

Olympiades de géosciences 2018

**Nouvelle-Calédonie
Polynésie Française**

AEFE

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 - 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, a été à l'origine de la destruction à 95 % 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

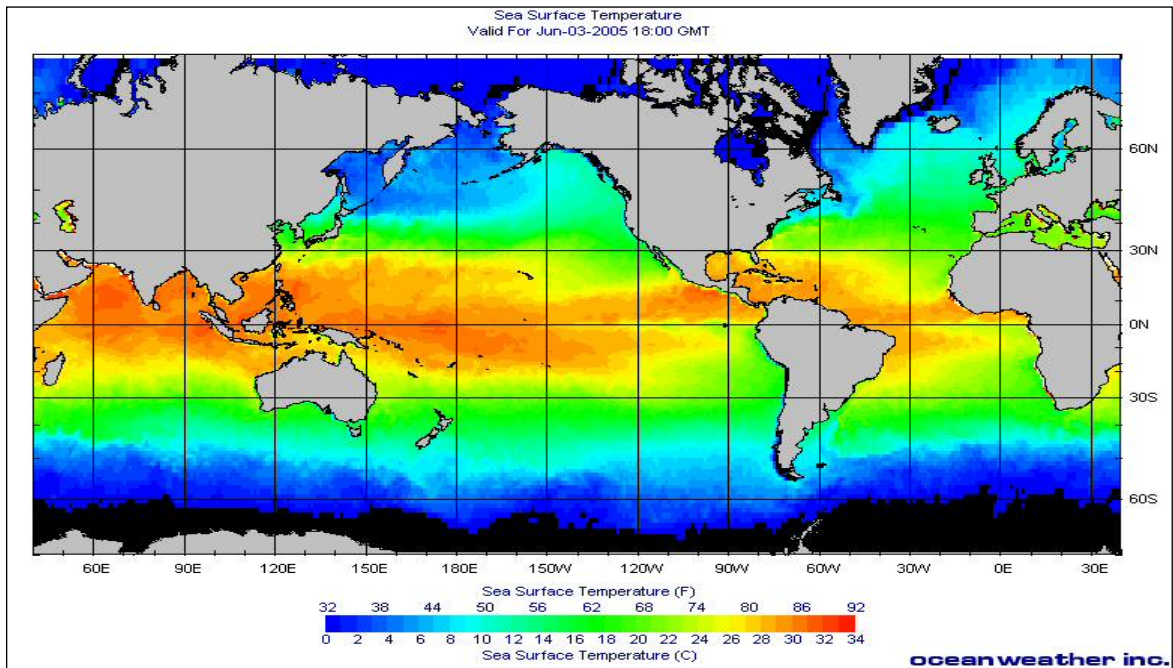


Source : Le courrier de Floride

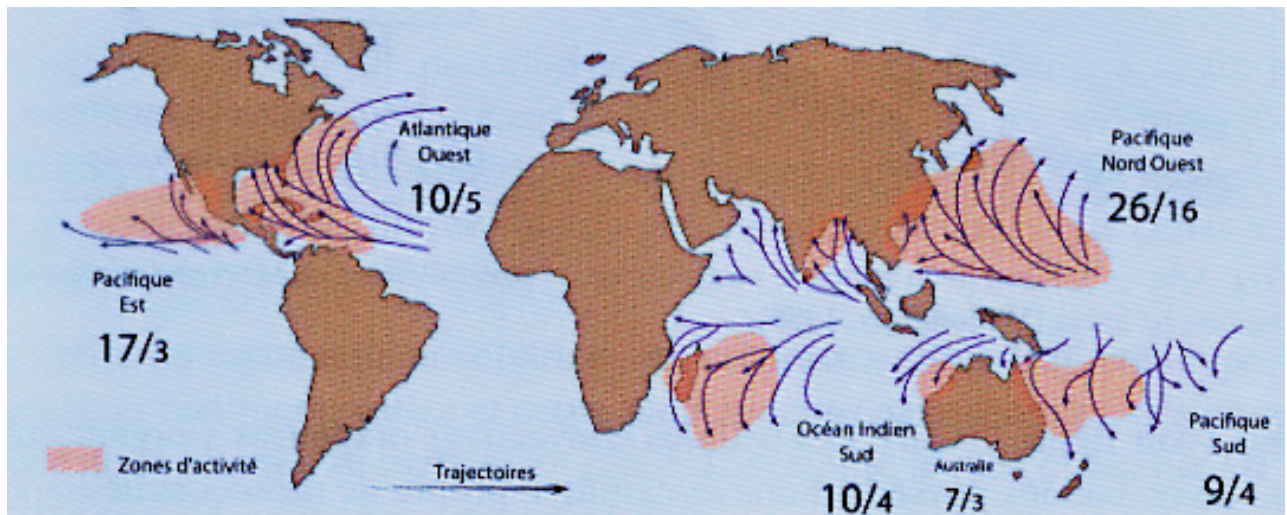
Questions à partir de l'exploitation des documents

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 votre réponse.

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



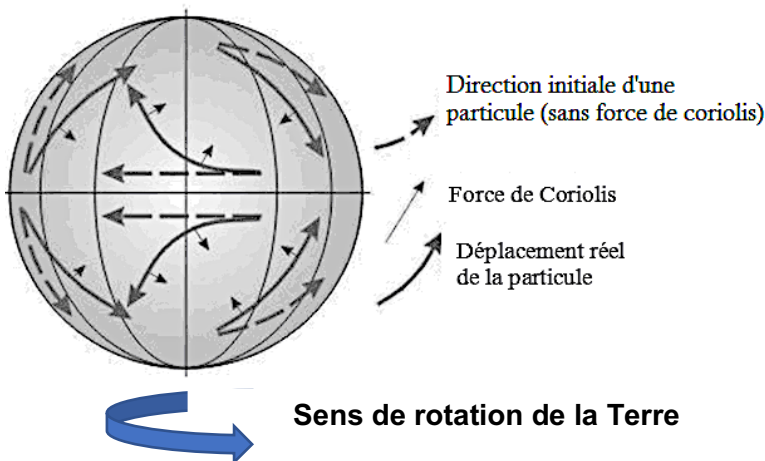
Document 2 - Zones de formation et d'activité des cyclones, trajectoires et nombre moyen par an et par bassin de tempêtes tropicales (chiffres de gauche) et de cyclones (chiffres de droite)



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

Document 3 - La force de Coriolis

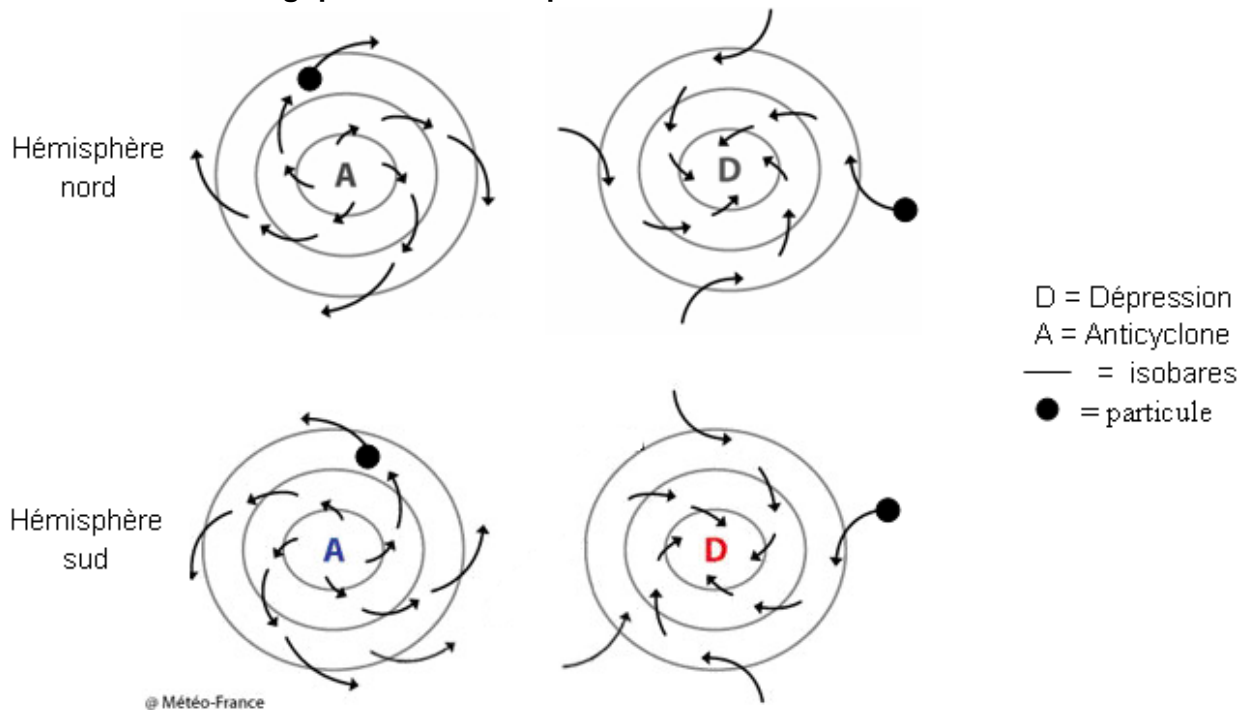
Document 3a - Influence de la force de Coriolis sur une particule en mouvement



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

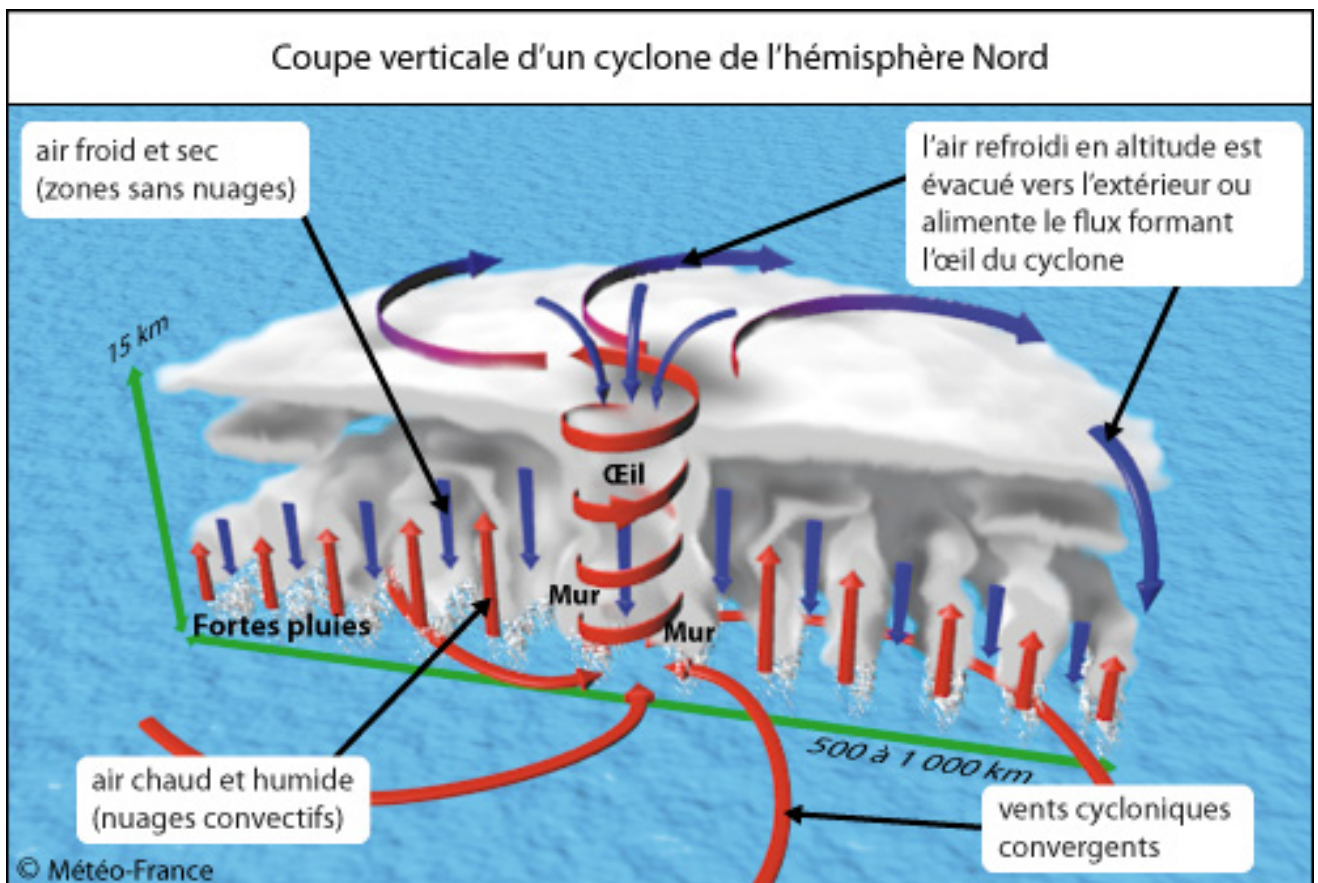
Document 3b - Influence de la force de Coriolis sur le sens de rotation des particules en fonction du contexte météorologique et de l'hémisphère



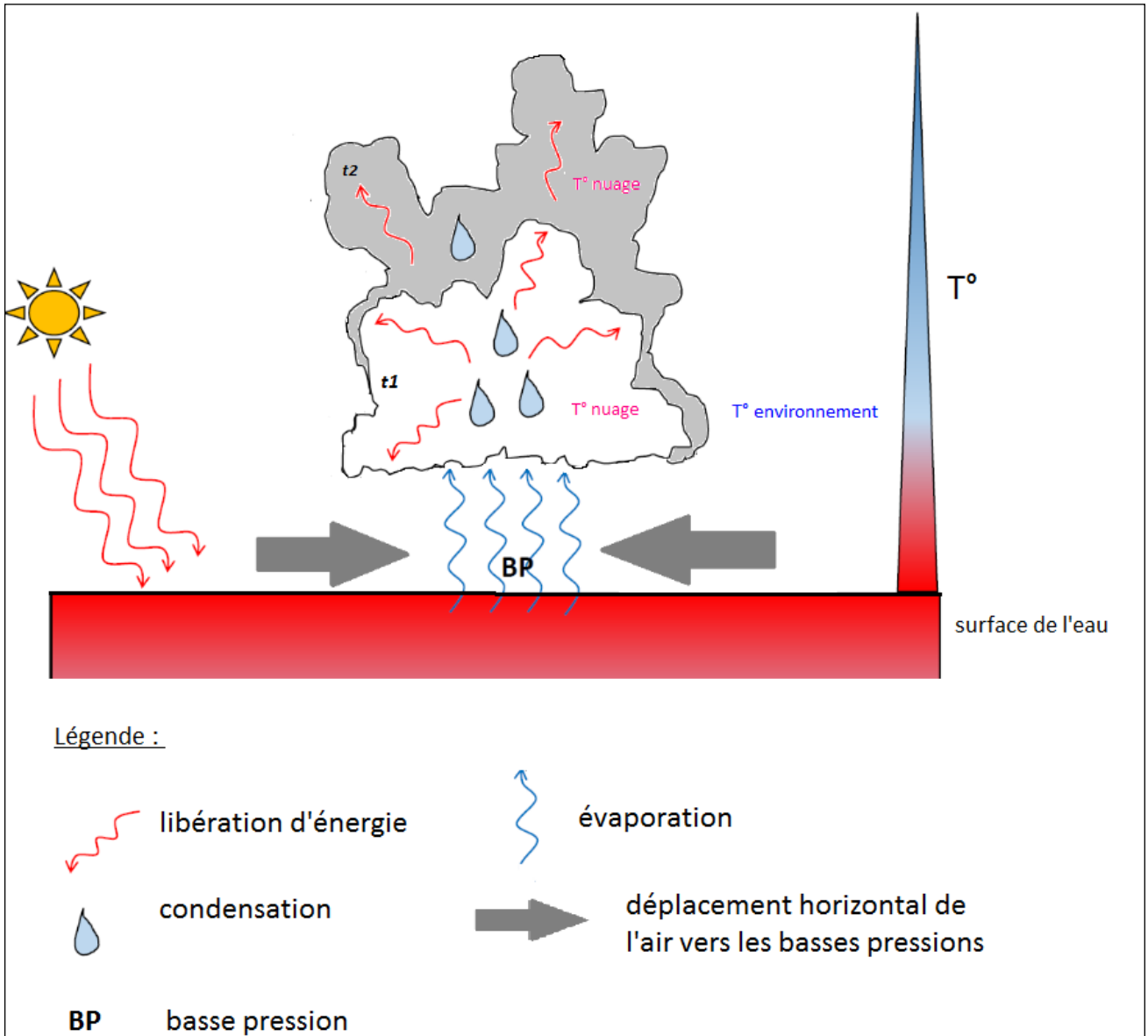
Document 4 - Formation du nuage cyclonique

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.

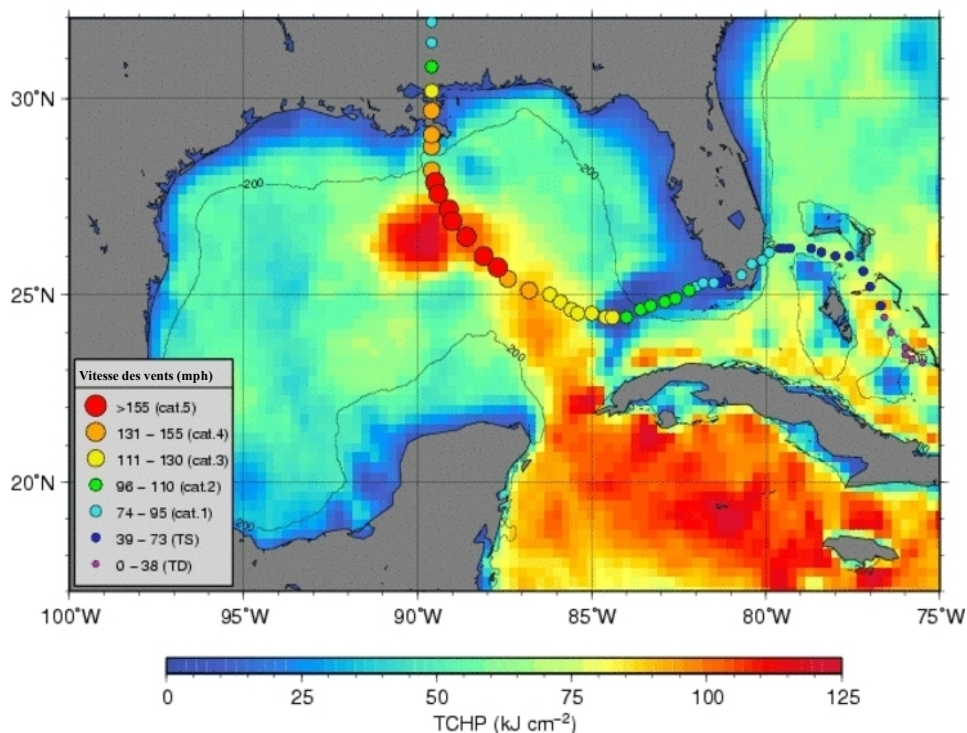


Document 4b - Dans les zones de formation de cyclone, on observe des mouvements d'air ascendants. En s'élevant, l'air se refroidit, et une partie de la vapeur d'eau qu'il contient se condense. Cette condensation est à l'origine d'une libération d'énergie (nuage à t_1 sur le schéma), qui élève la température 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).

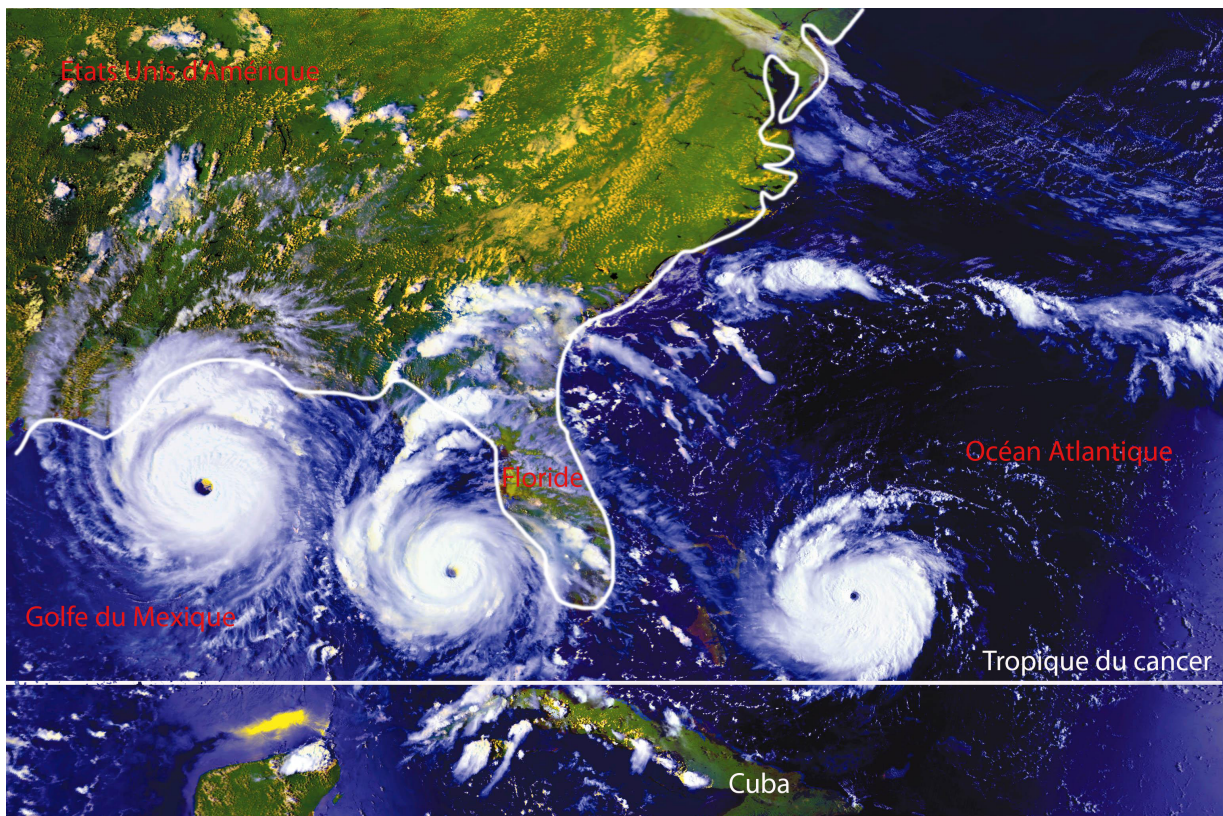
Catégorie	Vitesse des vents en mph	Vitesse des vents en km.h ⁻¹	Dommages
Dépression tropicale	17 à 33	29 à 61 km.h ⁻¹	
Tempête tropicale	34 à 63	89 à 117 km.h ⁻¹	
Cyclone de niveau 1	64 à 95	118 à 153 km.h ⁻¹	Peu de dommages, inondation côtière
Cyclone de niveau 2	96 à 110	154 à 177 km.h ⁻¹	Dégâts notoires, 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 piedes, 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 votre 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). A 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 ? »

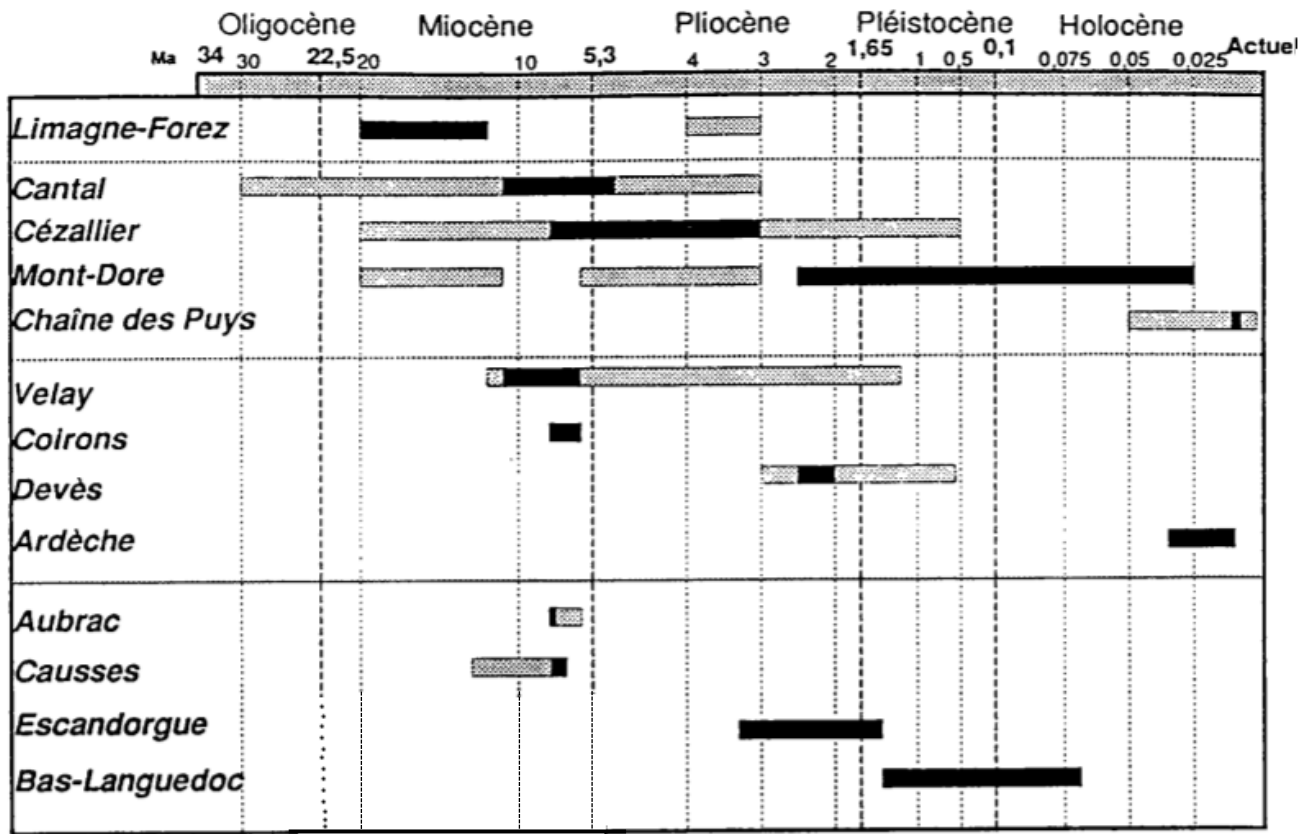
Document 1 - Taux nationaux de mortalité annuelle pour différents risques naturels correspondant au nombre d'événements et à leurs victimes associées sur la période de 1900 à 2013 et calculé pour une population moyenne de 50 millions d'habitants.

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

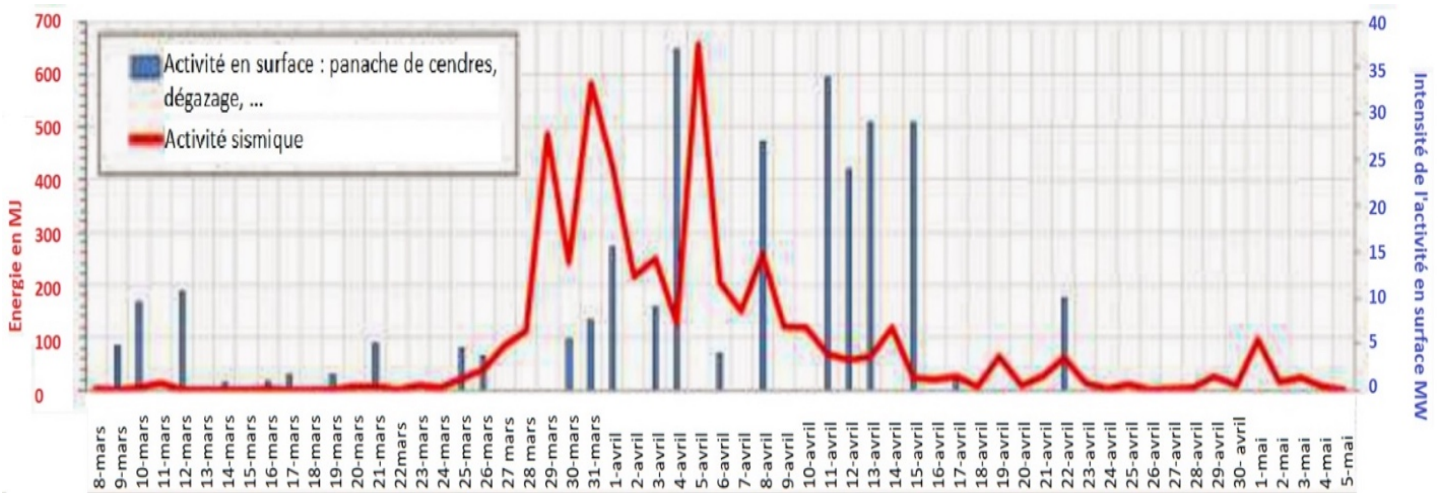
Document 2 - Chronologie des épisodes volcaniques dans le Massif Central



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

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

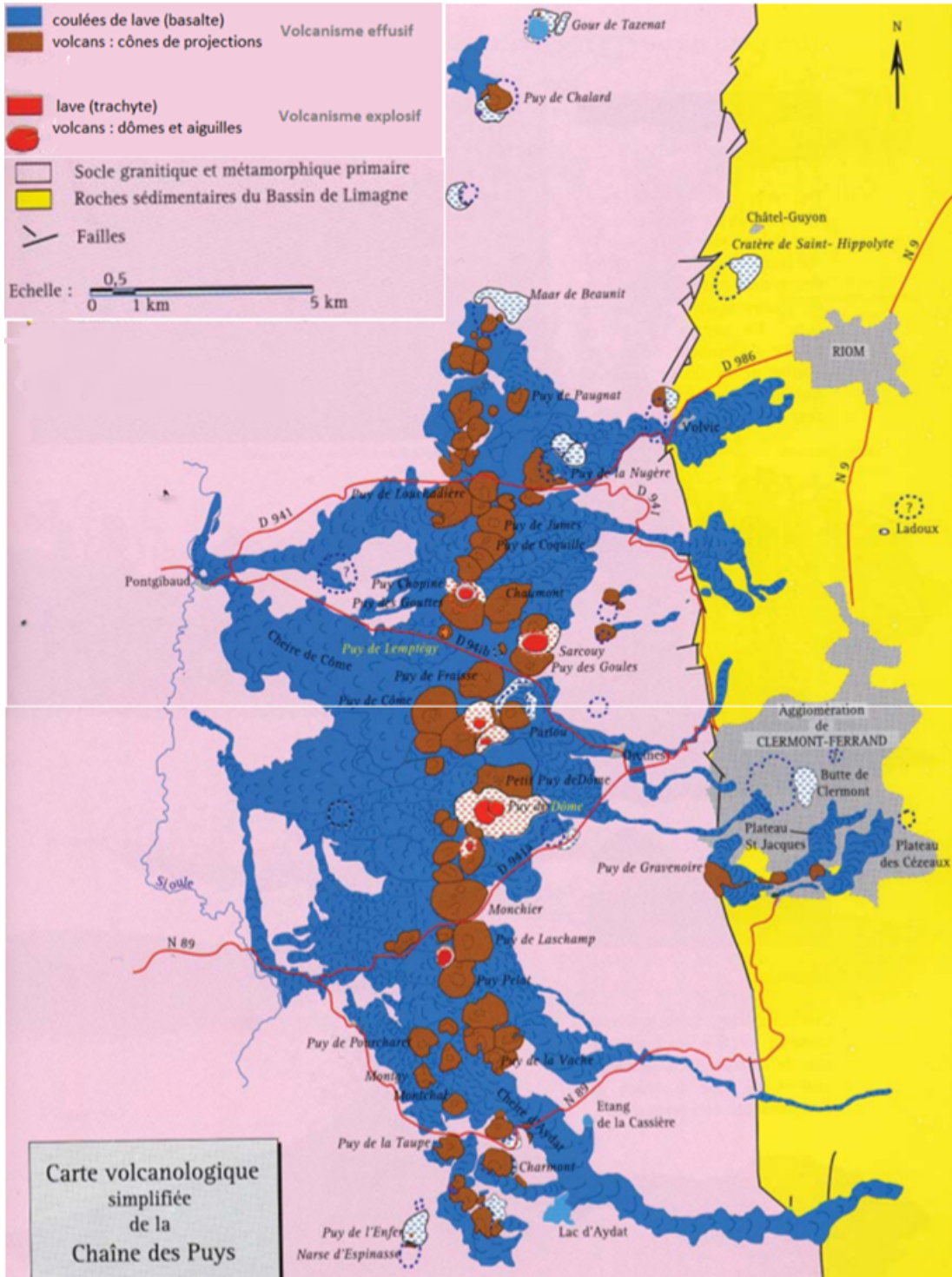
Document 5 - Les grandes étapes de l'activité de la Chaîne des Puys

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 7000 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. A cette époque, et en moins de 200 ans, se forment quatre volcans. Il est ainsi évident que des hommes ont assisté à des éruptions volcaniques dans la Chaîne des Puys.

D'après <http://science.vulcania.com>

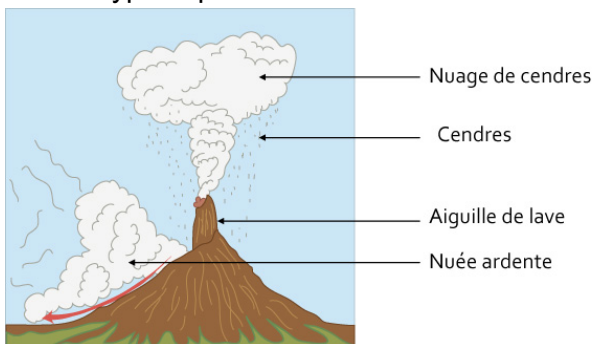
Document 6 - Extrait de la carte géologique de la Chaîne des Puys



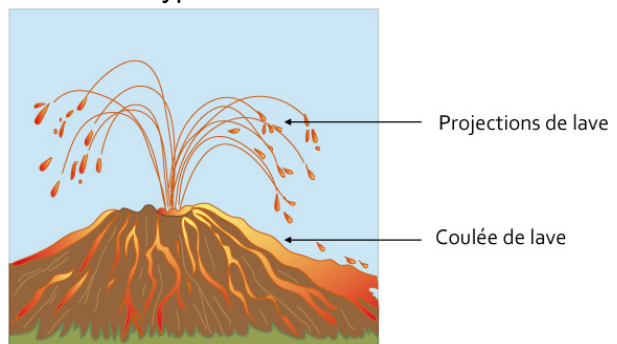
D'après de Goër de Hervé, Camus, Boivin, Gourgaud, Kieffer, Mergoil, Vincent, 1991 modifié

Document 7 - Schéma des deux grands types d'éruption

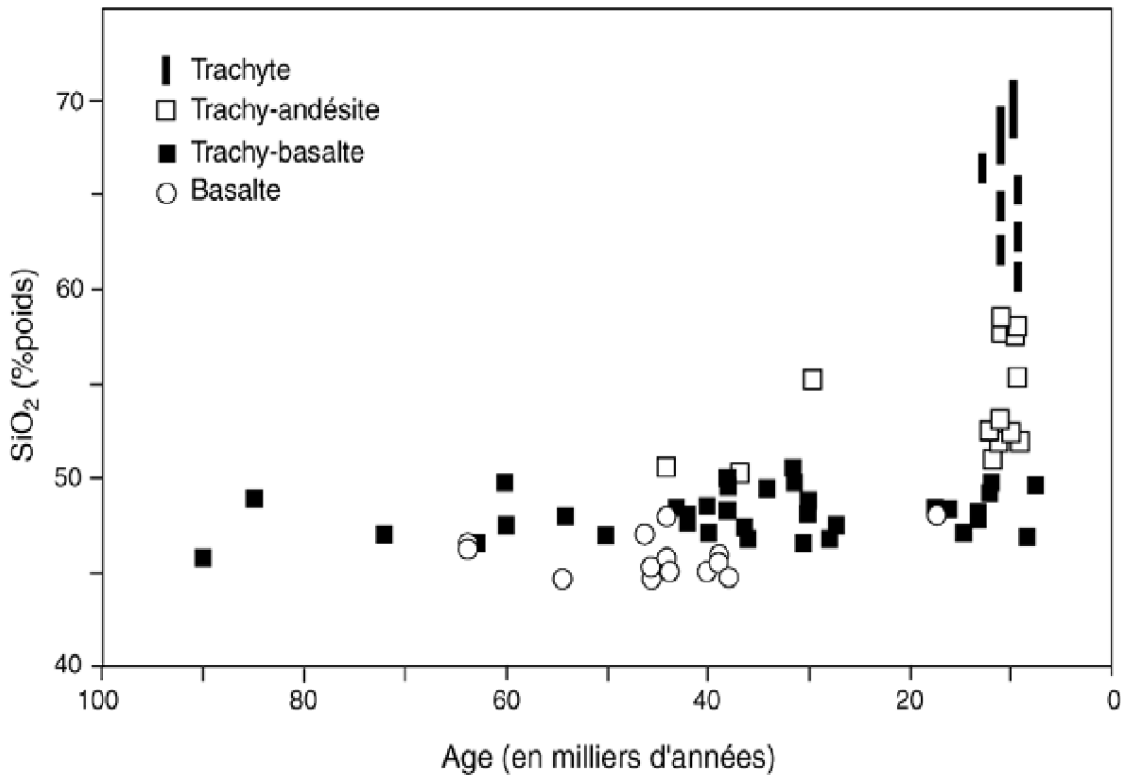
Type explosif



Type effusif

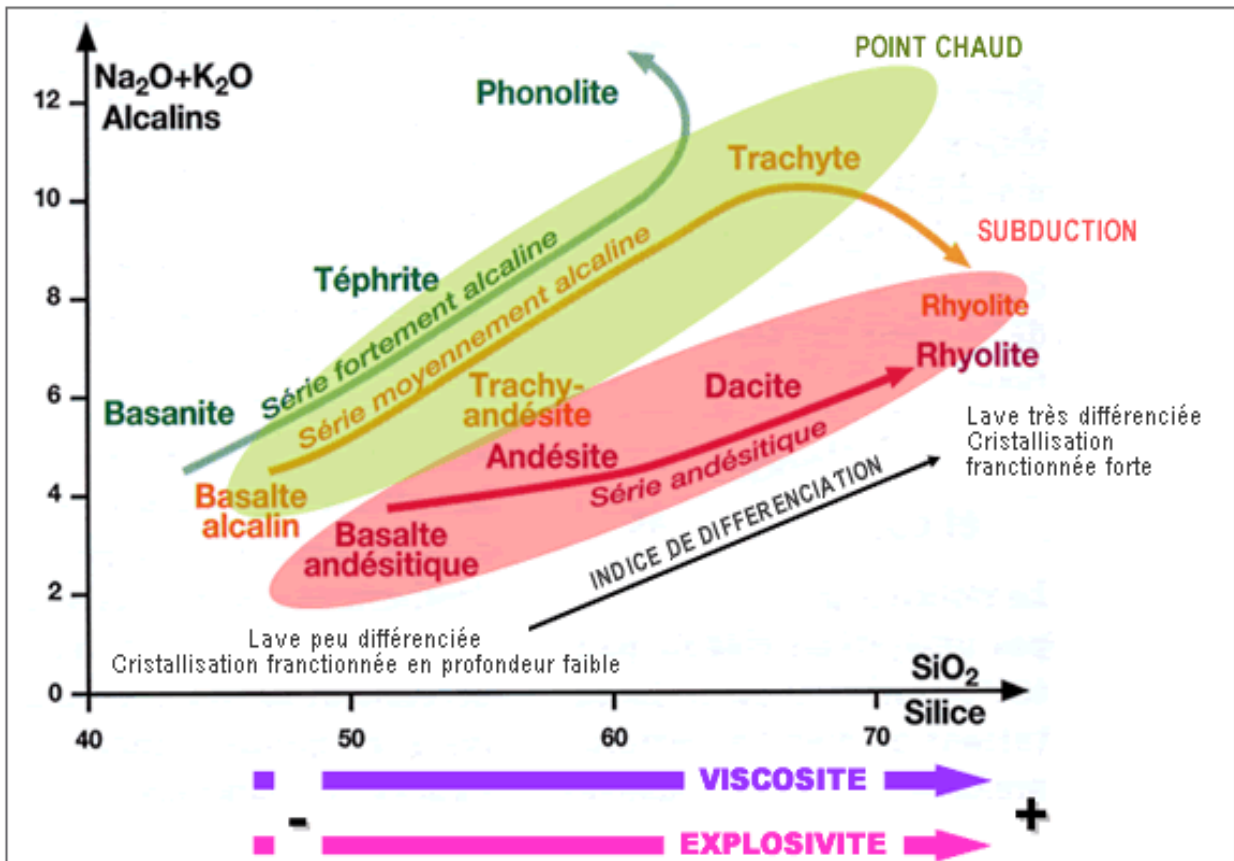


Document 8 - Teneur en silice des laves de la Chaîne des Puys en fonction de leur âge



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 (Doc.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 (Doc.2).

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

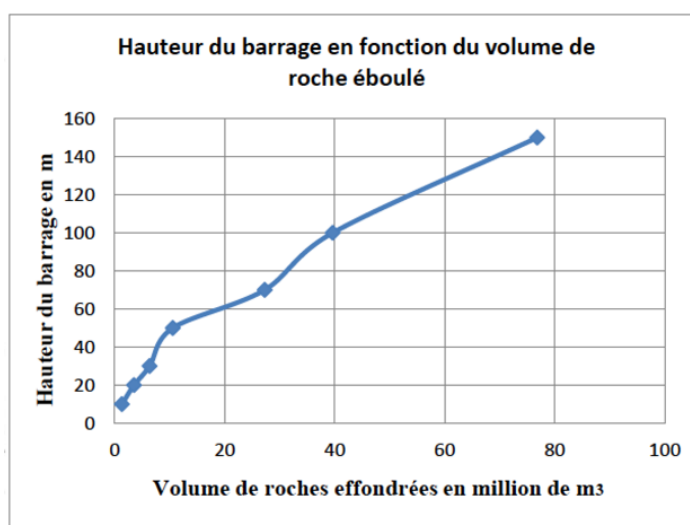
Question 1 : (4 pts)

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.

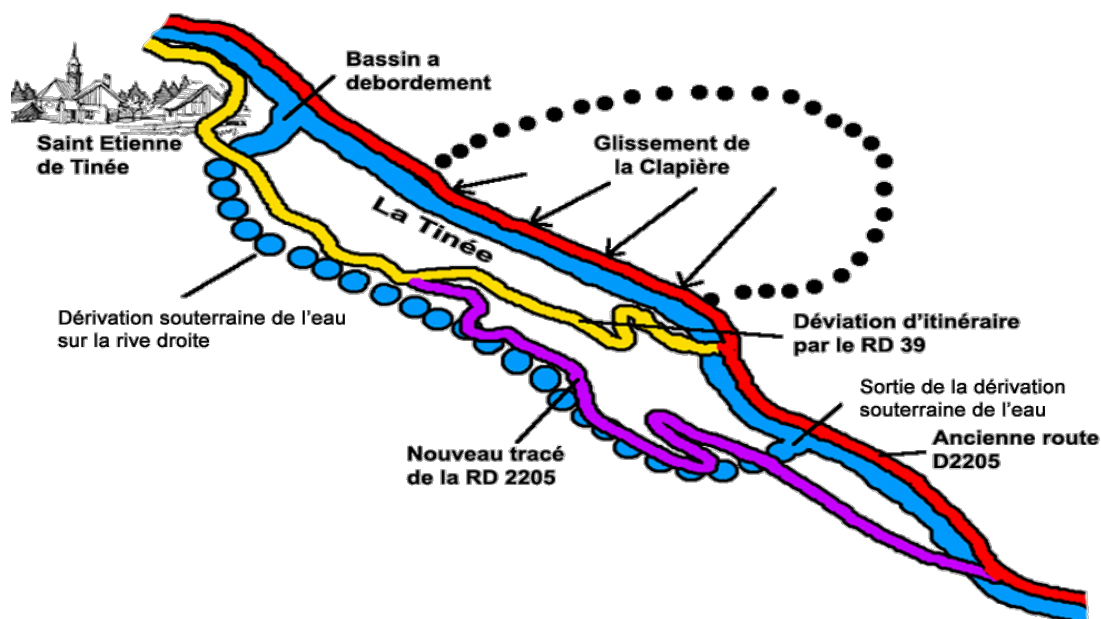


Document 3 - Localisation des aménagements

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.

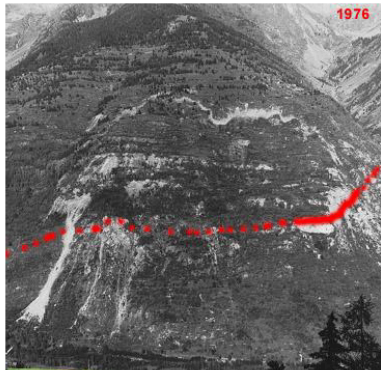
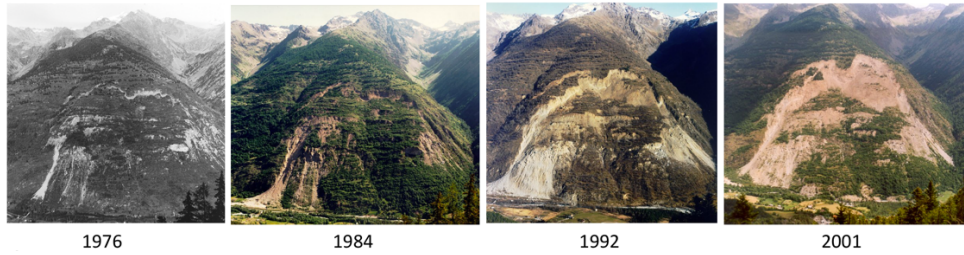
Une nouvelle route a été construite sur la rive droite de la rivière



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.

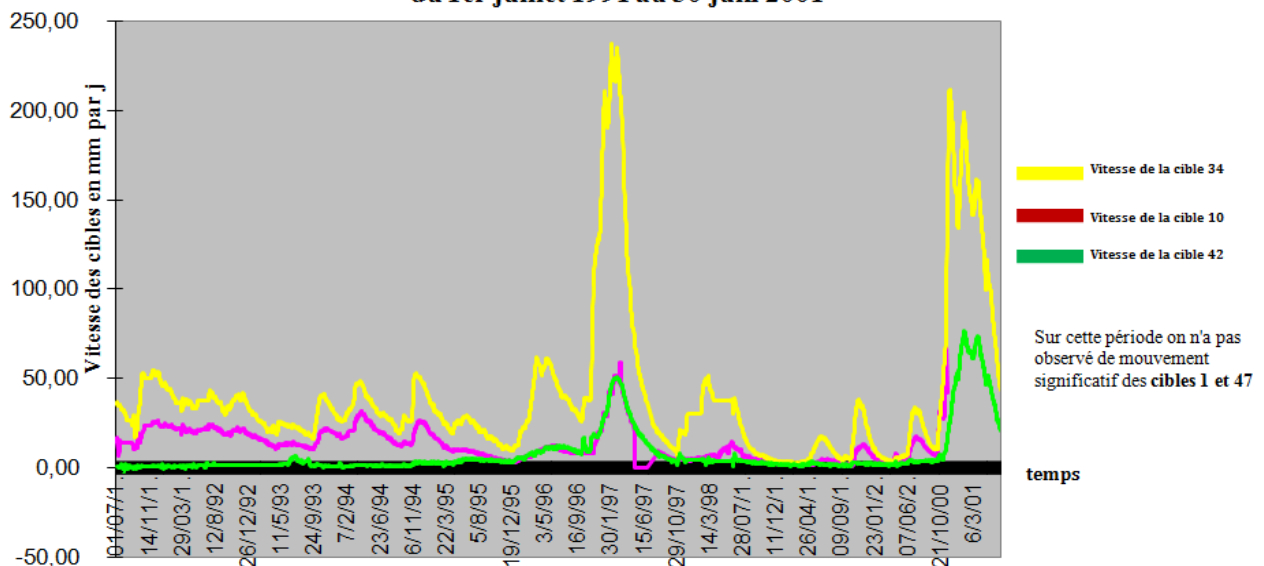
Gneiss : roche métamorphique, présentant une foliation caractérisée par des lits de teinte sombre, riche en minéraux ferromagnésiens (biotite, amphibole) alternant avec des lits clairs de quartz et de feldspaths.

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.

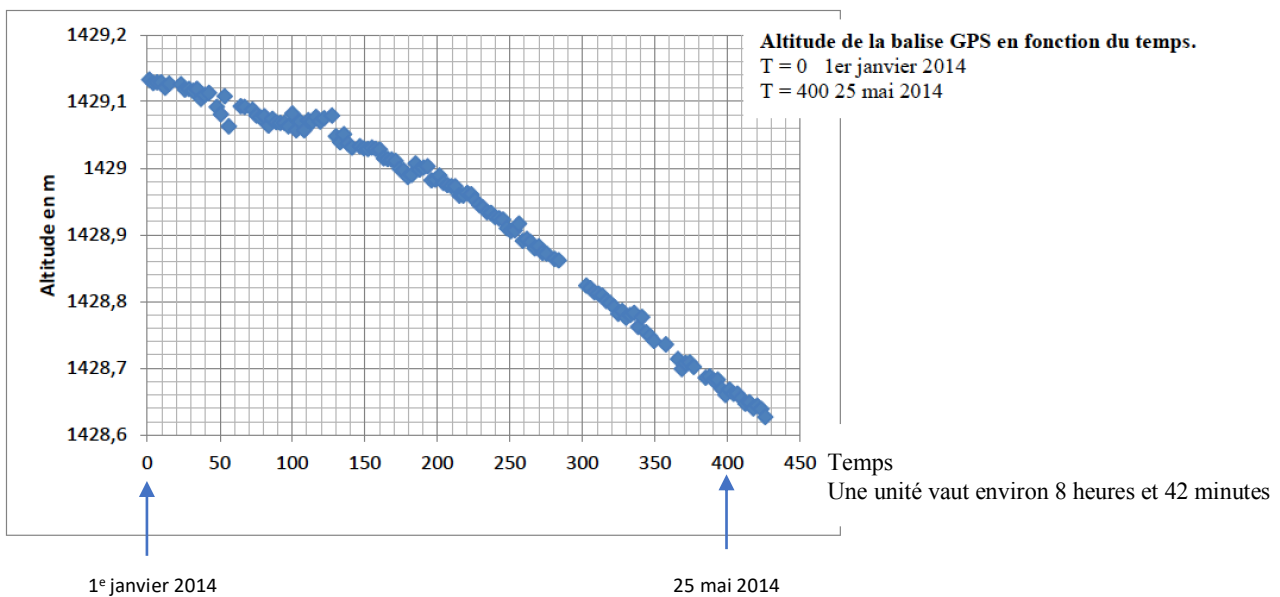


Vitesse de glissement (en mm/j) des cibles 10, 34, 42 du 1er juillet 1991 au 30 juin 2001



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



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.

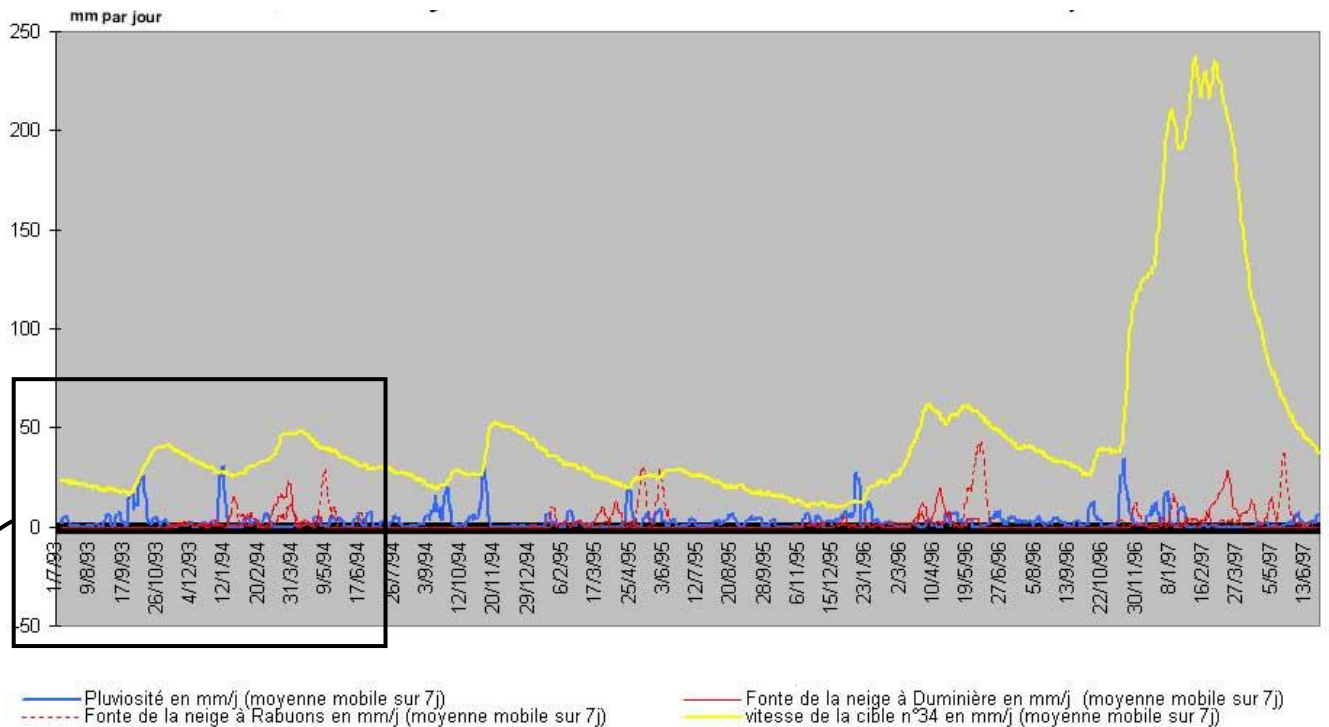
- L'observation géologique du massif montre que :
 - la falaise de diorite retient le glissement.
 - la falaise de diorite facilite le glissement.
 - la falaise de diorite est un indicateur de glissement, car une partie s'est décalée vers le haut.
 - la falaise de diorite est un indicateur de glissement, car une partie s'est décalée vers le bas.
- 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 :
 - $((1429,12-1428,6)/400)*1000 = 1,25 \text{ mm/j}$
 - $((1429,12-1428,6)/(31+28+31+30+25))*1000 = 3,45 \text{ mm/j}$
 - $(400/(1429,12-1428,6))*1000 = 800 \text{ 000 mm/j}$
 - $((31+28+30+31+25)/(1429,12-1428,6))*1000 = 250 \text{ 000 mm/j}$
- À la lecture du document 5, on peut affirmer que :
 - le mouvement des cibles 10 et 34 est synchrone.
 - les cibles bougent avec la même vitesse.
 - 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.
 - 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.
- En mettant en relation les documents 5 et 6 :
 - le mouvement actuel est comparable au mouvement du massif en février 1997.
 - le mouvement actuel est plus rapide que le mouvement du massif en février 1997.
 - le mouvement actuel est plus lent que le mouvement du massif en février 1997.
 - il est impossible de comparer les mouvements actuels et ceux de février 1997.

Partie 3 - À la recherche des causes du glissement

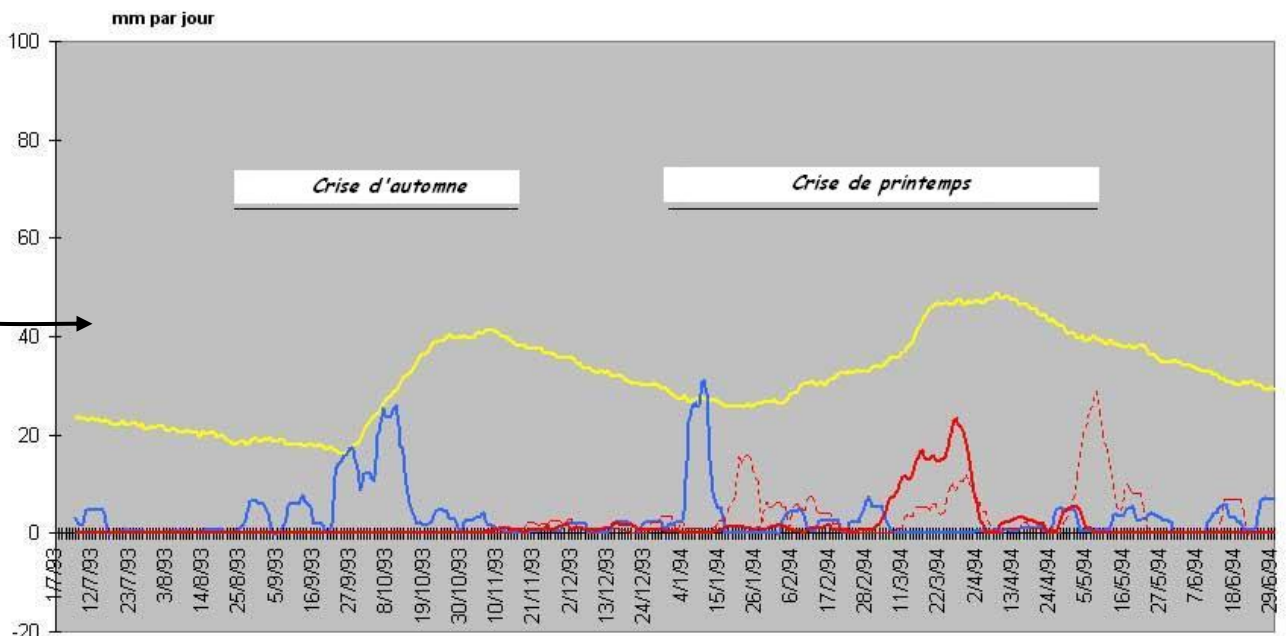
Pour mieux anticiper le risque naturel dans cette vallée, il est important de comprendre l'aléa, notamment les causes du glissement. Des travaux sont toujours menés par des équipes de chercheurs sur ce site. Quelques résultats de ces recherches sont décrits ci-dessous.

Document 7 - Mouvement des cibles et données météorologiques

Pluviosité, fonte des neiges à Duminères et Rabuons, 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



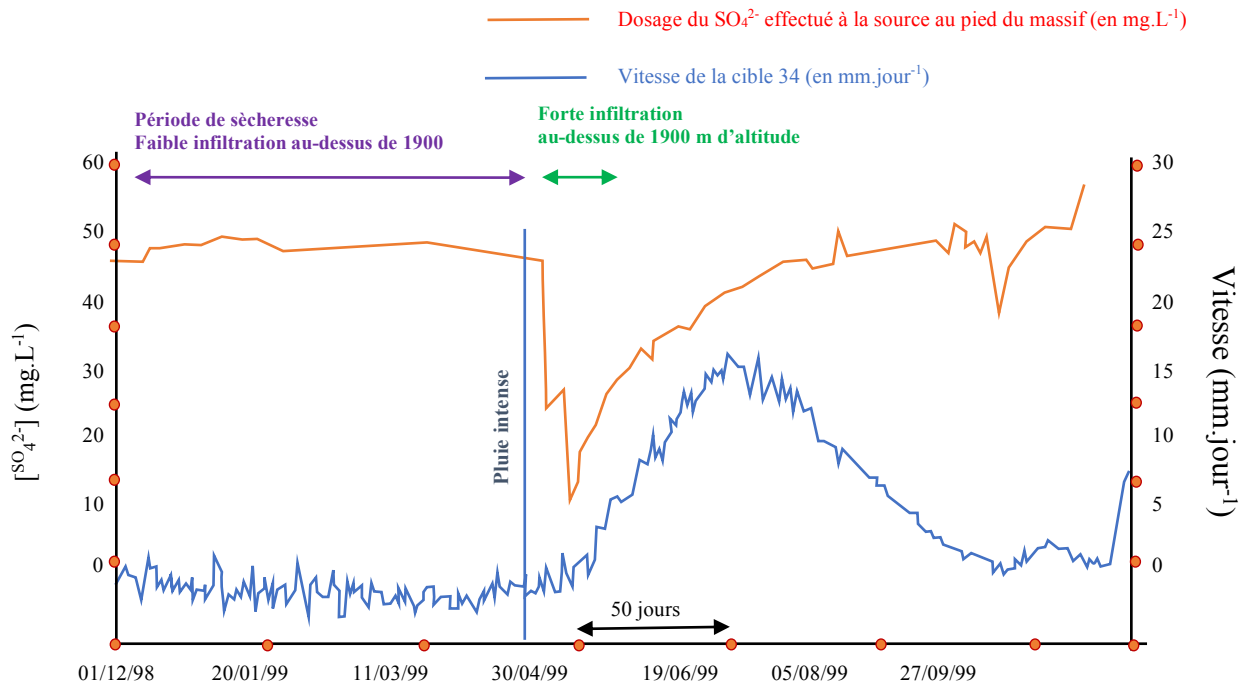
Échelles identiques pour la vitesse et les quantités d'eau

(source : Lithothèque PACA)

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

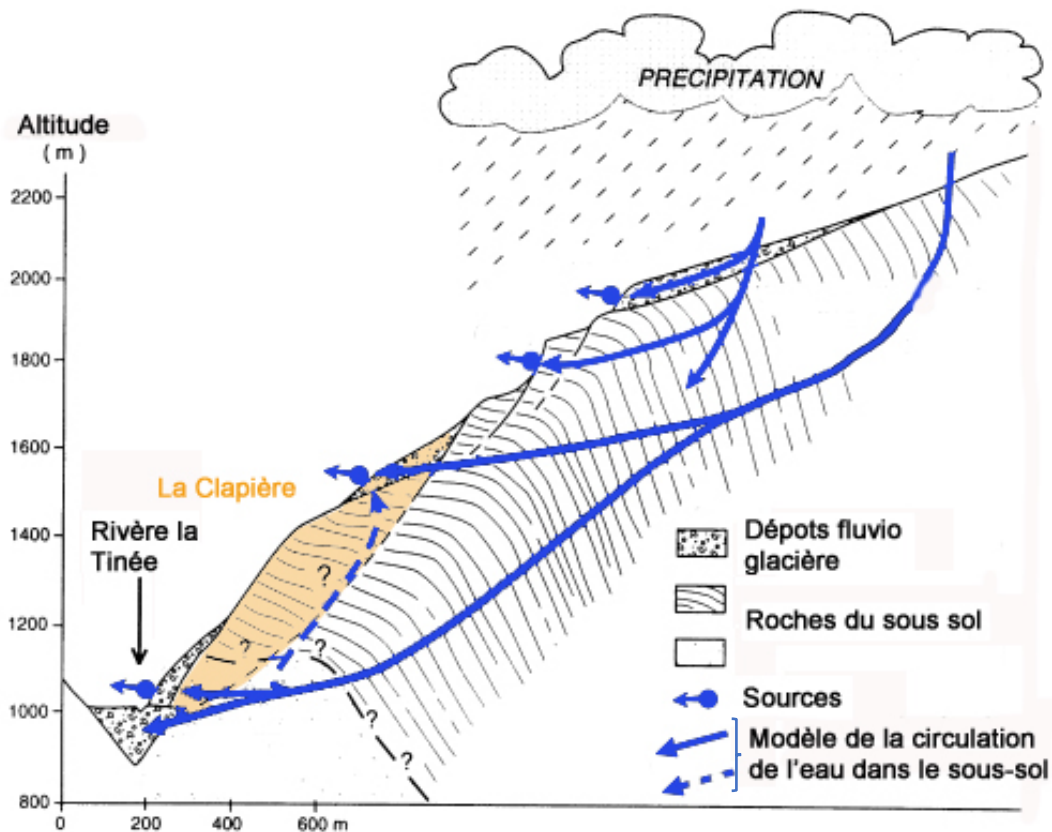
Des prélèvements réguliers d'eau de source sont effectués pour l'analyse d'éléments chimiques comme les sulfates. Les sulfates résultent d'une altération par dissolution d'éléments constitutifs du gneiss par les eaux d'infiltration qui circulent dans le massif. Les sulfates se diluent dans l'eau circulante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

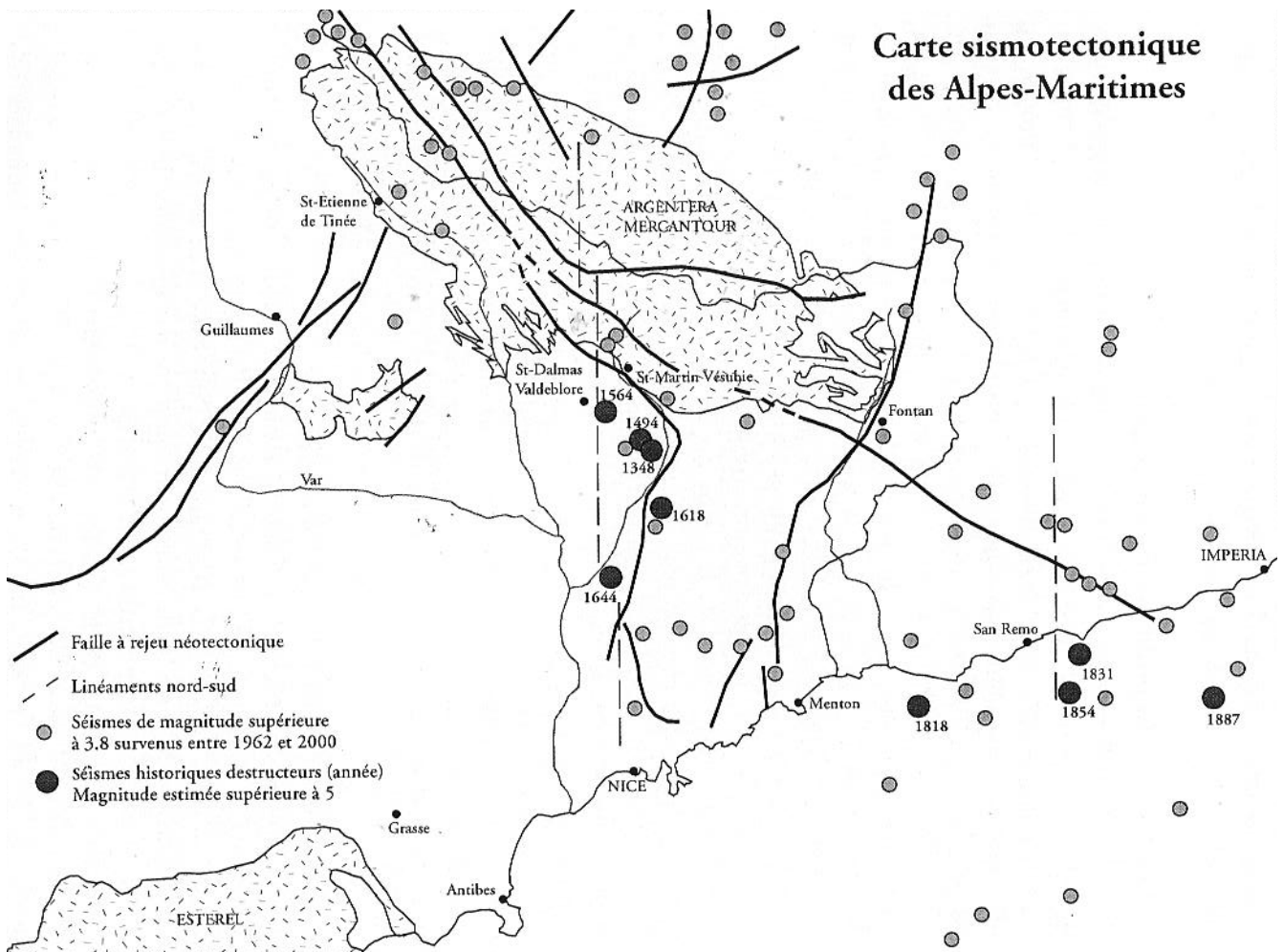


Vitesse de la cible 34 et concentration en sulfate de l'eau d'une source située au pied du glissement entre décembre 1998 et octobre 1999. Le trait vertical marque une période de pluie intense (20 et 21/04/99).

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



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)

