

DEVOIR SURVEILLE

n°5

BIOLOGIE – GEOLOGIE

Sujet de type « Épreuve sur documents » du concours commun Agro – Vété

Le sujet comporte deux parties indépendantes, l'une de géologie, l'autre de biologie, à rédiger sur deux copies séparées.

La partie géologie est à traiter en premier
et sera ramassée au bout de 2 h

Durée 3 h

Il sera tenu compte de la qualité de la présentation et de la rédaction (orthographe, grammaire, précision de l'expression).

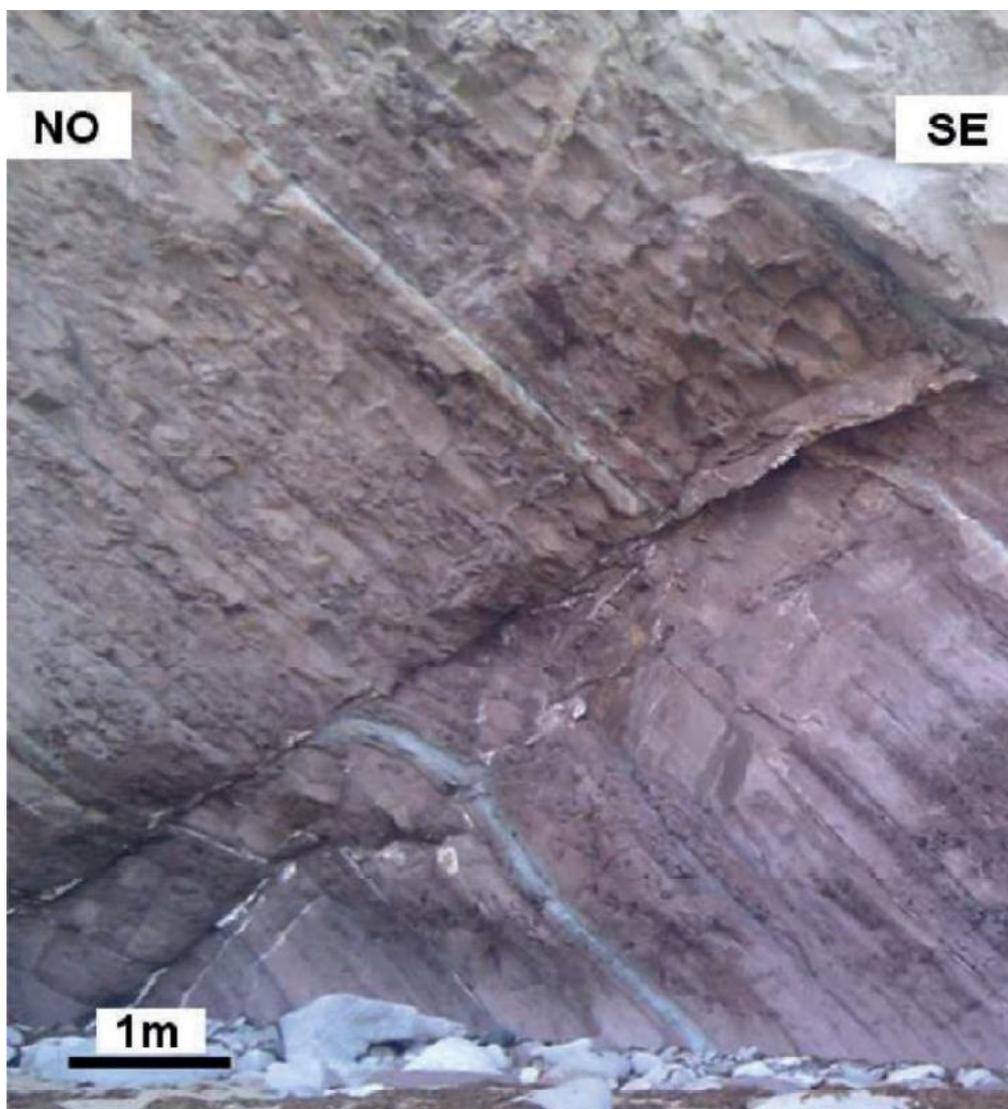
L'usage d'abaques, de tables, de tout instrument électronique susceptible de permettre au candidat d'accéder à des données et de les traiter par les moyens autres que ceux fournis dans le sujet est interdit.

Calculatrices autorisées.

- Répondre aux questions posées et à elles seules, selon les modalités indiquées dans le sujet.
- Répondre aux questions dans l'ordre en indiquant clairement leur numéro.
- Si une question nécessite l'exploitation de plusieurs documents, mentionner clairement quel document est utilisé aux différentes étapes de votre réponse.
- **Les documents figurant en annexe (p. 17 et 18) doivent être exploités comme l'indiquent les questions qui s'y rapportent, et rendus en même temps que votre copie.**

Le sujet comporte 18 pages.

1. Etude d'un affleurement



Document 1. Photographie d'un affleurement situé près de Saint Jean-de-Luz (baie de Loya).

1.1 Définissez les termes de déformation élastique, plastique et cassante d'une roche.

1.2 Définissez la notion de contrainte. Dans quel cas les contraintes sont-elles à l'origine d'une déformation ?

1.3 Réalisez un schéma titré et légendé de l'affleurement photographié dans le document 1. Schématisez également l'ellipsoïde des déformations finies, en justifiant.

1.4 A quelle condition peut-on déduire l'ellipsoïde des contraintes à partir de l'ellipsoïde des déformations finies ?

1.5 Représentez l'ellipsoïde des contraintes sur votre schéma. Vous préciserez la signification de σ_1 , σ_2 et σ_3 .

2. Etude de microstructures tectoniques



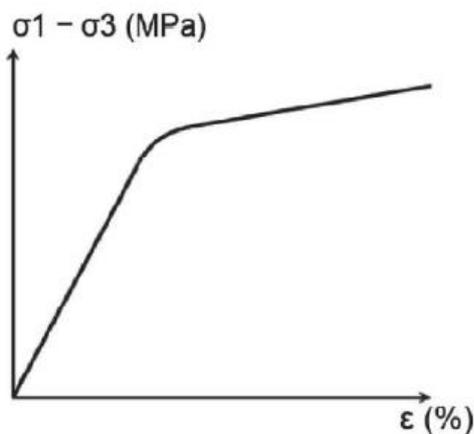
Document 2. Photographies de trois microstructures tectoniques dans des roches carbonatées. L'échelle est donnée par la pièce de monnaie de 1 euro (diamètre : 2,3 cm).

2.1 Nommez chaque microstructure tectonique du **document 2**. Vous préciserez si la déformation est cassante et/ou ductile.

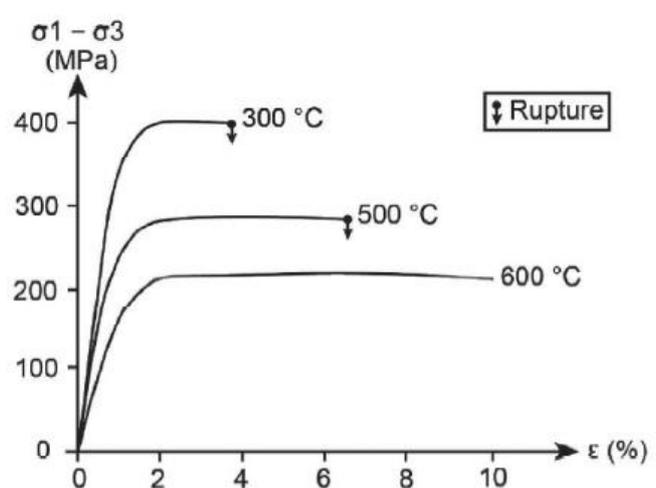
2.2 Ajoutez, sur le **document 2.2** reproduit en annexe (p. 17), l'ellipsoïde des déformations finies correspondant à l'échantillon 2.

2.3 Discutez de la diversité des déformations observables dans le **document 2**.

3. Les apports des données expérimentales



Document 3. Relation générale entre contrainte déviatorique ($\sigma_1 - \sigma_3$) et déformation ϵ .



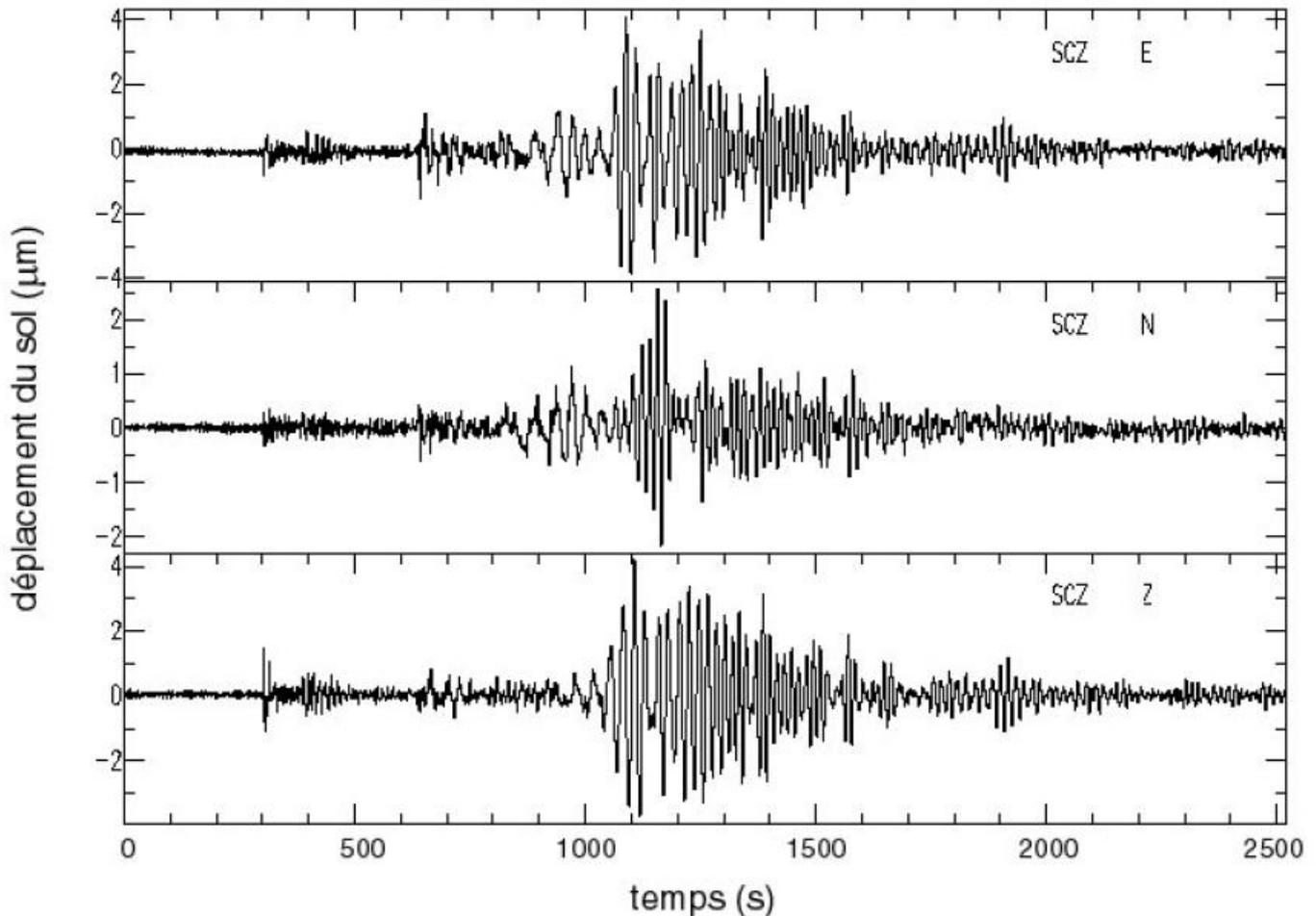
Document 4. Expériences rhéologiques en presse triaxiale sur un cylindre de roche soumis à différentes températures. Seule la température varie lors des expériences, entre 300 et 600 °C.

3.1 Identifiez le domaine élastique et le domaine plastique sur le graphique du **document 3** représenté sur l'annexe (p. 17).

3.2 Analysez le **document 4** afin de caractériser l'effet de la température sur la déformation du cylindre de roche.

3.3 Présentez et expliquez le profil rhéologique de la croûte continentale en utilisant les données expérimentales du **document 4** et vos connaissances.

1. Définissez les termes de séisme, de foyer et d'épicentre.
2. Explicitez les différentes ondes sismiques que vous connaissez. Quels sont les points communs et les différences entre les ondes P et S ?
3. Commentez précisément et annotez (sur le document reproduit en annexe p. 17) l'enregistrement sismique présenté sur le document 5.



Document 5. Enregistrement du séisme de magnitude 6,5, qui s'est produit le 21 janvier 2003, à 2h 48 min et 46 s au Guatemala. La station sismique SCZ est située près de Santa Cruz (Californie), à 3970 km de l'épicentre du séisme. Cette station fait partie du réseau français GEOSCOPE de sismologie globale.

4. Etablissez la relation qui permet de calculer la distance d qui sépare l'épicentre d'un séisme de la station sismique à laquelle il est enregistré, à partir de la vitesse de propagation des ondes P V_p et des ondes S V_s et du délai d'arrivée des ondes S par rapport aux ondes P t_{s-p} .

On fera les hypothèses simplificatrices qui suivent, et qui sont valables à l'échelle régionale :

- (i) les ondes se propagent quasiment à la surface du globe dans un milieu homogène,
- (ii) le rayon de courbure de la terre est négligeable.

Preuve de l'activité intense de la Terre, un autre séisme s'est produit le 20 janvier 2003 dans la région Nord-Ouest Pacifique. Les ondes sismiques engendrées lors de cet événement ont été enregistrées par différentes stations sismiques. Leurs heures d'arrivée sont reportées dans le document 6 ci-après.

Code de la station	Heure d'arrivée UTC (heure : minute : seconde)		déplacement maximum du sol (mm)
	Ondes P	Ondes S	
PET	03 : 02 : 04	03 : 02 : 52	3,67
MA2	03 : 03 : 42	03 : 05 : 48	0,16
YSS	03 : 04 : 19	03 : 06 : 54	0,12
MAJO	03 : 06 : 25	03 : 10 : 40	0,035

Document 6. Heure d'arrivée des ondes (temps universel UTC), enregistrée par différentes stations sismiques.

5. A partir de la relation établie à la question 4, calculez la pente de la courbe $d = f(t_{s-p})$ dans la région considérée, où $V_p = 7,74$ km/s et $V_s = 4,32$ km/s.

6. Calculez alors la distance de chaque station sismique à l'épicentre.

7. Localisez précisément l'épicentre du séisme sur la carte en annexe (p. 18), que vous rendrez avec votre copie.

8. A partir de votre connaissance du contexte géologique de la région, expliquez l'origine de ce séisme.

La magnitude d'un séisme est reliée à l'amplitude des mouvements du sol. La magnitude locale de Richter M_L , définie par Richter en 1935, est valable jusqu'à 600 km de distance ; elle est donnée par la relation :

$$M_L = \log A - \log A_0$$

A est le déplacement maximum du sol exprimé en millimètres,
 A_0 une valeur standard fonction de la distance d (en km) entre la station sismique et l'épicentre, telle que :

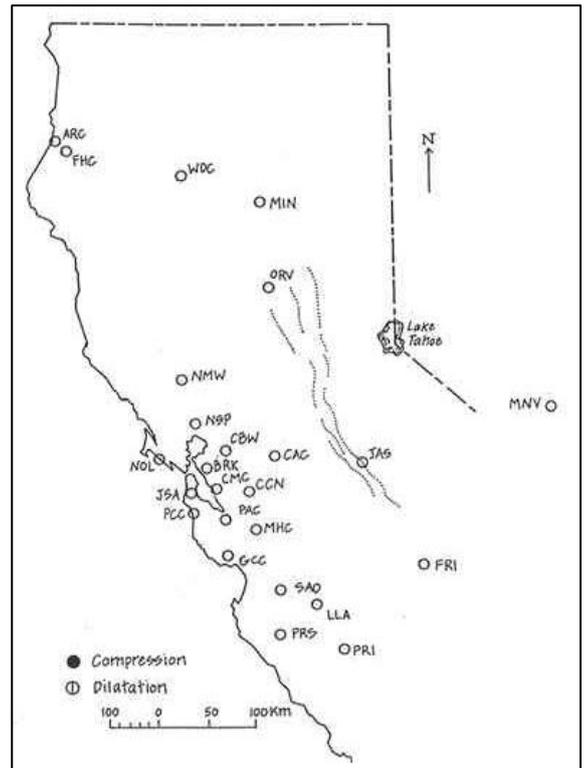
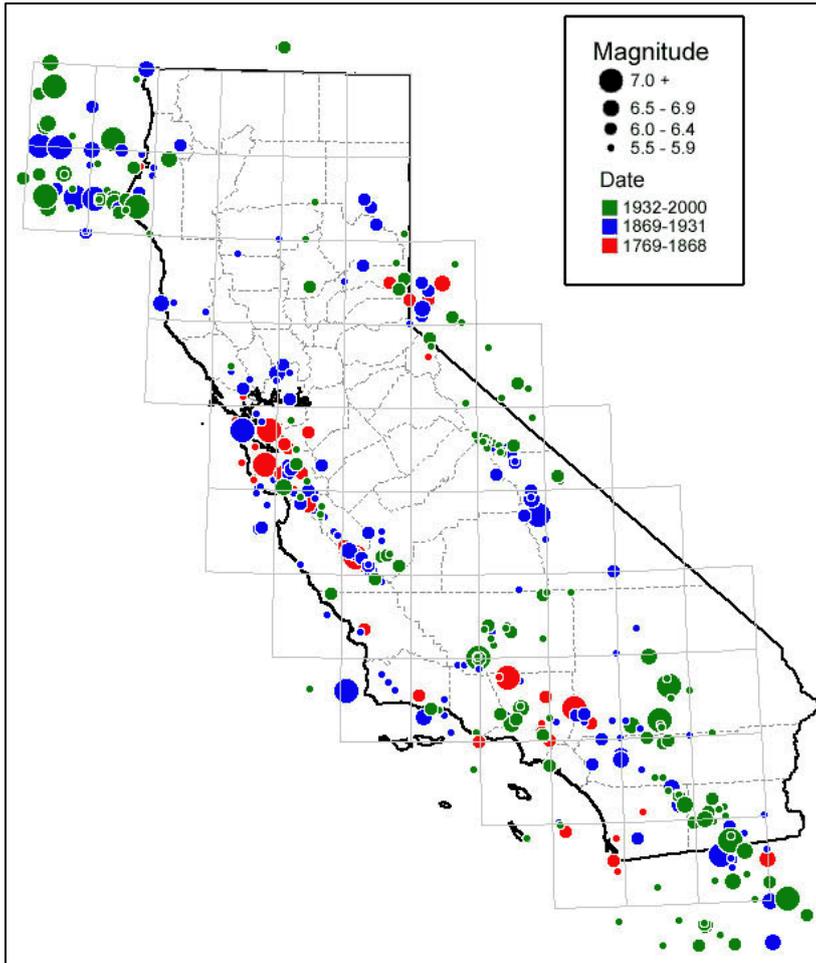
$$A_0 = (13,435/d)^{3,002}$$

Pour des distances allant de 200 à 600 km.

9. Calculez la magnitude de ce séisme à partir du document 6.

10. Déterminez l'heure (en UTC) à laquelle s'est produit le séisme.

1. Localisation de l'épicentre et détermination du mécanisme au foyer du séisme du 29 avril 1979



Document 8. Carte du Nord de la Californie localisant les stations sismologiques (cercles) repérées par trois lettres (MIN, LLA...). Les lignes en pointillés représentent les failles.

Document 7. Les séismes en Californie de 1769 à 2000. [https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_earthquakes_in_California]

La faille de San Andreas est une faille active comme le montre la forte sismicité qui lui est associée (document 7). Le document 9 page suivante présente les sismogrammes enregistrés par les stations sismologiques localisées sur le document 8 lors d'un séisme qui s'est produit le 29 avril 1979.

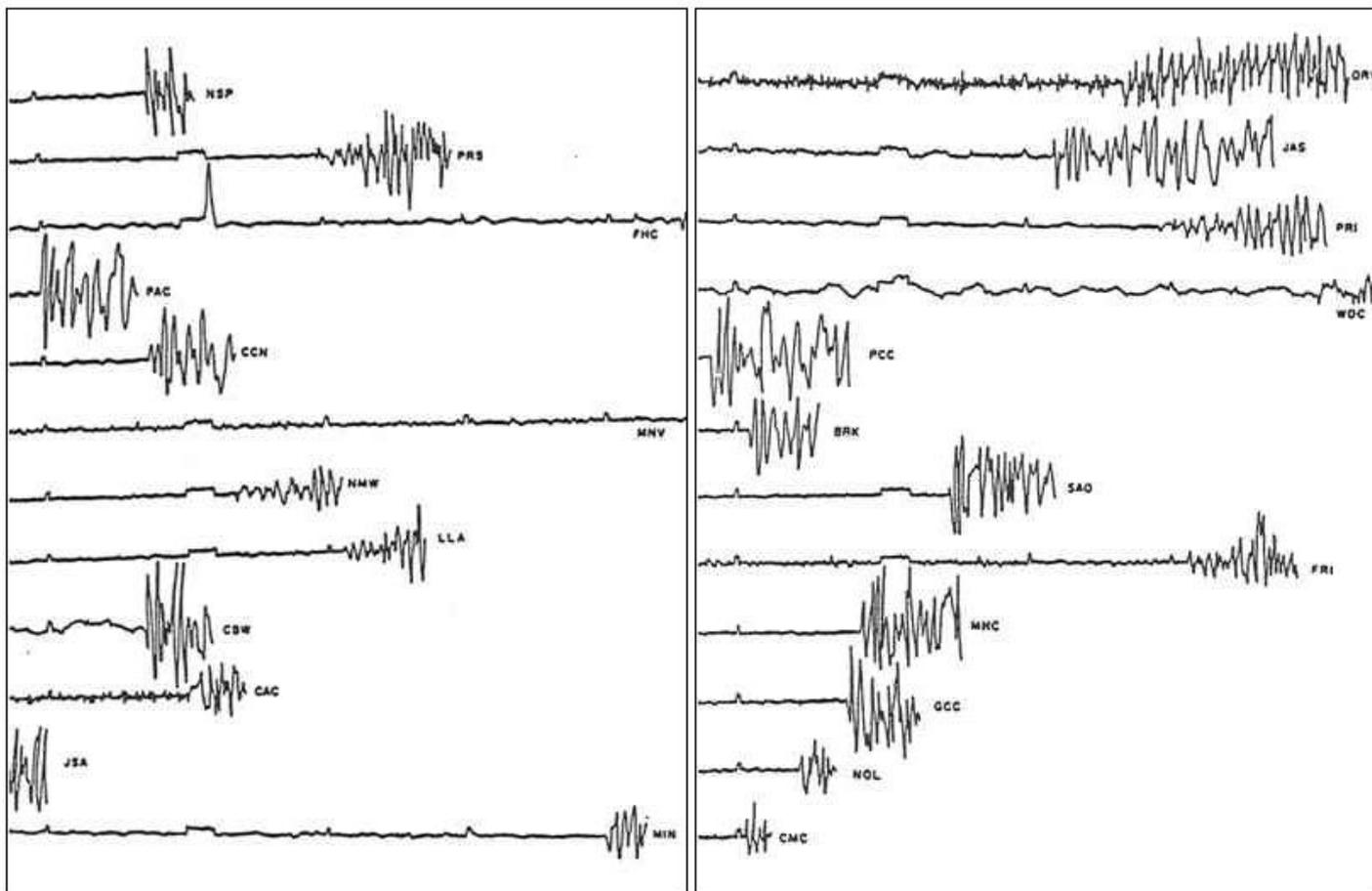
1.1 Après avoir caractérisé le sens du premier mouvement du sol (en compression ou en dilatation) sur chacun des sismogrammes, reportez cette information sur la carte reproduite en annexe (p. 18) pour chacune des stations sismologiques. Par convention, on noircit le cercle des sites en compression et on maintient le cercle vide pour les zones en dilatation.

1.2 Localisez alors la faille sur laquelle le séisme s'est produit et, aussi précisément que possible, l'épicentre du séisme.

1.3 Déterminez le mécanisme au foyer de ce séisme et précisez la nature de la faille qui a joué lors de ce séisme.

2. Prévoir les séismes en Californie ?

2.1 Analysez la répartition spatiale des séismes en Californie sur le document 7 et interprétez cette répartition.



Document 9. Sismogrammes enregistrés pour un même évènement sismique par le réseau sismologique de surveillance régionale de la Californie.

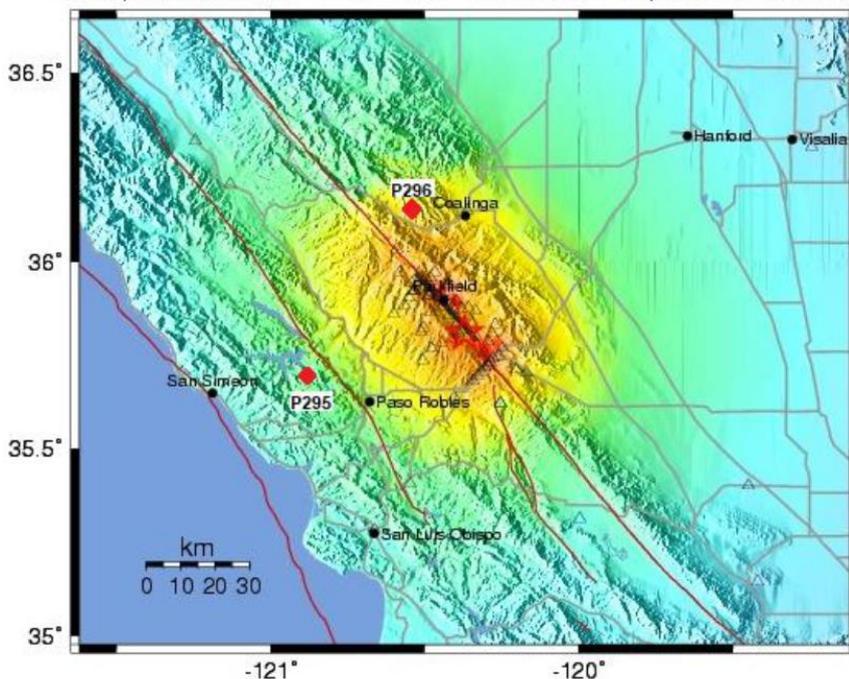
La ville de Parkfield (Californie) a subi 6 séismes de magnitude supérieure ou égale à 6 entre 1857 et 1966. Le plus récent séisme significatif qui s'y est produit a eu lieu le 28 septembre 2004. De petits séismes de magnitude inférieure à 4 se produisent fréquemment à proximité de la ville.

Document 10. Carte d'intensité du séisme du 28 septembre 2004 dont l'épicentre est situé à 11 km au SSE de Parkfield.

Le déplacement associé au jeu de la faille a été de 0,5 m. Aucun signe avant-coureur de ce séisme n'avait été détecté. Des répliques importantes se sont produites pendant plus d'une semaine après l'évènement initial.

P295 et P296 : Localisation des stations GPS dont les enregistrements sont fournis dans le document 11.

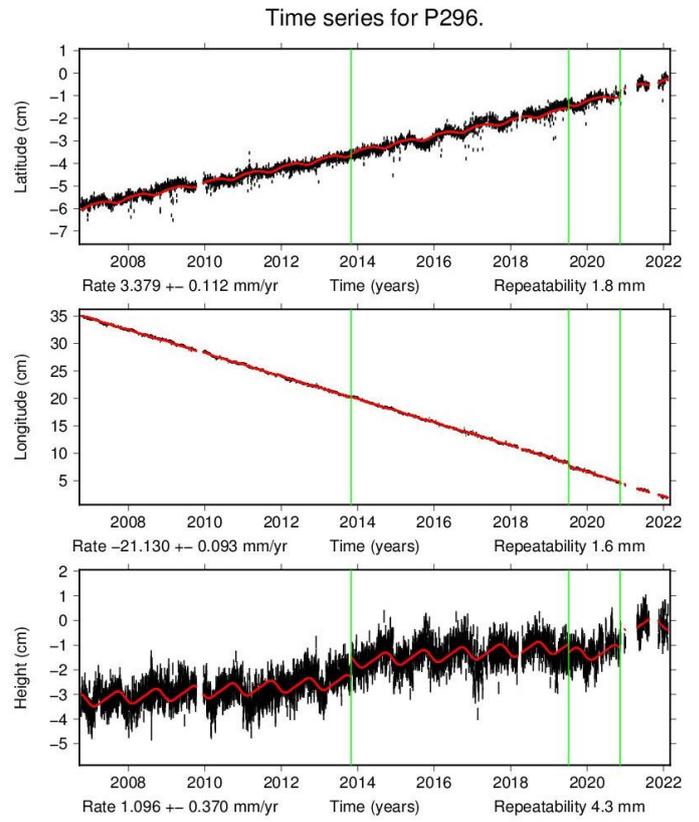
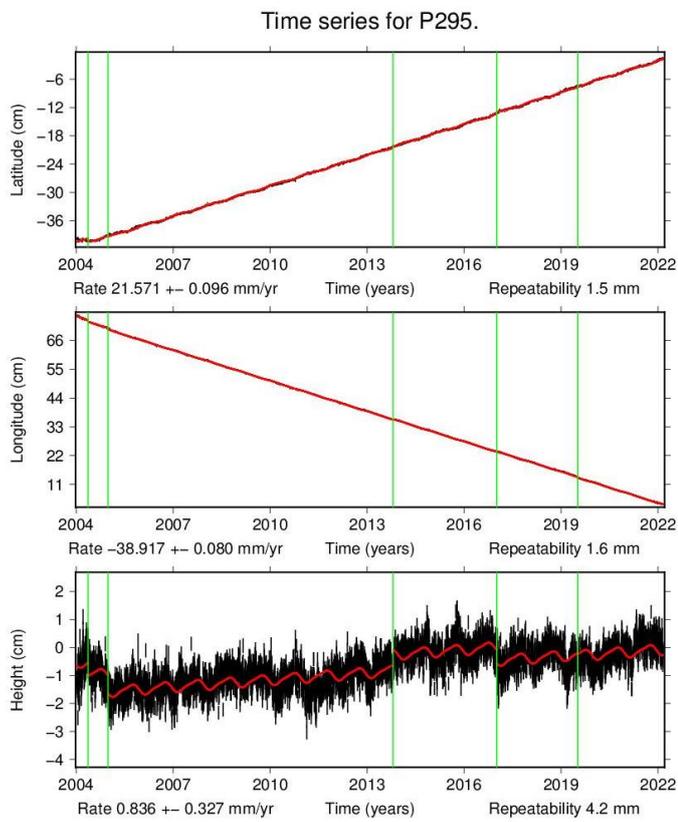
CISN Rapid Instrumental Intensity Map Epicenter: 11 km SSE of Parkfield, CA
Tue Sep 28, 2004 10:15:24 AM PDT M 6.0 N35.81 W120.37 Depth: 7.9km ID:51147892



Processed: Mon Nov 1, 2004 03:40:05 PM PST, - NOT REVIEWED BY HUMAN

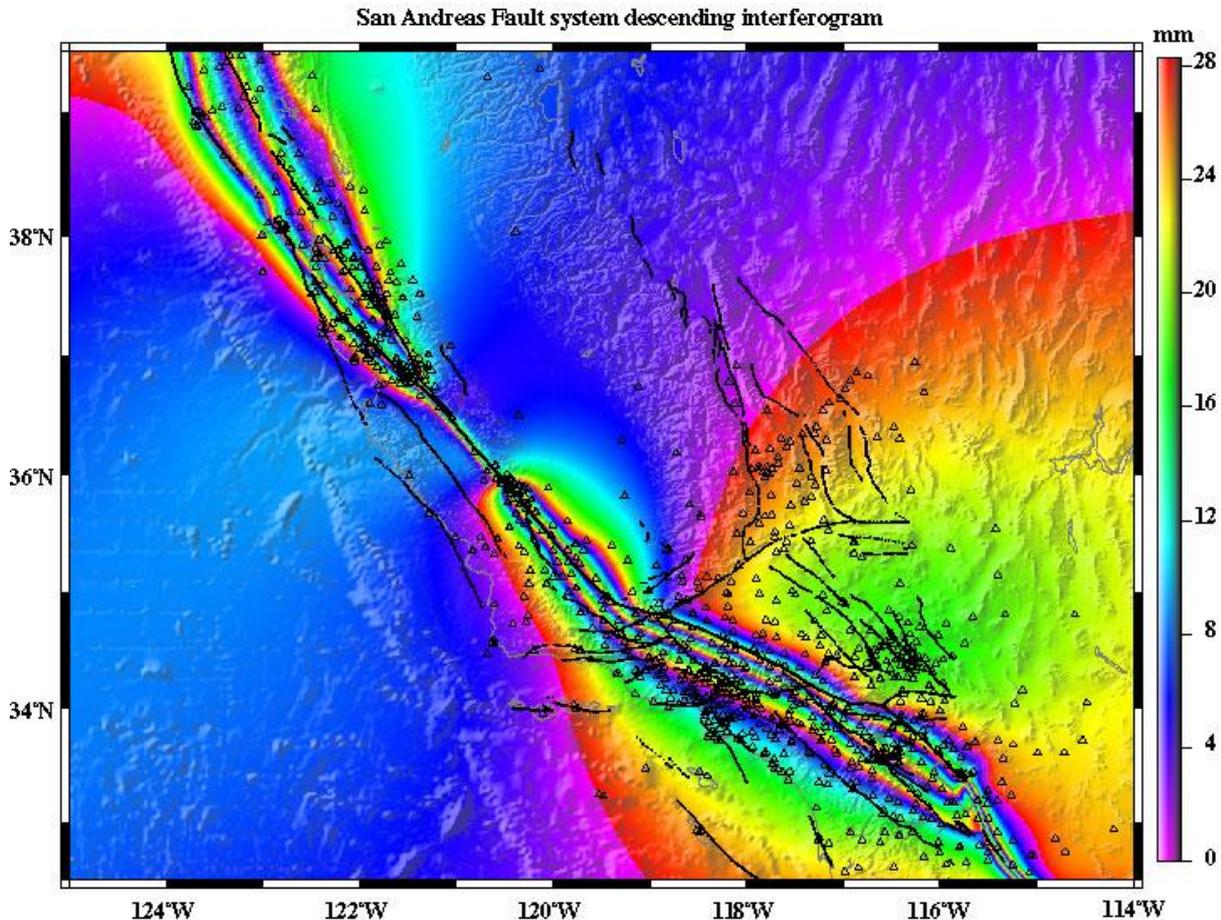
PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	none	none	none	Very light	Light	Moderate	Moderate/Heavy	Heavy	Very Heavy
PEAK ACC (%g)	<.17	.17-1.4	1.4-3.9	3.9-9.2	9.2-18	18-34	34-65	65-124	>124
PEAK VEL (cm/s)	<0.1	0.1-1.1	1.1-3.4	3.4-8.1	8.1-16	16-31	31-60	60-116	>116
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

<http://www.conservation.ca.gov/earthquakes/PublishingImages/intensity.jpg>



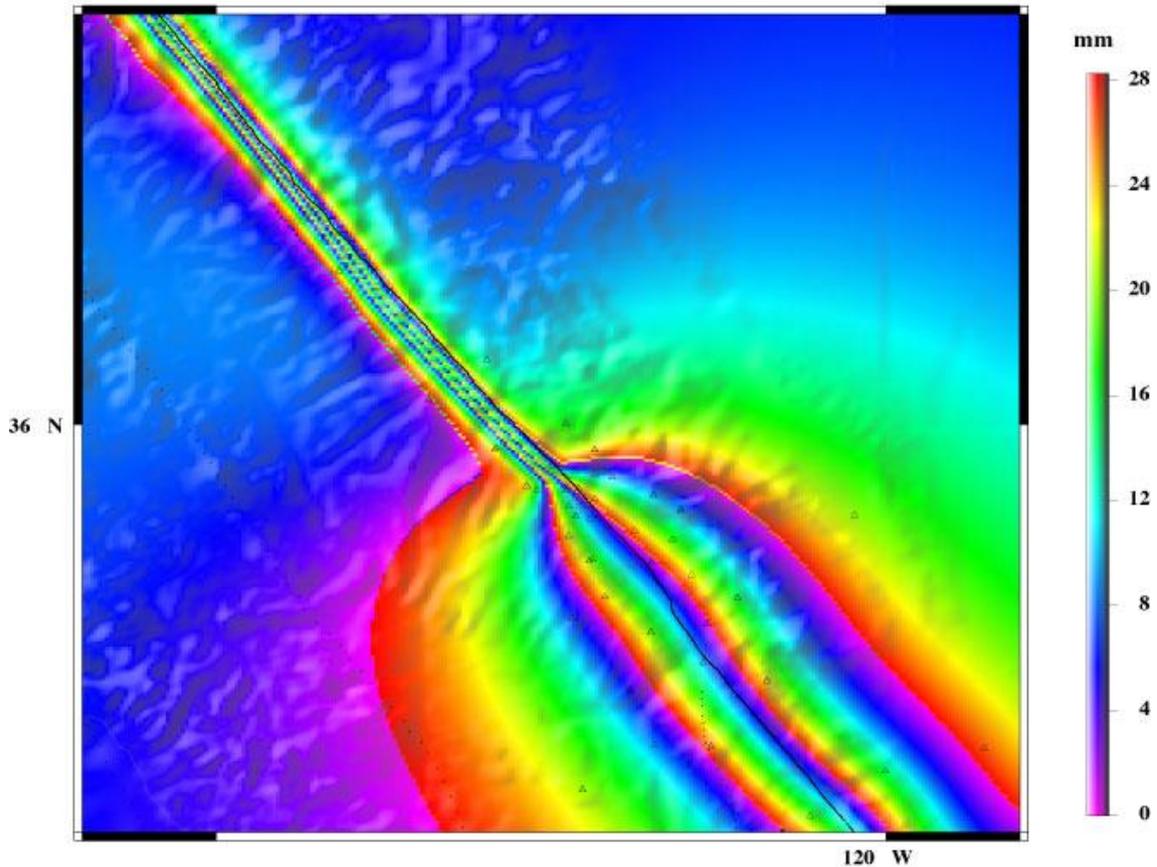
Document 11. Données GPS enregistrées pour les stations P295 et P296 localisées sur le [document 10](#).
[\[https://sideshow.jpl.nasa.gov/post/links/P295.html\]](https://sideshow.jpl.nasa.gov/post/links/P295.html) et [\[https://sideshow.jpl.nasa.gov/post/links/P296.html\]](https://sideshow.jpl.nasa.gov/post/links/P296.html)

La faille de San Andreas fait l'objet d'un suivi par interférométrie radar. Les mesures effectuées ont permis de calculer la déformation 3D cumulée sur une période de 10 ans. Les résultats sont présentés dans le [document 12](#).



Document 12a. Données d'interférométrie radar pour la faille de San Andreas (Californie).
 Une frange représente un déplacement de 28,28 mm selon la direction de la ligne de visée du satellite.

Parkfield region - Descending interferogram



Document 12b. Données d'interférométrie radar : détail pour la région de Parkfield.
Une frange représente un déplacement de 28,28 mm selon la direction de la ligne de visée du satellite.

[https://topex.ucsd.edu/body_force/new/interferometry.html]

2.2 Rappelez quelle est la signification de l'intensité d'un séisme.

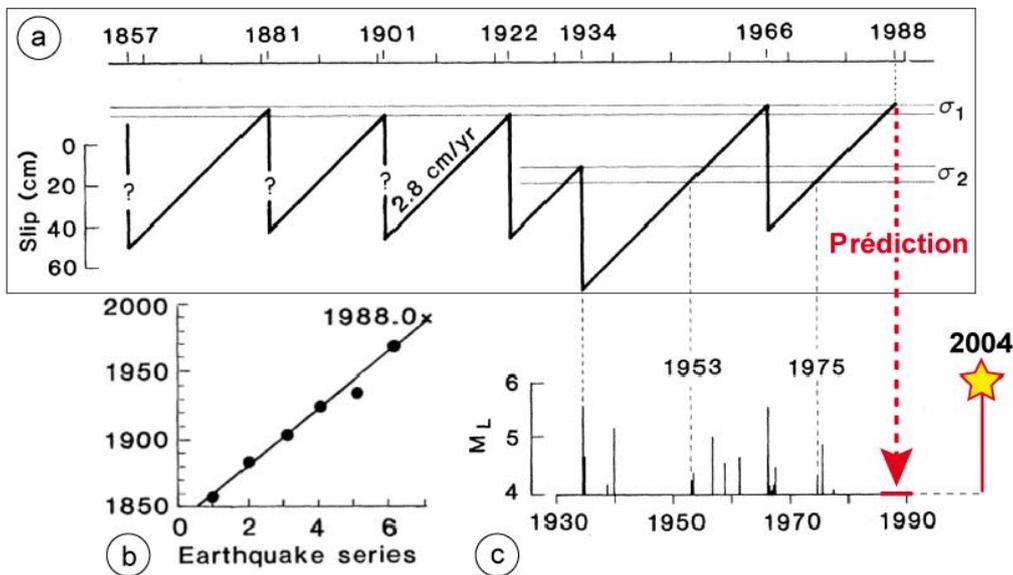
2.3 Exploitez les données du document 11 pour expliquer le contexte géodynamique à l'origine de ce séisme.

2.4 Analysez les données d'interférométrie présentées dans le document 12 et proposez une hypothèse pour expliquer la sismicité importante dans la zone de Parkfield.

2.5 En quoi les données présentées dans ces documents pourraient-elles contribuer à l'estimation de l'aléa sismique en Californie ?

Des séismes de magnitude 6,0 environ se sont produits dans le secteur de Parkfield en 1857, 1881, 1901, 1922, 1934, et 1966. Les ondes émises par ces séismes étaient très similaires.

En 1985, Bakun et Lindh ont proposé un modèle de récurrence des séismes pour ce secteur, présenté dans le document 12, qui les a conduits à prévoir qu'un séisme important se produirait à Parkfield pendant la période 1988 – 1993 avec un taux de confiance de 90 à 95 %. Celui-ci s'est finalement produit en 2004, c'est l'évènement que vous avez étudié auparavant.



Document 12. Les cycles de Parkfield.

a. Modèle de récurrence de Parkfield.

b. Série des 6 séismes de la séquence. La croix correspond à la prédiction du 7^e séisme pour la période 1988 – 1993.

c. Sismicité historique. ML indique la magnitude des séismes.

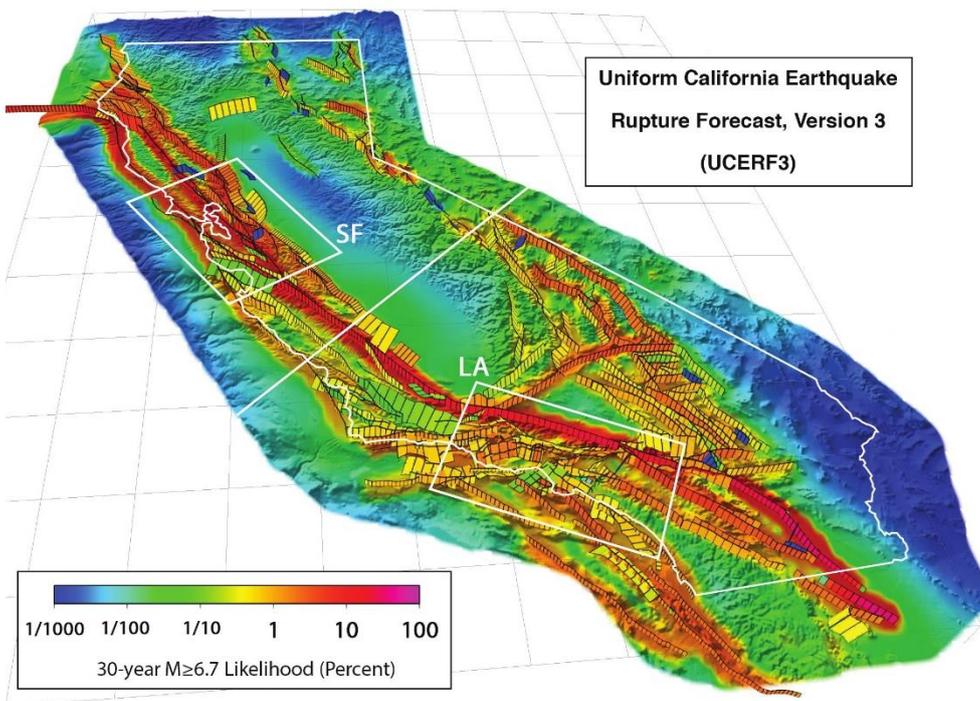
[Modifié de : Bakun et Linh, 1985, The Parkfield, California, earthquake prediction experiment. Science, 229(4714) 619–624. xv, 9, 52, 53, 167 ; in : Cinématique et Mécanique des Failles Décrochantes à l'échelle de Temps du Cycle Sismique : Apports d'un Modèle Expérimental. Yannick Caniven – Thèse (2014) <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-02087041>]

2.6 A partir de l'analyse du **document 12**, dégagez les arguments qui ont conduit les chercheurs à prévoir qu'un séisme important se produirait à Parkfield pendant la période 1988 – 1993.

2.7 Que vous apportent ces éléments au sujet de la prévision de l'aléa sismique en Californie ?

3. De l'aléa au risque sismique en Californie

En intégrant l'exploitation des **documents 13, 14 et 15**, discutez les notions d'aléa et de risque sismique en Californie.



Document 13. Carte en perspective 3D de l'aléa sismique en Californie.

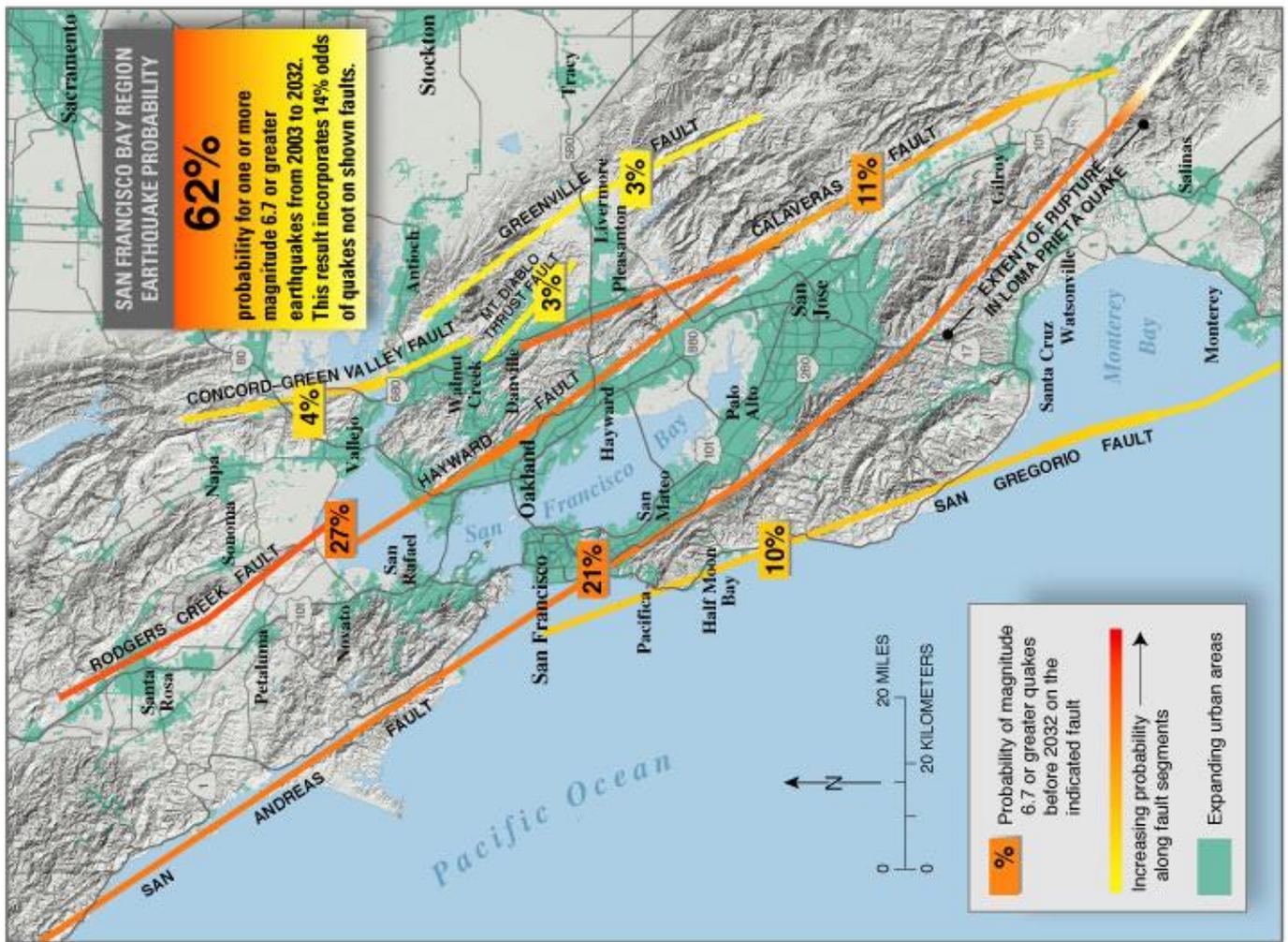
Les 2 606 segments de faille du modèle prévisionnel UCERF3 (modèle le plus récent de l'U.S. Geological Survey) sont délimités par des rectangles noirs.

Les couleurs indiquent la probabilité (en %) qu'un séisme de magnitude supérieure ou égale à 6,7 se produise au cours des 30 prochaines années sur un segment de faille donné.

L'état de Californie est délimité par un trait blanc. La ligne blanche qui traverse l'état en son milieu délimite la Californie du Nord et la Californie du Sud.

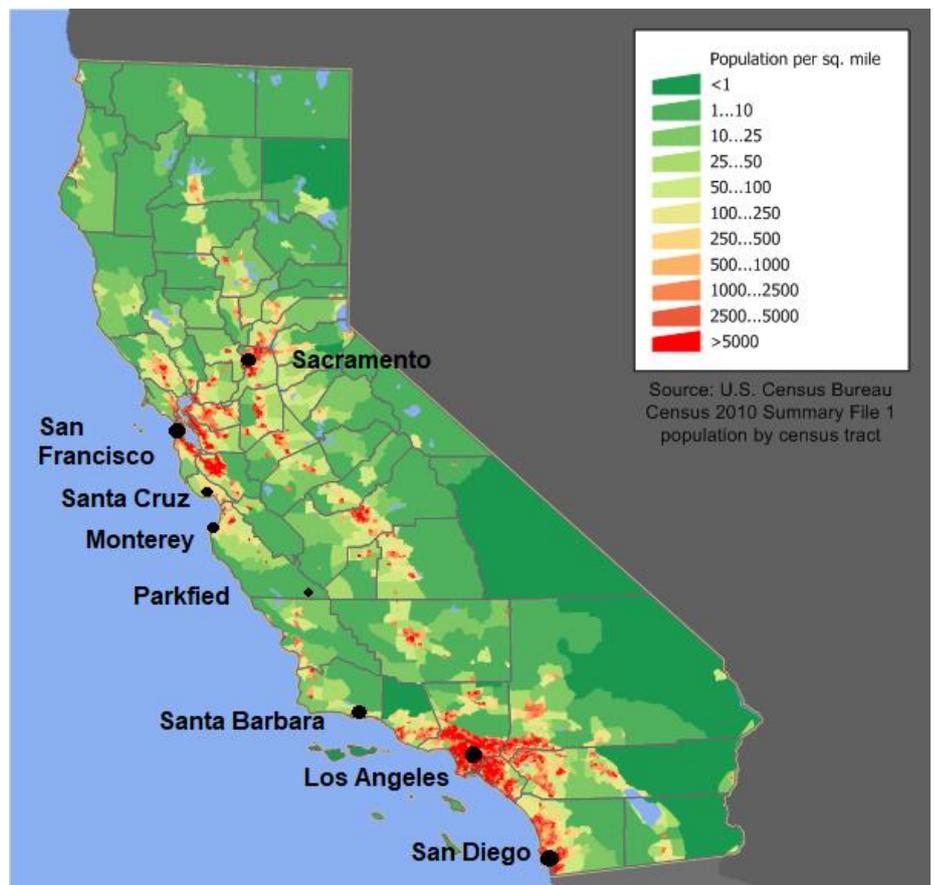
SF : secteur de San Francisco
LA : secteur de Los Angeles.
Carte publiée en novembre 2013.

[The Uniform California Earthquake Rupture Forecast, Version 3 (UCERF3)—The Time-Independent Model <https://pubs.usgs.gov/of/2013/1165/>]



Document 14. Carte localisant chacune des sept failles majeures de la région de la baie de San Francisco avec la probabilité qu'un tremblement de terre de M 6,7 ou plus se produise sur chaque faille entre 2003 et 2032 d'après le modèle UCERF3.

[https://en.wikipedia.org/wiki/San_Andreas_Fault]



Document 15. Densité de population en Californie en 2010 (nb habitants / en mile²).

[d'après <https://fr.wikipedia.org/wiki/Californie>, modifié]

PARTIE B : Biologie

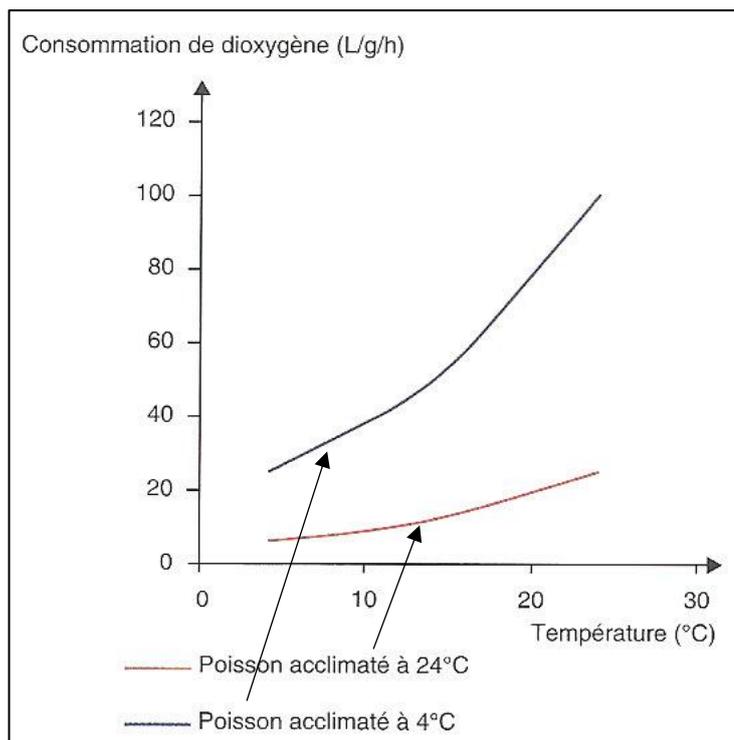
Respiration des poissons téléostéens et acclimatation aux températures hivernales et estivales

Extrait et adapté de Weber R. et al. (1976) *The Journal of Experimental Biology* 65, 333-345, Tempero G.W. (2011) Thèse de l'université de Waikato, Nouvelle-Zélande, Johnston I.A. (1983) *Cell Tissue Res* 222, 325-337 et Sidell B.D. (1998) *The Journal of Experimental Biology* 201, 1118-1127. In « BCPST 2^e année – Biologie » SEGARRA J. et coll. Ellipses Ed. 2015

Les poissons téléostéens sont des organismes ectothermes : leur température interne dépend de celle de l'environnement. Certains poissons, dits eurythermes, sont capables de tolérer de températures très différentes, s'ils y sont acclimatés.

L'acclimatation est une modification de la physiologie d'un individu, due à l'exposition à un environnement nouveau. Les variations graduelles des températures pendant le changement de saison provoquent ainsi l'acclimatation. Un animal acclimaté peut supporter des conditions de chaud ou de froid qu'un individu non acclimaté appartenant à la même espèce ne supporterait pas.

On s'intéresse ici aux modifications physiologiques de la respiration survenant chez les poissons au cours de l'acclimatation saisonnière.



Document 1. Effets de la température sur la consommation de dioxygène de poissons acclimatés à 4 °C (hiver) ou à 24 °C (été).

La consommation de dioxygène reflète l'activité métabolique de l'organisme.

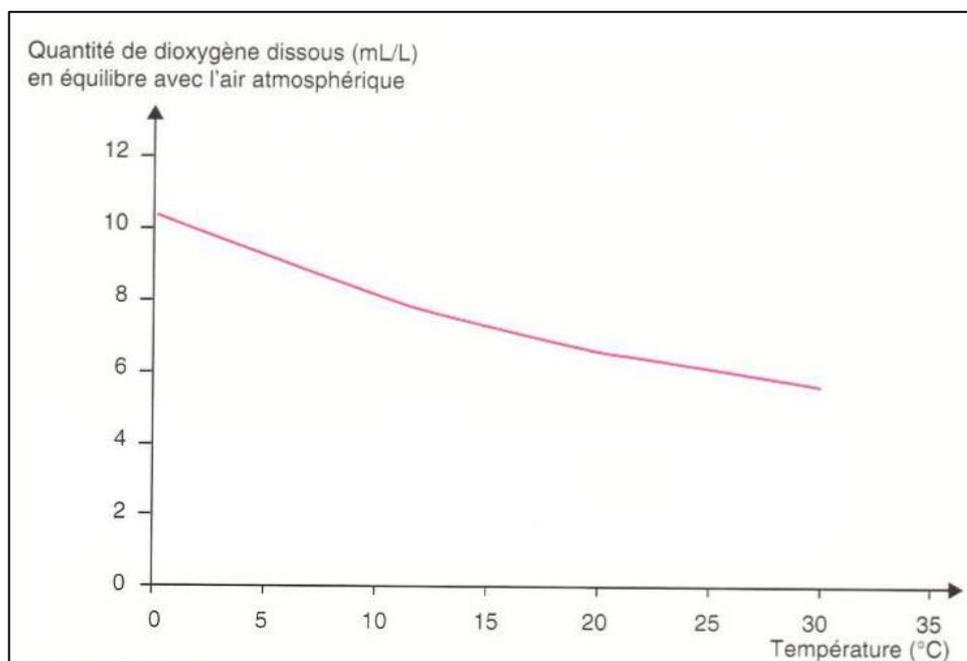
L'étude a été conduite chez des poissons de la même espèce.

A partir de l'exploitation du document 1 :

1. Analysez l'effet de la température sur l'activité métabolique des poissons et proposez une hypothèse explicative. °

2. Confrontez les résultats obtenus chez le poisson acclimaté à 4 °C et chez le poisson acclimaté à 24 °C et montrez qu'il y a une acclimatation.

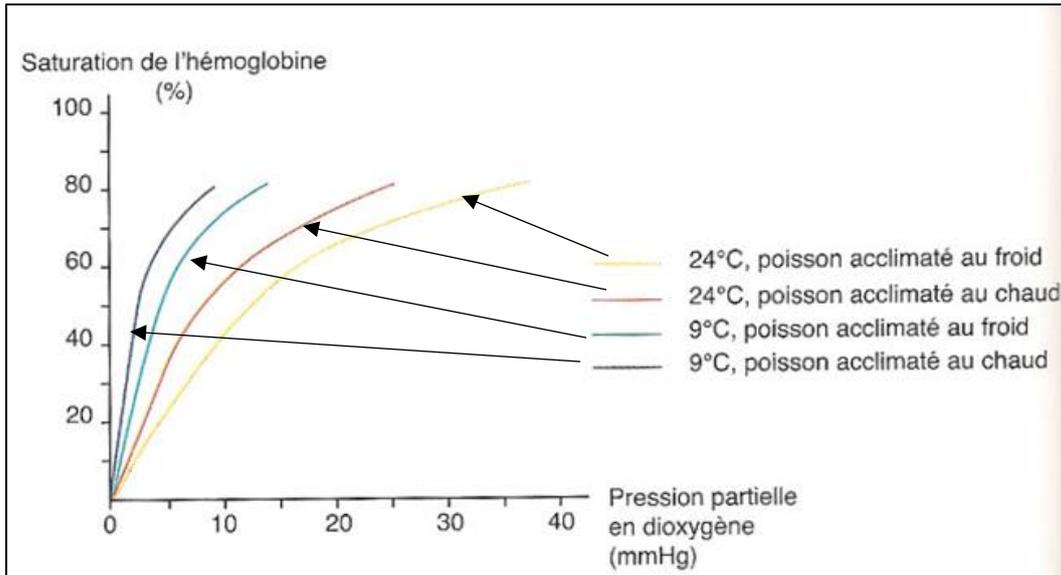
3. A partir de vos connaissances sur les agents impliqués dans les processus cellulaires du métabolisme, proposez une hypothèse expliquant cette acclimatation.



Document 2. Quantité de dioxygène dissous dans l'eau en fonction de la température.

4. A partir des données précédentes et des informations issues de l'exploitation du document 2, identifiez les contraintes du milieu aquatique en hiver et en été.

Deux lots de poissons sont acclimatés respectivement au froid et au chaud. Leur hémoglobine sanguine est extraite et étudiée dans des conditions de température estivales (24°C) et hivernales (9°C). Les courbes de saturation sont présentées dans le document 3.



Document 3. Courbes de dissociation de l'hémoglobine de deux lots de poissons acclimatés soit au froid soit au chaud, placés dans différentes conditions de température.

5. A partir de l'exploitation du document 3, dégagez l'effet de la température sur l'hémoglobine et proposez une hypothèse pour justifier l'avantage d'un tel comportement de la protéine à la température.

6. Montrez les conséquences de l'acclimatation au froid et au chaud sur le fonctionnement de l'hémoglobine lorsque les températures sont estivales et hivernales. Discutez des avantages conférés par l'acclimatation.

7. Proposez des hypothèses de mécanisme de l'acclimatation saisonnière constatée au niveau de l'hémoglobine des poissons.

Deux lots de truites sont acclimatés pendant 12 semaines respectivement à 5 °C et à 22 °C. Plusieurs paramètres physiologiques sanguins sont ensuite mesurés. Les résultats sont présentés dans le document 4.

Température d'acclimatation	Concentration sanguine en hémoglobine (mmol.L ⁻¹)	Concentration sanguine en nucléosides tri-phosphates (mmol.L ⁻¹)	Rapport des concentrations sanguines en hémoglobine et nucléosides tri-phosphate
5°C	1,36 ± 0,39	1,04 ± 0,15	1,31 ± 0,42
22°C	1,43 ± 0,22	1,19 ± 0,12	1,21 ± 0,21

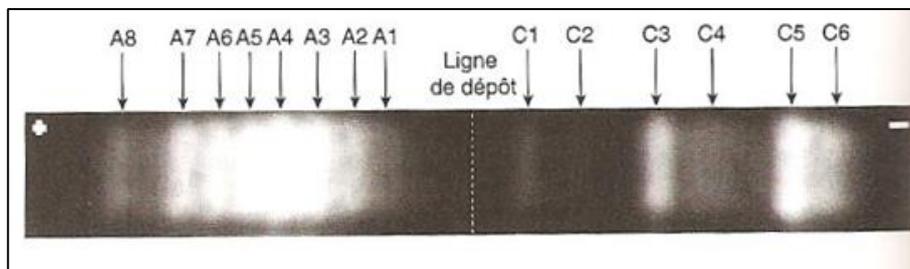
Document 4. Concentrations sanguines en hémoglobine et en nucléosides tri-phosphate (dont 90 % d'ATP) chez deux lots de truites acclimatées pendant 12 semaines respectivement à 5 °C et 22 °C.

L'ATP joue un rôle similaire chez les poissons téléostéens à celui du 2,3 BPG chez les mammifères.

8. Analysez et interprétez les modifications des paramètres physiologiques mises en évidence dans le document 4.

Deux lots de truites sont acclimatés pendant 25 jours soit à 10 °C soit à 20 °C. Des prélèvements de sang sont réalisés puis le sang est hémolysé : un choc osmotique fait éclater les érythrocytes, libérant leur contenu cellulaire. L'hémolysat ainsi obtenu est séparé par électrophorèse en conditions non dénaturantes, sur bande d'acétate de cellulose avec un milieu tamponné Tris-Glycine à pH 8,1 – 8,4.

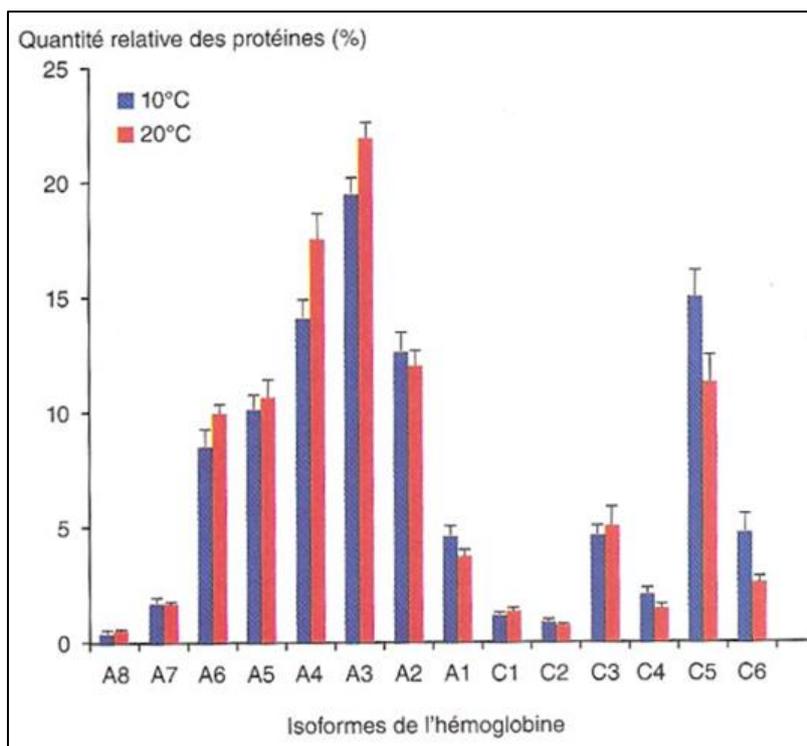
Les résultats obtenus sont présentés dans le document 5.



Document 5a. Révélation d'une bande d'électrophorèse d'hémolysat de sang d'une truite, réalisée en conditions non dénaturantes sur bande d'acétate de cellulose avec un milieu tamponné TrisGlycine à pH 8,1-8,4.

Les lettre A1 à A8 et C1 à C6 correspondent à différents isoformes de l'hémoglobine.

Les isoformes sont les différentes variétés d'une protéine donnée chez un organisme particulier. Elles possèdent des propriétés physiologiques semblables mais de faibles différences dans leurs séquences d'acides aminés.

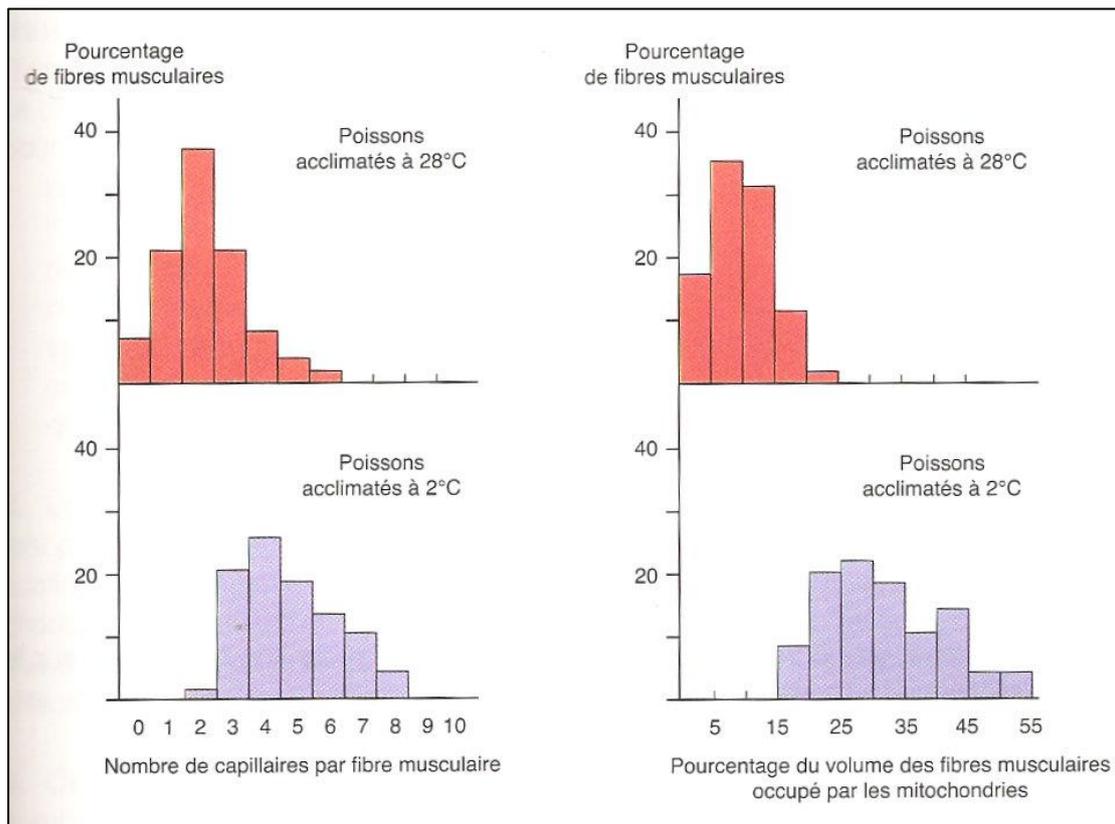


Document 5b. Comparaison de l'abondance des différents isoformes de l'hémoglobine chez des truites acclimatées respectivement à 10 et 20 °C.

9. Analysez et interprétez les résultats présentés dans les documents 5a et 5b.

10. Quelle hypothèse pouvez-vous retenir concernant le mécanisme de l'acclimatation saisonnière constatée au niveau de l'hémoglobine des poissons ?

Des carassins communs (espèce proche de la carpe) sont acclimatés à 2 °C ou à 28 °C pendant deux mois. Le nombre de capillaires par fibre musculaire et le pourcentage du volume de la fibre occupé par les mitochondries sont évalués sur des électronographies de tissus musculaires. Les résultats sont présentés dans le document 6.



Document 6. Evaluation du nombre de capillaires par fibre musculaire et du pourcentage du volume des fibres musculaire occupé par les mitochondries chez des poissons acclimatés respectivement à 2 et 28 °C pendant deux mois.

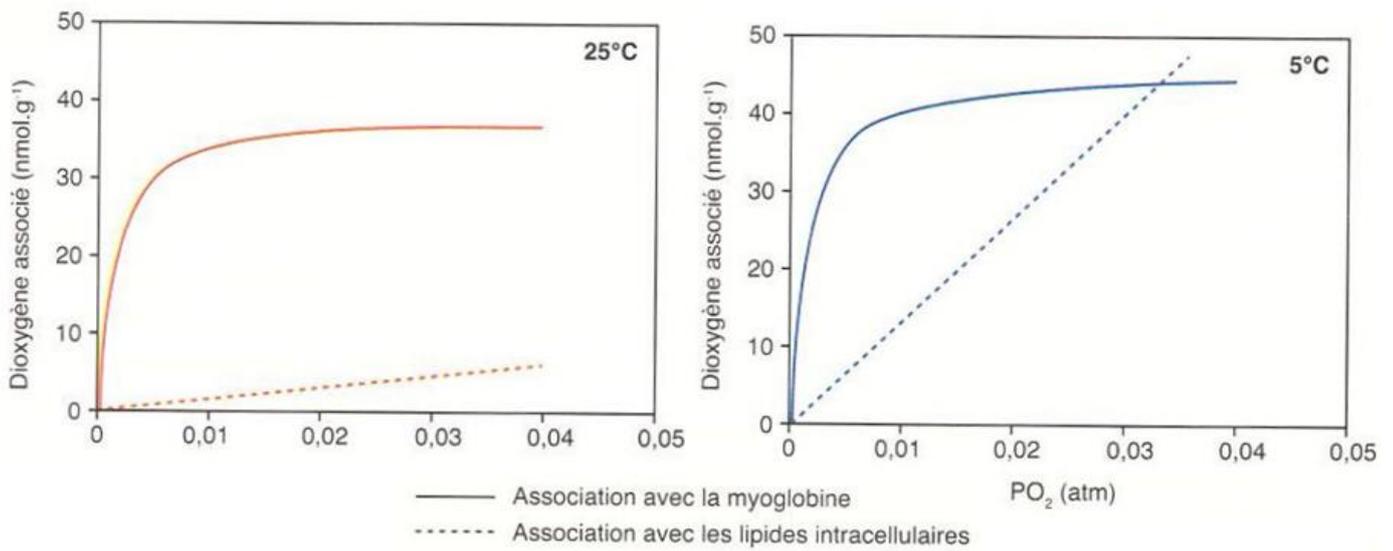
11. A partir de l'analyse du document 6, dégagez les modifications histologiques liées à l'acclimatation saisonnière.

12. Confrontez ces constats aux données du document 1.

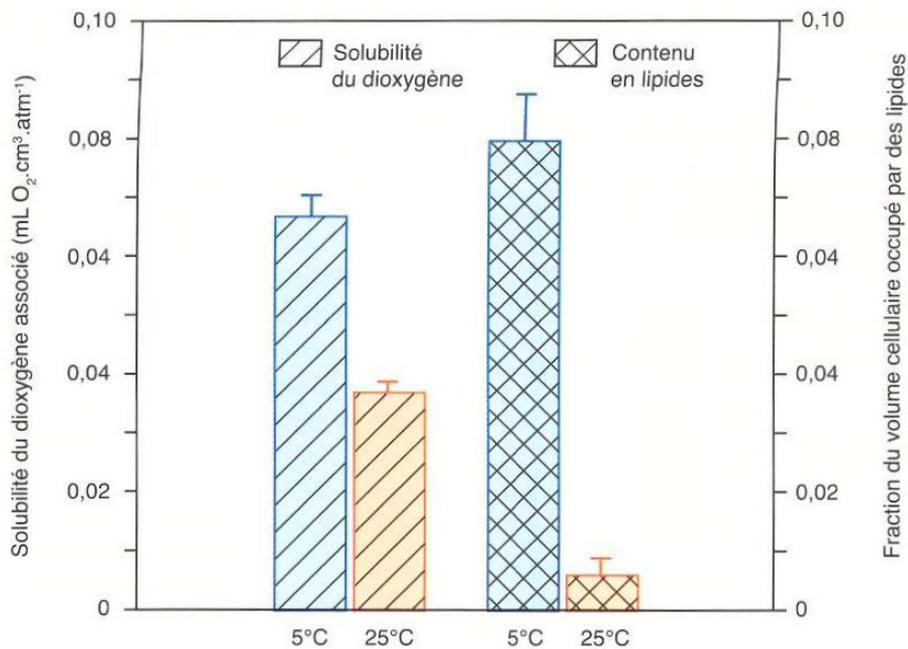
On cherche à préciser l'influence de l'acclimatation saisonnière sur les conditions de diffusion cellulaire du dioxygène. Des individus de l'espèce bar rayé, vivant dans les eaux côtières d'Amérique du Nord, sont acclimatés soit à 5 °C, soit à 25 °C.

Des analyses sont réalisées sur leur tissu musculaire et présentées dans le document 7.

(Suite page suivante)



Document 7a. Association du dioxygène à différents constituants cellulaires chez des bars rayés acclimatés respectivement à 5 °C et 25 °C.



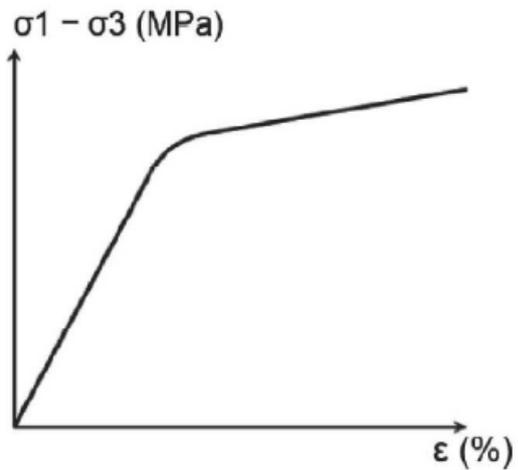
Document 7b. Solubilité du dioxygène et contenu lipidique des tissus musculaires chez des bars rayés acclimatés respectivement à 5 °C et à 25 °C.

Le contenu en lipides comprend les lipides des membranes des compartiments, les gouttelettes lipidiques cytoplasmiques etc.

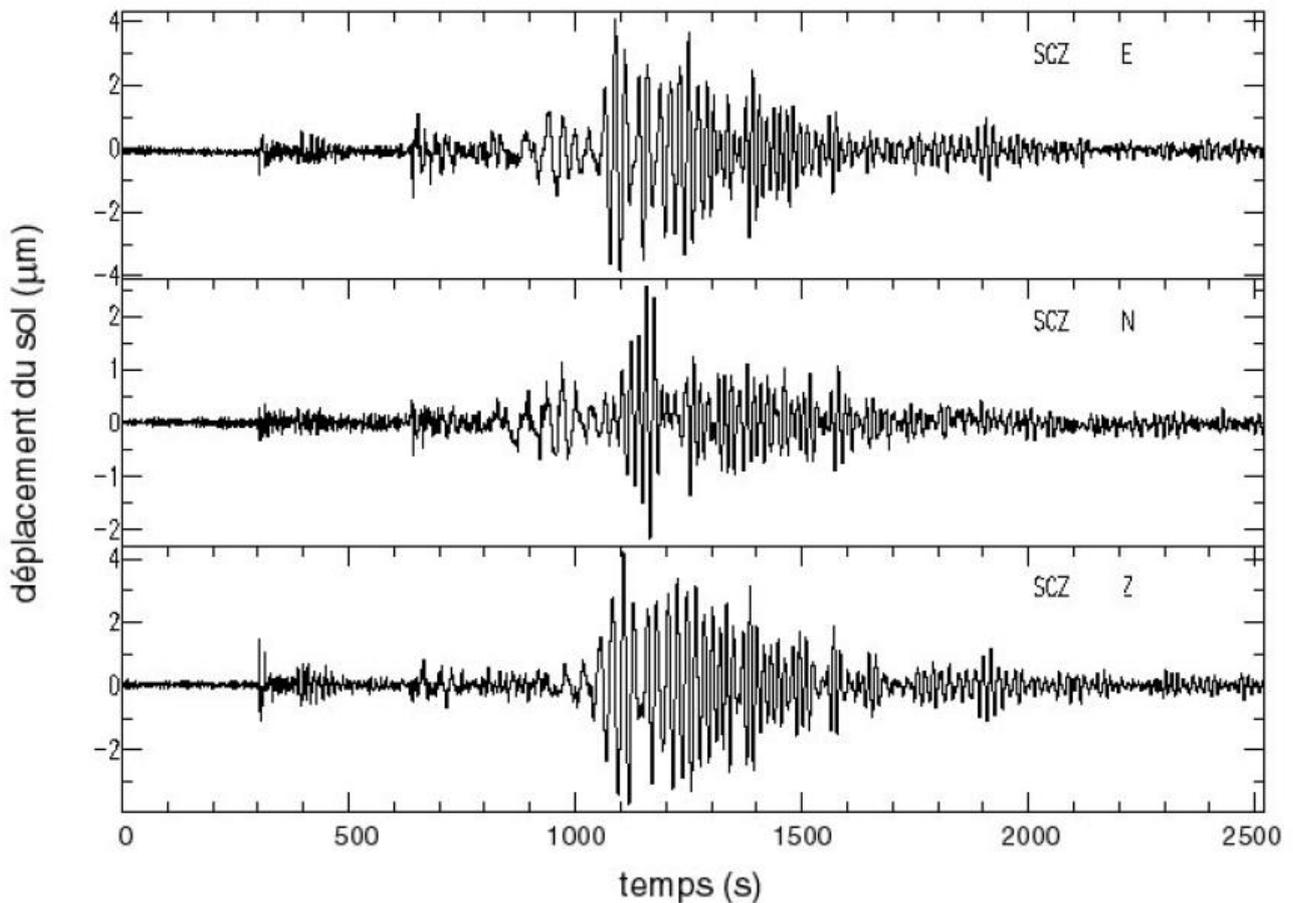
13. A partir de l'exploitation des documents 7a et 7b, montrez l'influence de l'acclimatation saisonnière sur les conditions de diffusion du dioxygène vers les cellules musculaires.



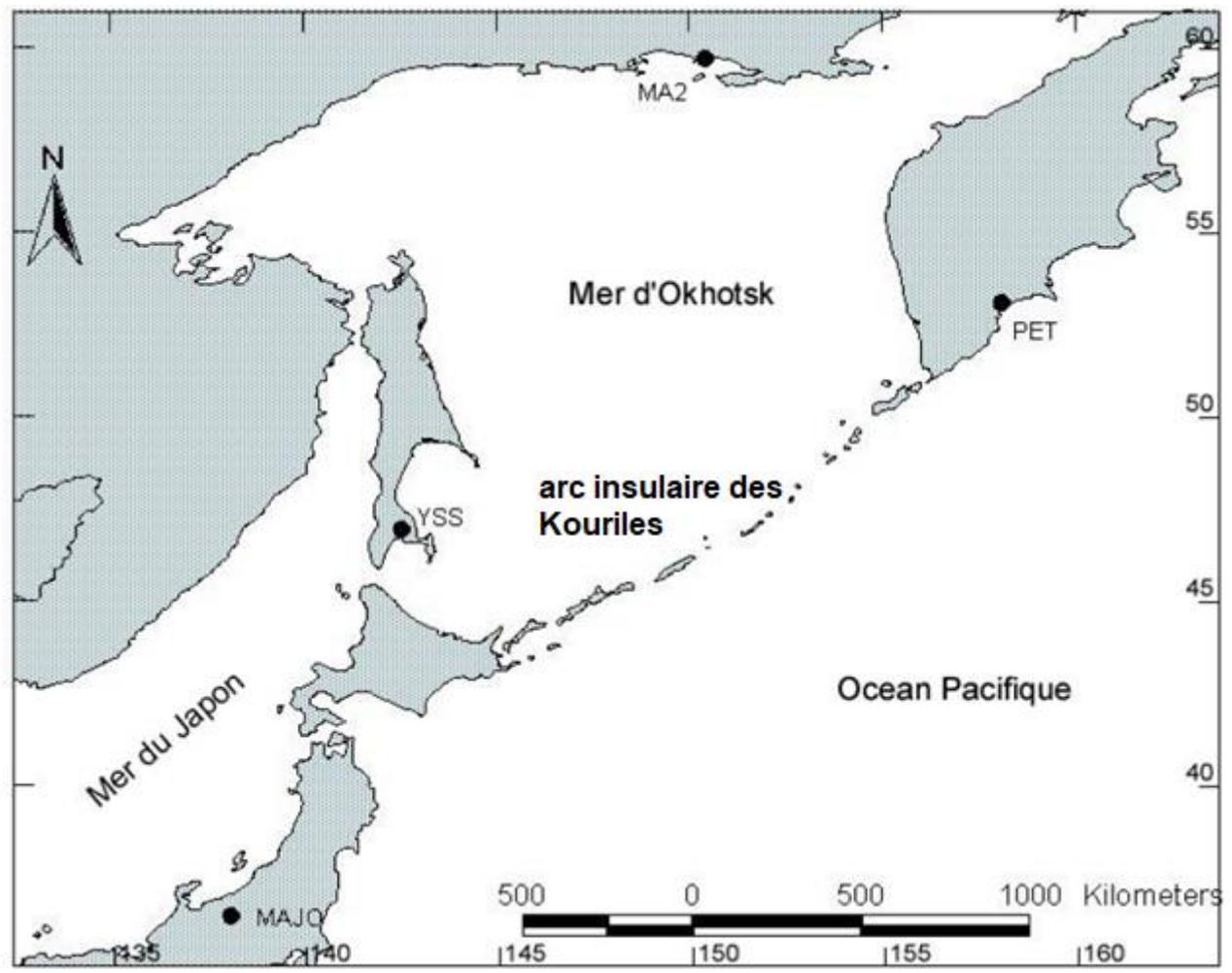
Document 2.2.



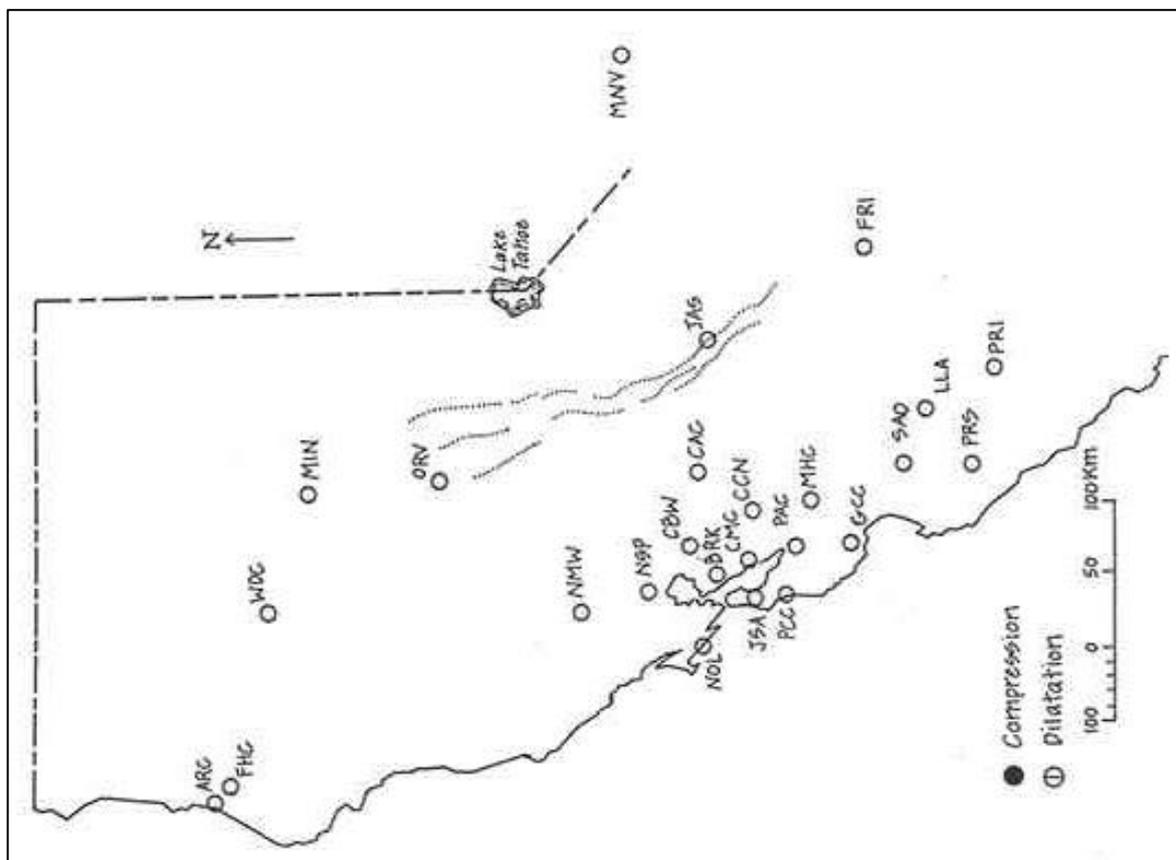
Document 3.



Document 5. Enregistrement du séisme de magnitude 6,5, qui s'est produit le 21 janvier 2003, à 2h 48 min et 46 s au Guatemala.



Document 7. Carte de la région Nord-Ouest Pacifique et localisation des stations sismiques PET, YSS, MA2 et MAJO où un séisme a été enregistré le 20 janvier 2003.



Document 8. Carte de localisation des stations sismologiques dans le Nord de la Californie.