

Académie de la Réunion et AEFÉ

Durée de l'épreuve : 4h

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 est autorisée.

Le document 3a de la page 13 est à rendre avec la copie.

Exercice 1 - LA VENGEANCE DE POSEIDON !

Dans son *Enquête*, Hérodote relate un épisode des guerres médiques en 479 av. J.-C. où le général perse Artabaze prépare la prise de la ville de Potidée, située sur l'isthme de Pallène, en Chalcidique.

"Artabaze était depuis trois mois devant Potidée lorsqu'un jour la mer se retira très loin du rivage et pendant longtemps ; quand les Barbares virent les bas-fonds découverts par les eaux, ils passèrent par là pour pénétrer dans la presqu'île de Pallène. Ils avaient déjà fait les deux-cinquièmes du chemin, ils en avaient encore trois à parcourir pour l'atteindre lorsque la mer se mit à monter, plus haut qu'elle ne l'avait jamais fait, selon les gens de ce pays où de telles marées sont fréquentes. Les soldats qui ne savaient pas nager périrent, et les gens de Potidée vinrent en barque massacrer les autres. Cette marée si forte et le malheur des Perses eurent pour cause, disent les Potidéates, la profanation du temple de Poséidon et de sa statue, qui sont dans le faubourg de la ville, par les soldats perses, ceux-là justement que la mer fit périr ; en en donnant cette cause, ils me paraissent d'ailleurs dire vrai."

Extrait d'un article de P Barthélémy dans "Le Monde en ligne" du 29-04-2012"

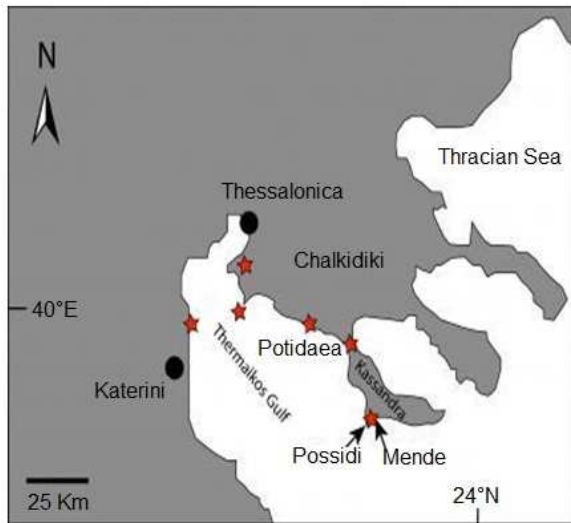
Question : À partir de la mise en relation des informations extraites des documents, proposer une explication scientifique argumentée aux phénomènes relatés par Hérodote.

Document de référence : localisation géographique de la région concernée par le récit.



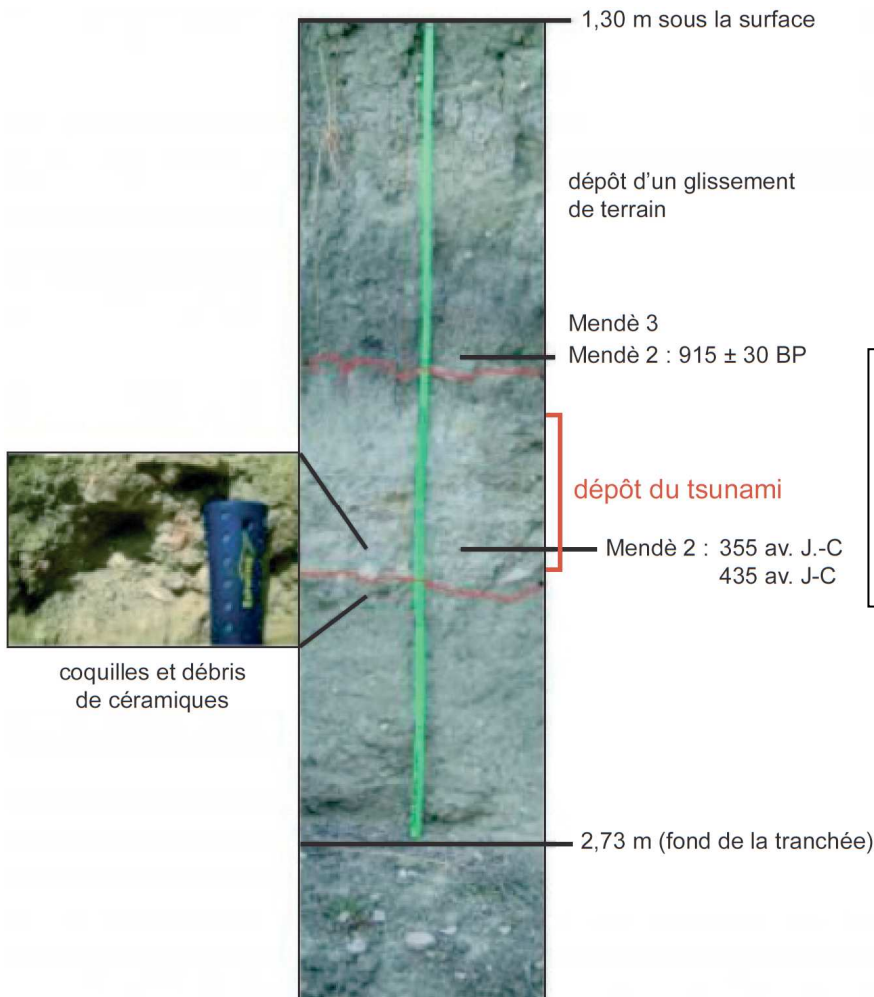
Document 1 : des forages mettent en évidence des dépôts de haute énergie

Document 1a.



Les étoiles rouges indiquent les sites où différents forages ont été effectués. Tous mettent en évidence des dépôts de haute énergie similaires à ceux présentés dans le document 2b.

Document 1b : forage réalisé dans la région de Mende.

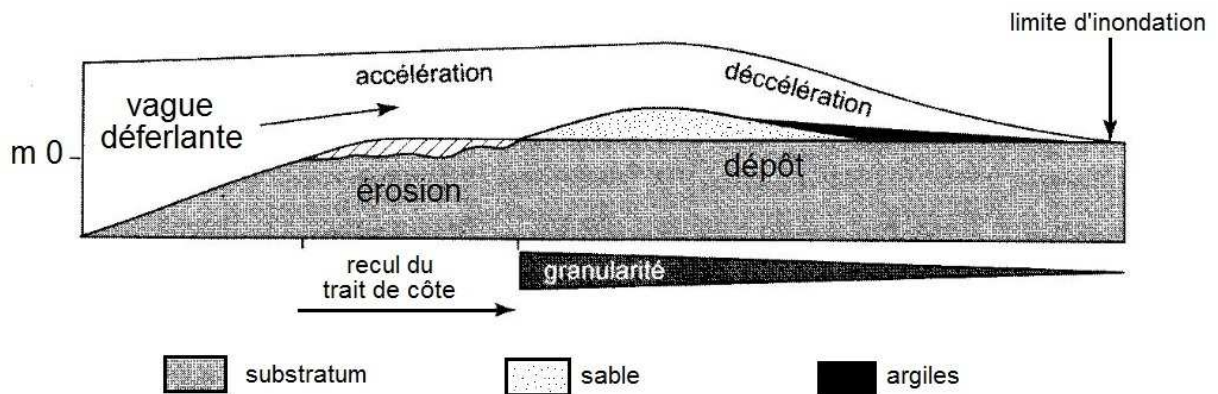


Le dépôt de haute énergie, interprété comme un dépôt de tsunami contient de nombreux débris de coquilles. Ces coquilles, datées au ¹⁴C présentent des âges variés, certains datés de 355 av.J-C, d'autres datés de 435 ans av. J-C.

Photo Credit: Klaus Reicherter, RWTH Aachen University.

Document 2 : représentation schématique des processus hydrauliques et sédimentaires qui se produisent lors du déferlement du tsunami (phase de l'uprush)

D'après Schneider J.-L. (2009). - Les traumatismes de la Terre, Vuibert



Document 3 : chronique d'un tsunami dévastateur et meurtrier en Indonésie le 26

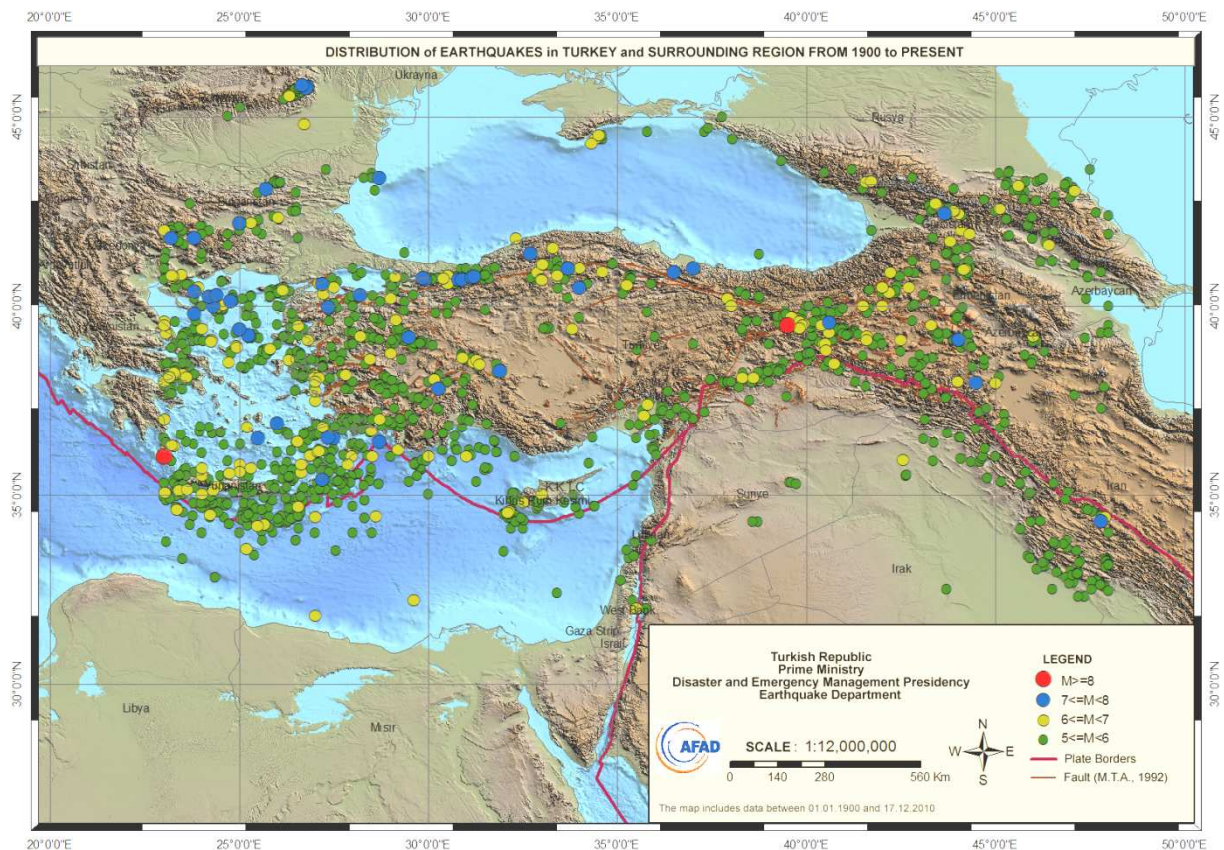
décembre 2004. D'après <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/doc/transv/Risque/RisqueScient5.htm>.

« Le tsunami du 26 décembre 2004 dans l'océan Indien a été engendré par un tremblement de terre d'une magnitude (M_w) de 9,2 qui a eu lieu à 7h58 heure locale. Il est exceptionnel par son ampleur et a entraîné un mouvement de faille dont le rejet a été estimé de 12 à 20 m. La province d'Aceh a été la plus proche de l'épicentre du séisme localisé en mer à 30 km de profondeur. Le mouvement de faille a été accompagné de bruits sourds que les survivants de la catastrophe ont décrits comme des bruits d'explosion.(...)

À la suite de ce tremblement de terre, le signe annonciateur de tsunami le plus caractéristique a été le retrait de la mer. À Sumatra, celui-ci s'est produit sur la côte ouest et dans les îles longeant la côte environ 10 minutes après le tremblement de terre. Le retrait fut phénoménal, puisqu'il dépassa le kilomètre, comme l'atteste l'île de Tuan qui, située à 1,2 km des côtes de l'île de Sumatra, se retrouva les "pieds au sec". Ce retrait correspond à un abaissement vertical brutal de la mer d'environ 5 m (Lavigne et al., 2009), il dura quelques minutes avant que la mer ne revienne sous la forme du tsunami et il fut accompagné de la fuite des oiseaux de la mer vers la terre.

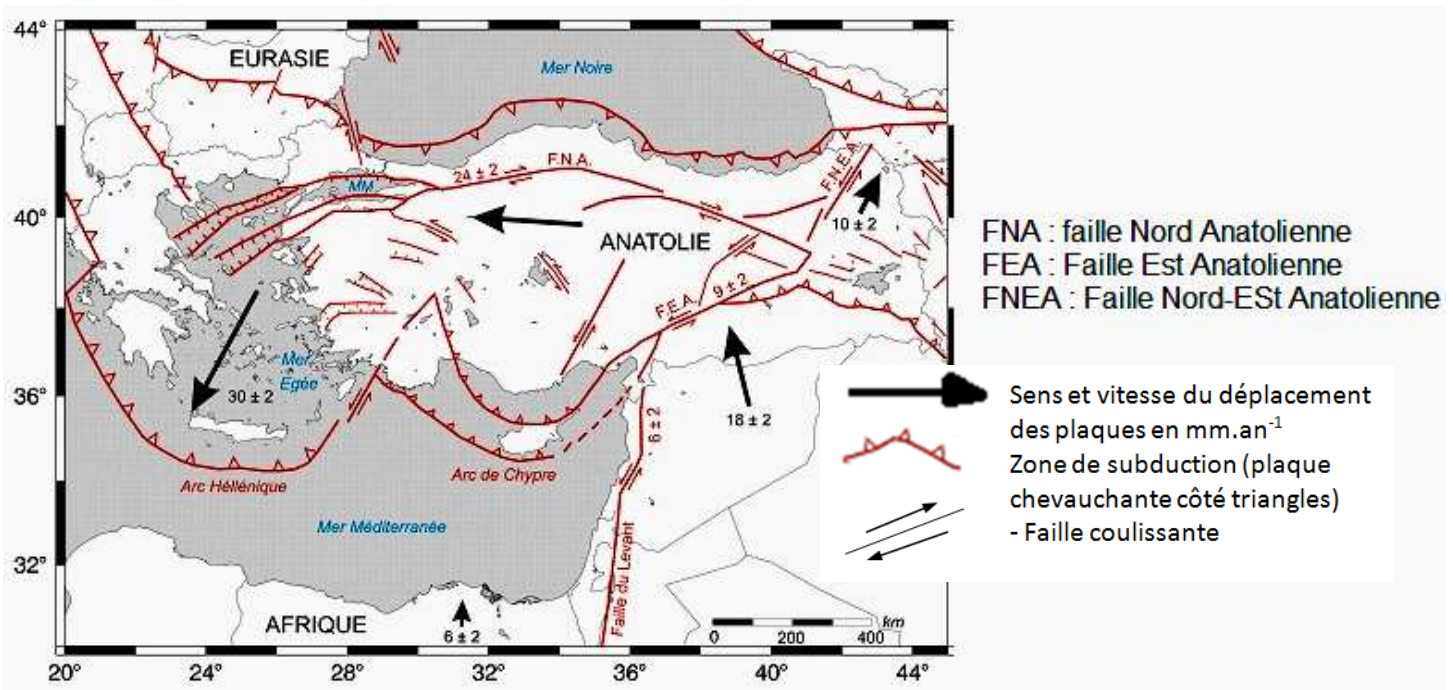
Ce tsunami, comme beaucoup d'autres ne fut pas caractérisé par une seule vague – comme l'imagerie populaire se la représente souvent – mais par un train de vagues d'amplitudes et de vitesses différentes. Les survivants ont décrit entre 10 et 12 vagues et des enregistrements vidéo du département de pêche régionale ont montré 12 vagues. Toutefois le nombre de vagues peut varier à cause des différentes diffractions liées à la topographie sous-marine, ou à cause de la décomposition en plusieurs pulsations de vagues uniques. La première vague ne fut pas la plus haute, entre 0,5 et 2,5 m selon les endroits, avec une vitesse de 8 à 10 m/s, mais elle fut la plus sombre, chargée de matériaux marins qu'elle a arraché avant d'atteindre la plage. Cette charge sédimentaire combinée à une grande vitesse semble avoir été à l'origine de la destruction de l'ensemble des bâtiments en bois, permanents ou semi-permanents (*sederhana*) construits en bord de mer. La seconde vague qui arriva 2 à 3 minutes après la première fut la plus haute. »

Document 4 : répartition des épicentres des séismes de 1900 à nos jours dans la région de la mer Egée D'après http://www.deprem.gov.tr/SarbisEng/images/TURKIYE_1900_20XX_M58.png



Document 5 : failles actives et vitesses de déplacement des principales zones actives aux abords de l'est méditerranéen suivant McClusky et al. (2003).

D'après <http://eost.unistra.fr/recherche/institut-de-physique-du-globe-de-strasbourg/>



Exercice 2 - PAS DE MONDE SANS NICKEL

Dans la batterie de notre téléphone portable, dans notre cuisine et nos couverts en inox, dans certaines pièces de monnaie, dans les moteurs d'avions... le nickel est présent partout dans notre vie quotidienne. Réputé pour sa résistance à la corrosion et reconnu pour ses qualités mécaniques et esthétiques, le nickel est utilisé en alliage avec d'autres métaux. Ce métal est devenu le cinquième élément le plus utilisé nécessaire au bien être quotidien de toutes les populations.

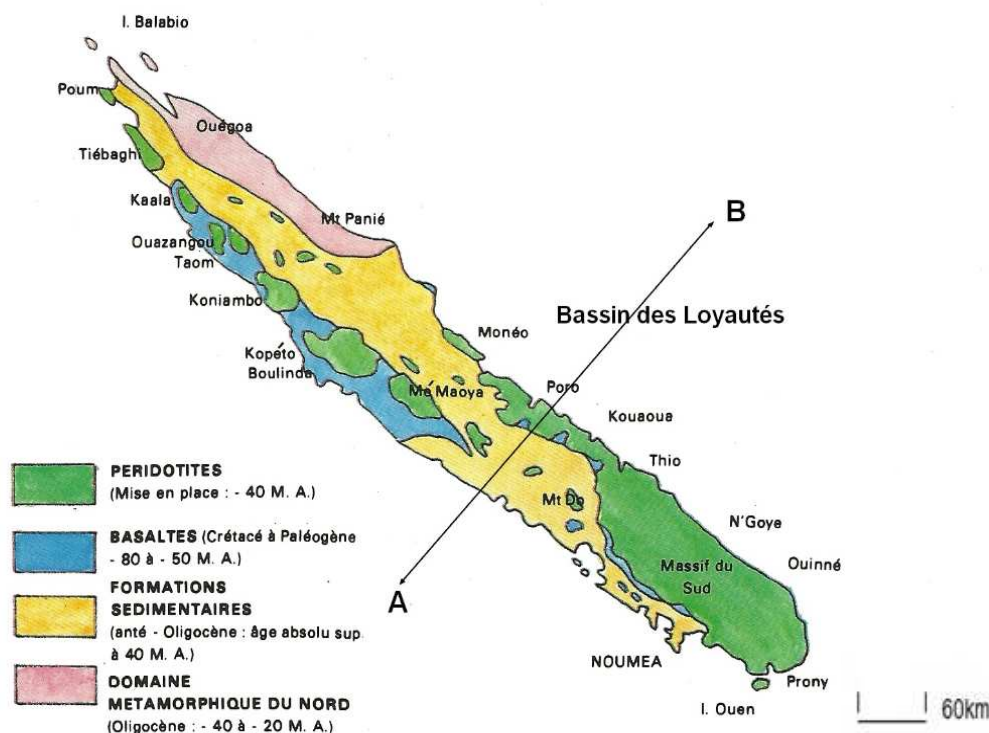
Aujourd'hui les pays émergents ont une demande croissante en nickel. Mais la ressource mondiale en nickel n'est pas extensible. Elle est essentiellement disponible dans une poignée de pays, dont le Canada, la Russie, l'Australie, Cuba, l'Indonésie et la Nouvelle-Calédonie.



On se propose de découvrir pourquoi aujourd'hui la Nouvelle-Calédonie dispose de gisements de nickel.

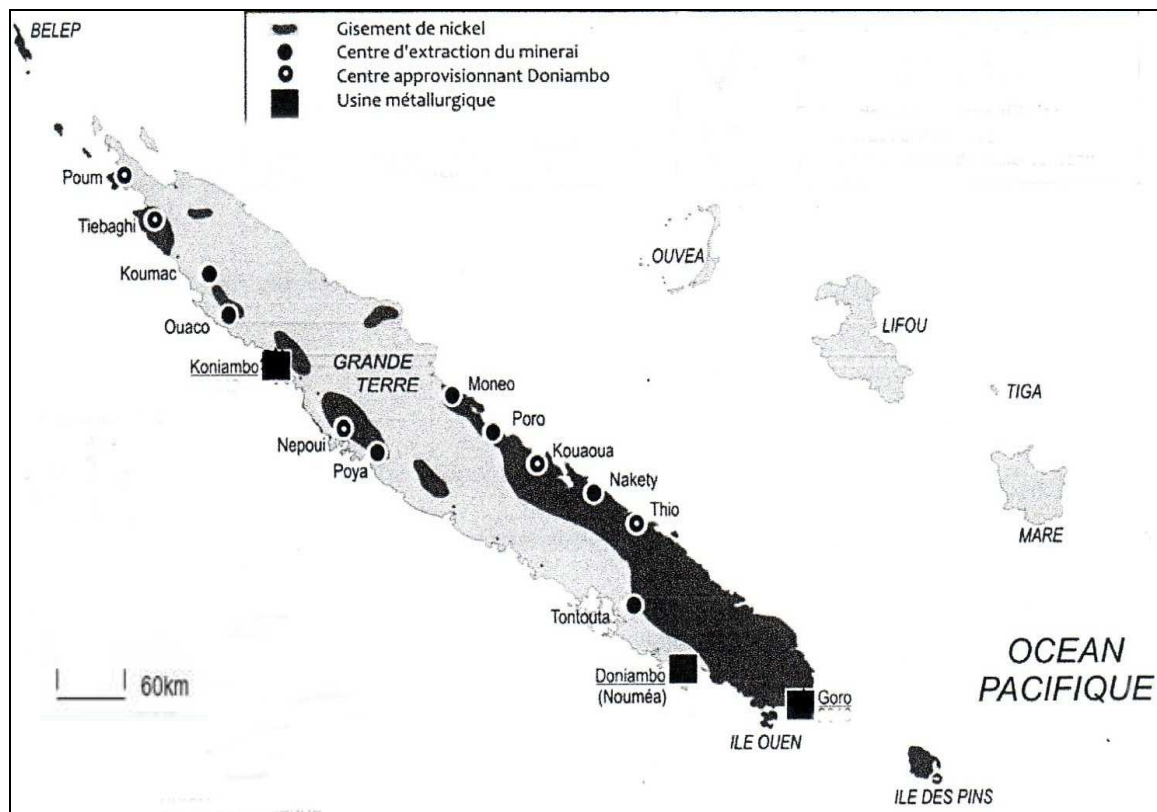
Document 1a : carte géologique simplifiée de Nouvelle Calédonie.

D'après le « nickel en Nouvelle-Calédonie » Livret SLN



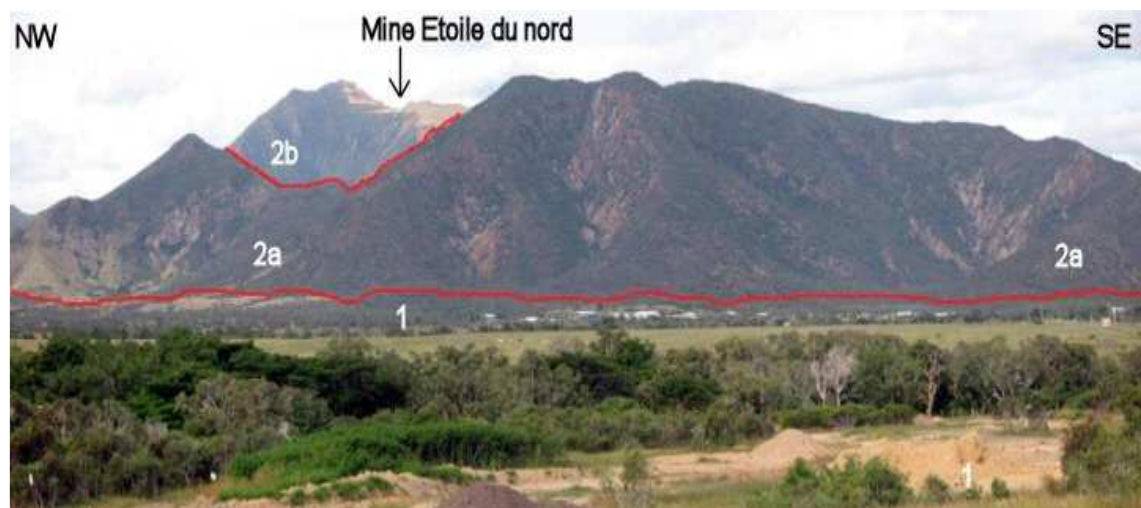
Carte géologique simplifiée de la Nouvelle-Calédonie, montrant la répartition des péridotites. Ces roches couvrent environ 7 000 km², soit approximativement le tiers de la superficie de la Grande Terre.

Document 1b : localisation géographique des principaux centres miniers en Nouvelle-Calédonie.



D'après le secrétariat de la CNUCED

Document 2a : interprétation géologique d'un paysage minier (Mine Étoile du Nord)



(1) : Unité de Poya : basaltes de la côte ouest

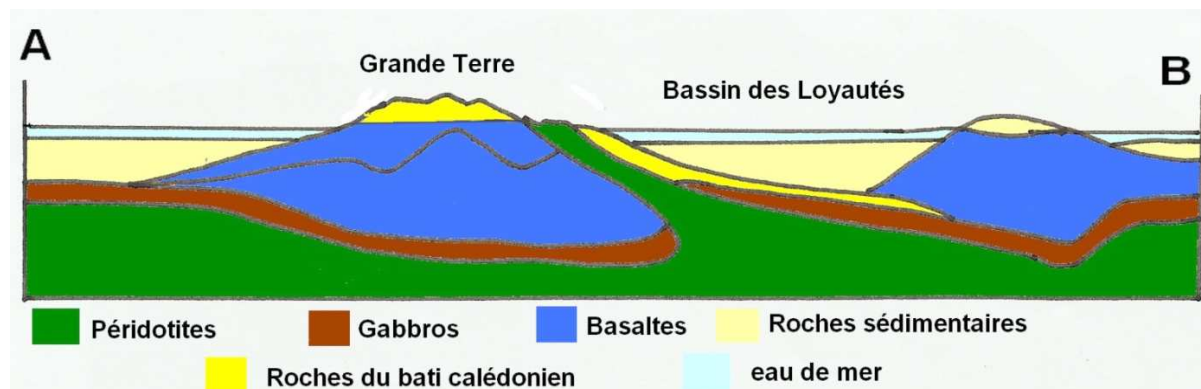
(2) a et b : Unités des péridotites du massif de Kaala

Extrait du DVD « découvrir et enseigner la Géologie en Nouvelle-Calédonie »

Document 2b : éléments de structure et de composition interne du globe (d'après le dictionnaire de Géologie, Masson)

Enveloppes	Composition pétrographique	Composition chimique	Densité (g/cm ³)	Température (°C)	Pression (kbar)
Croûte terrestre	Croûte continentale : Roches sédimentaires Roches métamorphiques Roches magmatiques granitoides Croûte océanique: Roches sédimentaires Basaltes Gabbros	Oxydes de : Si (50 à 70%), Al(13 à 16 %), Ca, K, Na...	2.7 (continentale) 3 (océanique)	0 à 900	1 à 10
Manteau	Péridotites	Oxydes de : Si (45 %), Ni (0,3%) Fe(5 %), Mg (37%)	3.3 à 5.5	900 à 4000	10 à 1400
Noyau	Alliage Fe,Ni	Fe (98%), Ni, S ...	10 à 12	4000 à 5000	1400 à 3500

Document 3a : profil géologique simplifié dans la région du Sud Calédonien selon la coupe A-B (d'après ORSTOM.NC)



Document 3b : données sur la structure des roches prélevées dans la région du Sud de la Nouvelle Calédonie, en relation avec leur mise en place

Basalte

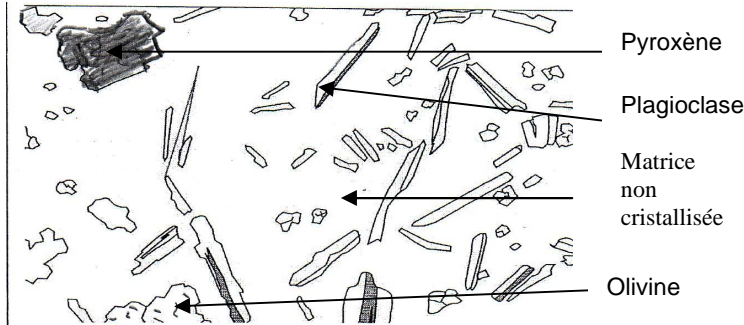


Schéma d'une lame mince de basalte MO x 40

échantillon de basalte

Par refroidissement et solidification, un magma donne : en surface (refroidissement rapide de laves) = des **roches volcaniques**, à structure microlitique, avec de petits cristaux (microlites) pris dans une matrice non cristallisée.

Péridotite :

La péridotite est une roche à structure grenue (roche entièrement cristallisée, cristaux visibles à l'œil nu).



Photo d'un échantillon de péridotite

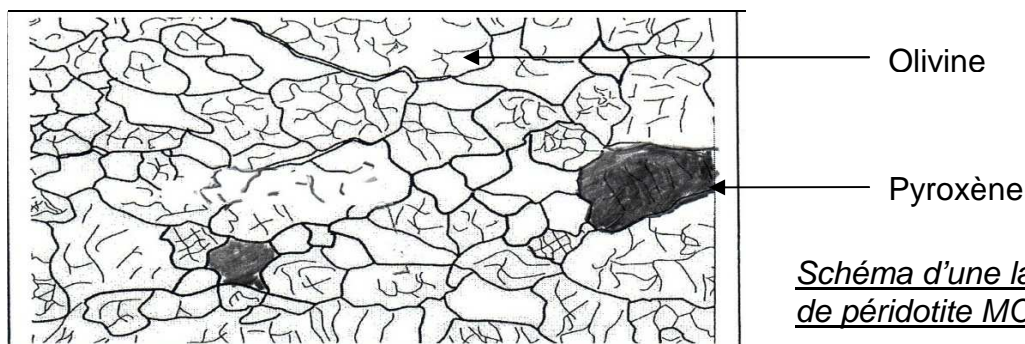
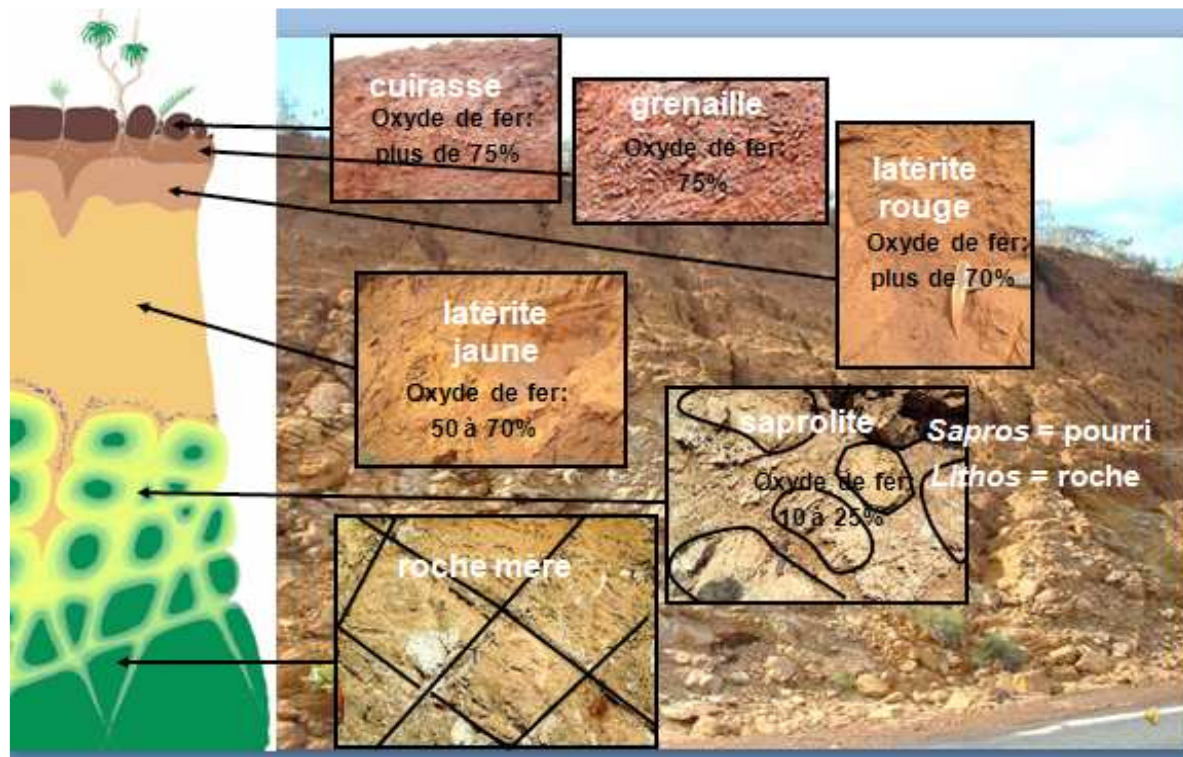


Schéma d'une lame mince de péridotite MO x40

Document 4 a : teneurs en nickel et oxyde de fer en fonction de la nature des roches (positionnement à l’affleurement). Extrait du DVD «découvrir et enseigner la Géologie en Nouvelle-Calédonie»



La teneur en Ni du manteau est comprise entre 0,3 et 0,4 %. Le manteau supérieur est composé de péridotites, roches essentiellement constituées d’olivine, minéral dans lequel se trouve la majeure partie du nickel des péridotites.

Document 4b : tableau simplifié de l’évolution des caractéristiques physicochimiques des roches du profil d’altération (d’après ORSTOM.NC).

	Densité	MgO	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	NiO	pH	H ₂ O
Cuirasse ferrugineuse	3	0,1	1	75	0,3	6	5
Latérite rouge	2,2	0,6	1	72	0,9	6	20
Latérite jaune	1,9	2	3	70	1,4	6,5	45
Saprolite meuble	1,8	20	32	27	2,3	7,5	30
Saprolite cohérente	2	28	39	17	2,5	8	23
Roche mère péridotite	3	45	44	8	0,3	9	5

Les teneurs sont exprimées en pourcentage de roche totale

Document 5 : mécanisme de concentration du nickel le long du profil d'altération des péridotites (Extrait du bulletin de l'Union française des Géologues 2003- Bernard G. Pelletier)

Il s'avère que, dans le profil d'altération, la cristallisation progressive des minéraux « oxy-hydroxydes ferriques » (ex : Fe_2O_3) s'accompagne d'une décroissance de la capacité de rétention du nickel.

Par conséquent, au fur et à mesure de l'évolution cristalline des oxy-hydroxydes ferriques, le nickel présent dans les latérites, en particulier dans la base des latérites, se trouve progressivement libéré dans le sol.

En raison du pH acide, dû à la décomposition des végétaux morts à la surface du sol en présence d'eau sous climat tropical, le nickel est expulsé des minéraux « oxy-hydroxydes ferriques » (ex : Fe_2O_3 , ...) qui cristallisent, et reste en solution dans la quasi totalité de l'horizon* latéritique.

A leur arrivée dans l'horizon saprolitique, le pH des solutions du sol est modifié par la magnésie (MgO) et le nickel est incorporé dans les minéraux « oxy-hydroxydes ferriques ».

**horizon : couche que l'on peut distinguer au sein d'un sol.*

Question 1 : les géologues parlent de « contacts anormaux ou de dispositions anormales » entre les roches riches en nickel et les autres roches environnantes. Préciser la nature de ces roches riches en nickel et ce que les géologues entendent par « dispositions anormales ».

Question 2 : les géologues se sont intéressés à l'origine de cette disposition anormale. Des hypothèses ont été formulées :

- 1- une origine volcanique : remontée d'un magma en surface.
- 2- une origine tectonique : un morceau du manteau est venu chevaucher la croûte océanique

Indiquer, en argumentant, l'hypothèse qui doit être rejetée.

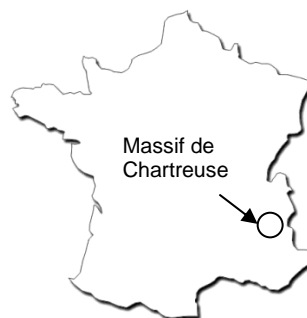
Question 3 : identifier les niveaux nickélifères exploitables et proposer une explication géochimique de leur origine.

Question 4 : en conclusion, résumer l'origine des gisements de nickel exploités en Nouvelle Calédonie.

Exercice 3 – SCÉNARIO CATASTROPHE DANS LES ALPES

« Dans la nuit du samedi au dimanche 14 novembre 2010, les habitants du village de Saint Pancrasse ont été réveillés par un bruit sourd : la « Dent de Crolles », surplombant le village, venait de perdre un morceau de sa façade Est... heureusement, aucune victime. »

On cherche à comprendre l'origine de cet éboulement dans le massif de la Chartreuse et à justifier les mesures de protection prises par les communes en contrebas des falaises.



Situation en France

Document 1 : un éboulement récent de la falaise de la Dent de Crolles

La Dent de Crolles est un sommet calcaire du massif de la Chartreuse situé en Isère au nord de Grenoble.

Le village de Saint Pancrasse se situe sur le plateau des Petites Roches surplombant la vallée du Grésivaudan qui relie Chambéry à Grenoble.

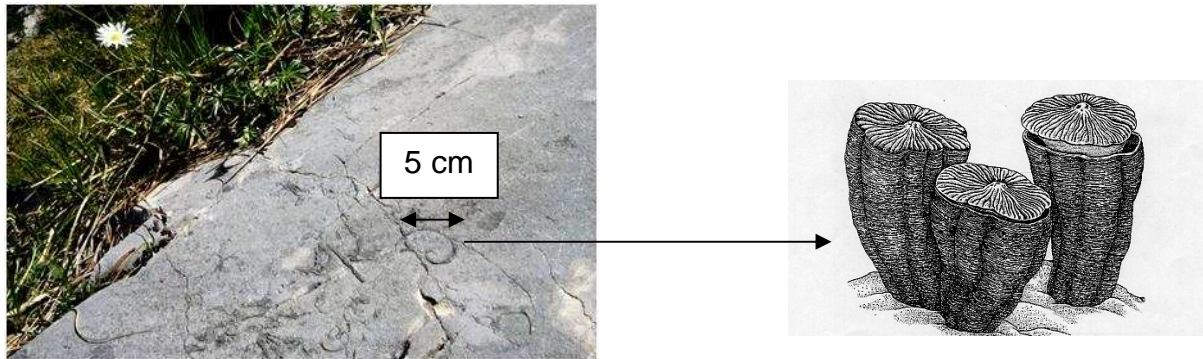
- **cercle blanc** : origine de l'éboulement
- **cercle rouge** : cône d'éboulement (blocs éboulés)

Falaise de la Dent de Crolles vue depuis le centre du village
(suite à l'éboulement du 14/11/2010)



Document 2 : les roches de l'éboulement de Saint Pancrasse, des calcaires à rudistes

Photographie des fossiles de rudistes prise au sommet de la Dent de Crolles et représentation schématique des rudistes



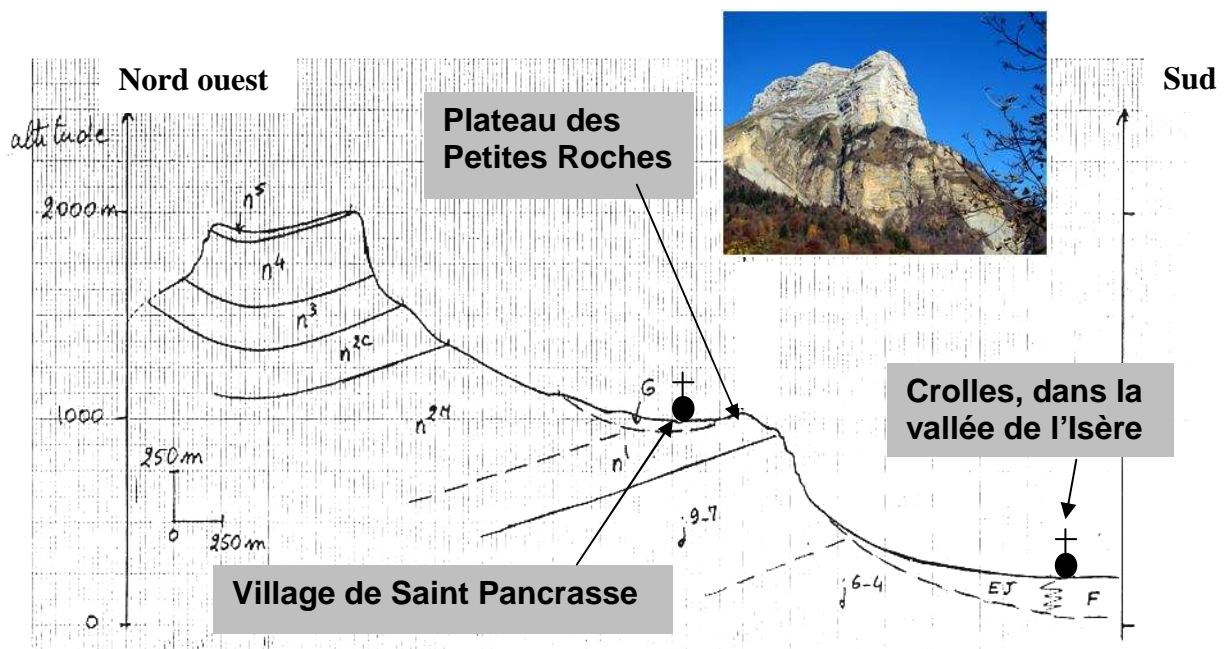
Les blocs retrouvés dans l'éboulement à Saint Pancrasse sont des calcaires très clairs, altérés, présentant de nombreuses micro-fractures.

Le calcaire est caractérisé par sa pureté en carbonate de calcium (CaCO_3) et par la présence de fossiles d'organismes marins vivant dans des eaux chaudes et limpides à une profondeur inférieure à 40 m : **les Rudistes** (gros coquillages fixés dans les récifs coralliens)

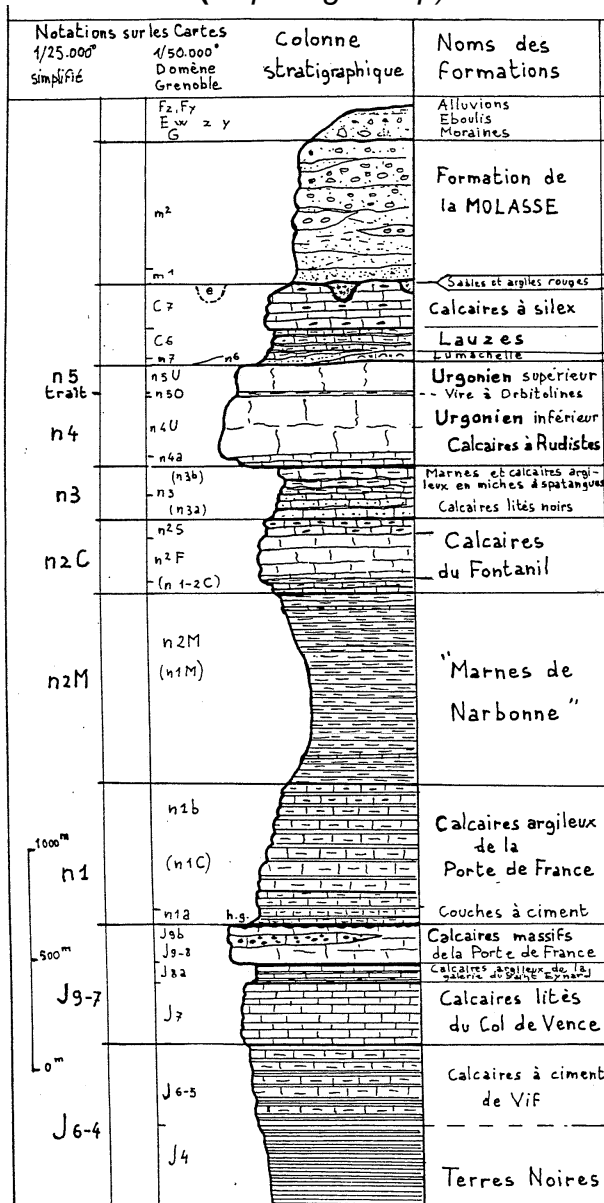
Document 3 : étude géologique de la Dent de Crolles

Le document 3a est à rendre avec la copie

Document 3a : Coupe géologique simplifiée de la Dent de Crolles



Document 3b : Colonne stratigraphique des roches sédimentaires de la Chartreuse (d'après geol alp).



Formations récentes - 2 millions d'années à actuel	
F	alluvions fluviatiles
EJ	cône d'éboulis
G	moraines (sédiments laissés par un glacier)
Formations mésozoïques -250 à -65 millions d'années	
n ⁵ U	calcaires Urgonien sup.
n ⁴ U	calcaire Urgonien inf. à rudistes
n ³	marnes et calcaires en miches
n ^{2c}	calcaire du Fontanil
n ^{2M}	marnes de Narbonne
n ¹	calcaire argileux
J ⁹⁻⁷	calcaires et marnes du balcon de St Eynard
J ⁶⁻⁴	marnes noires

Document 4 : analyse comparée de différentes eaux

Quantité de sels dissous en (mg/L)	pH ions H ⁺ responsables de l'acidité	Ca ²⁺	HCO ₃ ⁻	Mg ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻
Eau de la Gorgette, torrent à Saint Pancrasse	6,8	88,8	122	12,4	7	2,1
Eau de pluie en Chartreuse	4	0	165	0,21	6,5	1,5
Eau de l'Isère (Grenoble)	7	74	119	5,8	7	1
Eau de pluie moyenne en France	6.5	non renseigné	130	non renseigné	non renseigné	non renseigné

La présence de CO₂ dans l'eau augmente l'acidité de l'eau : $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$

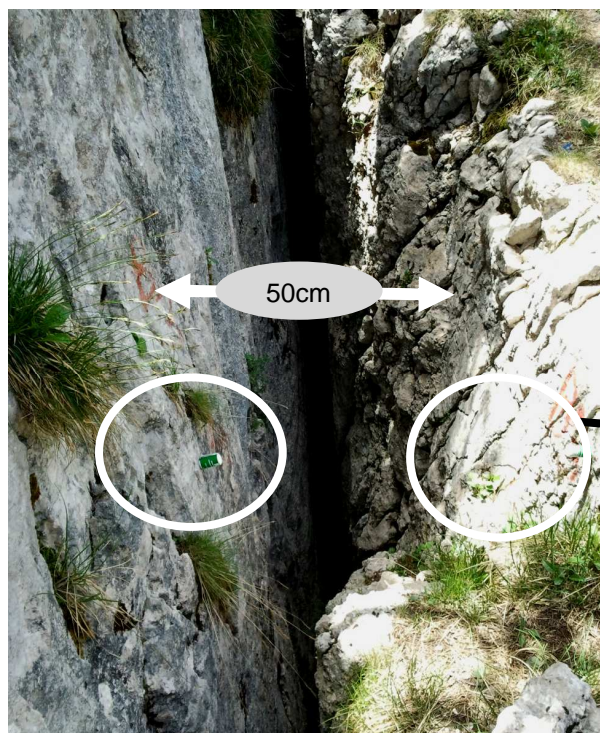
Document 5 : dissolution des calcaires

Observation A : le calcaire ne se dissout pas dans l'eau pure à température ambiante et à la pression atmosphérique.

Observation B : lorsque l'on place de la poudre de calcaire dans de l'eau gazeuse (enrichie en CO_2), on observe la dissolution du calcaire.

Document 6 : exemple de surveillance d'une faille dans le massif de Chartreuse par des capteurs de mouvement au niveau d'une faille de la Dent de Crolles

A l'heure actuelle, on dénombre plusieurs failles surveillées dans le massif de Chartreuse.



Deux capteurs de part et d'autre de la faille.

La faille ci-contre, photographiée au sommet de la dent de Crolles, est large de 50 cm sur plus d'une centaine de mètres de longueur.

Elle est parallèle à la falaise surplombant Saint Pancrasse et elle récolte les eaux de pluie.



Document 7 : risque d'éboulement et expérience de dynamitage du Néron

→ Une falaise fragilisée :

Le Néron est une falaise qui domine Grenoble ; les calcaires urgoniens à son sommet sont semblables à ceux de la Dent de Crolles.

Au cours de l'été 2003, suite à de violents orages, un incendie se déclare sur le Néron. Cet incendie, qui a duré plusieurs jours, a considérablement fragilisé la montagne.

Dans la nuit du 13 au 14 août 2011, 6 heures après l'évacuation du lieu-dit la Ripaillère, 4 300 tonnes de roches sous surveillance s'effondrent. Cet éboulement partiel laisse néanmoins planer une menace puisqu'une partie de la falaise risque à nouveau de s'écrouler.

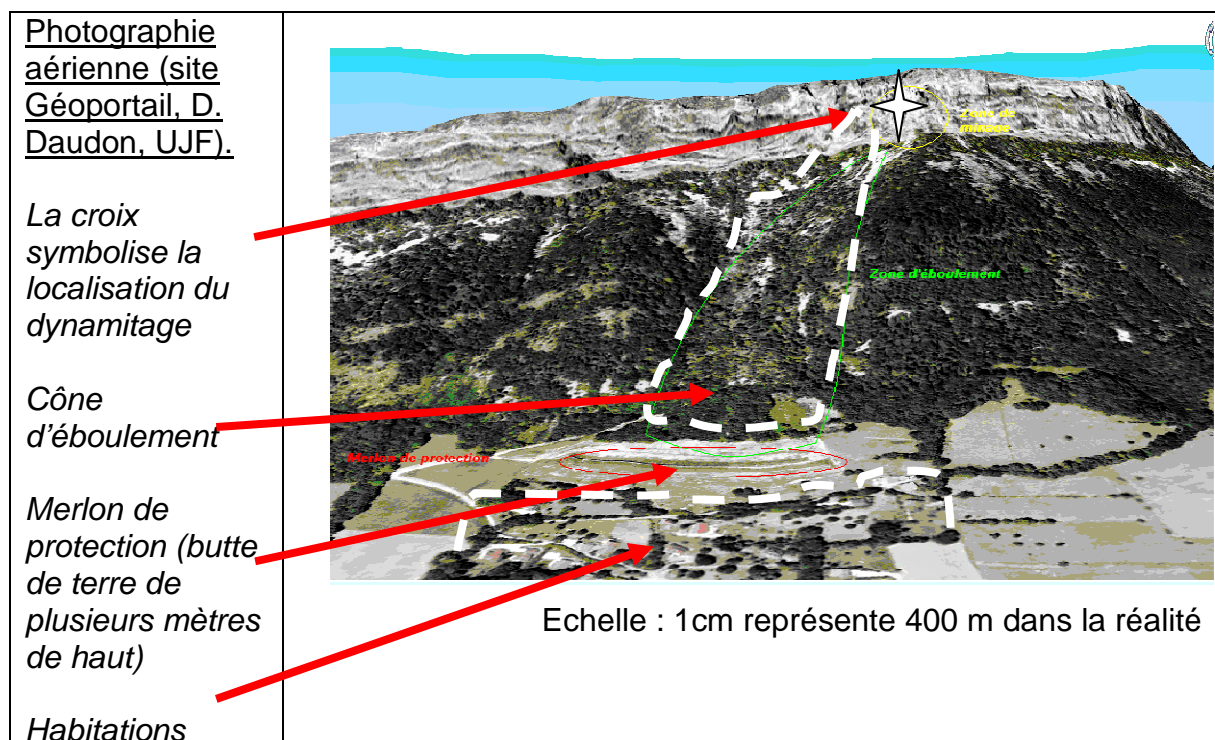
La décision est alors prise de dynamiter la falaise pour purger le Néron et sécuriser les habitations en contrebas.

→ Expérience de dynamitage et suivi de l'éboulement :

Les géologues de la société de géotechnique qui surveillent le site ont convenu avec l'accord du préfet de miner plus de 3 000 m³ de roches.

Suite à l'explosion, les blocs se détachent de la paroi et dévalent la pente vers le sud-est, s'engouffrant dans une combe naturelle.

La majorité des blocs arrête sa course sur la pente constituée de roches marno-calcaires. Quelques blocs seulement atteignent les éléments de protection en place (merlon et filets) à une centaine de mètres des premières habitations.



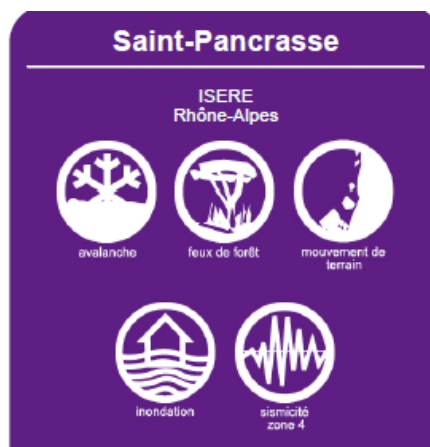
Document 8 : les risques pour le village de St Pancrasse

Scénarios envisageables

Scénario 1 : l'éboulement ensevelit les communes de St Pancrasse et de Crolles.

Scénario 2 : l'éboulement descend la pente de St Pancrasse et touche une partie de la commune. La ville de Crolles est épargnée.

Scénario 3 : l'éboulement s'arrête dans les marnes au dessus de St Pancrasse et le village de St Pancrasse est épargné.



Questions :

Question 1 : localisation des éboulements de la falaise de la Dent de Crolles.

A partir des informations des documents 1, 2 et 3, indiquer par une croix sur la coupe géologique simplifiée (document 3a), le point de départ de l'éboulement de St Pancrasse du 14 novembre 2010.

La réponse doit être justifiée.

La page comportant le document 3a est à rendre complétée.

Question 2 : l'altération des roches en Chartreuse

A partir de l'exploitation des documents 4, 5 et 6, expliquer le mécanisme d'altération des falaises calcaires pouvant conduire aux éboulements observés.

Question 3 : les risques à Saint Pancrasse

Les scientifiques qui surveillent la Dent de Crolles estiment que le scénario le plus probable pour la commune de Saint Pancrasse est le scénario n°3 présenté dans le document 8.

A partir des informations sur les éboulements de Chartreuse et du Néron, présenter les arguments géologiques qui permettent aux scientifiques d'appuyer le scénario n°3.