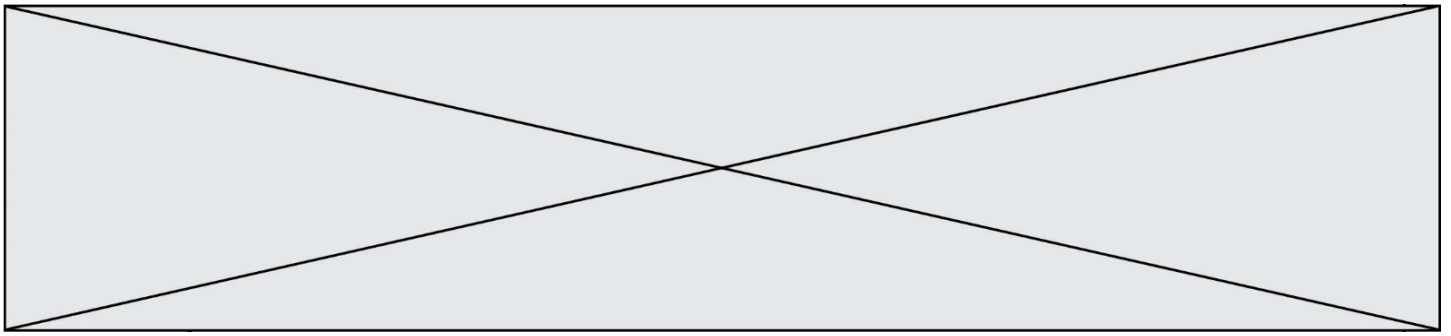




Exercice 1 – Niveau terminale

Thème « Science, climat et société »

Le permafrost, une bombe climatique à retardement ?

Sur 10 points

Le permafrost est une couche de sol gelé en permanence. D'après les climatologues, il est considéré aujourd'hui comme une « bombe climatique à retardement ». Il s'agit ici de s'interroger sur la validité scientifique de cette expression.

Partie 1 – L'évolution du permafrost arctique

Document 1 – Répartition mondiale du permafrost actuel

« Un cinquième de la surface terrestre est congelé. Ce sol mêlé de glace, nommé [...] permafrost, se trouve surtout en Arctique ; il représente 25 millions de kilomètres carrés, soit deux fois et demie la superficie de l'Europe. »

Source : extrait d'un article scientifique publié dans *Pour la Science*, n° 390, Avril 2010

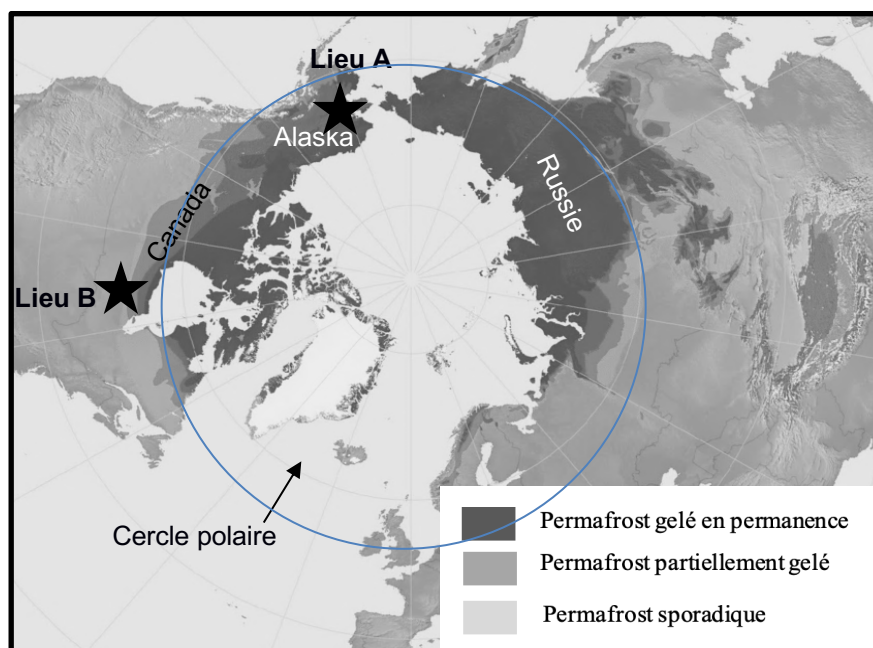


Figure 1 – Carte de l'Arctique

Source : d'après Brown et al, 1997 in *International Permafrost Association*, 2020

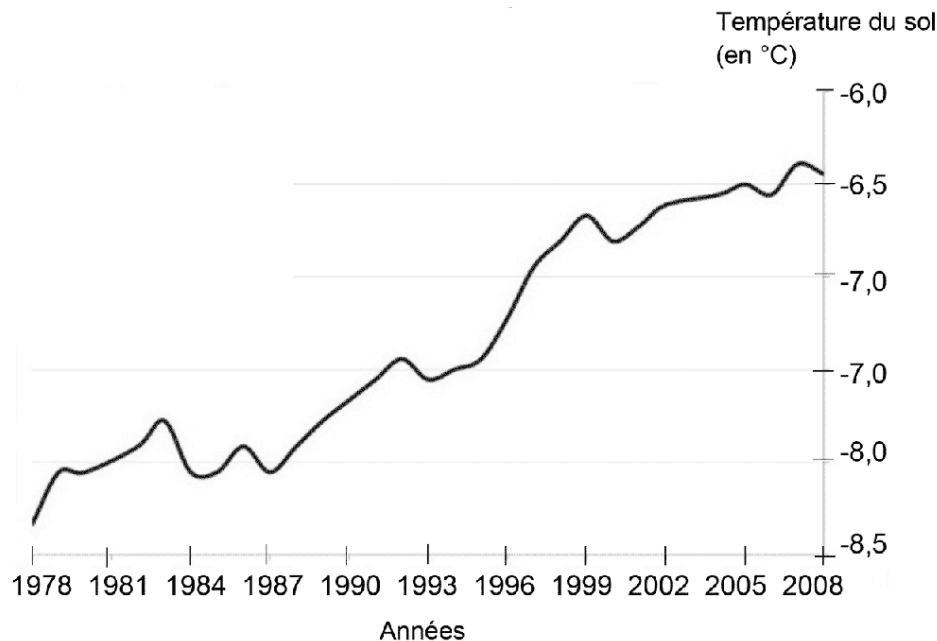


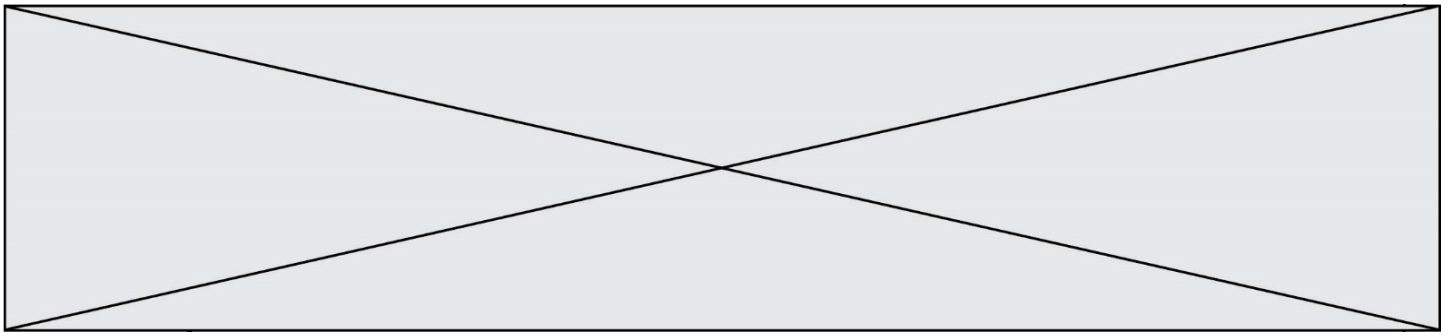
Figure 2 – Évolution de la température du permafrost en Alaska (lieu A)
à 20 mètres de profondeur en fonction du temps

Source : d'après leau-vive.ca/Societe/pergelisol-et-impacts-sur-les-communautes-nordiques, 2018

- 1- Indiquer la localisation géographique principale actuelle du permafrost.

Les chercheurs ont étudié l'évolution du permafrost à deux endroits situés en Alaska et près de la baie d'Hudson au Canada, où se trouvent deux centres d'études météorologiques. Ces lieux sont notés A et B sur la carte du document 1.

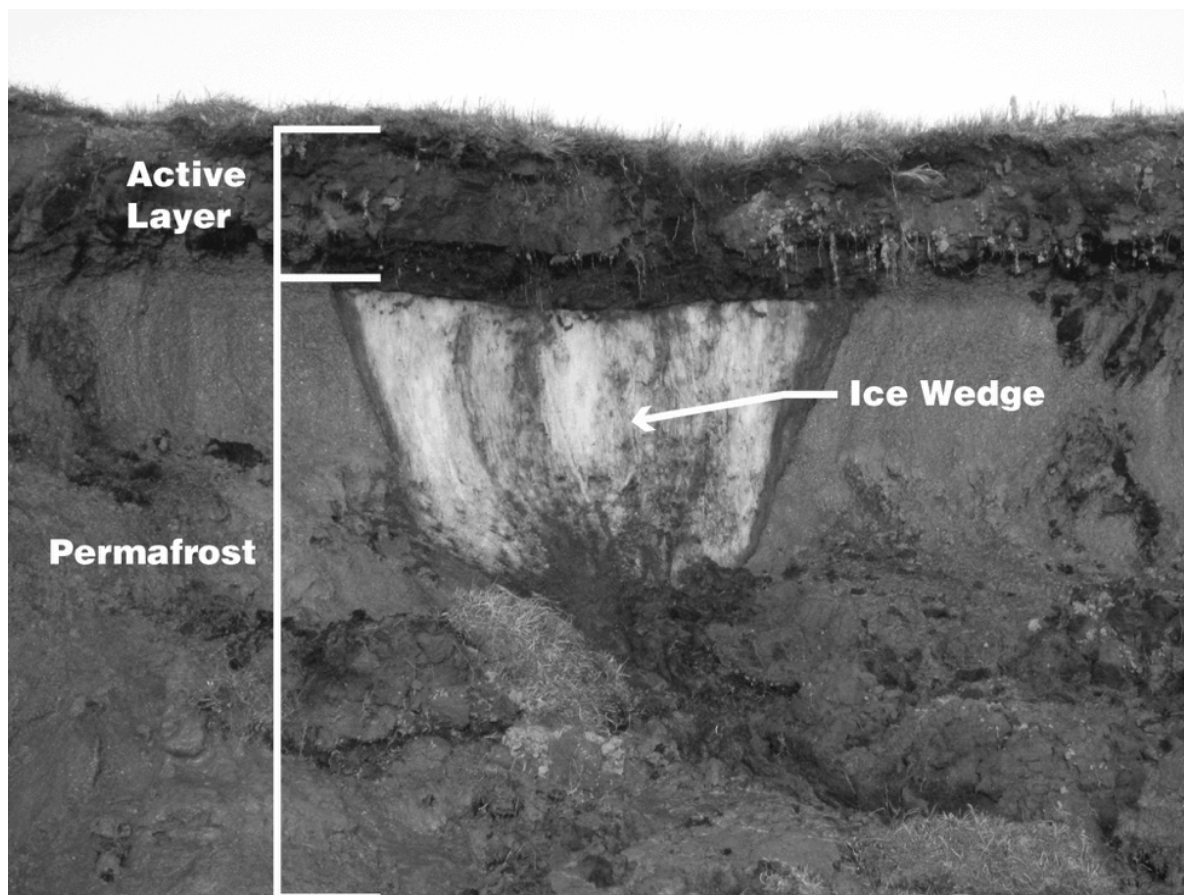
- 2- En utilisant la figure 2 du document 1, décrire l'évolution globale de la température du permafrost dans le lieu A au cours du temps.
- 3- En déduire si l'état physique de l'eau du permafrost en Alaska, dans le lieu A, a changé suite à cette évolution.



Partie 2 – Conséquences sur le paysage de l'évolution du permafrost

Document 2 – Structure du sol au lieu B

Près de la baie d'Hudson (lieu B), la température du permafrost peut devenir positive au cours de l'année. Une coupe permet d'observer les différentes couches qui constituent le sol.



Active layer = couche active Ice wedge = coin de glace (poche de glace)

Source : *The layers of permafrost*. Photographie : Benjamin Jones, USGS

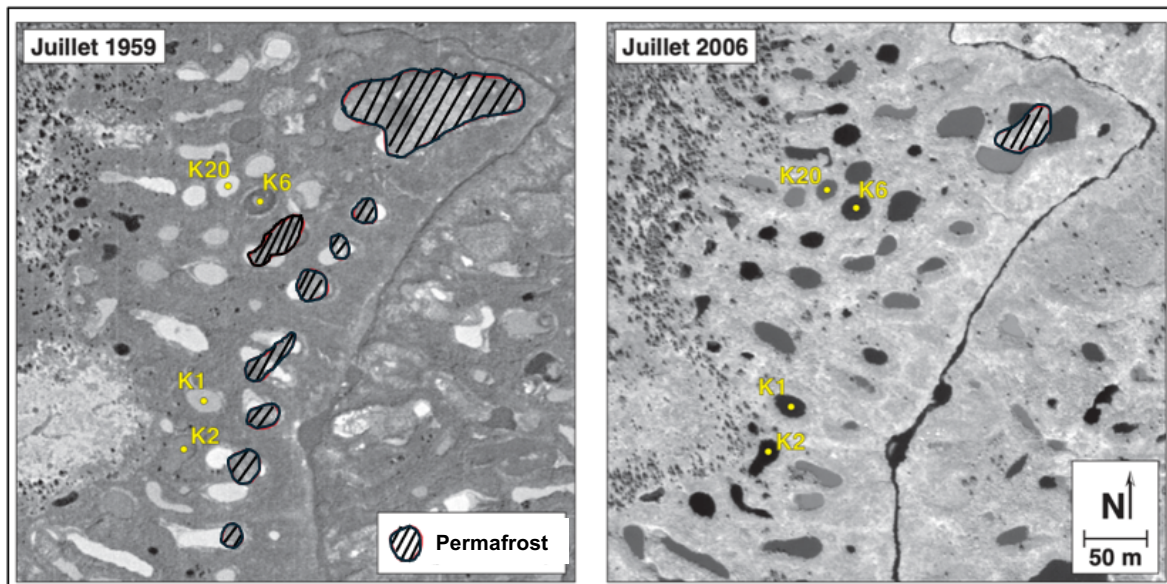
- 4- Recopier la proposition correcte si la température du permafrost devient positive :
- a) Le permafrost fond.
 - b) La glace fond.
 - c) Le permafrost n'est pas modifié.
 - d) L'état physique de la glace ne change pas.

**Document 3 – Vues aériennes du lieu B en 1959 et 2006**

Le « thermokarst » désigne la structure du paysage associée au réchauffement d'un permafrost riche en glace, ce qui provoque notamment l'affaissement de la surface du sol et la formation de mares ou de lacs dans les dépressions produites.

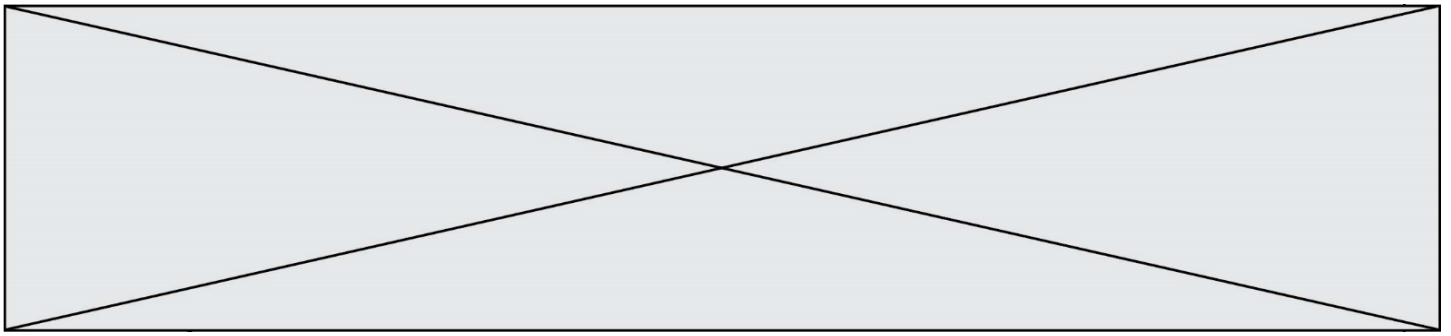
L'eau liquide apparaît de couleur noire sur les photographies.

Les légendes K1, K2, K6 et K20 indiquent la localisation de thermokarsts.



Source : d'après Bouchard et al, 2012

- 5- Identifier les changements observés sur les paysages en comparant les photographies aériennes du lieu B et proposer une explication.
- 6- Indiquer une conséquence que peut avoir le dégel du permafrost sur les infrastructures et les activités humaines dans cette région.



Partie 3 – Dioxyde de carbone et méthane, des gaz à effet de serre du permafrost

Le méthane et le dioxyde de carbone sont naturellement émis par les sols comme produits de différents processus, principalement biologiques. La fermentation de matière organique produit ainsi du méthane en l'absence de dioxygène (conditions anaérobie). Le méthane peut être oxydé en dioxyde de carbone en présence de dioxygène (conditions aérobie). Les émissions sont habituellement faibles, mais le dégel du permafrost s'accompagne de variations de ces émissions.

- 7- Identifier, sur la coupe de sol du document 2, la source de matière organique à l'origine de la fermentation qui se produit dans les thermokarsts.

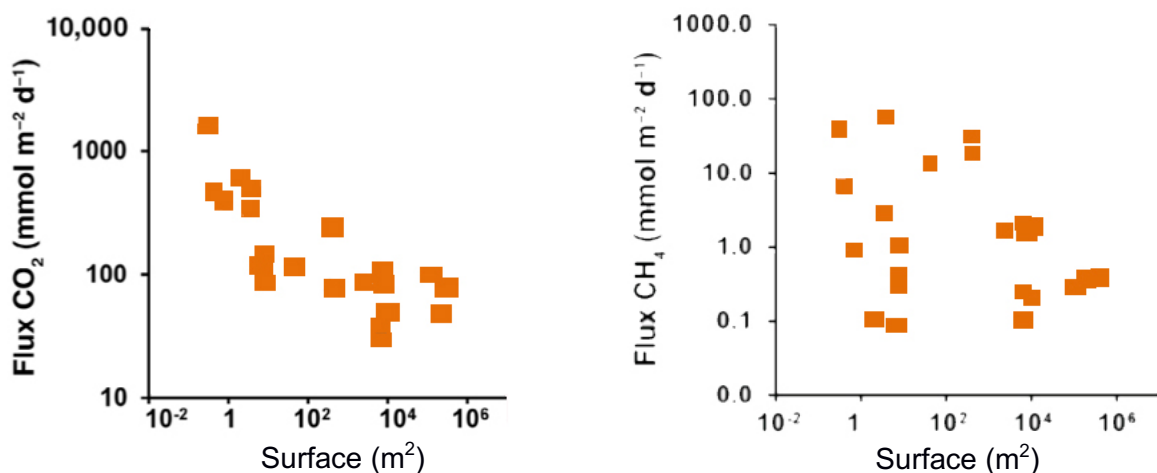


Figure 3 – Flux de CO₂ et CH₄ (en mmol de gaz par m² et par jour) libérés par les thermokarsts dans l'atmosphère en fonction de leur surface

Source : d'après ASLO 2020

- 8- Comparer les ordres de grandeur des flux de dioxyde de carbone et de méthane.
- 9- Indiquer si les graphiques de la figure 3 permettent de proposer un lien simple entre la surface d'un thermokarst et les variations des flux de dioxyde de carbone (CO₂) d'une part et de méthane (CH₄) d'autre part.

Document 4 – Pouvoir de réchauffement global (PRG) du dioxyde de carbone et du méthane

Le pouvoir de réchauffement global d'un gaz (PRG) se définit comme le forçage radiatif (c'est-à-dire la puissance radiative que 1 kilogramme de gaz renvoie vers le sol), cumulé sur une durée de 100 ans. Cette valeur se mesure relativement au CO_2 . Par convention, le PRG est fixé à 1 pour le CO_2 .

Gaz	Dioxyde de carbone CO_2	Méthane CH_4
PRG	1	21
Durée de séjour moyenne dans l'atmosphère	100 ans	12 ans

Absorption (en %)

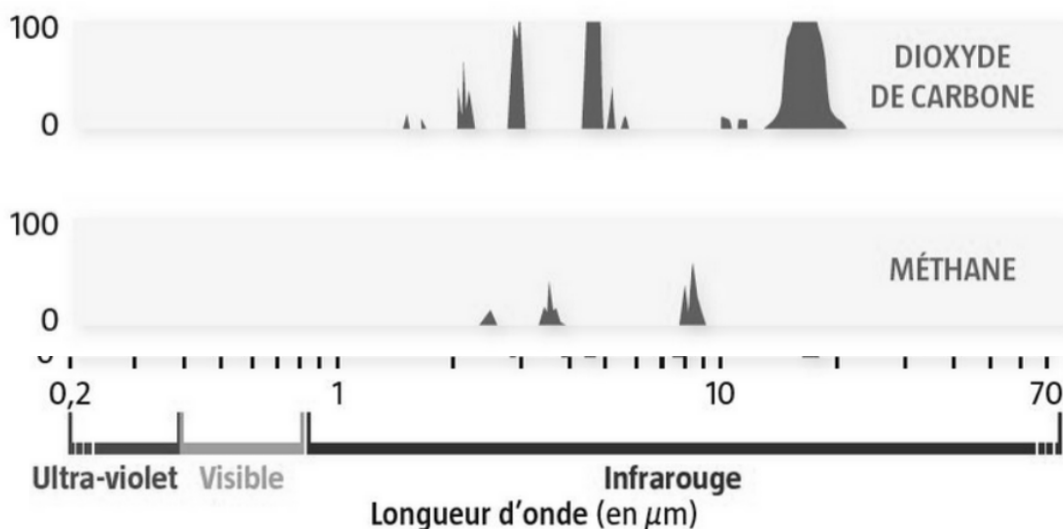
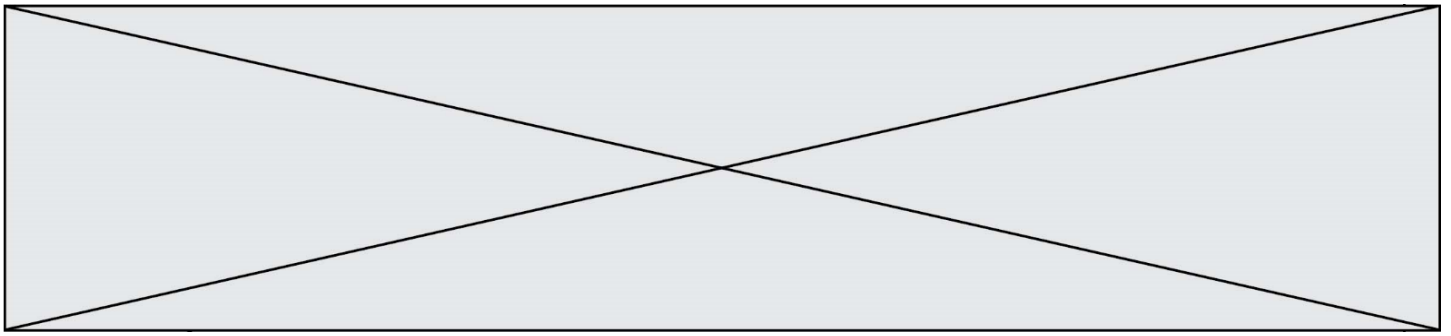


Figure 3 – Spectres d'absorption du CO_2 et du CH_4

Source : d'après Terminale, spécialité SVT, éd. Magnard

- 10- Comparer les conséquences des flux de CH_4 et de CO_2 sur la température moyenne globale atmosphérique.
- 11- Expliquer que le permafrost arctique puisse être considéré comme « une bombe climatique à retardement » par les climatologues à l'aide de l'ensemble de l'étude menée dans cet exercice.



Exercice 2 – Niveau terminale

Thème « Une histoire du vivant »

L'inférence bayésienne au service de la médecine

Sur 10 points

Dans le domaine médical, il est possible d'estimer la probabilité qu'une personne soit atteinte d'une maladie à partir d'un test fondé sur les symptômes de cette maladie (effets de la maladie). Cette estimation se fonde sur le principe de l'inférence bayésienne, qui permet de calculer la probabilité qu'un événement se produise à condition qu'un autre événement se soit réalisé.

Dans cet exercice, nous allons étudier la pertinence d'un test sanguin permettant de détecter la pathologie d'une embolie pulmonaire.

Document 1 – L'embolie pulmonaire, une pathologie cardio-vasculaire

L'embolie pulmonaire est l'obstruction partielle ou totale, en général, par un caillot de sang, d'une artère pulmonaire ou de l'une de ses branches. Le sang ne peut donc plus circuler. Elle provoque un essoufflement, l'augmentation du rythme cardiaque, des douleurs thoraciques, et dans les cas les plus graves, une chute de tension voire une mort subite.

Le diagnostic nécessite différents examens coûteux comme l'imagerie médicale des poumons, du thorax et un électrocardiogramme parfois difficile à interpréter.

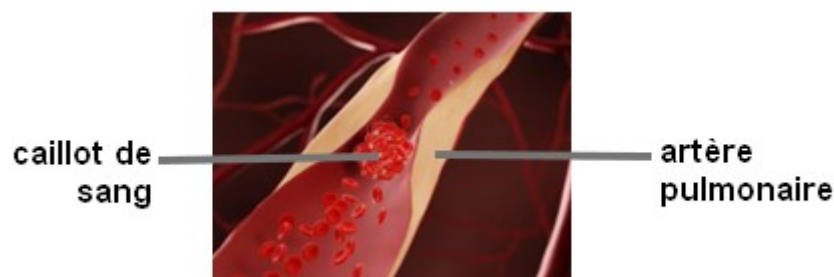


Figure 1 – Schéma d'une artère avec embolie pulmonaire

Source : <https://www.santemagazine.fr/sante/maladies/maladies-appareil-circulatoire/quest-ce-quun-trhombus-comment-prevenir-ce-caillot-sanguin-1041812>

Document 2 – Test sanguin et résultats

Par une prise de sang, il est possible de doser la quantité d'une molécule appelée D-dimère, présente dans le sang lorsque l'organisme arrive à se débarrasser d'un caillot sanguin. Plus la concentration est importante, plus il y a de caillots qui peuvent potentiellement entraîner une embolie.



Ce test est rapide et moins invasif que d'autres examens plus complexes à mettre en place.

Le test a été réalisé sur un échantillon de 2898 patients qui seraient susceptibles de contracter cette pathologie. 1154 sont diagnostiqués comme malades.

Source : <https://www.portailvasculaire.fr/le-seuil-des-d-dimeres-ajuste-lage-pour-eliminer-embolie-pulmonaire-letude-adjust-pe>

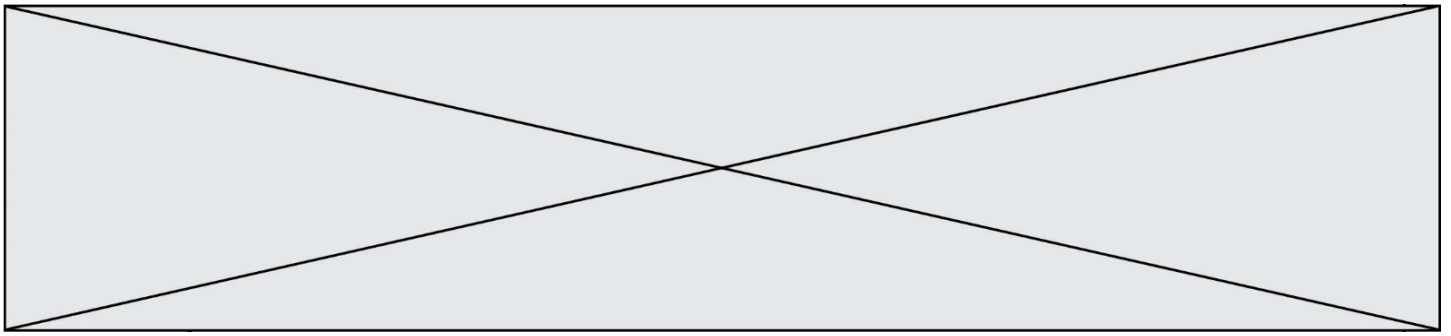
Ci-dessous les résultats des analyses :

Concentration en D-dimères (en ng.mL ⁻¹)	Nombre de patients malades	Nombre de patients non malades
6-249	0	316
250-499	4	501
500-999	144	180
1000-1999	156	93
2000-3999	552	50
4000-10600	888	14

Partie 1 – Traitement des résultats

Afin d'analyser les résultats obtenus, on fixera la valeur seuil de la concentration en D-dimères à partir de laquelle on peut considérer le patient comme malade à 500 ng.L⁻¹.

- 1- Justifier l'intérêt de mettre en place un test sanguin pour faire le diagnostic de l'embolie pulmonaire.



- 2- Recopier sur la copie les termes proposés dans le tableau ci-dessous et les associer aux bonnes définitions.

Termes	Définitions à associer au bon terme
Vrais positifs (VP)	Malade avec test positif
Faux positifs (FP)	Malade avec test négatif
Faux négatifs (FN)	Non malade avec test positif
Vrais négatifs (VN)	Non malade avec test négatif

- 3- Indiquer les conséquences, pour le patient, que peuvent entraîner soit l'obtention d'un faux positif soit un faux négatif.
- 4- Reproduire et compléter le tableau de contingence suivant, qui représente simultanément les résultats au test et les diagnostics à partir des données fournies dans le document 2.

Diagnostic			
	Malade	Non malade	Total
Positif	Vrai positif (VP) =	Faux positifs (FP) =	2077
Négatif	Faux négatifs (FN) =	Vrai négatifs (VN) =	821
Total			2898

Test (valeur seuil de 500 ng.L⁻¹)

- 5- Connaissant le nombre de tests positifs, calculer la probabilité d'obtenir un vrai positif notée $p(\text{VP})$.
- 6- Rappeler le sens de cette probabilité et interpréter la valeur obtenue. En déduire si cette information est suffisante pour justifier l'emploi du test sanguin dans le cadre de la détection d'embolie pulmonaire.
- 7- La probabilité précédente est aussi appelée « valeur prédictive du test ». Expliquer en quoi cette probabilité se fonde sur le principe de l'inférence bayésienne.



(Les numéros figurent sur la convocation.)

Partie 2 – Caractéristiques du test

Document 3 – Évaluation de l'efficacité du test

Afin d'évaluer l'efficacité d'un test, on peut s'appuyer sur deux autres variables :

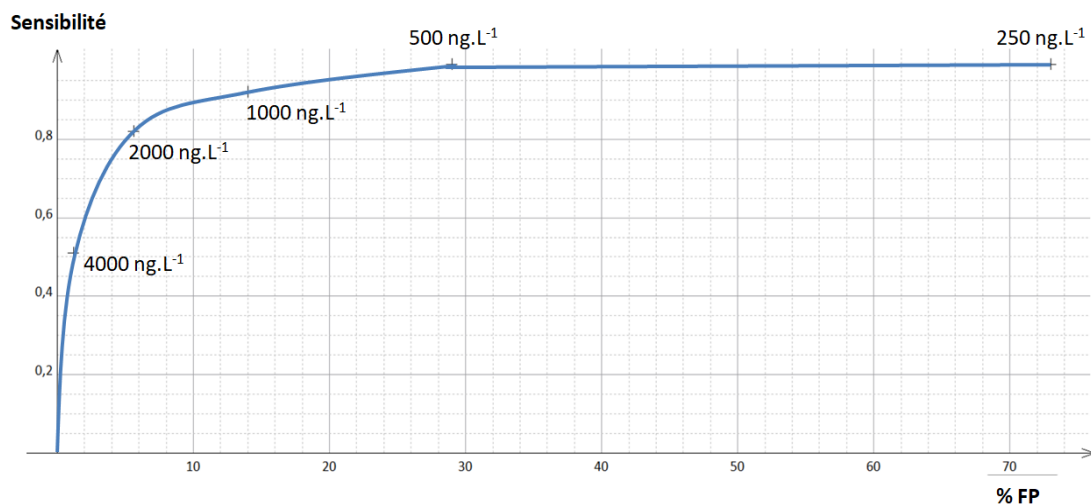
- La sensibilité notée S_e : il s'agit de connaître la probabilité que le test soit positif lorsqu'il est censé l'être pour les malades atteints de la pathologie.

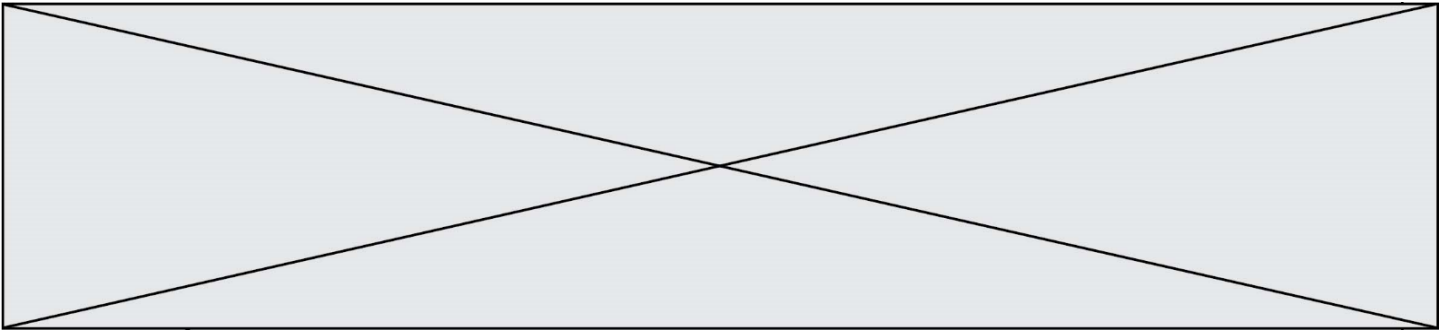
$$\text{Sensibilité} = \frac{\text{nombre de VP}}{\text{nombre de VP} + \text{nombre de FN}}$$

- Le pourcentage de tests donnant un faux positif (%FP) parmi les personnes non-malades.

Document 4 – Courbe ROC du dosage sanguin

Dans un deuxième temps, les résultats sont analysés avec des valeurs seuil différentes. On construit alors la courbe « ROC » appelée également caractéristique de performance d'un test. Elle montre les progrès réalisés dans le traitement des résultats du test lorsque les valeurs seuil varient.





- 8-** Par une lecture graphique, déterminer la sensibilité et le pourcentage de tests faux positifs, noté %FP, pour la valeur seuil 500 ng.L⁻¹. Indiquer si le pourcentage de faux positifs est cohérent avec les indications portées dans le tableau de contingence en justifiant votre réponse.
- 9-** À partir du document 4, choisir puis recopier la proposition qui permet de choisir la valeur seuil la plus pertinente possible.
- Sensibilité faible et %FP faible.
 - Sensibilité forte et %FP faible.
 - Sensibilité faible et %FP forte.
 - Sensibilité forte et %FP forte.
- 10-** Discuter de la pertinence du test sanguin mis en œuvre au regard de la valeur seuil, de la taille de l'échantillon, du traitement des résultats et des pourcentages précédemment calculés.