

SVT ÉPREUVE SUR SUPPORT DE DOCUMENTS GÉOLOGIE

Durée : 1 h 45

L'usage d'abaques, de tables, de calculatrice et de tout instrument électronique susceptible de permettre au candidat d'accéder à des données et de les traiter par des moyens autres que ceux fournis dans le sujet est interdit.

Si au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale sur la copie et poursuit sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il a été amené à prendre.

- ❖ Vous répondrez aux questions posées en construisant méthodiquement votre argumentation sur l'analyse des documents proposés et sur vos connaissances et en adéquation avec les **consignes explicites** propres à chaque question. Les réponses seront **précises, concises, et structurées**.
- ❖ **Le sujet comporte 3 thèmes indépendants.** Dans chaque thème, il est conseillé de traiter les questions dans l'ordre du sujet.
- ❖ **Les numéros des questions et des documents étudiés seront clairement indiqués dans votre réponse.**
- ❖ Les documents ne seront pas découpés ni intégrés à la copie. Le sujet ne sera pas ramassé avec votre copie.
- ❖ Aucune introduction ni conclusion ne sont demandées.
- ❖ **1 document annoté en annexe format A3 sera rendu avec la copie. N'oubliez pas !!!**

THÈME 1 : ÉTUDE DE LA LIMAGNE DE CLERMONT-FERRAND

I. Caractérisation du bassin sédimentaire : la Limagne de Clermont-Ferrand

Le bassin sédimentaire dans lequel s'est construit Clermont-Ferrand, appelé la Limagne de Clermont-Ferrand, est un bassin intracontinental dont le remplissage sédimentaire est principalement lacustre.

I-1. Analyse du type de bassin sédimentaire

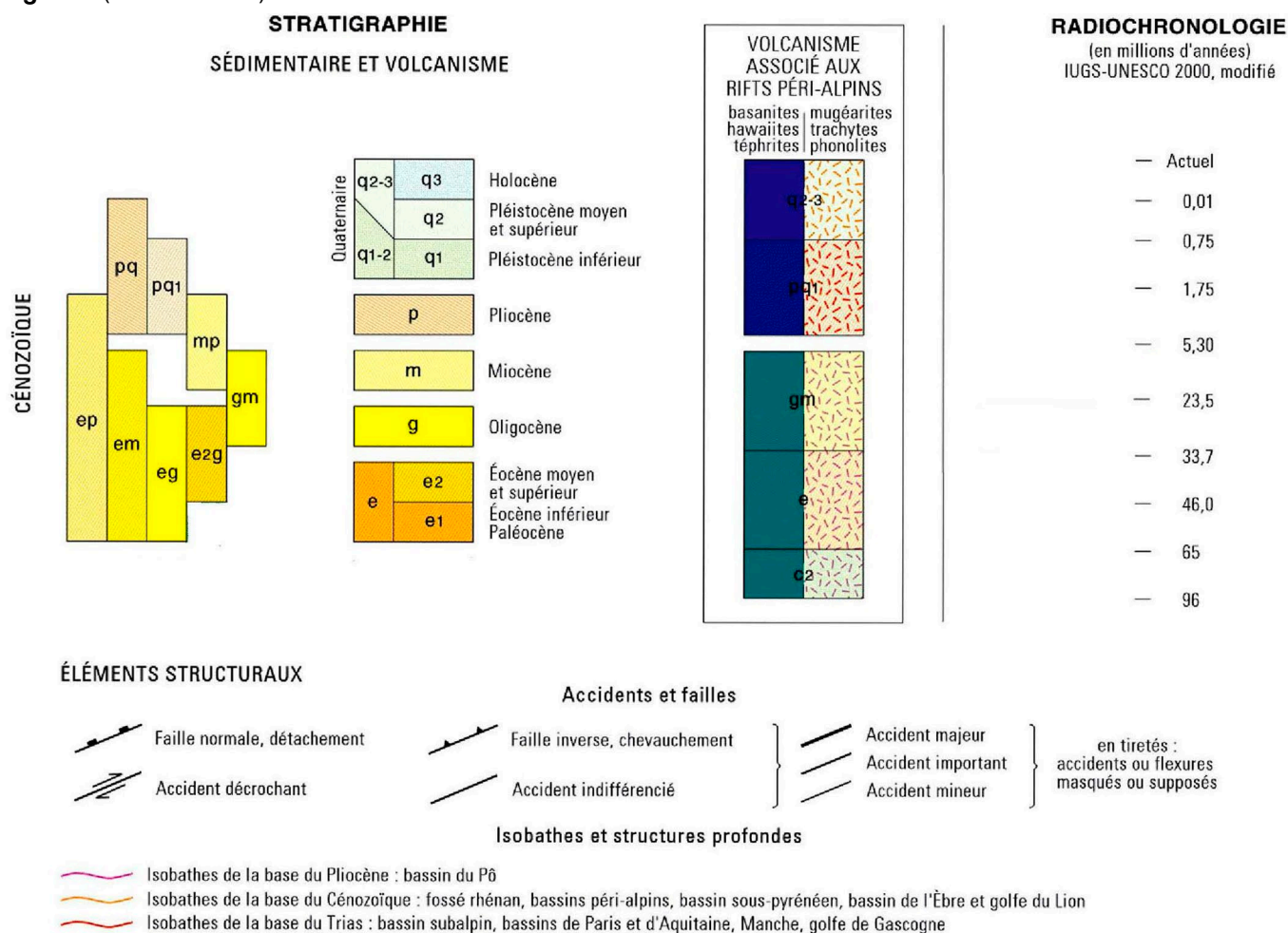
Question 1

À l'aide du document 1,

- **extrayez** les principales caractéristiques de ce bassin : nature de ses bordures, dimensions du bassin visibles sur l'extrait de carte fourni, épaisseur du remplissage.
- **Nommez** le grand type de bassin dont fait partie le bassin de la Limagne.
- **Proposez** un âge de mise en place des éléments structuraux de ce bassin

Répondez en maximum une page.

Document 1 : Extrait de la carte géologique de France au millionième au niveau de Clermont-Ferrand et de sa légende (Source : BRGM)



La subsidence tectonique du bassin a été calculée à partir de différentes données de forage. On rappelle que la subsidence tectonique est liée à un amincissement de la lithosphère se produisant dans un contexte distensif.

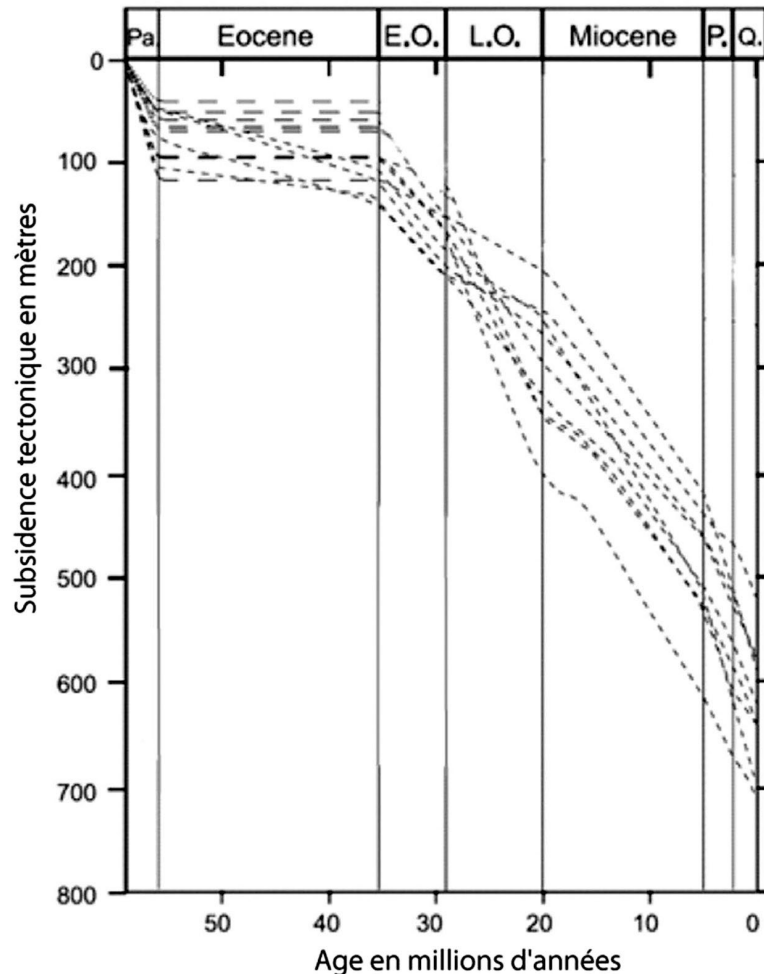
Le document 2 présente les résultats obtenus pour différents forages dans le même bassin.

Question 2

En vous aidant des documents 1 et 2,

- **déterminez** quelle est la part de la subsidence tectonique par rapport à la subsidence totale du bassin.
- **expliquez** la différence entre l'épaisseur maximale de sédiments déposés dans le bassin (visible sur le document 1) et cette subsidence tectonique.

Document 2 : Courbes de subsidence tectonique d'un bassin sédimentaire comparable à la Limagne de Clermont-Ferrand (Source : Michon et al., 2003)



On précise :
Pa : Paléocène
E.O. = Early Oligocène = Oligocène inférieur
L.O. = Late Oligocène = Oligocène supérieur
P. = Pliocène
Q. = Quaternaire

Question 3

Analysez les courbes afin d'indiquer une histoire tectonique de ce bassin.

Question 4

Discutez de l'histoire tectonique, issue du document 2, par rapport à l'âge de mise en place des éléments structuraux précédemment déterminés grâce au document 1.

Vous justifierez brièvement votre réponse.

I-2. Analyse du remplissage sédimentaire du bassin

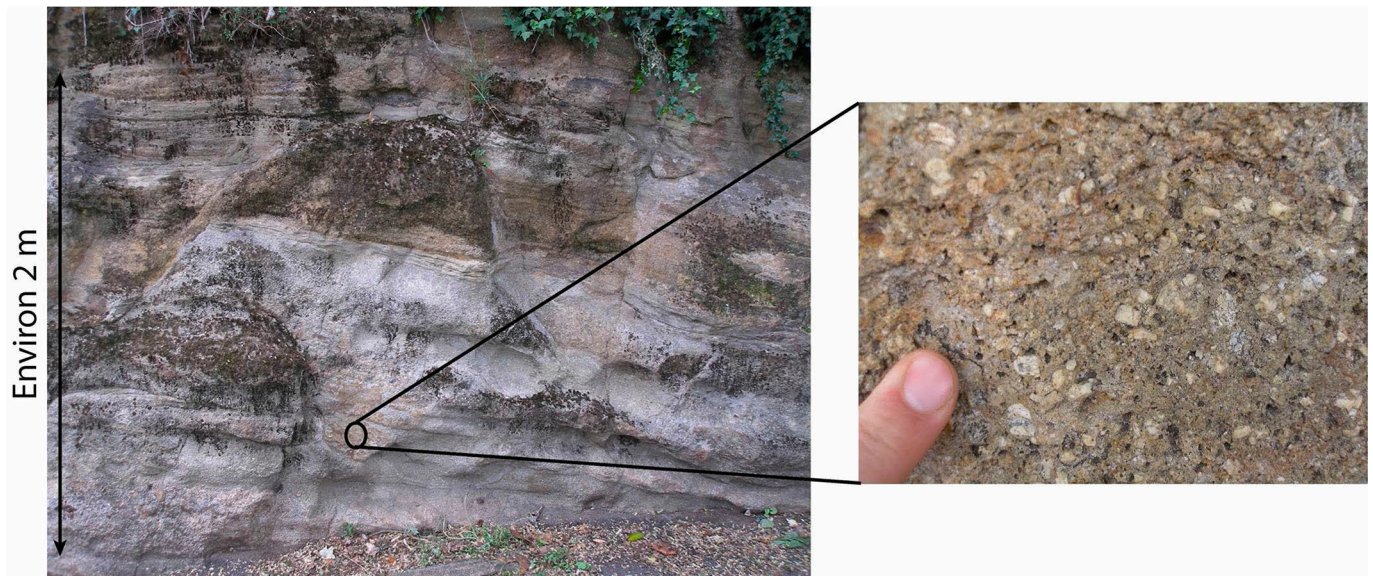
Les roches du document 3 ont le même âge mais proviennent de localisations différentes dans le bassin (leur position est précisée sur le document 4). Elles se sont mises en place dans des conditions différentes.

Question 5

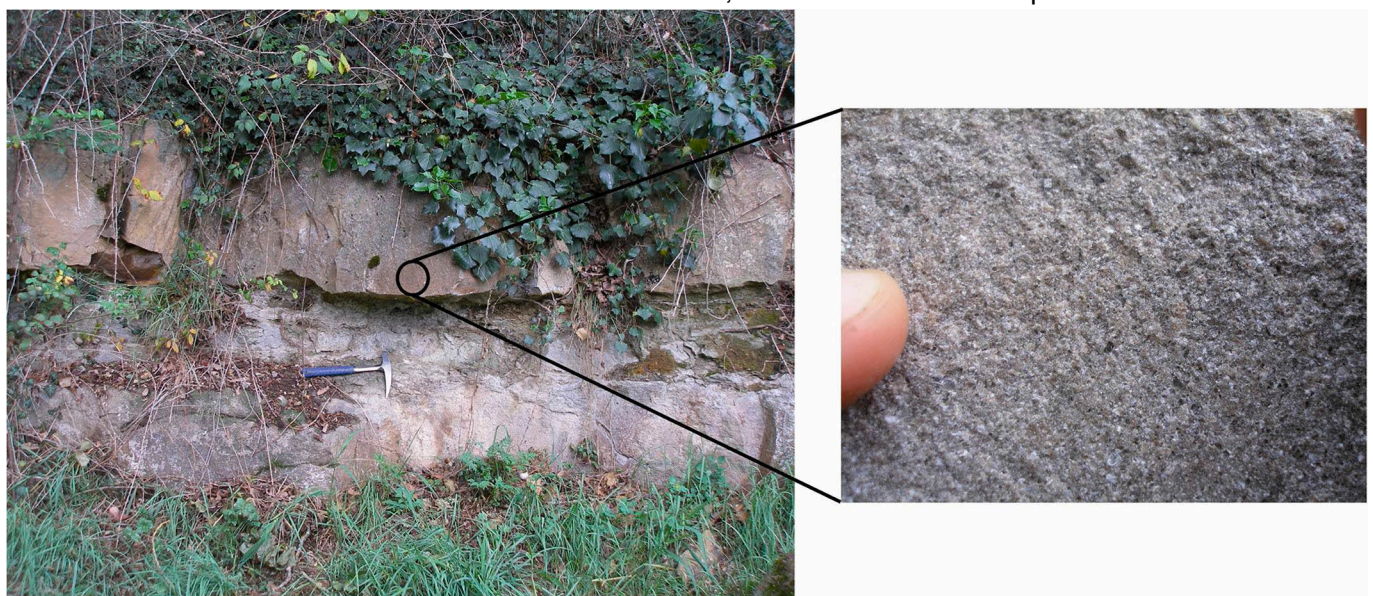
Mettez en relation la nature et la localisation des 2 types de roches visibles sur le document 3.

Document 3 : Photographies de roches représentatives du complexe de base du bassin

Document 3.a : Roche affleurant à l'Ouest de Chamalières



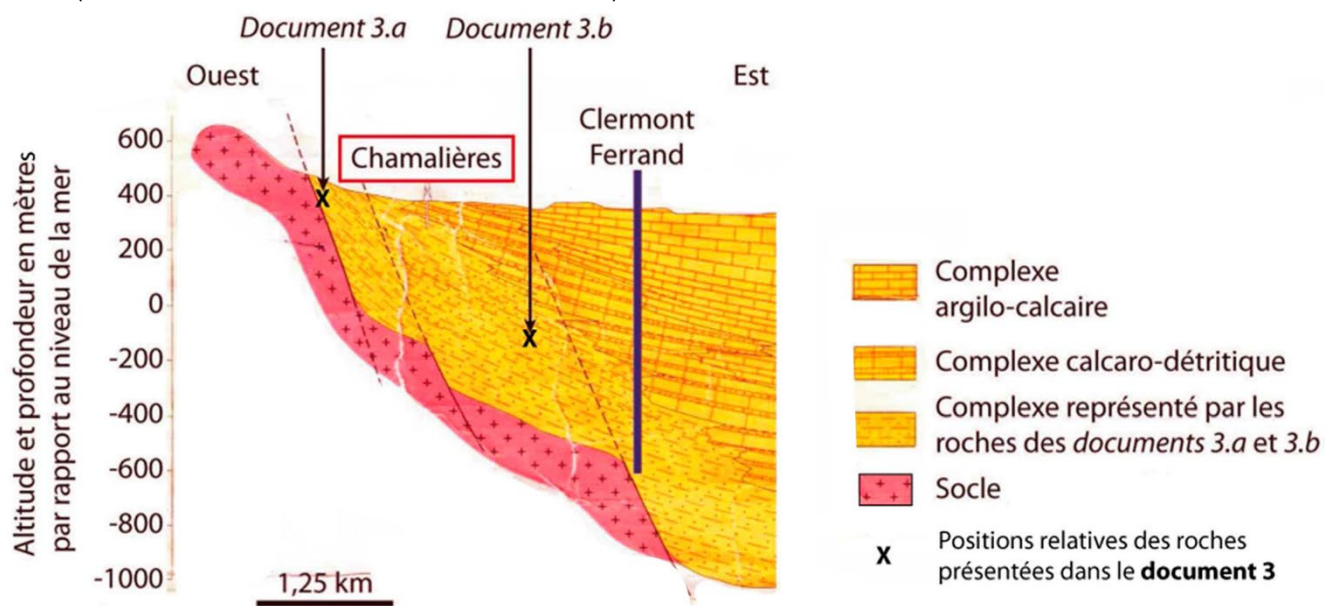
Document 3.b : Roche localisée à l'Est de Chamalières, visible à l'affleurement plus au Sud du bassin



Question 6

Décrivez succinctement l'évolution temporelle de la sédimentation sur une verticale située au droit de Clermont-Ferrand (trait bleu sur le document 4) puis **proposez** une hypothèse expliquant cette évolution (Répondez en une demi-page maximum).

Document 4 : Extrait de la coupe schématique des formations d'âge oligocène de la Limagne de Clermont-Ferrand (Source : carte de Clermont-Ferrand 1/50 000 BRGM)



Chamalières se situe au niveau du symbole de forage.

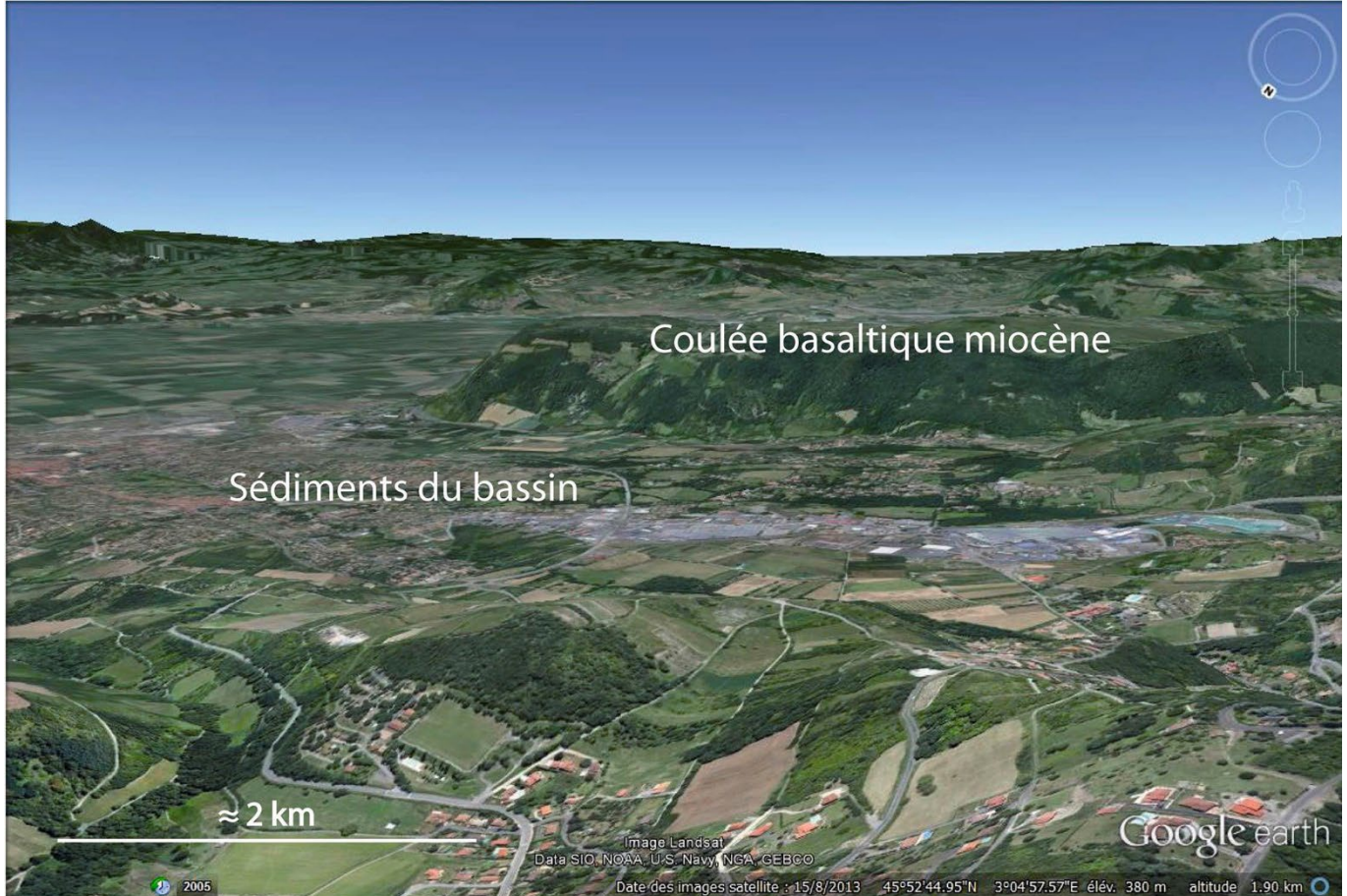
La roche du document 3b, en profondeur sur la coupe, affleure plus au Sud.

I-3. Analyse du relief visible actuellement dans le bassin

Question 7

Décrivez, de façon concise, la succession des événements permettant la mise en place de la topographie observable sur le document 5.

Document 5 : Image Landsat (Google Earth) d'une partie de la Limagne de Clermont- Ferrand (localisation précisée sur le document 1)



II. Caractérisation du socle du bassin : étude du plateau des Dômes

Les documents suivants s'intéressent au socle du bassin. La localisation de la roche analysée est visible sur le document 1.

II-1. Étude du type de roche présente

Question 8

À l'aide des documents 6a et 6b,

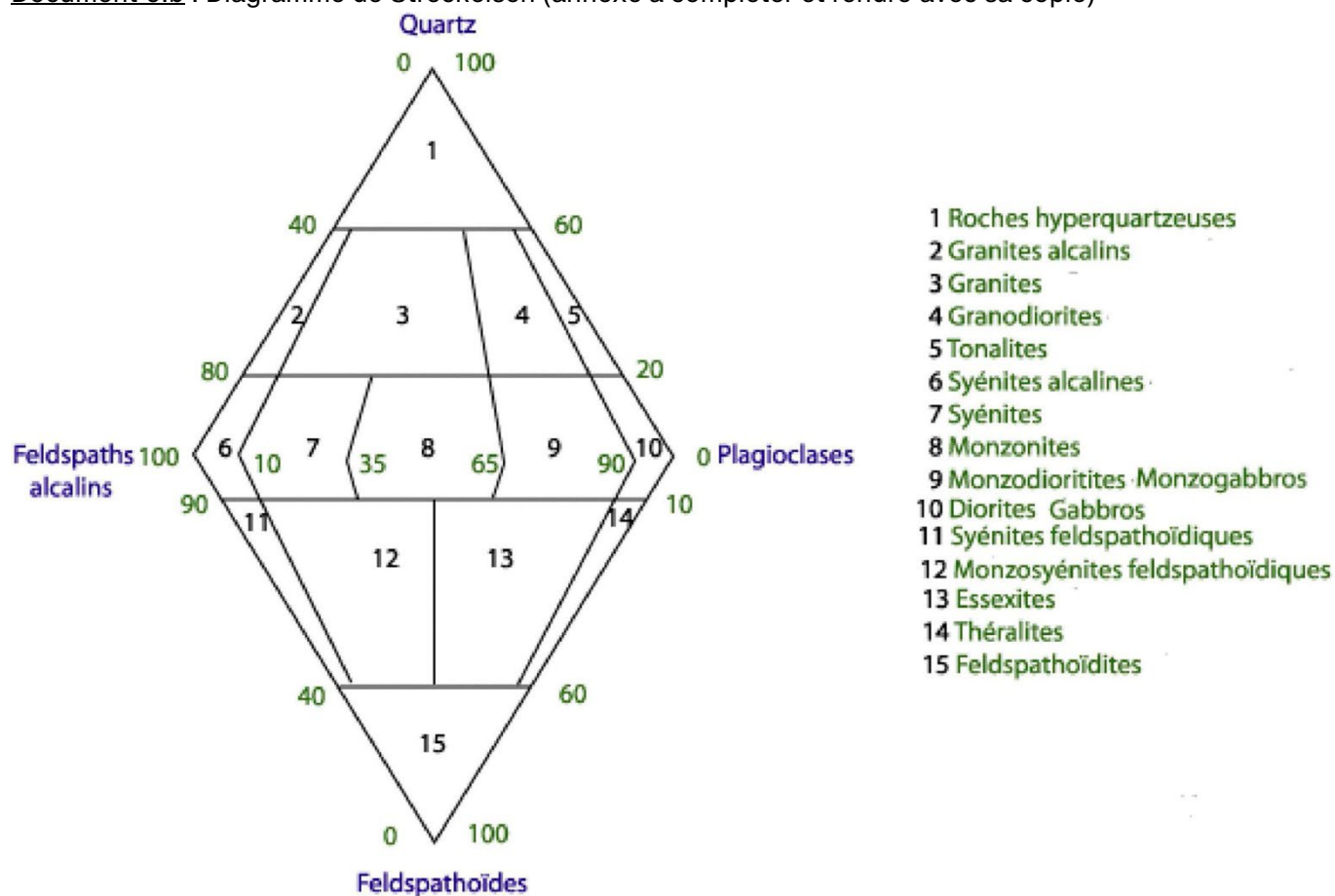
- **Nommez** la roche A localisée sur le document 1
- **Remplissez** la figure 6a présente en annexe et la rendre avec sa copie. N'oubliez pas.
- **Explicitiez** les calculs nécessaires sur votre copie.
- **Approximez** votre application numérique, car réalisée sans calculatrice.

Document 6 : Nature du socle du plateau des Dômes

Document 6.a : Composition minéralogique modale de la roche plutonique A en pourcentage

Minéral	Proportion (en%)
Amphiboles	2%
Biotite	5%
Feldspaths alcalins	40%
Illménite	1%
Magnétite	2%
Feldspaths plagioclases	25%
Quartz	25%
Total	100%

Document 6.b : Diagramme de Streckeisen (annexe à compléter et rendre avec sa copie)



THÈME 2 : FORMATION ET TRANSFORMATION DE LA LITHOSPHERE OCÉANIQUE

Certaines ophiolites permettent de voir sur un même site différentes roches magmatiques caractéristiques de la lithosphère océanique.

On cherche dans cette partie à caractériser les processus à l'origine de la diversité des roches de la lithosphère océanique.

I. Étude de trois roches ophiolitiques et de leurs relations

Question 9

Le document 7 montre deux roches différentes de la lithosphère océanique.

- **Décrivez** la texture des deux roches.
- **Identifiez** la roche B et précisez ses conditions de cristallisation.
- **Rappelez** quelles sont les autres roches de la lithosphère océanique.

Péridotite 1

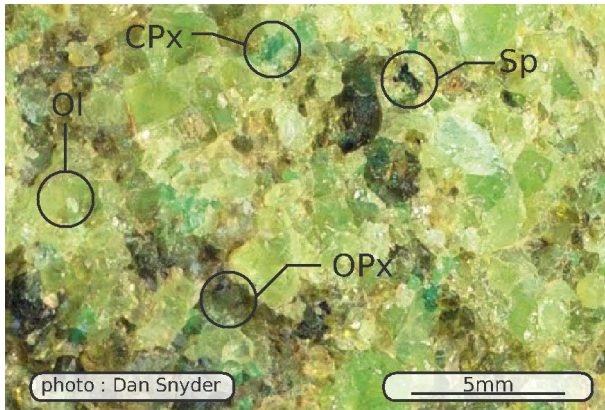


photo : Dan Snyder

Roche B

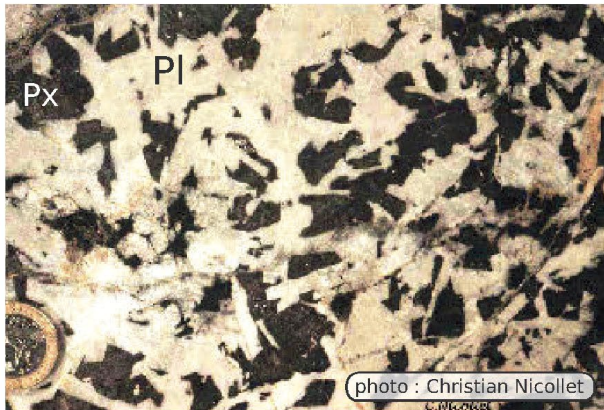


photo : Christian Nicollet

Document 7 : Photos de deux roches de la lithosphère océanique

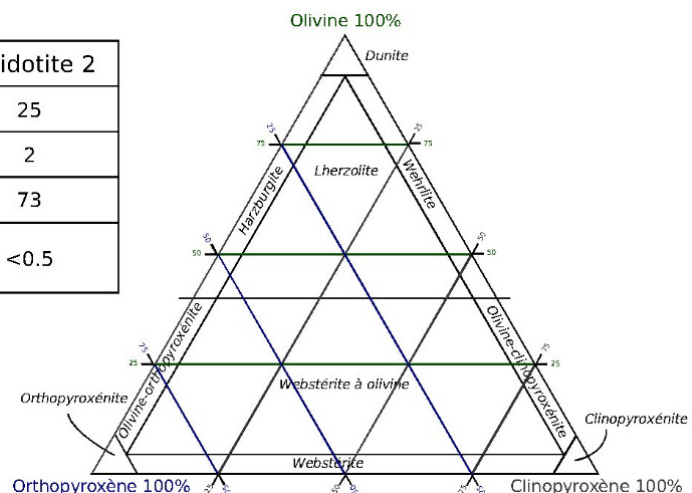
CPx : clinopyroxène ; OPx : orthopyroxène ; Sp : spinelle (phase alumineuse) ; Ol : olivine ;
Px : pyroxène indifférencié ; Pl : plagioclase (phase alumineuse) ; (photo : Snyder [7] et Nicollet [6])

Le document 7 fournit la composition de deux péridotites différentes.

Question 10

- **Remplacez** approximativement les deux péridotites à l'aide de la figure 2 de l'annexe format A3.
- **Nommez** les deux péridotites.

	Péridotite 1	Péridotite 2
Orthopyroxène	16	25
Clinopyroxène	14	2
Olivine	66	73
phase alumineuse	4	<0.5



Document 8 : Composition de deux péridotites et classification des roches ultrabasiques

La péridotite 1 correspond à la même roche que celle présentée document 7.

La phase alumineuse peut être constituée soit de plagioclase, soit de spinelle, soit de grenat.

II. Étude de la fusion de la péridotite

La fusion partielle de la péridotite 1 peut mener à la formation d'une roche résiduelle, la péridotite 2, et d'un liquide magmatique.

On cherche à déterminer la relation entre les deux péridotites 1 et 2 et la roche B.

Question 11

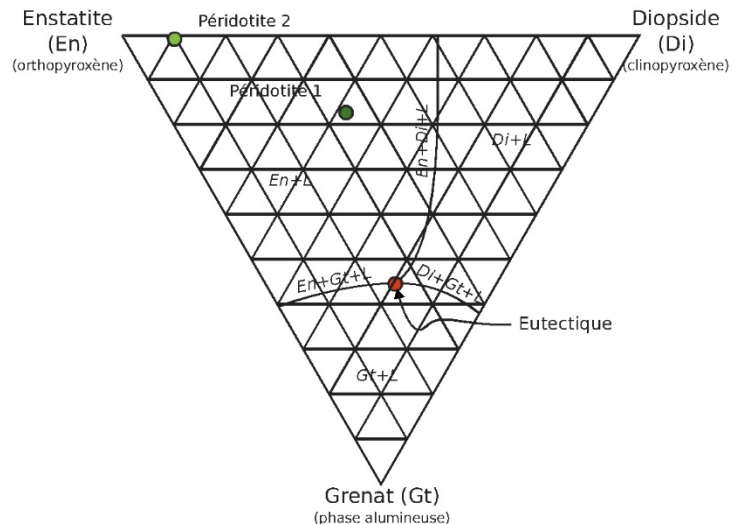
Sur le document 9 donné sur l'annexe format A3,

- **Représentez** l'évolution de la composition de la péridotite 1 et du liquide magmatique produit au cours de la fusion.
- **Positionnez** enfin la composition du liquide final à l'origine de la roche B.

Utilisez le document en annexe, que vous annoterez et rendrez avec la copie.

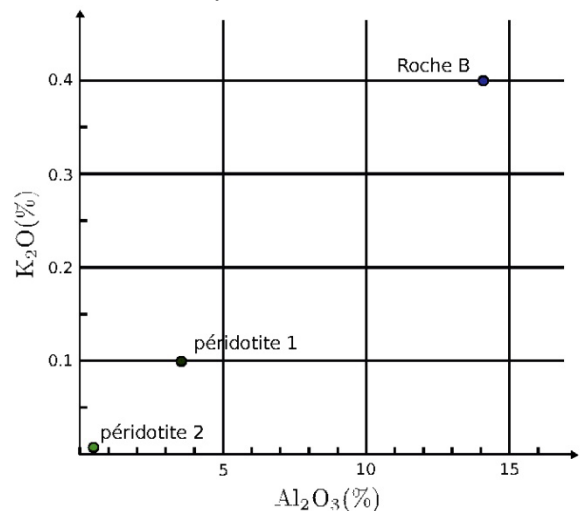
Document 9 : Diagramme de phase ternaire Enstatite Diopside Grenat

Les roches sont replacées dans ce diagramme en fonction de leur norme (assemblages minéraux recalculés en fonction de la composition mesurée en oxydes). La phase alumineuse y est donc représentée sous la forme du grenat, même si celui-ci n'est pas toujours présent dans la roche, la phase alumineuse pouvant s'exprimer sous la forme du spinelle ou du plagioclase.



Le document 10 montre une analyse de la composition de la péridotite 1, de la péridotite 2 et de la roche B.

	Roche B (fig. 1)	Péridotite 1 (fig. 1 et 2)	Péridotite 2 (fig. 2)
SiO ₂	47,10	45,30	42,30
TiO ₂	2,30	0,20	0,10
Al ₂ O ₃	14,20	3,60	0,50
FeO	11,00	7,30	7,10
MnO	0,20	0,10	0,10
MgO	12,70	41,30	46,60
CaO	9,90	1,90	0,10
Na ₂ O	2,20	0,20	0,10
K ₂ O	0,40	0,10	0,0005



Document 10 : Analyse de la composition en oxydes de différentes roches

Les mesures sont faites sur les roches totales et sont données en % de masse d'oxyde.

Le graphique de droite repositionne la teneur en K₂O en fonction de la teneur en Al₂O₃ pour les trois roches.

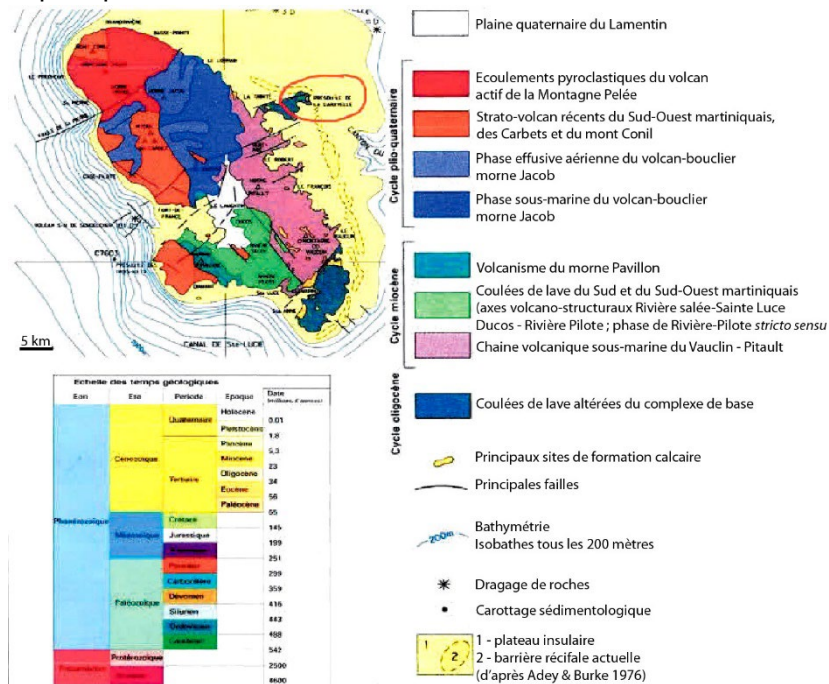
Question 12

- Par la méthode de votre choix, **estimez** le taux de fusion partielle de la péridotite 1.

Aucune justification n'est attendue, mais vous **nommerez** la méthode que vous avez utilisée.

THÈME 3 : ÉTUDE D'UN PROFIL D'ALTÉRATION

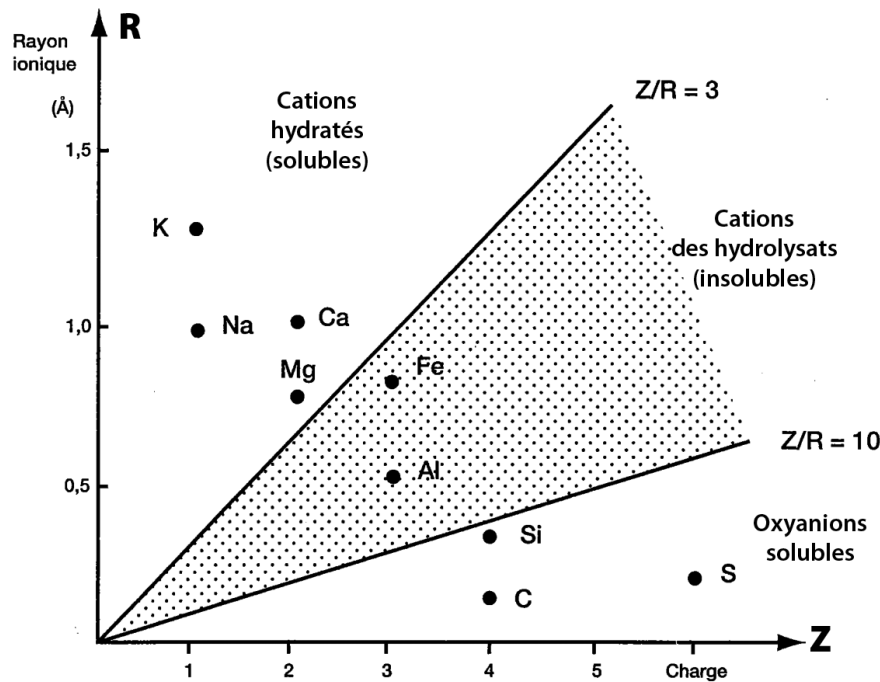
Le document 11 est une carte géologique de la Martinique (Petites Antilles) (fournie pour information). Le cercle rouge localise la presqu'île de la Caravelle



Document 11 : Carte géologique de la Martinique (petites Antilles)

Les roches présentes sont donc des laves calco-alcalines diverses (basaltes, andésites...) ; en particulier sur la presqu'île de la Caravelle, on observe de belles coulées basaltiques altérées avec un profil d'altération riche en kaolinite.

On se propose d'étudier ici l'altération du basalte et la formation du profil d'altération riche en kaolinite, en utilisant vos connaissances et le diagramme proposé au document 12.



Document 12 : Diagramme de Goldschmidt

Question 13

Nommez les processus majeurs qui gouvernent l'altération chimique du basalte.

Question 14

- À l'aide du document 12, **expliquez** brièvement le comportement des éléments Na, K, Ca, Al, Fe, Si et S.
- **Expliquez** la formation de kaolinite.

On rappelle qu'un basalte est principalement constitué de plagioclases, de pyroxènes et d'oxydes de fer.

Les sédiments océaniques peuvent être de nature argileuse.

Le document 13 ci-dessous représente en gris la localisation des sédiments contenant plus de 10% de kaolinite



Document 13 : Carte de la sédimentation argileuse dans les océans

Question 15

Identifiez l'argument complémentaire fournie par la carte présentée dans le document 3.

SVT ÉPREUVE SUR SUPPORT DE DOCUMENTS

GÉOLOGIE

Durée : 1 h 45

L'usage d'abaques, de tables, de calculatrice et de tout instrument électronique susceptible de permettre au candidat d'accéder à des données et de les traiter par des moyens autres que ceux fournis dans le sujet est interdit.

Si au cours de l'épreuve, un candidat repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il le signale sur la copie et poursuit sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il a été amené à prendre.

Le fonctionnement de l'hémoglobine

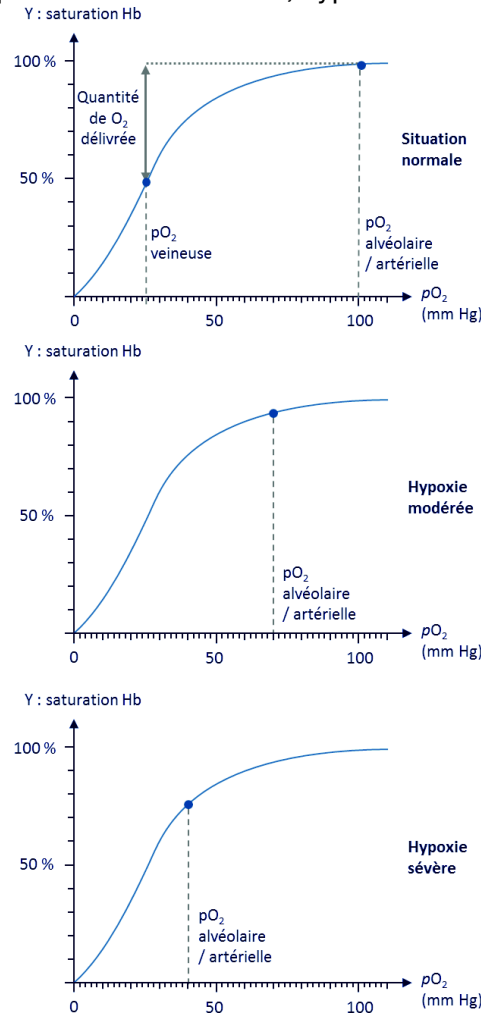
- ❖ Vous répondrez aux questions posées en construisant méthodiquement votre argumentation sur l'analyse des documents proposés et sur vos connaissances et en adéquation avec les **consignes explicites** propres à chaque question. Les réponses seront **précises, concises, et structurées**.
- ❖ **Le sujet comporte 3 thèmes indépendants.** Dans chaque thème, il est conseillé de traiter les questions dans l'ordre du sujet.
- ❖ **Les numéros des questions et des documents étudiés seront clairement indiqués dans votre réponse.**
- ❖ Les documents ne seront pas découpés ni intégrés à la copie. Le sujet ne sera pas ramassé avec votre copie.
- ❖ Aucune introduction ni conclusion ne sont demandées.
- ❖ Les barres verticales sur les graphes et histogrammes représentent l'écart-type ou l'erreur standard à la moyenne.
- ❖ On admettra que les résultats sont différents si les barres d'erreurs ne se chevauchent pas.
- ❖ **1 document annoté en annexe format A3 sera rendu avec la copie. N'oubliez pas !!!**

THÈME 1 : LES CONSÉQUENCES PHYSIOLOGIQUES DE L'HYPOXIE

L'hypoxie correspond à une pression partielle de dioxygène (pO_2) dans l'air plus faible que celle normalement rencontrée au niveau de la mer. On vous propose d'étudier les conséquences de cette diminution de pO_2 sur le transport du dioxygène dans le sang de divers vertébrés.

Par la suite, on supposera que la pO_2 dans les alvéoles pulmonaires est égale à la pO_2 du sang artériel (c'est-à-dire que la diffusion du dioxygène à travers la paroi alvéolaire n'est pas limitante). La valeur de pO_2 pour laquelle 50 % des sites de liaison de l'hémoglobine sont occupés sera notée $p_{50}O_2$.

On considèrera trois valeurs de la pO_2 artérielle : normale, hypoxie modérée, hypoxie sévère.



Document 1 : courbe de saturation de l'hémoglobine humaine adulte dans les conditions physiologiques normales, en fonction de la pression partielle en dioxygène (pO_2) exprimée en millimètres de mercure (mmHg). Vous indiquez sur les deux courbes du bas (hypoxie modérée et sévère) les pO_2 veineuses pour une même distribution de O_2 de 50 % de la quantité saturante (montrée sur la courbe du haut).

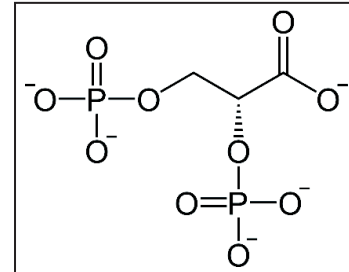
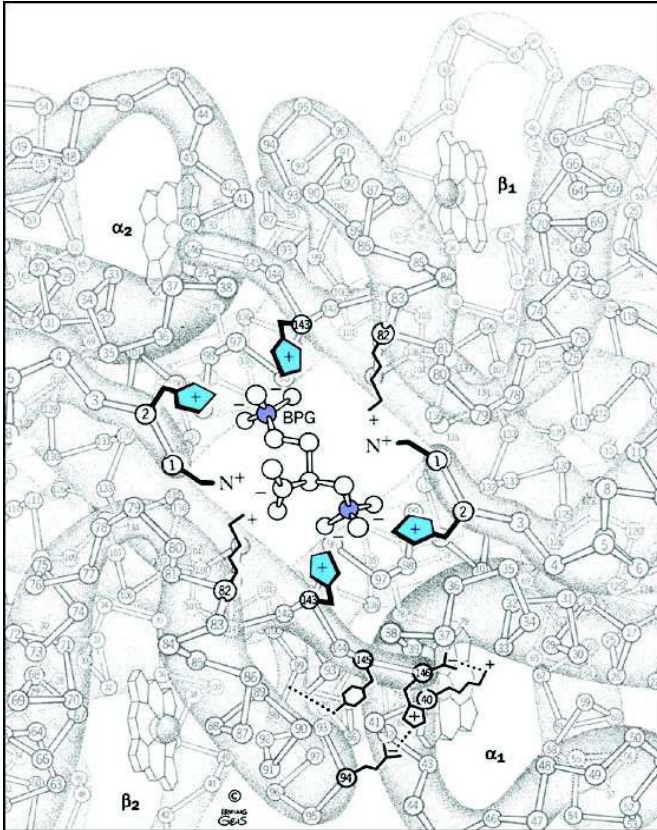
Question 1

- Pour une même quantité de dioxygène (noté O_2) délivrée aux tissus, égale à 50 % de la quantité liée à l'hémoglobine à saturation, **indiquez pour chaque situation sur le document 1** la valeur de la pO_2 veineuse (après distribution du O_2 aux tissus).
- **Utilisez le document en annexe, que vous annoterez et rendrez avec la copie.**

Chez nombre d'espèces de mammifères, un animal vivant en plaine et transporté en altitude (hypoxie modérée) réagit par un changement de l'affinité de son hémoglobine pour le O_2 .

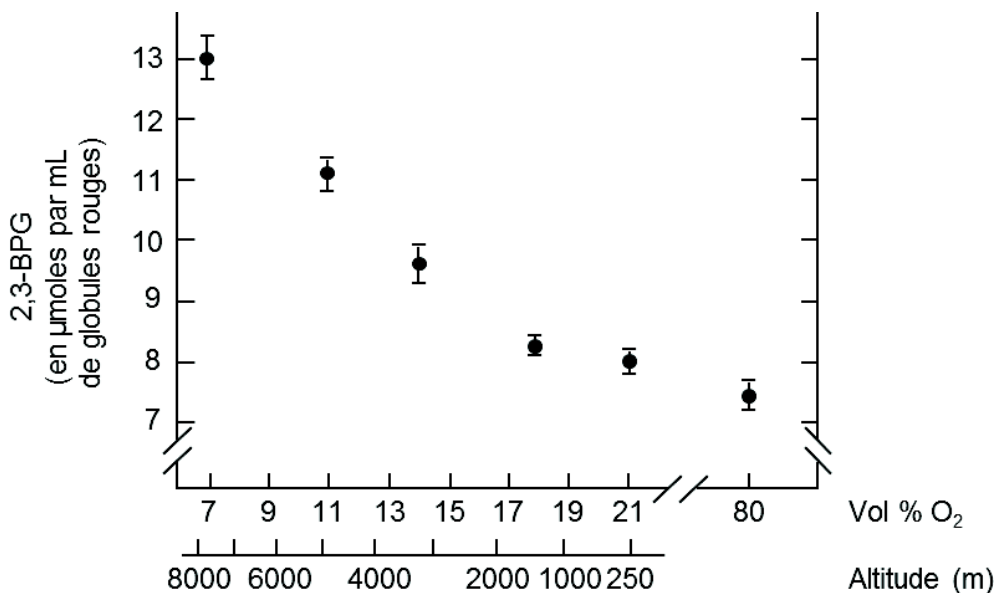
On a montré l'implication d'une petite molécule, le 2,3-bisphosphoglycérate (2,3-BPG), présente dans les globules rouges. Elle se fixe dans la cavité centrale de l'hémoglobine (document 2).

Le passage à des conditions d'altitude affecte la concentration en 2,3-BPG chez le rat (document 3). Lorsque la concentration de 2,3-BPG change, la courbe de saturation de l'hémoglobine humaine est modifiée (document 4).

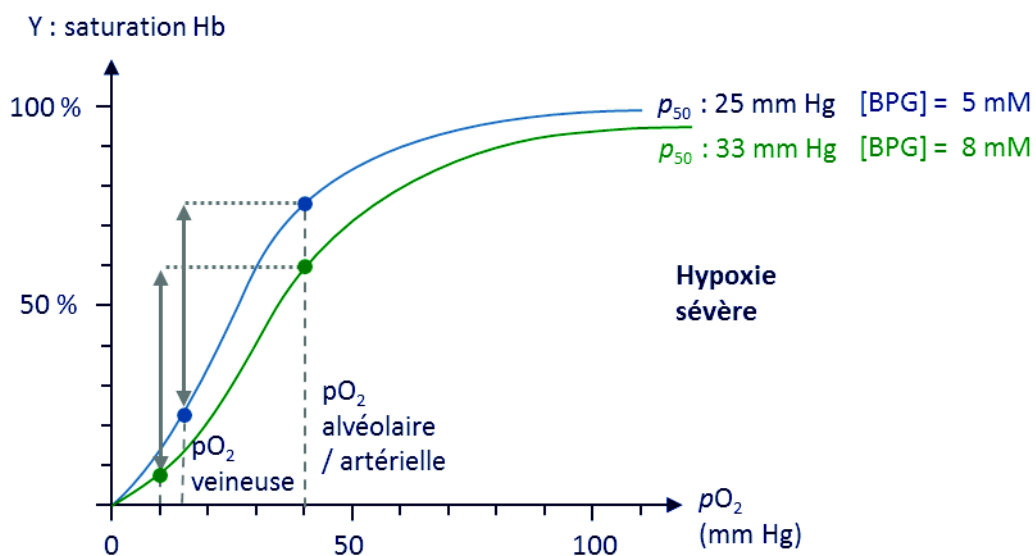
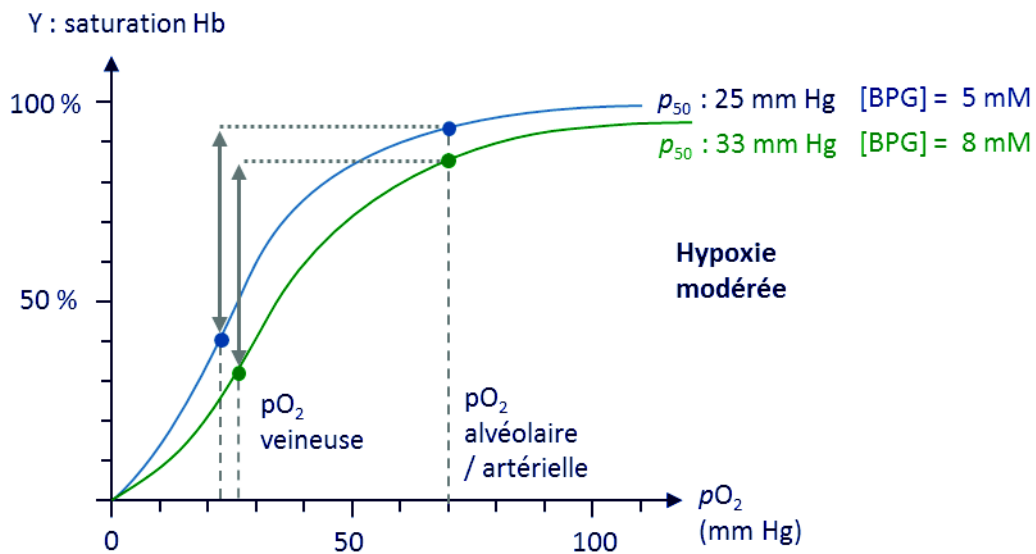
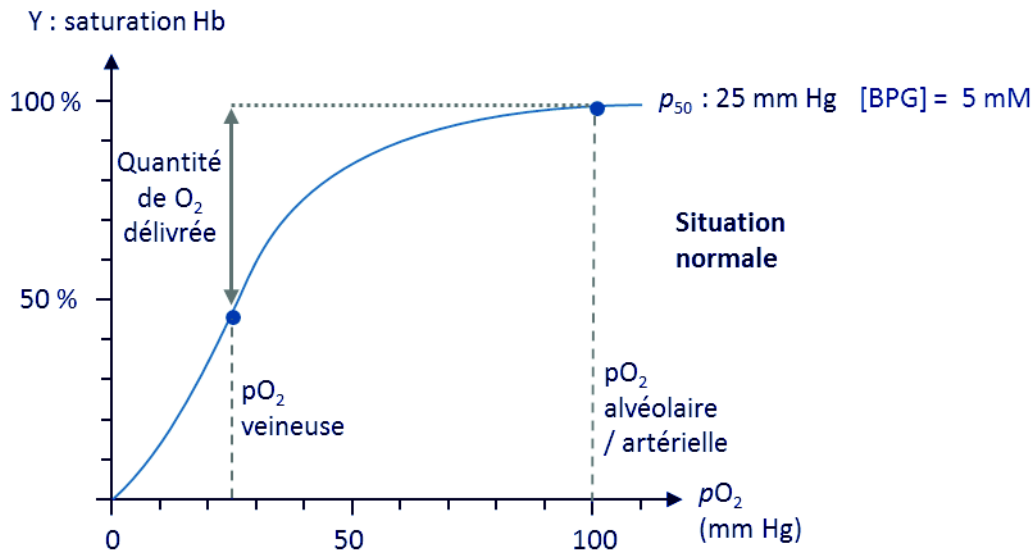


Document 2 : Association du 2,3-BPG à l'hémoglobine.

Le 2,3-BPG (structure en encart, pas d'exploitation demandée) occupe une cavité au centre du tétramère $\alpha_2\beta_2$, où il établit notamment des liaisons avec des histidines des chaînes β (His 2 et His 143, sur les deux chaînes). Cette liaison stabilise la forme tendue de l'hémoglobine, de moindre affinité pour le dioxygène. (© 2005 Brooks/Cole - Thomson)



Document 3 : Concentration de 2,3-BPG dans les globules rouges chez des rats exposés pendant 24 heures à des conditions hypoxiques (les altitudes correspondant aux concentrations en dioxygène utilisées sont précisées). Pour mimer la diminution de pression partielle en dioxygène avec l'altitude, on utilise un mélange de gaz contenant des proportions de dioxygène plus faibles que la proportion normale (21 % du volume de l'air).



Document 4 : Effet théorique du déplacement de la courbe de saturation de l'hémoglobine humaine sur la pO_2 veineuse, pour deux situations d'hypoxie

On prédit la pO_2 veineuse pour une même distribution de O_2 aux organes (10 mL O_2 /100 mL de sang) et une même capacité totale de O_2 (20 mL O_2 /100 mL de sang). En haut, situation normale ; au milieu, hypoxie modérée ; en bas, hypoxie sévère.

Question 2

- À partir des documents 3 et 4, **décrivez** l'effet d'un transport de la plaine vers l'altitude sur la concentration en 2,3-BPG et sur l'affinité de l'hémoglobine pour le O₂ (n'exploitez ici que les courbes).

Question 3

- À partir du document 4, pour une même distribution de O₂ dans les tissus et une même pO₂ artérielle, **indiquez** l'effet sur la pO₂ veineuse d'un déplacement de la courbe de saturation « vers la droite », (c'est-à-dire avec une p₅₀ plus grande) dans les cas d'une hypoxie modérée et d'une hypoxie sévère.

On supposera qu'il est avantageux d'avoir une pO₂ tissulaire / veineuse la plus élevée possible.

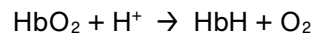
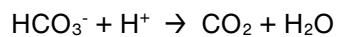
Question 4

- Dans quel cas l'augmentation de la p₅₀ (se traduisant par un déplacement de la courbe de saturation vers la droite) est-elle avantageuse ?

Une des principales réactions à l'hypoxie lors du passage en altitude est l'hyperventilation (augmentation de la fréquence respiratoire et du volume courant).

Cette hyperventilation entraîne une augmentation du pH sanguin (alcalose).

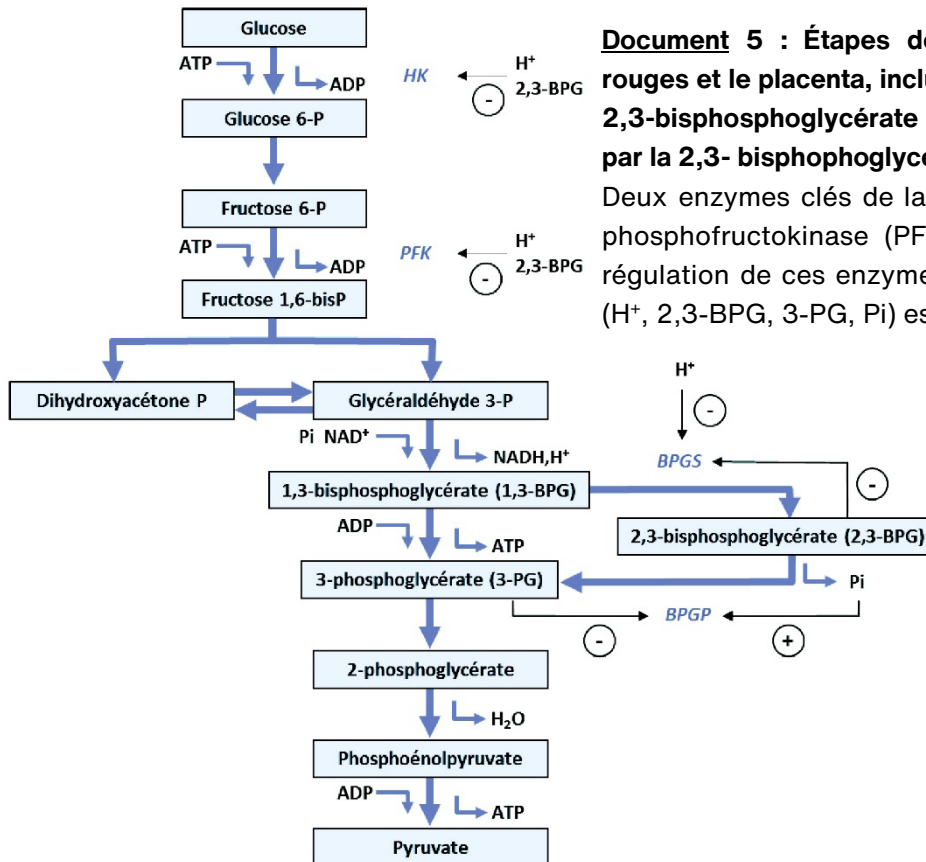
Le pH sanguin est notamment régulé par les équilibres suivants dans le sang :



Question 5

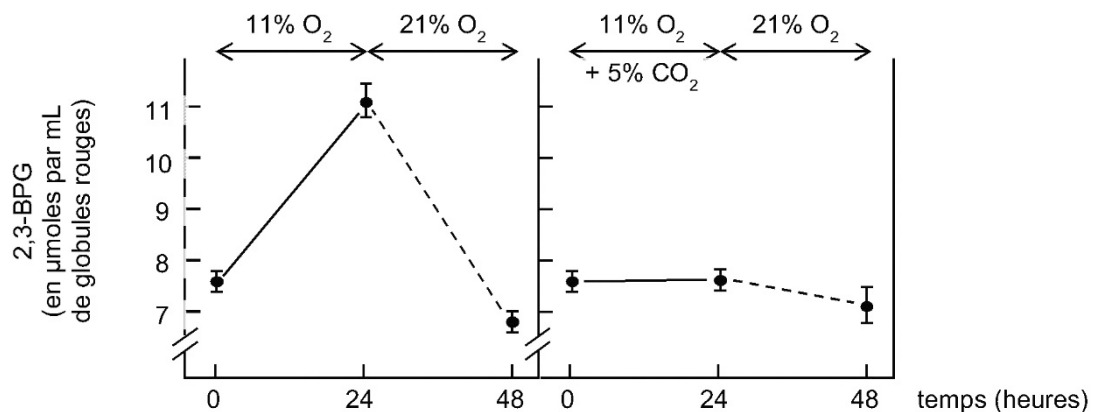
- **Expliquez** comment l'hypoxie et l'hyperventilation conduisent à l'alcalose (indice : considérez l'effet de l'hyperventilation sur la pression partielle en CO₂ dans le sang).

Pour comprendre le mécanisme de l'augmentation de la concentration en 2,3-BPG lors d'un épisode hypoxique, on considère sa synthèse dans la glycolyse (document 5). Le 2,3-BPG est synthétisé à partir du 1,3-bisphosphoglycérate (1,3-BPG) par une enzyme présente seulement dans les globules rouges et le placenta, la bisphosphoglycérate synthase (BPGS). Il est dégradé par la bisphosphoglycérate phosphatase (BPGP) en 3-phosphoglycérate (3-PG).



Document 5 : Étapes de la glycolyse dans les globules rouges et le placenta, incluant la synthèse du 2,3- BPG par la 2,3-bisphosphoglycérate synthase (BPGS) et sa dégradation par la 2,3- bisphosphoglycérate phosphatase (BPGP).

Deux enzymes clés de la glycolyse, l'hexokinase (HK) et la phosphofructokinase (PFK) sont également indiquées. La régulation de ces enzymes par différents ions et molécules (H⁺, 2,3-BPG, 3-PG, Pi) est également indiquée.



Document 6 : Effet du CO₂ sur l'accumulation de 2,3-BPG lors d'une hypoxie.

On soumet des rats à des conditions hypoxiques (passage de 21 % à 11 % de O₂) pendant 24 heures puis on les ramène à la situation normale (21 % de O₂). On mesure la concentration en 2-3-BPG dans les globules rouges au début et à la fin de l'épisode hypoxique, puis 24 heures après le retour à la normale. À gauche, la concentration sanguine en CO₂ est libre d'évoluer. À droite, la concentration sanguine en CO₂ est maintenue à un niveau très élevé pendant l'épisode hypoxique par un air à 5 % de CO₂ (contre 0,04 % dans l'atmosphère normale).

Question 6

- À partir des documents 5 et 6, **montrez** que l'alcalose est responsable de l'augmentation de la concentration en 2,3-BPG lors d'un épisode hypoxique.

THÈME 2 : LA VIE EN ALTITUDE : EXEMPLE D'ADAPTATION CHEZ LES MAMMIFÈRES

Les espèces de mammifères et d'oiseaux natives des territoires de haute altitude sont exposées couramment à des conditions d'hypoxie sévères. Contrairement à ce qui se passe pour les animaux de plaine transportés en altitude, dont la p_{50} augmente, on trouve en général chez ces espèces montagnardes des valeurs de p_{50} plus faibles que chez les espèces apparentées vivant en plaine.

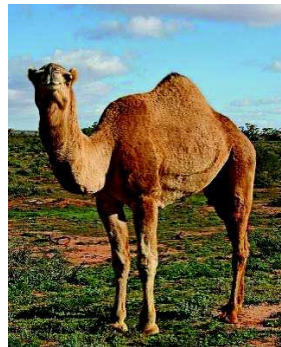
Question 7

- Expliquez l'intérêt de ces p_{50} plus faibles grâce au document 4 (p. 16).

Les camélidés sud-américains (lama, alpaga, vigogne et guanaco) vivent en altitude. Par rapport au dromadaire, leur parent vivant près du niveau de la mer, et à la plupart des autres mammifères, ils partagent une même substitution sur la chaîne β de l'hémoglobine : l'histidine en position 2 est remplacée par l'asparagine ($\text{His}2\beta \rightarrow \text{Asn}$). Les globules rouges du lama et du dromadaire ont des concentrations comparables en 2,3-BPG.



Lamas (*Lama glama*)



Dromadaire (*Camelus dromedarius*)

Espèce	Résidu 2 chaîne β	Résidu 143 chaîne β	$p_{50} \text{ O}_2$ (mmHg) sans 2,3-BPG	$p_{50} \text{ O}_2$ (mmHg) + 5 mM 2,3-BPG
Lama	Asn	His	14,8	20,3
Dromadaire	His	His	12,0	21,5

Tableau 1 : différences de séquence significatives dans la chaîne β et valeurs de $p_{50}\text{O}_2$ en présence et en absence de 2,3-BPG pour les hémoglobines du lama et du dromadaire.

Toutes les mesures sont faites à 37°C et pH 7,2. Les données d'incertitude ne sont pas indiquées : on considèrera les différences significatives.

Question 8

- À partir du tableau 1 (ci-dessus) et du document 2 (p.15), comparez l'effet du 2,3 BPG sur les hémoglobines du lama et du dromadaire et expliquez les différences constatées.

Question 9

- Indiquez la valeur adaptative de la substitution $\text{His} \rightarrow \text{Asn}$ dans la chaîne β chez les camélidés d'altitude.

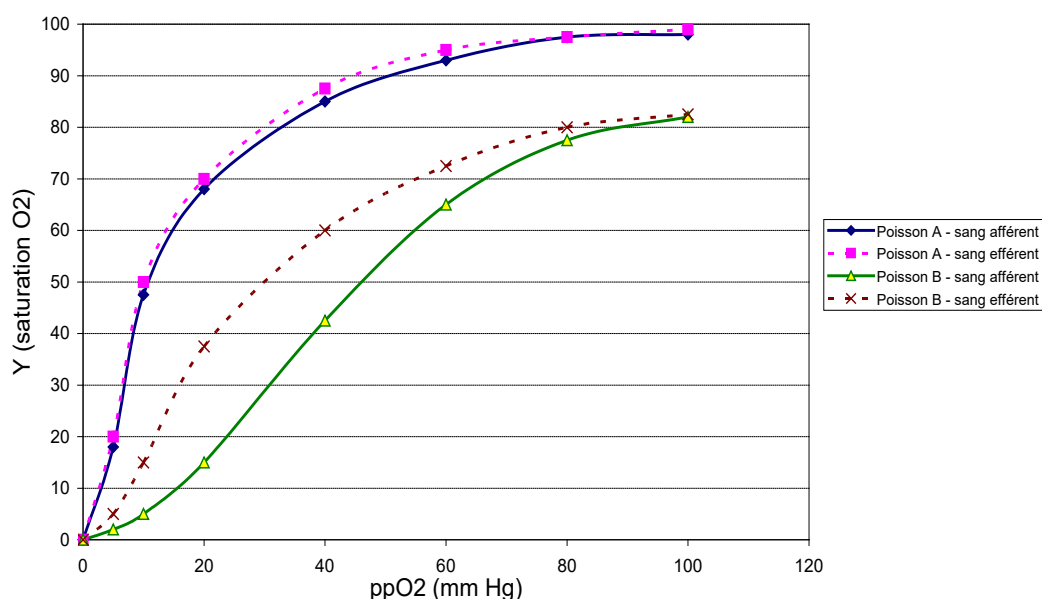
THÈME 3 : COMPORTEMENT DE L'HÉMOGLOBINE ET MILIEUX DE VIE

On étudie deux poissons osseux d'eau douce, notés A et B pour les besoins de l'étude, de masse corporelle comparable, vivant dans deux milieux aquatiques différents.

Des mesures de saturation en dioxygène de l'hémoglobine en fonction de la pression partielle en dioxygène (ppO_2) ont été réalisées in vitro dans des conditions de pH et de pression partielle en dioxyde de carbone caractéristiques du sang afférent aux branchies et du sang efférent des branchies.

	Hydrodynamisme du milieu	Zone de vie	Pression partielle en dioxygène (mm Hg) du milieu
Poisson A	Marais / eaux stagnantes	« Sur le fond »	10 – 60
Poisson B	Cours d'eau à fort débit	« En surface »	100 – 120

Document 7 : Conditions de vie de deux poissons osseux



Document 8 : Courbes de saturation des hémoglobines des poissons A et B

Question 10

- **Analysez** les courbes de saturation de l'hémoglobine afin de mettre en relation les caractéristiques de l'hémoglobine avec le milieu de vie des deux espèces de poissons.

Sur des échantillons de sang des deux poissons, on mesure la pression partielle en dioxygène (ppO_2) des sangs afférent et efférent ainsi que la concentration en hémoglobine dans le sang.

Par ailleurs, on estime le pouvoir oxyphorique de l'hémoglobine (quantité maximale de dioxygène que l'hémoglobine peut fixer) à 1,4 mL de dioxygène par gramme d'hémoglobine.

	Poisson A		Poisson B	
	Sang afférent	Sang efférent	Sang afférent	Sang efférent
ppO_2 dans le sang	20 mm Hg	60 mm Hg	40 mm Hg	100 mm Hg
Concentration en hémoglobine du sang	100 g.L ⁻¹		60 g.L ⁻¹	

Question 11

- À l'aide des données du tableau du document II-A3, **calculez** la quantité de dioxygène (en mL.L⁻¹ de sang) transportée dans le sang afférent et efférent de chaque poisson.
- À partir des données calculées, **montrez** que l'apport en dioxygène aux tissus est équivalent chez les deux espèces de poisson.