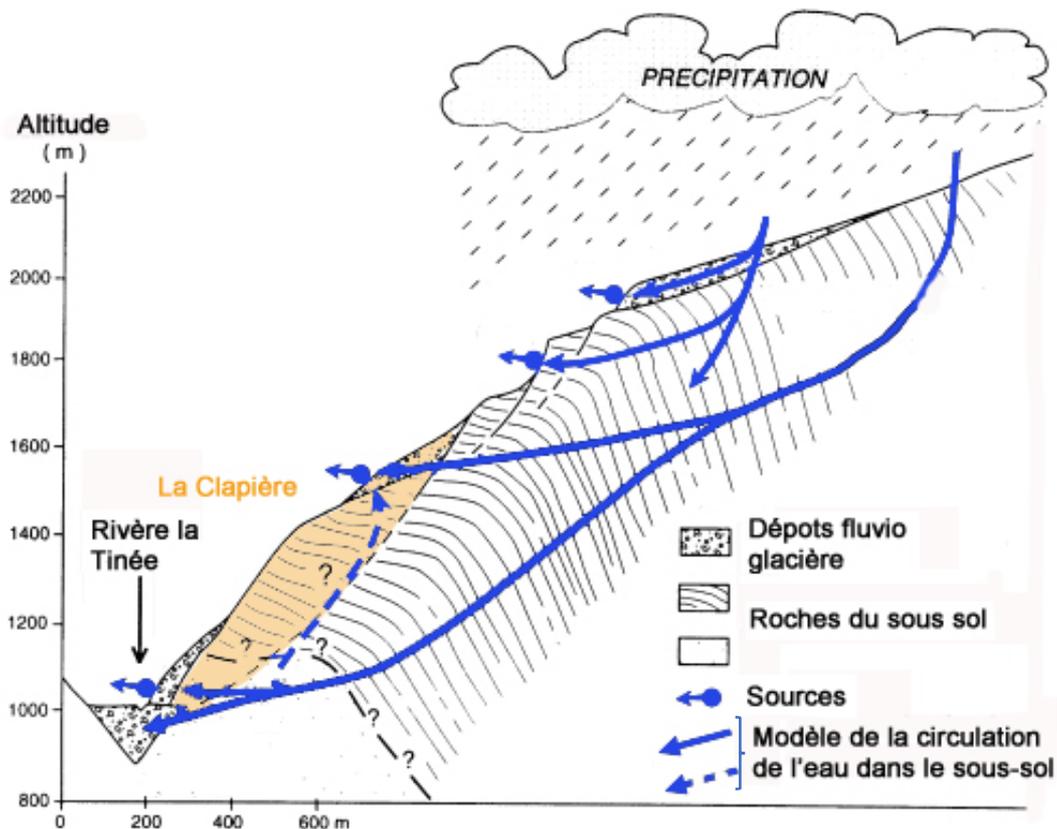
Des prélèvements réguliers d'eau de source sont effectués pour l'analyse d'éléments chimiques comme les sulfates. Les sulfates résultent d'une altération par dissolution d'éléments constitutifs du gneiss par les eaux d'infiltration qui circulent dans le massif. Les sulfates se diluent dans l'eau circulante et on peut les retrouver dans les résurgences (= sources).

Document 8a - Liens constatés entre une forte pluie sur la région et la concentration des sulfates dans les sources au pied du massif.



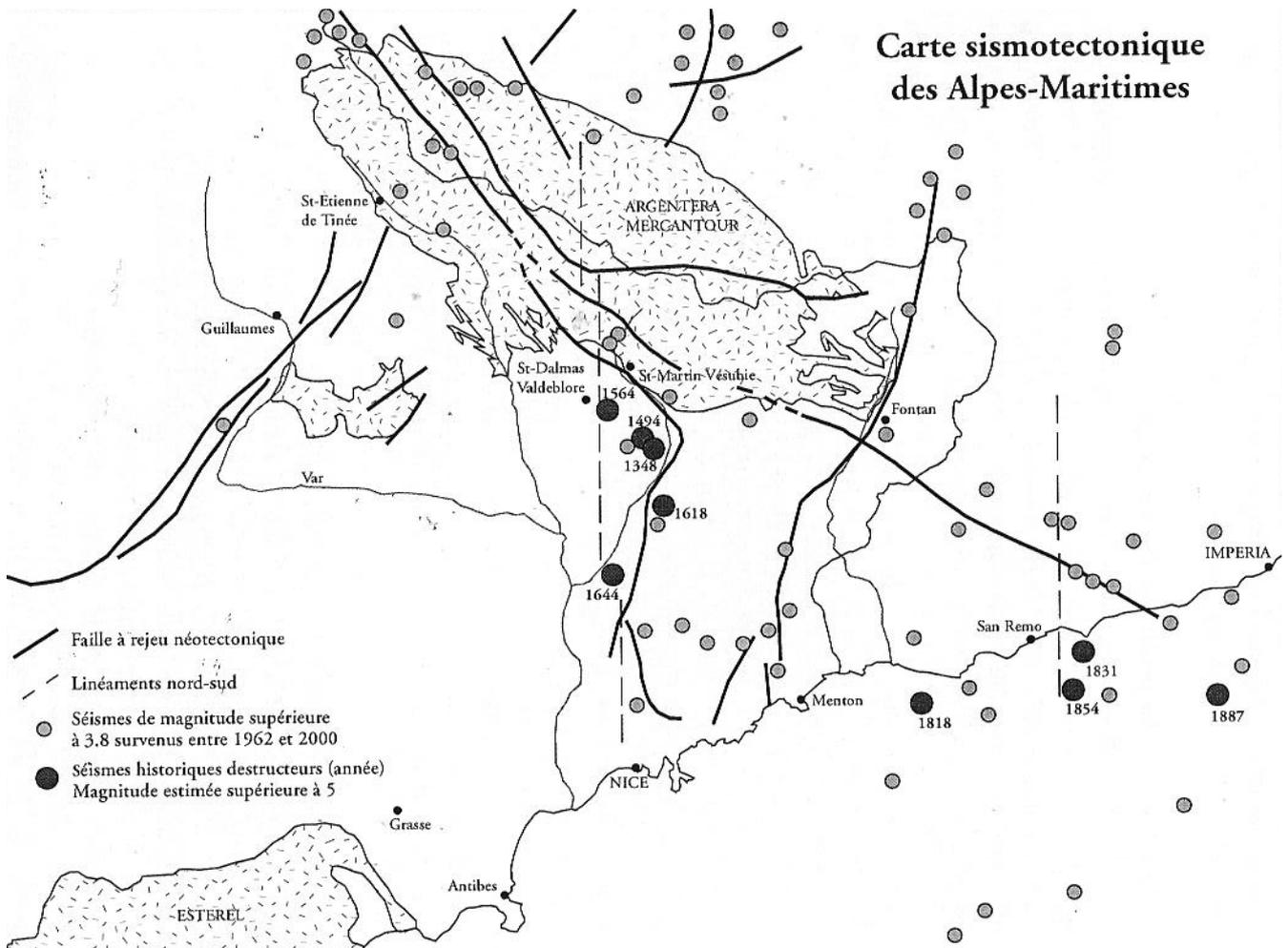
Vitesse de la cible 34 et concentration en sulfate de l'eau d'une source située au pied du glissement entre décembre 1998 et octobre 1999. Le trait vertical marque une période de pluie intense (20 et 21/04/99).

Document 8b - Diagramme de la circulation de l'eau dans le massif.



D'après journal of hydrology Avril 2000

Document 9 - Sismicité du haut pays azuréen



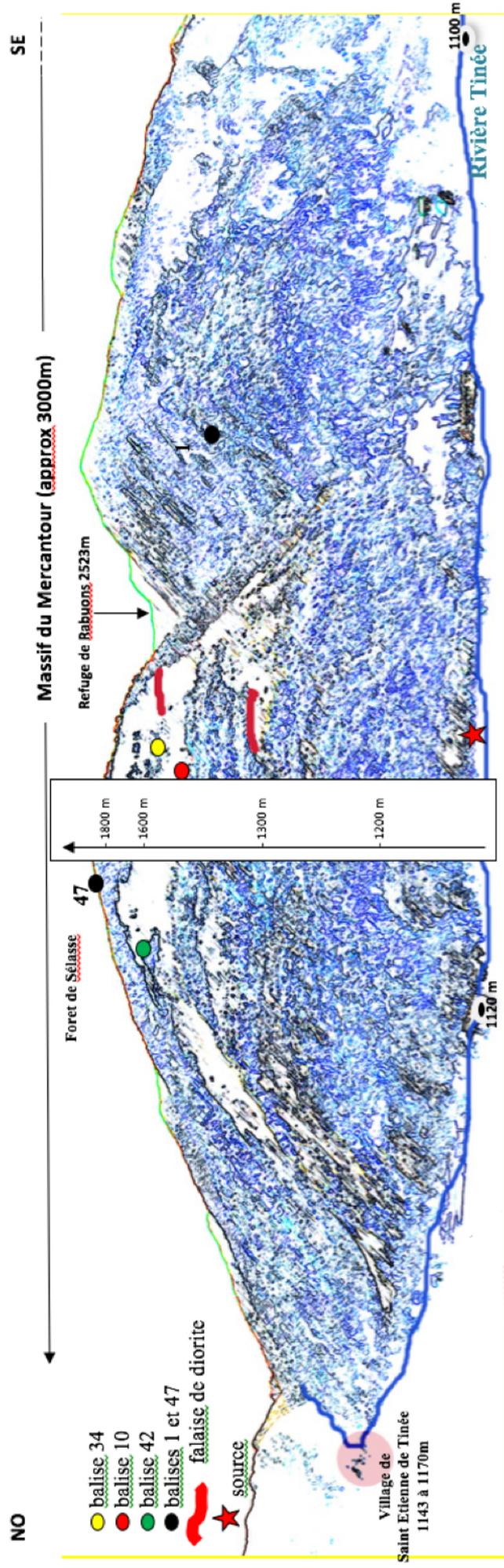
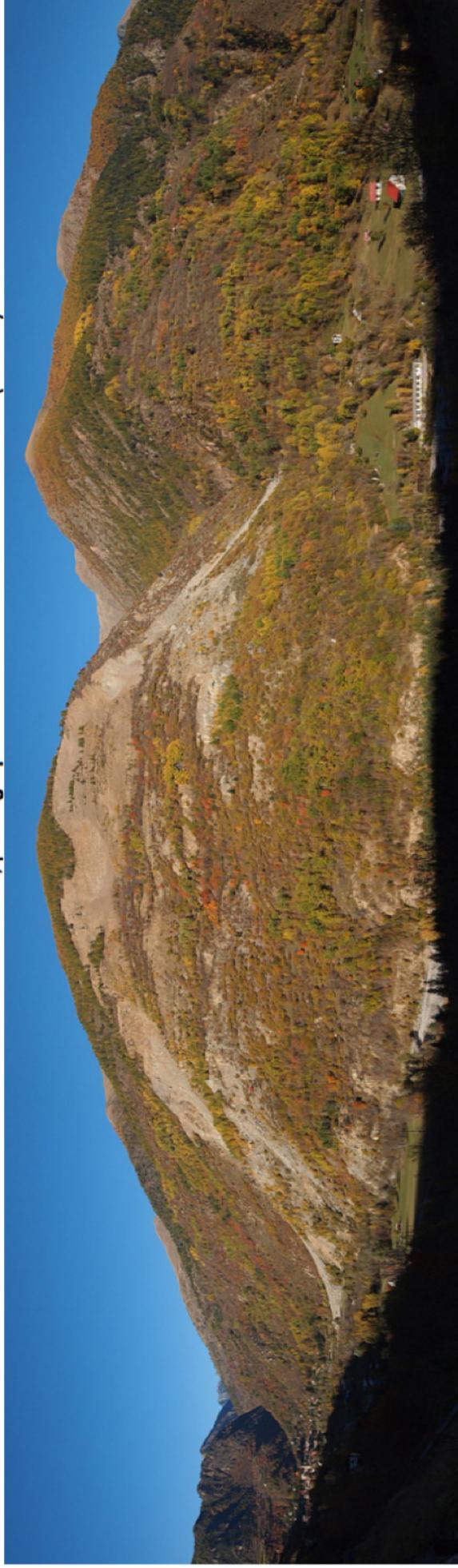
(source : Géoazur)

Question 3 : (4 pts)

À partir de l'étude des documents 7, 8 et 9, identifier les facteurs qui peuvent expliquer le glissement de La Clapière.

NB : le document 8a peut permettre d'évaluer le temps que met l'eau de pluie à s'infiltrer et à atteindre la résurgence.

Doc 1 : Panorama de la zone étudiée, photographiée de la station de ski d'AURON (1640m)



Olympiades de géosciences 2018

**Guadeloupe
Guyane
Martinique**

Épreuve écrite du 22 mars 2018

Durée de l'épreuve : 4 h

Le sujet se compose de trois exercices notés sur dix points chacun. Il comporte de nombreux documents, mais leur exploitation et les réponses attendues sont courtes.

La calculatrice n'est pas autorisée.

Exercice 1 - Un pas de plus dans la connaissance de nos origines

Une équipe internationale de chercheurs dirigée par Jean-Jacques Hublin (*Institut Max Planck, Collège de France*) et Abdelouahed Ben-Ncer (*Institut National d'Archéologie et du Patrimoine, Rabat*) a réalisé de nouvelles découvertes sur des ossements et des outils récoltés dans le site paléontologique marocain de Jebel Irhoud.

L'équipe de chercheurs a ainsi pu prouver que les ossements des cinq individus (trois adultes, un adolescent et un enfant) appartiennent à une espèce d'*Homo* différente de celle qui leur avait été attribuée dans les années 1960. D'autre part, leur datation a été revue grâce à la technique de thermoluminescence.

On cherche à déterminer à quelle espèce du genre *Homo* appartient l'Homme de Jebel Irhoud et le caractère novateur de ces découvertes par rapport aux connaissances acquises sur l'origine de l'Homme moderne, *Homo sapiens*.

Questions :

1. À l'aide du document 5b, répondre au QCM (page 7) en choisissant la bonne réponse pour chacune des propositions. Relever sur votre copie uniquement le numéro de la proposition et la lettre correspondante à la réponse exacte.

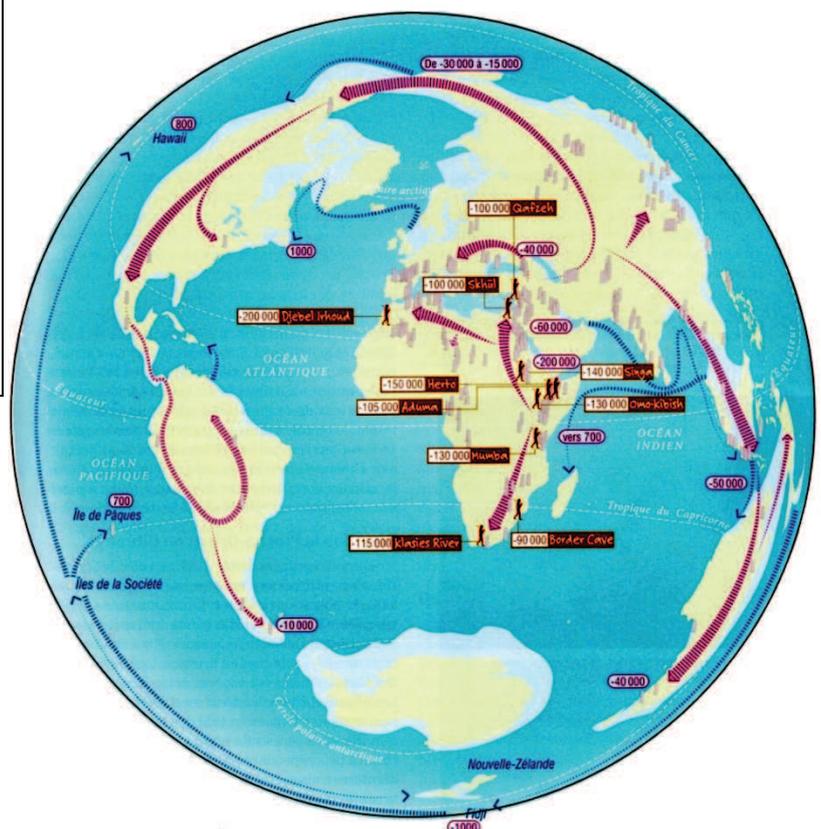
Sur 3 points

2. À partir de l'analyse de l'ensemble des documents :

- discuter des difficultés à rattacher l'Homme de Jebel Irhoud à une espèce déterminée ;
- montrer en quoi les données récentes sur l'Homme de Jebel Irhoud apportent de nouvelles connaissances sur nos origines.

Sur 7 points

Document 1 - Modèle de peuplement et de migration d'*Homo sapiens* dans l'espace et le temps à la surface du globe avant les récentes découvertes des 20 dernières années

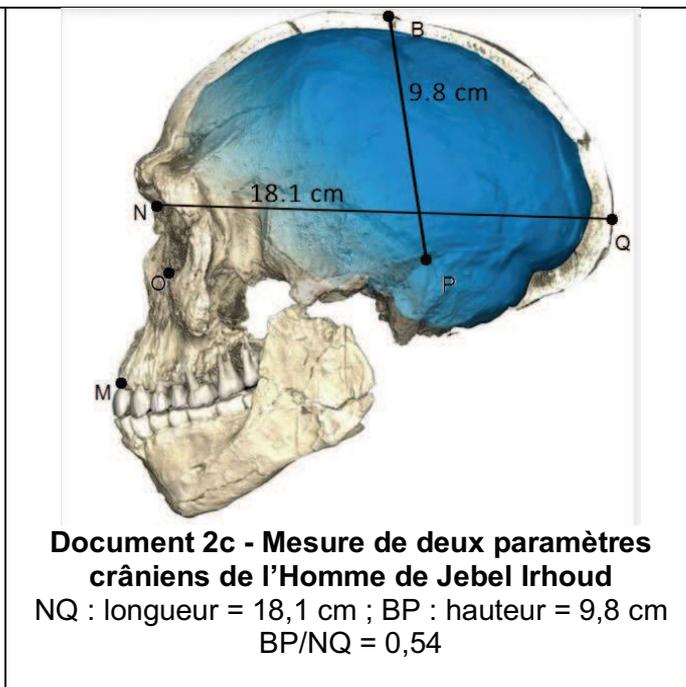
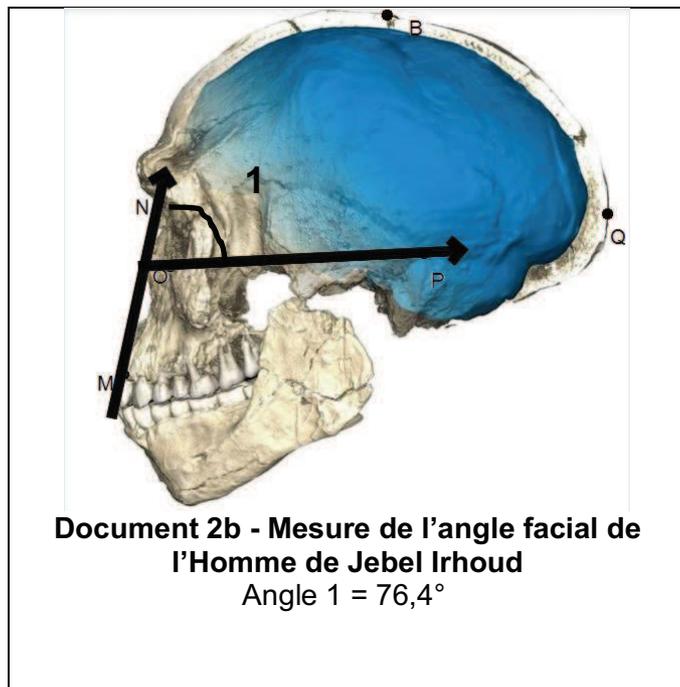


Source : Le Monde - la vie, Hors-série 2017 : "L'Histoire de l'Homme" Article : "Comment notre espèce a conquis la planète de Jean Paul Demoule p. 55

Document 2 - Comparaison des paramètres crâniens de l'Homme de Jebel Irhoud avec ceux d'autres espèces

Document 2a - Valeurs pour quelques espèces voisines de l'Homme de Jebel Irhoud

Espèces	Divers <i>Australopithecus</i>	<i>Homo habilis</i>	<i>Homo erectus</i>	<i>Homo neanderthalensis</i>	<i>Homo sapiens</i>
Critères					
Angle facial	56° à 75°	65° à 68°	75° à 81°	71° à 89°	82° à 88°
Rapport hauteur/longueur du crâne	0,58 à 0,67	0,48 à 0,66	0,46 à 0,54	0,45 à 0,63	0,59 à 0,64



(Source article Nature du 8 juin 2017 « New fossils from Jebel Irhoud, Morocco and the pan-African origin of *Homo sapiens* » pour les docs 2b et 2c)

Document 3 - Analyse comparative de diverses données entre l'Homme de Jebel Irhoud et celles d'autres fossiles de la lignée humaine

Dans les documents qui suivent, les scientifiques présentent sur trois graphiques les résultats de l'analyse de données concernant plusieurs caractéristiques physiques de fossiles d'espèces apparentées à *Homo sapiens* (les données de la face, les caractéristiques internes du crâne, les données concernant les incisives) afin de les comparer. Chaque point représente le résultat de l'analyse d'un fossile.

Il est ainsi possible de délimiter des surfaces qui correspondent aux variations possibles du caractère au sein d'une espèce.

Les valeurs en abscisses et ordonnées sont obtenues par des calculs complexes qui ne sont pas explicités ici.

Document 3a - Analyse comparative des données de la face

jaune : « Hommes archaïques » appartenant au genre *Homo*

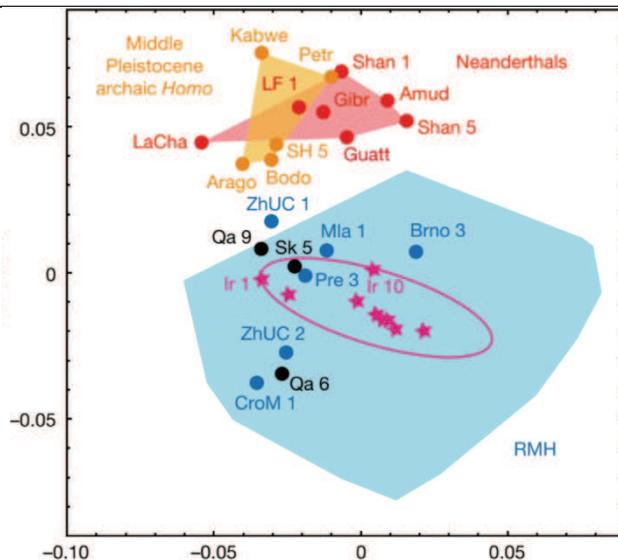
rouge : *Homo neanderthalensis*

Points noirs : *Homo sapiens*

« primitifs »

bleu : *Homo sapiens* « récents »

Les individus découverts sur le site paléontologique marocain de **Jebel Irhoud** sont représentés par des étoiles roses : ★.



Document 3b - Analyse comparative des données concernant des caractéristiques internes du crâne

Point jaune : « Hommes archaïques » appartenant au genre *Homo*

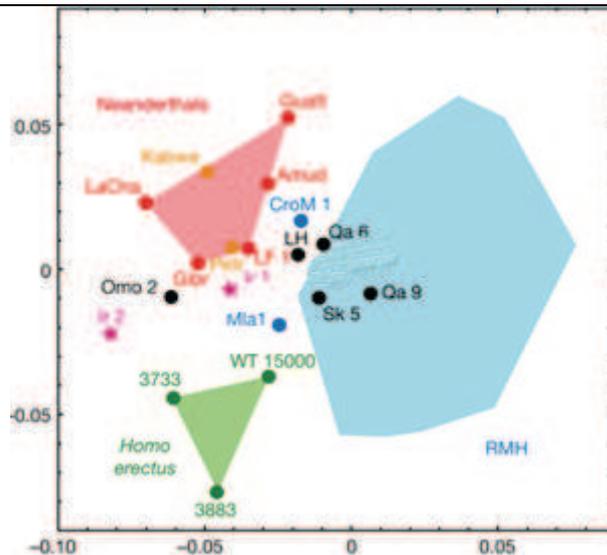
vert : *Homo erectus*

rouge : *Homo neanderthalensis*

Points noirs : *Homo sapiens* « primitifs »

bleu : *Homo sapiens* « récents »

Les individus découverts sur le site paléontologique marocain de **Jebel Irhoud** sont représentés par des étoiles roses : ★.



Document 3c - Analyse comparative des données concernant l'incisive

jaune : « Hommes archaïques » appartenant au genre *Homo*

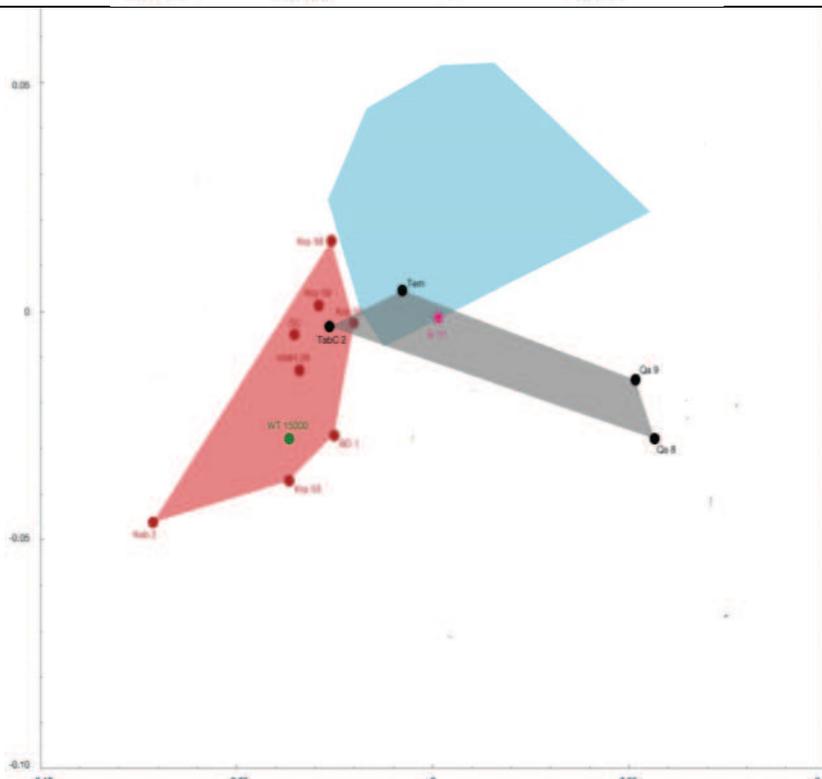
point vert: *Homo erectus*

rouge : *Homo neanderthalensis*

gris : *Homo sapiens* « primitifs »

bleu : *Homo sapiens* « récents »

Les individus découverts sur le site paléontologique marocain de **Jebel Irhoud** sont représentés par des étoiles roses : ★.



Source : Nature du 8 juin 2017 « New fossils from Jebel Irhoud, Morocco and the pan-African origin of "Homo sapiens" »

Document 4 - Extrait de la note de J.-J. Hublin présentée au Collège de France

« Nous avons pris l'habitude de penser que le berceau de l'humanité moderne peut être localisé en Afrique de l'Est il y a 200 000 ans, [...] Bien longtemps avant la sortie d'Afrique d'*Homo sapiens*, il y a eu une dispersion ancienne à l'intérieur de l'Afrique » déclare le paléoanthropologue J.-J. Hublin.

Source : site collège de France, « les enfants de Jebel Irhoud », juin 2017

Document 5 - Outils trouvés dans le site et technique de datation

Document 5a – Les outils de pierre du « Middle Stone Age » trouvés sur le site de Jebel Irhoud

Source: Mohammed Kamal, MPI EVA Leipzig, License: CC-BY-SA 2.0)



Les fragments de silex provenant des couches 6 et 7 sur le gisement de Jebel Irhoud sont représentatifs d'une technique de fabrication d'outils appelée « Levallois ».

Le « Levallois » est une technique qui consiste en une préparation d'un bloc de pierre initial, appelé *nucleus* (par enlèvement d'éclats qui ne sont alors que des déchets), avant d'en extraire les éclats utiles, appelés « éclats Levallois », qui eux serviront d'outils. Cette technique est associée aux premiers *Homo sapiens*.

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

Document 5b - La technique de thermoluminescence

Cette technique est particulièrement utilisée pour dater des objets ayant été exposés à de fortes températures (ex : des poteries), pour des périodes de temps allant jusqu'à 500 000 ans, contrairement à la technique utilisant le carbone 14 limitée à des objets âgés au plus de 50 000 ans.

Les chercheurs qui ont travaillé sur le site de Jebel Irhoud ont utilisé cette méthode pour dater indirectement les fossiles en se basant sur les « silex brûlés ». En effet, elle est rendue possible par une situation extraordinaire qu'offrait le site : « les hommes de Jebel Irhoud aimaient faire du feu ».

La thermoluminescence permet ainsi de dater les minéraux qui ont été chauffés dans le passé à une température suffisante (notamment les grains de quartz et de feldspaths). En effet, après une augmentation forte de température les particules de la matière (excitées par la *radioactivité intrinsèque*) sont ramenées à un niveau d'énergie inférieur. Elles ont alors la capacité d'emmagasiner de nouveau l'énergie des rayonnements ionisants auxquels elles sont exposées (*radioactivité extrinsèque*).

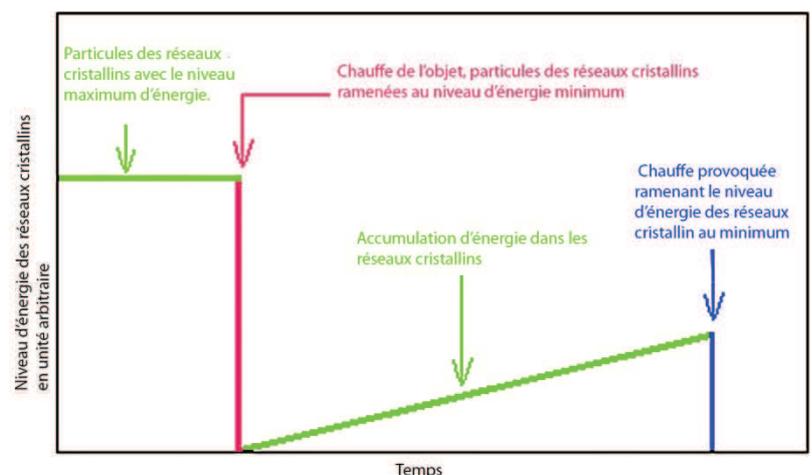
En laboratoire, pour mesurer la dose d'énergie stockée, le minéral est chauffé à plus de 500 degrés Celsius et le rayonnement lumineux émis, qui constitue la thermoluminescence, est mesuré.

La thermoluminescence est fonction de la durée d'irradiation de l'objet dans le milieu naturel.

Source : www.hominides.com

Figure : évolution de la luminescence avec le temps

Source : www.sciencedirect.com/



Document 6 - Présence et migration d'*Homo sapiens* en Afrique et hors d'Afrique

Document 6a - L'état des connaissances sur l'origine de l'Homme moderne, d'après J.-J. Hublin

« ... Le site marocain de Jebel Irhoud est connu depuis les années de 1960 pour ses découvertes de restes humains et ses outillages du « Middle Stone Age ». Cependant l'interprétation des Hommes de Jebel Irhoud a longtemps été obscurcie par l'imprécision persistante qui entourait leur âge géologique. Les nouvelles fouilles entreprises à partir de 2004 ont livré de nouveaux fossiles d'*Homo sapiens* in situ. Leur nombre est passé de 6 à 22, faisant de Jebel Irhoud le plus ancien et le plus riche gisement africain du « Middle Stone Age » et documentant la première phase évolutive de notre espèce.

Pour établir une chronologie précise des dépôts, les chercheurs ont utilisé la méthode de thermoluminescence sur un des silex brûlés. Ces échantillons ont produit une série de dates autour de 300 000 ans.

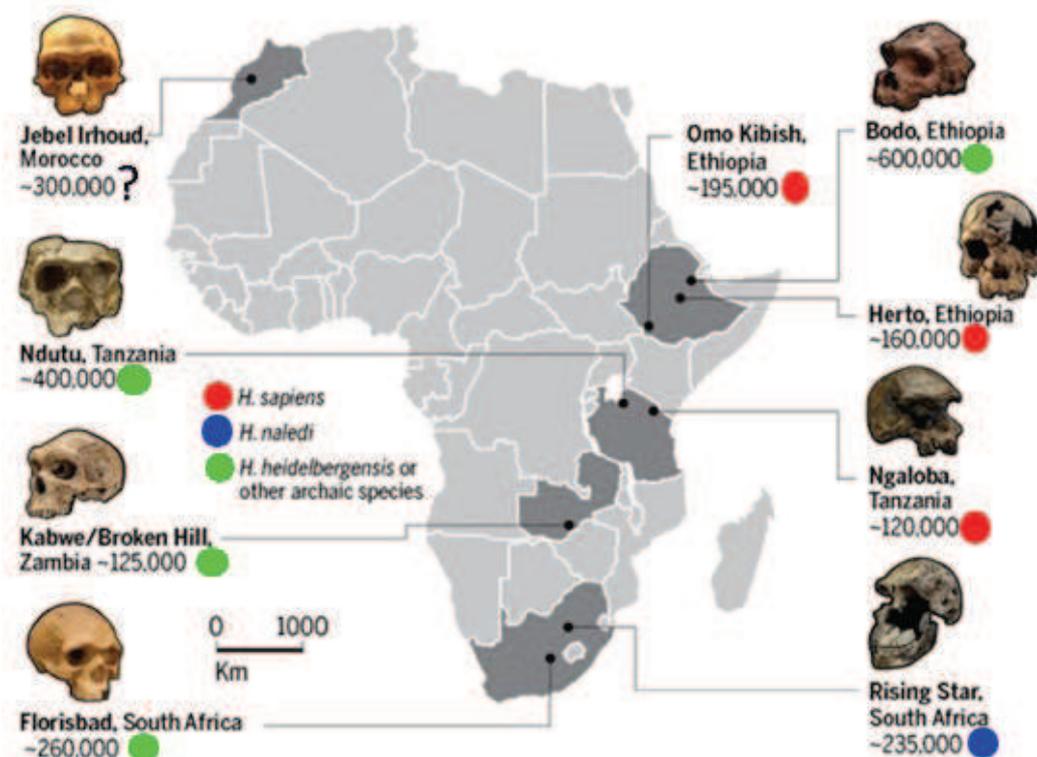
[.../...] Des restes très anciens d'*Homo sapiens* fossiles étaient déjà connus à Omo Kibish, en Éthiopie, datés autour de 195 000 ans. À Herto, également, en Éthiopie, un autre *Homo sapiens* fossile remonte à -160 000 ans. Jusqu'à aujourd'hui, une majorité de spécialistes considérait que tous les Hommes actuels descendaient d'une population qui vivait en Afrique de l'est, il y a environ 200 000 ans.

[.../...] « En Afrique, les sites datés de cette période sont exceptionnellement rares, et il est très heureux que le site de Jebel Irhoud ait préservé autant de silex brûlés » déclare Daniel Richter, l'expert en géochronologie de l'équipe. Il explique « ceci nous a permis d'utiliser la méthode de la thermoluminescence et d'établir une chronologie cohérente des fossiles humaines et des niveaux qui les surmontent ». De plus l'équipe a pu réévaluer l'âge établi directement sur la mandibule d'Irhoud 3 découvertes dans les années 1960. L'âge précédemment calculé était de 160 000 ans. En prenant en compte les nouvelles mesures de la radioactivité du site et les progrès récents de cette méthode, un âge beaucoup plus ancien et parfaitement en accord avec les résultats obtenus par la méthode de la thermoluminescence a été obtenu pour ce fossile [... / ...].

Référence : site collège de France, « les enfants de Jebel Irhoud », juin 2017

Document 6b - L'aube pan-africaine d'*Homo sapiens*

De nouvelles datations et de nouveaux fossiles provenant de Jebel Irhoud au Maroc suggèrent que notre espèce a émergé en différents lieux au sein du continent africain. Ces nouvelles découvertes peuvent aider les chercheurs à savoir comment les fossiles existant depuis 600 000 ans représentés ci-dessous, sont en relation avec les humains modernes et vice versa.



Source : site <http://www.sciencemag.org>, du 7 juin 2017

QCM

1.1. Par la technique de la thermoluminescence, on détermine l'âge d'un objet. Il sera :

- A : d'autant moins âgé que la radioactivité extrinsèque emmagasinée est importante.
- B : d'autant moins âgé que la radioactivité intrinsèque emmagasinée est importante.
- C : d'autant plus âgé que la radioactivité extrinsèque emmagasinée est importante.
- D : d'autant plus âgé que la radioactivité intrinsèque emmagasinée est importante.

1.2. L'âge des silex du site de Jebel Irhoud correspond au temps qui s'est écoulé :

- A : depuis leur taille par les Hommes du Jbel Irhoud.
- B : depuis leur découverte par les chercheurs.
- C : depuis qu'ils ont été soumis à une haute température dans les feux produits par les Hommes du Jbel Irhoud.
- D : depuis qu'ils ont été soumis à une haute température en laboratoire par les chercheurs.

1.3. Si les Hommes du Jbel Irhoud n'avaient pas fait de feu sur ce site, les silex taillés :

- A : auraient pu être datés par la méthode de datation par thermoluminescence.
- B : auraient pu être datés par la méthode de datation au carbone 14.
- C : n'auraient pas pu être datés par la méthode de datation par thermoluminescence.
- D : auraient pu être datés par la méthode de datation par thermoluminescence à condition de les soumettre au feu en laboratoire.

Exercice 2 - Le nouveau continent caché de la Terre

En géologie, le modèle communément admis compte six continents : Amérique du Nord, Amérique du Sud, Eurasie, Afrique, Australie et Antarctique.

Quatre critères usuels définissent un continent géologique :

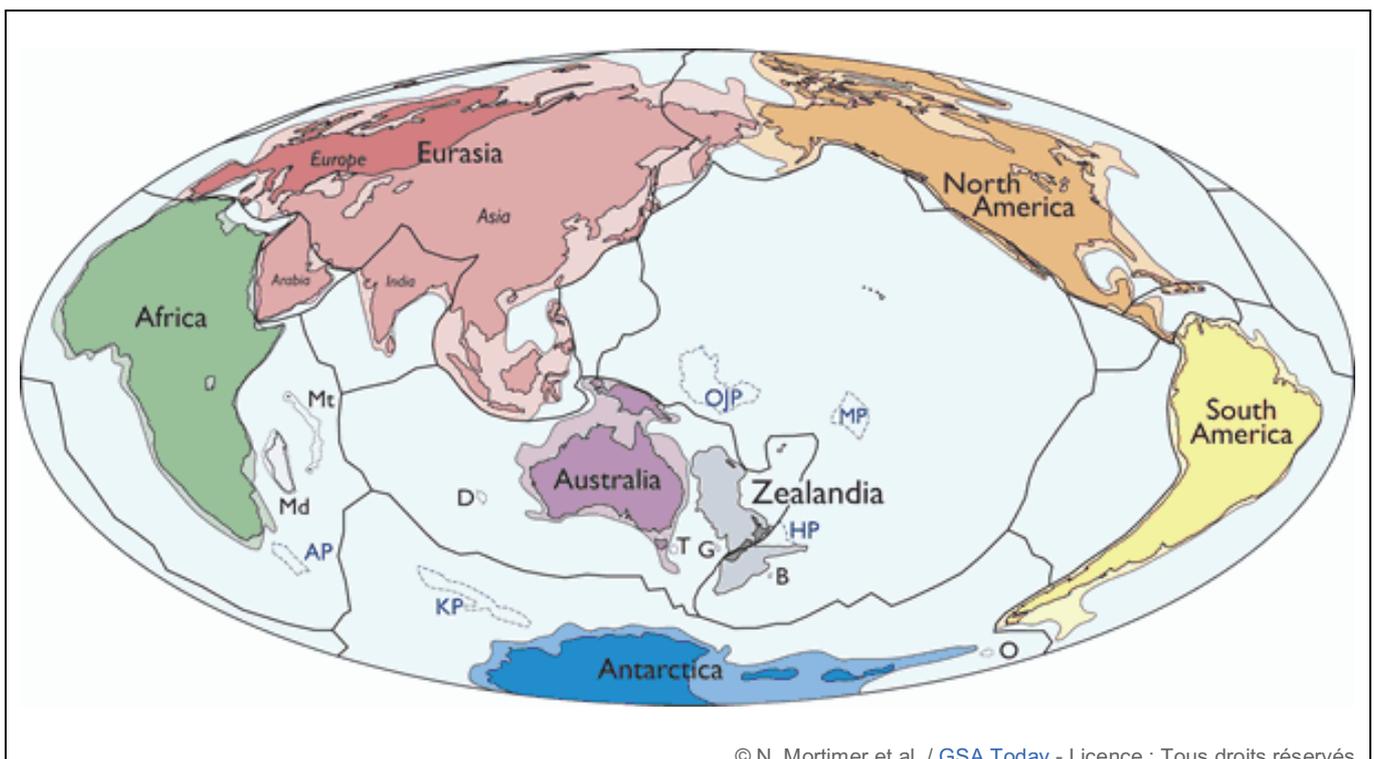
- relief marqué par rapport au fond océanique ;
- présence de roches magmatiques, métamorphiques et sédimentaires différentes de celles des fonds océaniques ;
- présence d'une croûte plus épaisse et moins dense par rapport à celle des plaques océaniques environnantes ;
- limites bien définies autour d'une superficie suffisamment grande pour être qualifiée de continent.

Des géologues néo-zélandais, français et australiens, affirment dans un article de la revue « The Geological society of America » paru en février 2017, l'existence d'un continent baptisé « **Zealandia** ». Il s'étendrait du Sud de la Nouvelle-Zélande jusqu'à la Nouvelle-Calédonie et serait resté longtemps ignoré car l'immense majorité en est immergée, environ 94 %. Ce possible nouveau continent occuperait une superficie de près de 5 millions de km², soit la moitié de celle du Canada. Au-delà du débat scientifique, ces limites continentales représentent d'importants enjeux économiques. « Avec l'extension du territoire maritime, vient la possibilité nouvelle d'exploiter des ressources du plancher océanique qui étaient auparavant dans les eaux internationales », prévient Javier Escartin, chercheur en géosciences marines à l'Institut de Physique du Globe de Paris.

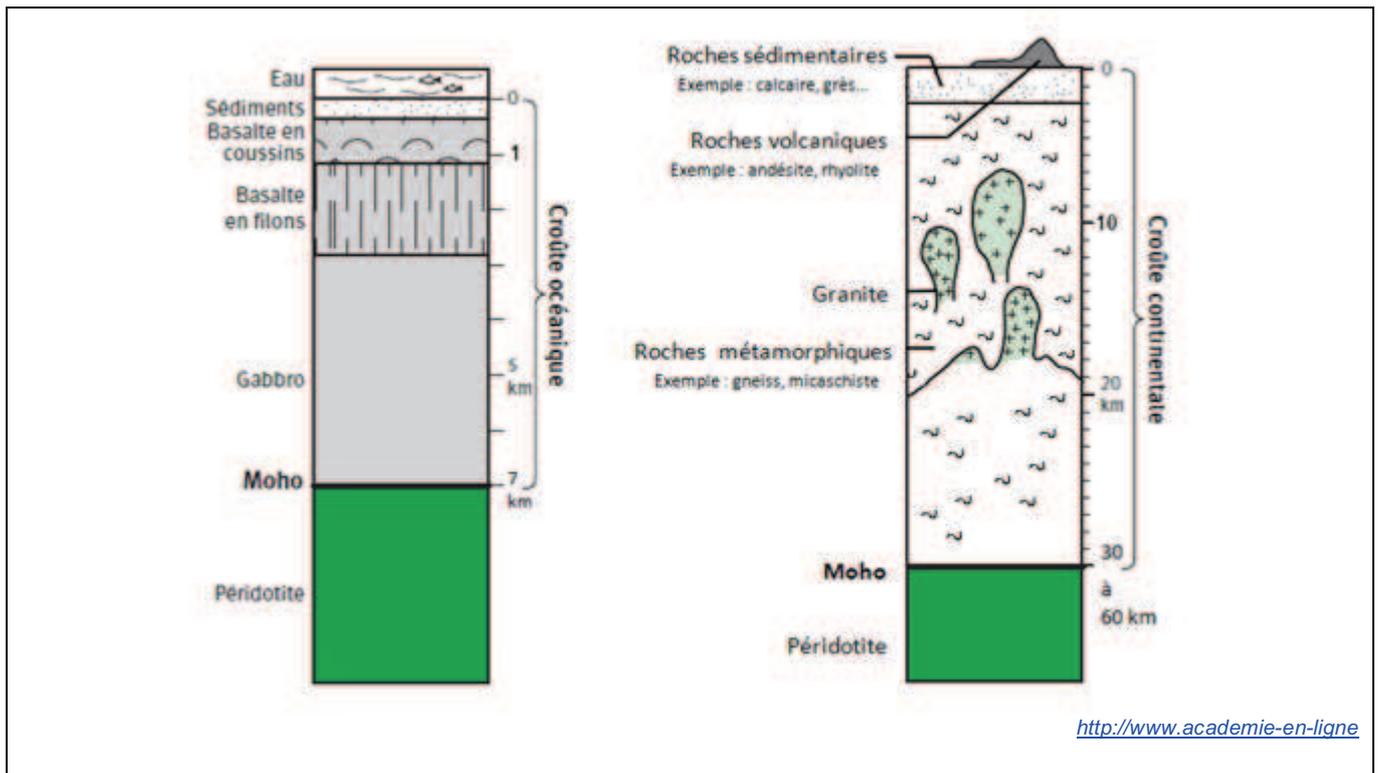
Questions :

1. À partir des documents, rédiger un article scientifique structuré présentant les arguments en faveur et en défaveur du statut de nouveau continent pour Zealandia.
2. Préciser si, en prenant en compte le quatrième argument de la définition proposée, certains continents reconnus actuellement comme tels peuvent être remis en cause.

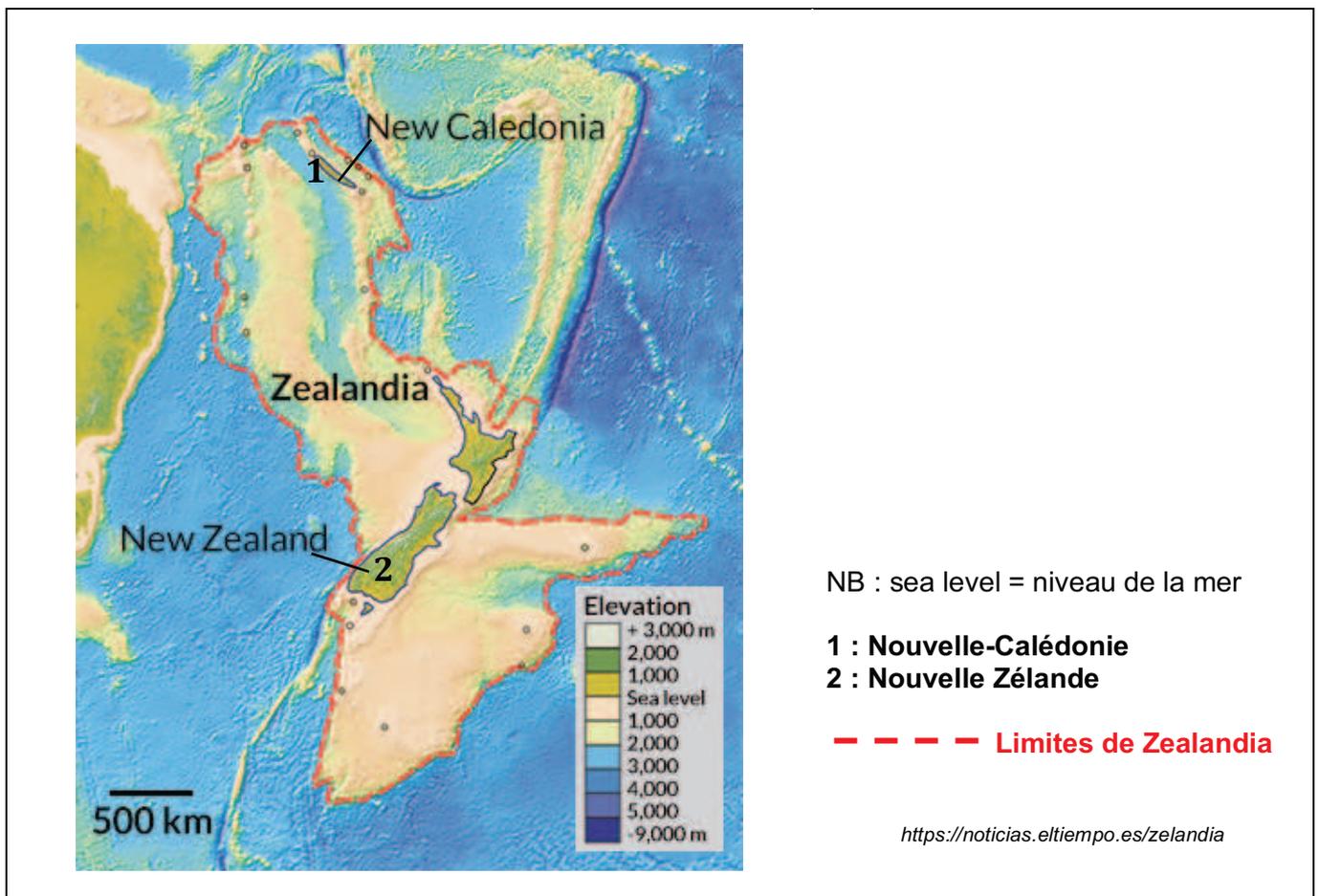
Document 1 - Carte des continents



Document 2 - Composition et structure des domaines océaniques et continentaux

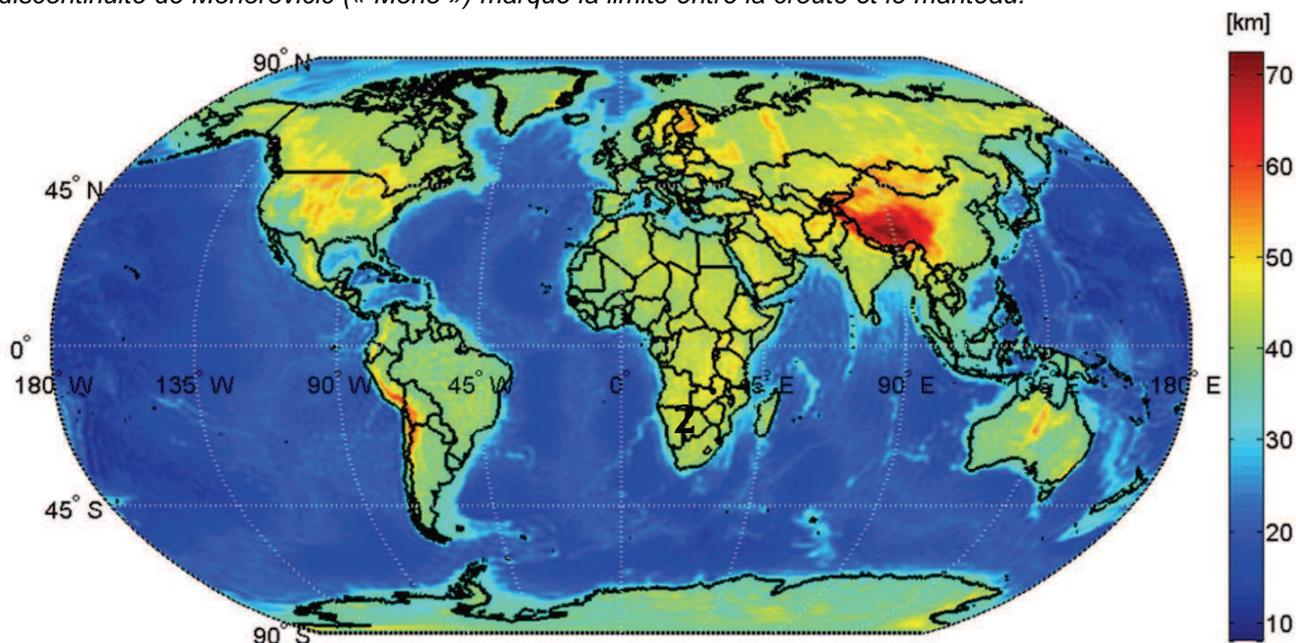


Document 3 - Bathymétrie (profondeur) et altitude de Zealandia



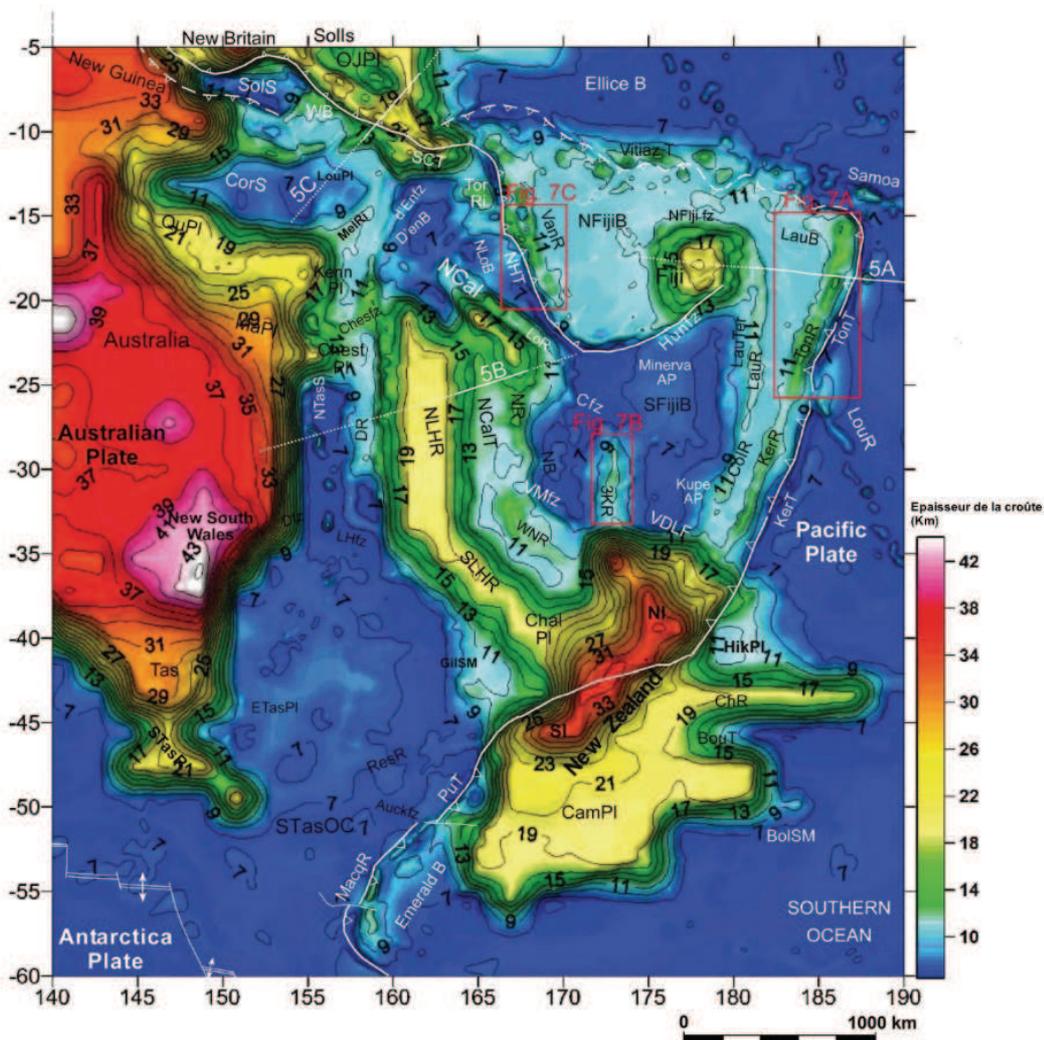
Document 4 - Profondeur du Moho au niveau mondial

La profondeur du Moho est établie d'après les données du satellite GOCE - NB : on rappelle que la discontinuité de Mohorovicic (« Moho ») marque la limite entre la croûte et le manteau.



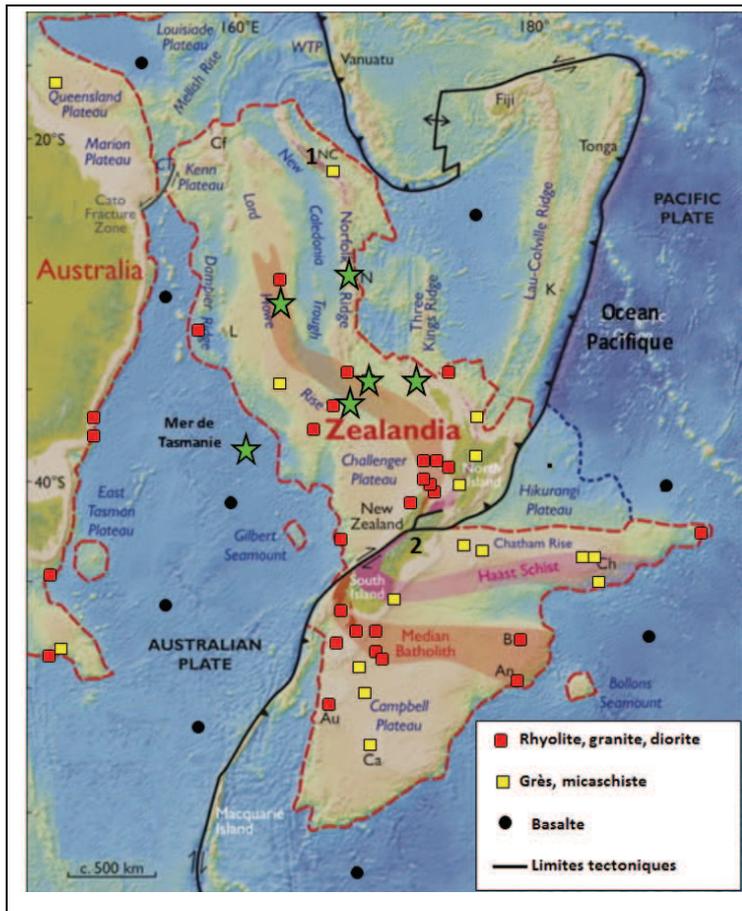
<http://www.esa.int/spaceinimages>

Document 5 – Profondeur du Moho au niveau de la zone pacifique Australie – Nouvelle-Zélande – Zone des Fidji



made by combining the CRUST 2.0 database with elevation data from global 2-min grid and the GEBCO (1994) Digital Atlas

Document 6 - Géologie de Zealandia : nature des échantillons de roches prélevés au niveau des fonds marins



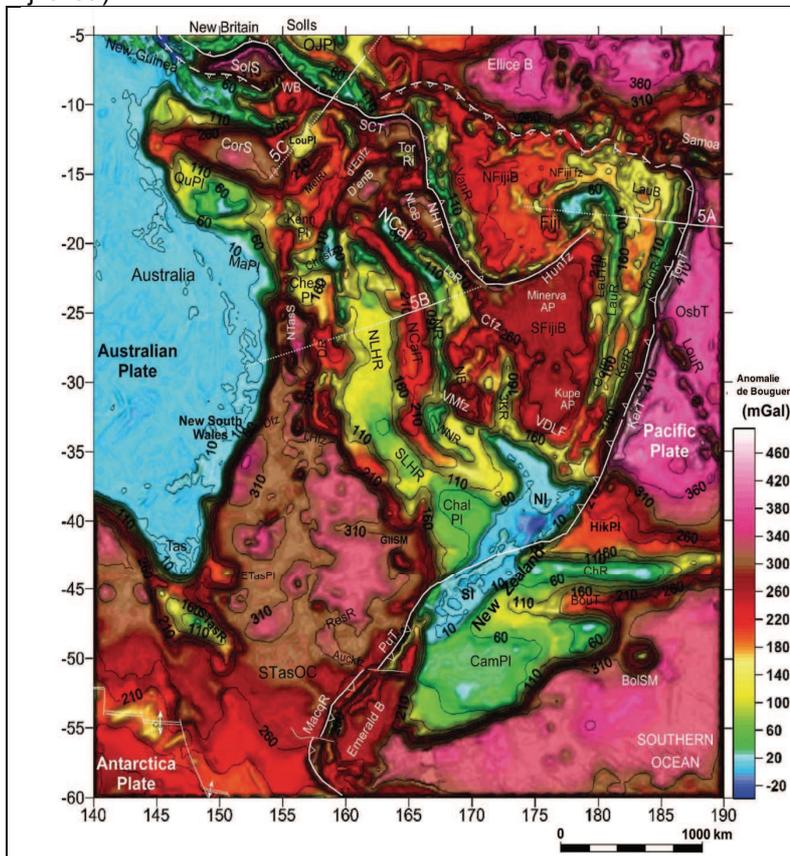
Une expédition sur le « continent perdu de Zealandia », dans le cadre l'International Ocean Discovery Program (IODP) a été menée de juillet à septembre 2017 avec les auteurs de l'article. Ils ont réalisé des forages au niveau de six sites (localisation ci-dessus) de plus de 860 mètres sous le niveau de la mer.

Carte de base de Stagpoole (2002) basée sur les données de Smith et Sandwell (1997)

★ Sites des forages 2017

D'après Geological Society America

Document 7 - Carte des anomalies de Bouguer sur la carte du Pacifique Ouest (Pacific–Australia–New Zealand–Fiji area)



Une anomalie gravimétrique de Bouguer est obtenue par comparaison entre la valeur du champ de pesanteur mesurée puis corrigée et la valeur du champ théorique calculée à la même latitude au niveau moyen des mers.

Une anomalie négative marque la présence de matériaux peu denses

Une anomalie positive marque la présence de matériaux denses

D'après Geological Society America

Exercice 3 - Histoire géologique du système côtier picard entre Berck et Merlimont

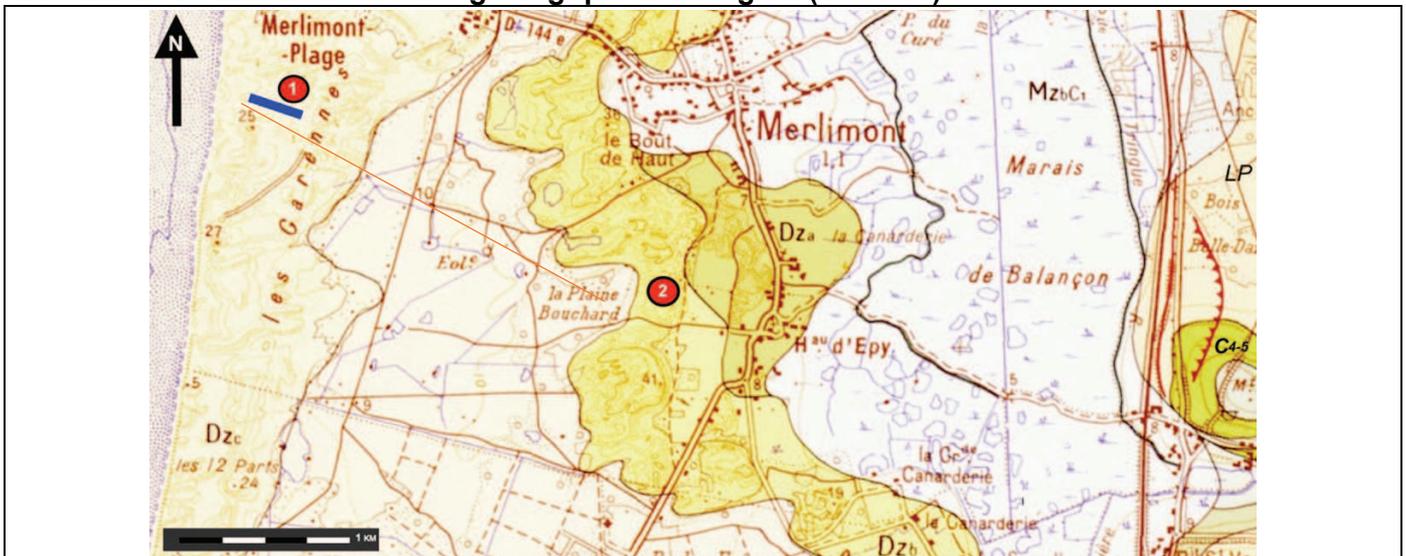


Depuis 70 ans, les communes littorales n'ont cessé de croître en population sous l'effet du développement touristique et de l'arrivée de retraités. En bordure de la Manche, sur la côte d'Opale, les communes de Merlimont et de Berck, présente un remarquable ensemble de dunes de type picard, qui s'étend d'un seul tenant sur plus de 1 000 ha. Or, les dunes sont des systèmes dynamiques dont l'évolution est à prendre en compte pour l'établissement des plans d'urbanisation.

Questions : Reconstituer l'histoire de ce système. Pour cela :

- 1) A partir des documents 1,2,4 et 5, identifier la chronologie exacte de la mise en place du système côtier picard parmi les 4 propositions (voir page 16). Justifier le choix à l'aide des principes de datation. Préciser les âges du dépôt de la craie sénonienne, des sables pissards et des formations dunaires.
- 2) A partir des documents 3, 4 et 6, préciser l'histoire sédimentaire des grains de quartz composant la formation des sables pissards et la formation dunaire.
- 3) Décrire l'évolution de la formation dunaire depuis 1947 à partir des documents 8 et 9. Discuter des conséquences sur le plan d'urbanisation que la région doit adopter.

Document 1 - Extrait de la carte géologique de la région (1/50 000)



Légende :

<table border="0"> <tr><td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">MzbC1</td><td>Sédiments de colmatage marin endigués ou déposés à l'abri des cordons littoraux et des dunes</td></tr> <tr><td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Dzc</td><td>Dunes littorales récentes</td></tr> <tr><td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Dz6</td><td>Dunes littorales anciennes</td></tr> <tr><td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Dz0</td><td>Dunes littorales très anciennes remaniées</td></tr> </table>	MzbC1	Sédiments de colmatage marin endigués ou déposés à l'abri des cordons littoraux et des dunes	Dzc	Dunes littorales récentes	Dz6	Dunes littorales anciennes	Dz0	Dunes littorales très anciennes remaniées	<table border="0"> <tr><td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">Eol</td><td>Sables éoliens résiduels</td></tr> <tr><td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">LP</td><td>Limons des plateaux</td></tr> <tr><td style="border: 1px solid black; padding: 2px;">C4-5</td><td>Craie sénonienne</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">●</td><td>Forages</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">—</td><td>Profil géoradar</td></tr> </table>	Eol	Sables éoliens résiduels	LP	Limons des plateaux	C4-5	Craie sénonienne	●	Forages	—	Profil géoradar	<p>① — ②</p> <p>Trait de coupe du document 3</p>
MzbC1	Sédiments de colmatage marin endigués ou déposés à l'abri des cordons littoraux et des dunes																			
Dzc	Dunes littorales récentes																			
Dz6	Dunes littorales anciennes																			
Dz0	Dunes littorales très anciennes remaniées																			
Eol	Sables éoliens résiduels																			
LP	Limons des plateaux																			
C4-5	Craie sénonienne																			
●	Forages																			
—	Profil géoradar																			

D'après <http://infoterre.brgm.fr>

Document 2 - Coupe géologique simplifiée du système côtier picard

Aide pour la datation :

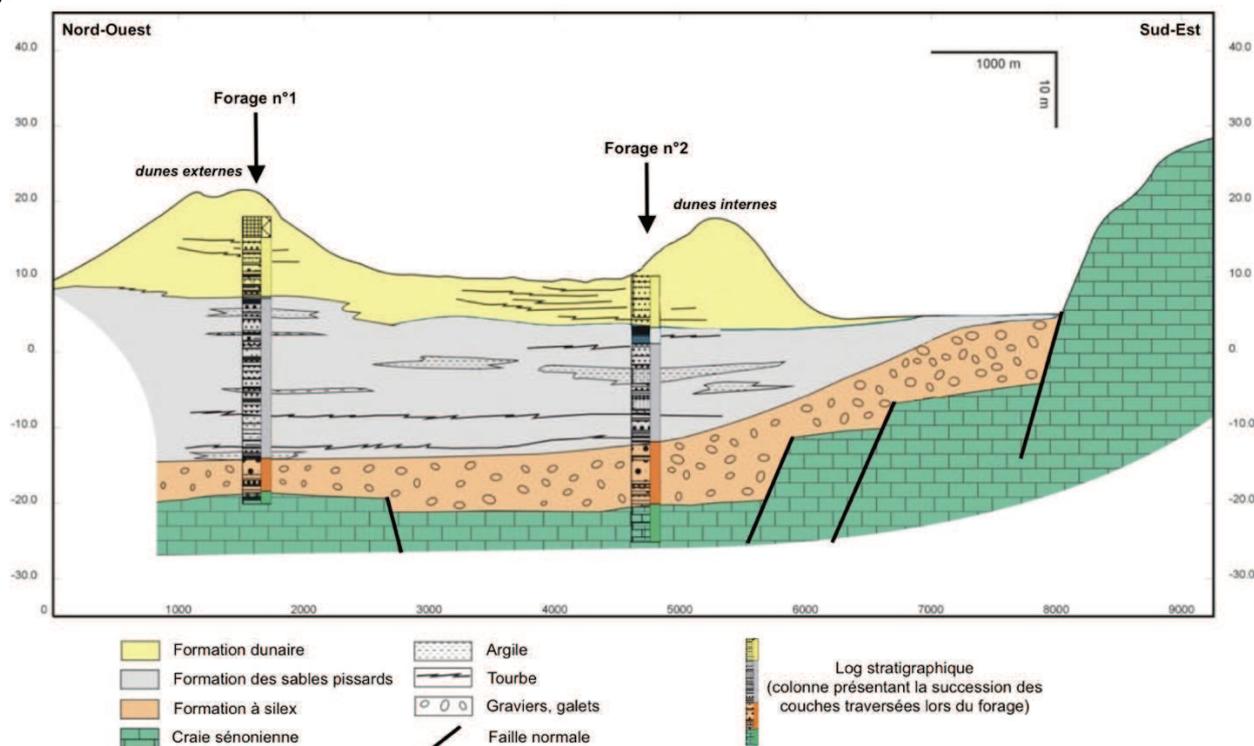
Principe de superposition : toute couche est plus ancienne que celle qui la recouvre

Principe de continuité : une même couche a le même âge sur toute son étendue

Principe de recoupement : tout événement géologique (pli, faille, etc.) qui en recoupe un autre lui est postérieur

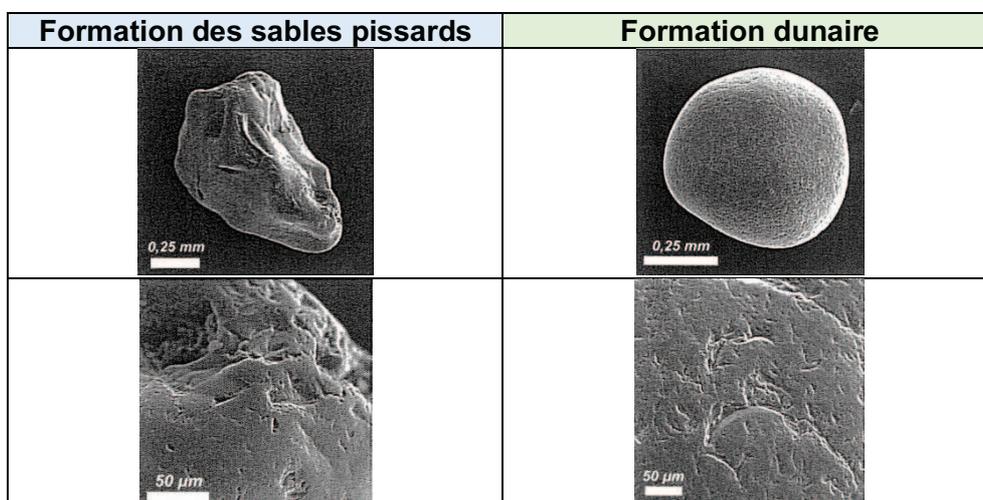
Principe d'inclusion : tout élément inclus (fossiles, galets, etc.) est plus ancien que la structure qui l'entoure

Le trait de coupe correspond à la droite passant par les points ① et ② de la carte géologique (document n°1).



D'après *Évolution géologique du système côtier picard entre Berck et Merlimont au Quaternaire*. BRGM, 2000.

Document 3 - Morphoscopie des grains de quartz composant le sable du système côtier picard au microscope électronique à balayage



D'après *Évolution géologique du système côtier picard entre Berck et Merlimont au Quaternaire*. BRGM, 2000.

Document 4 - Résultats de datation au ¹⁴C

4 échantillons ont été sélectionnés dans les niveaux de tourbe des forages n°1 et n°2 pour réaliser des datations par ¹⁴C. Le tableau ci-dessous donne les fourchettes d'âge obtenu pour les différents échantillons. Par convention, l'âge est exprimé en ans BP (BP = 1950 après J.C.)

N° de forage	Profondeur de l'échantillon	Formation géologique	Âge
1	6,00 – 6,10 m	Formation dunaire	830 ± 40 ans BP
2	11,65 – 11,75 m	Formation des sables pissards	3 450 ± 40 ans BP
	18,20 – 18,30 m		7 080 ± 40 ans BP
	21,30 – 21,45 m		7 440 ± 40 ans BP

D'après Évolution géologique du système côtier picard entre Berck et Merlimont au Quaternaire. BRGM, 2000.

Document 5 - Extrait de l'échelle des temps géologiques et détail du Quaternaire

Eres	Systemes	Etages	Agés absolus	
Quaternaire	Holocène			
	Pléistocène			
TERTIAIRE (Cénozoïque)	Pliocène		1,8 MA	
	Miocène		5,5 MA	
	Oligocène		23MA	
	Eocène		34 MA	
	Paléocène		53MA	
				65 MA
SECONDAIRE (Mésozoïque)	Crétacé	Sénonien	90MA	
		Turonien	95MA	
		Cénomanién	135MA	
	Jurassique	Crétacé supérieur		155MA
		Crétacé inférieur		175MA
		Malm		205MA
		Dogger		240MA
	Lias			
	Trias			
PRIMAIRE (Paléozoïque)	Permien			
	Carbonifère			
	Dévonien			
	Silurien			
	Ordovicien			
	Cambrien		545MA	
Eres ANTECAMBRIENNES				

Document 6 – Analyse morphologique des grains de quartz

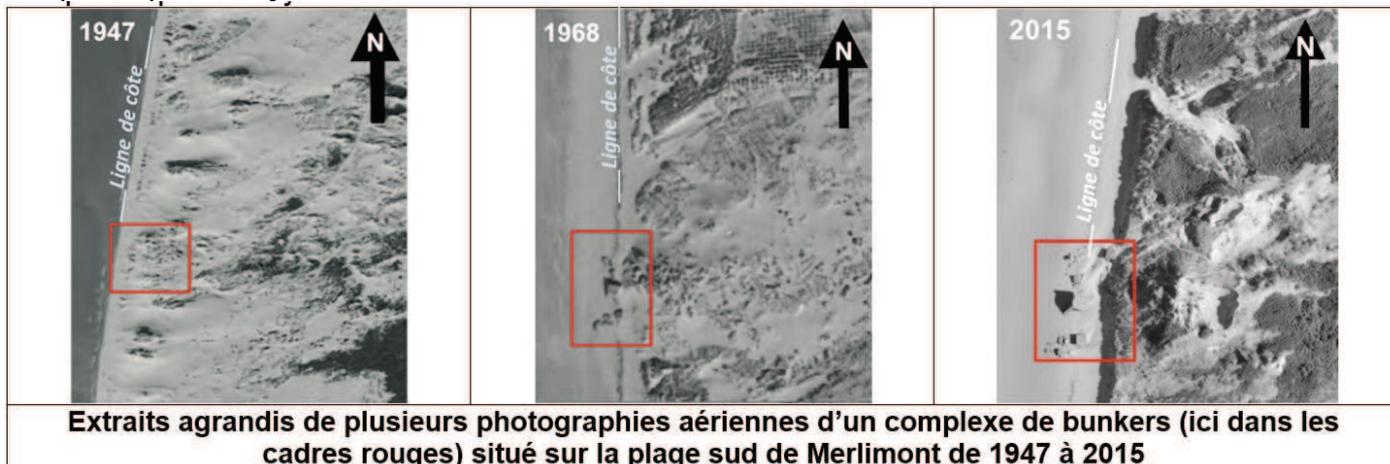
Cette analyse permet de reconstituer l'histoire sédimentologique des grains de quartz par l'observation de l'état de leur surface au microscopie électronique.

Observations	Interprétations
Grains arrondis	Usure à la suite de chocs dans l'air sous l'effet du vent
Grains anguleux	Transport par glaciers et/ou cours d'eau sur de faibles distances
Grains aux arêtes émoussées	Transport prolongé en milieu aquatique continental et/ou marin
« Coups d'angle » nombreux	Transport aérien
Figures de poinçonnements, cassures	Episode de transport violent par torrent

D'après Évolution géologique du système côtier picard entre Berck et Merlimont au Quaternaire. BRGM, 2000.

Document 7 - La bunker archéologie

Ce terme désigne l'utilisation des ouvrages allemands du « Mur de l'Atlantique » (système de fortifications côtières construit par le III^{ème} Reich pendant la 2^{nde} Guerre mondiale) pour reconstituer l'architecture et l'emplacement d'origine des bunkers. Elle se base sur l'observation de ce qui en reste sur le terrain, complétée par l'analyse des archives militaires ou civiles.



D'après BATTIAU-QUENEY Yvonne. Le système plage-dune de Merlimont-Berck et son évolution depuis la seconde guerre mondiale, *Dynamiques Environnementales, Journal international des géosciences et de l'environnement*, 2014 et <https://www.geoportail.gouv.fr>.

Document 8 – Évolution du système dunaire depuis 1996

Les communes du littoral surveillent les modifications du « trait de côte », c'est à dire la limite entre la mer et la terre.

Le document ci-contre présente l'évolution moyenne du trait de côte depuis 1996.

pas-de-calais.gouv.fr



Document pour répondre à la question 1

Propositions de chronologies

Proposition 1 : <ol style="list-style-type: none">1. Dépôt de la craie sénonienne2. Fracturation par des failles normales3. Dépôt de la formation à silex4. Dépôt des sables pissards5. Dépôt des formations dunaires	Proposition 3 : <ol style="list-style-type: none">1. Fracturation par des failles normales2. Dépôt de la craie sénonienne3. Dépôt de la formation à silex4. Dépôt des sables pissards5. Dépôt des formations dunaires
Proposition 2 : <ol style="list-style-type: none">1. Dépôt de la craie sénonienne2. Dépôt de la formation à silex3. Fracturation par des failles normales4. Dépôt des sables pissards5. Dépôt des formations dunaires	Proposition 4 : <ol style="list-style-type: none">1. Dépôt des formations dunaires2. Dépôt des sables pissards3. Dépôt de la formation à silex4. Fracturation par des failles normales5. Dépôt de la craie sénonienne

Avec le soutien de



FRANCE-TECH
Microscopie et imagerie numérique

Flammarion



Institut de Paléontologie Humaine
Fondation Albert I^{er}, Prince de Monaco

Contact presse 01 55 55 30 10

spresse@education.gouv.fr

