DEVOIR SURVEILLE

n°5

BIOLOGIE – GÉOLOGIE

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

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 d'1 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 interdites.

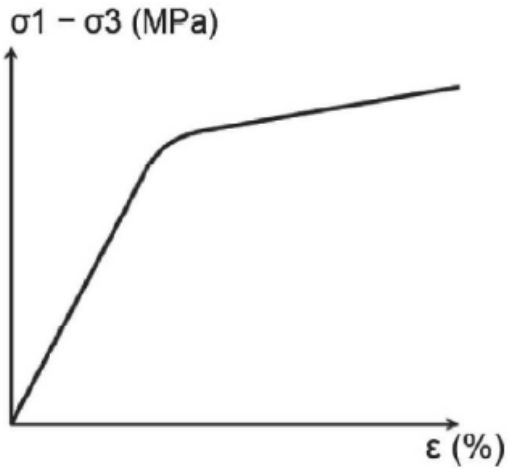
- Les numéros des questions et des documents exploités devront être clairement indiqués sur votre copie.
- Répondre aux questions posées et à elles seules, selon les modalités indiquées dans le sujet.
- Pensez à rendre les annexes à compléter en même temps que votre copie (p. 15 /16).

Le sujet comporte 16 pages

PARTIE A : GEOLOGIE (durée 1 h)

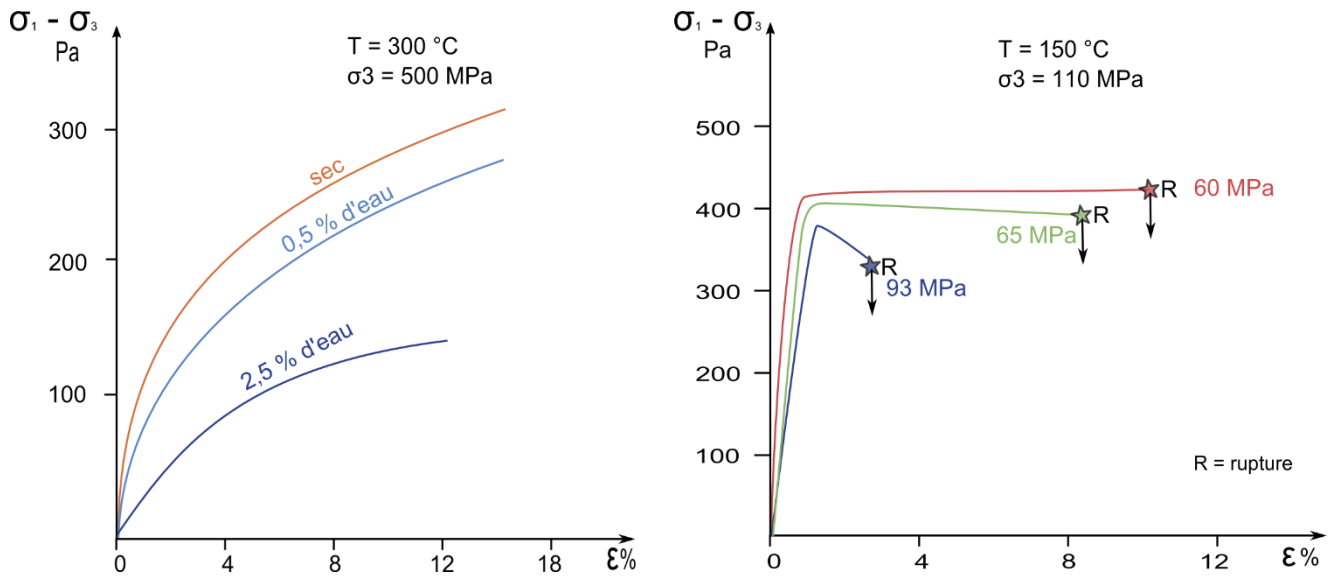
L'étude porte sur le comportement mécanique de la lithosphère et l'activité sismique.

I. Les propriétés de la lithosphère vis-à-vis des contraintes : apport des données expérimentales (40 min)



Document 1. Relation générale entre contrainte différentielle (σ1 – σ3) et déformation ε.

1. Identifiez les différents domaines et seuils sur le graphique du document 1 en légendant ce document sur l'annexe (p. 15).



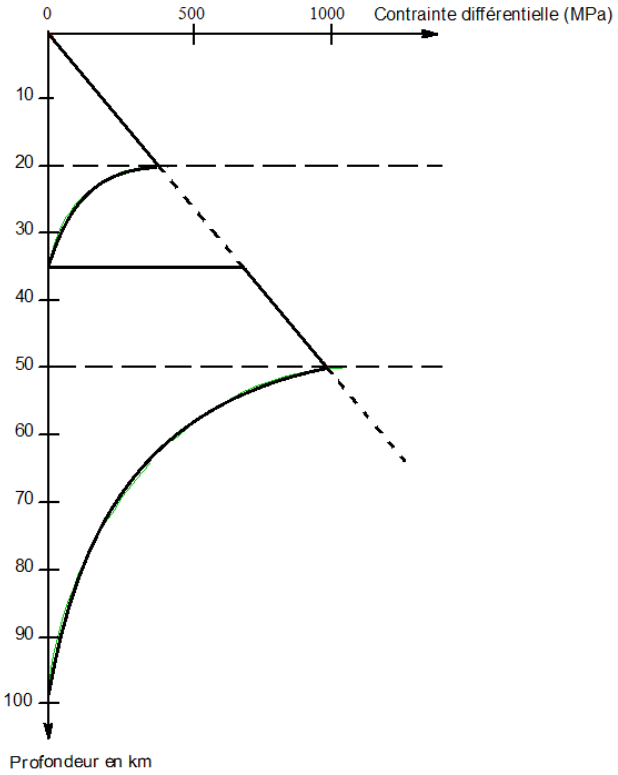
Document 2. Expériences rhéologiques en presse triaxiale sur un cylindre de roche soumis à différentes conditions de pression de fluides.

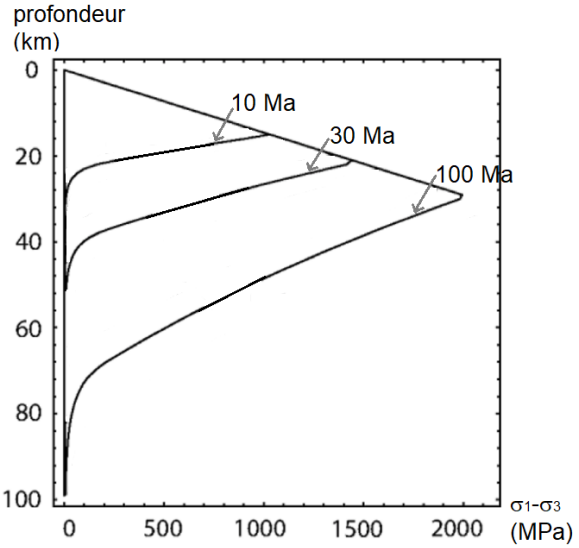
2a. Justifiez les valeurs choisies pour σ3 et T dans les expériences dont les résultats sont présentés dans le document 2.

2b. Analysez le document 2 afin de caractériser l'effet de la pression de fluides sur la déformation du cylindre de roche.

Le document 3 présente les enveloppes rhéologiques de la lithosphère continentale et de la lithosphère océanique.

3. Légendez aussi précisément que possible le graphique concernant la lithosphère continentale (document 3, en annexe p. 15 à rendre avec votre copie). Précisez en particulier quelles lois s'appliquent et dans quels domaines et indiquez quelles enveloppes peuvent être le siège de séismes.





<u>Document 3</u>. Enveloppe rhéologique de la lithosphère continentale (à gauche) et de la lithosphère océanique pour différents âges (à droite).

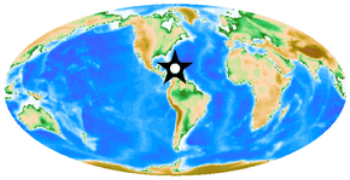
4a. Comparez l'enveloppe rhéologique de la lithosphère océanique à celle de la lithosphère continentale.

4b. Comment pouvez-vous expliquer les différences constatées ?

II. <u>Etude du contexte géodynamique du séisme du 12 janvier 2010 à Haïti</u>

Le 12 janvier 2010, un séisme important a touché l'île d'Hispaniola dans les Caraïbes. Son épicentre se trouvait proche de Port-au-Prince, capitale de Haïti.

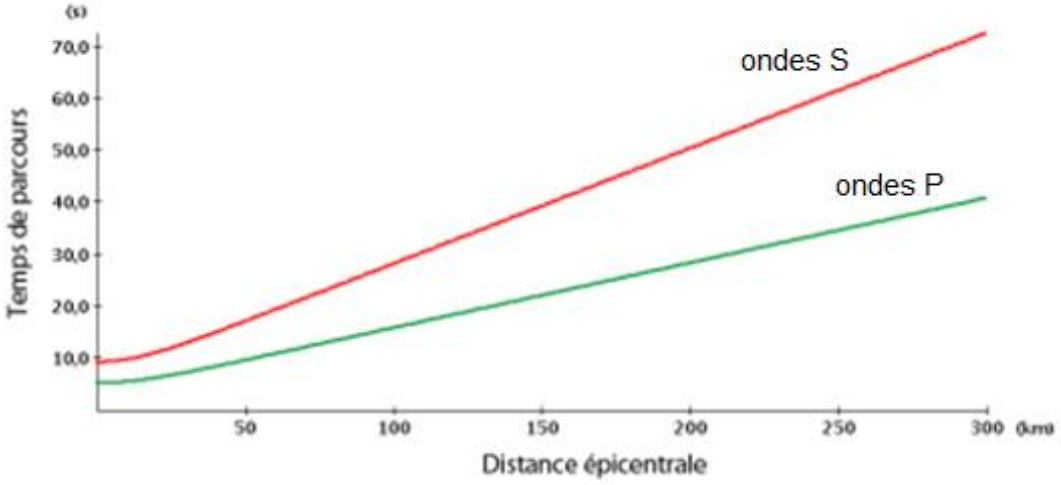
Ci-contre, localisation d'Haïti →



<u>Document 4</u>. Carte de la région étudiée et localisation de trois stations sismiques : SDDR, MTDJ et SDV.

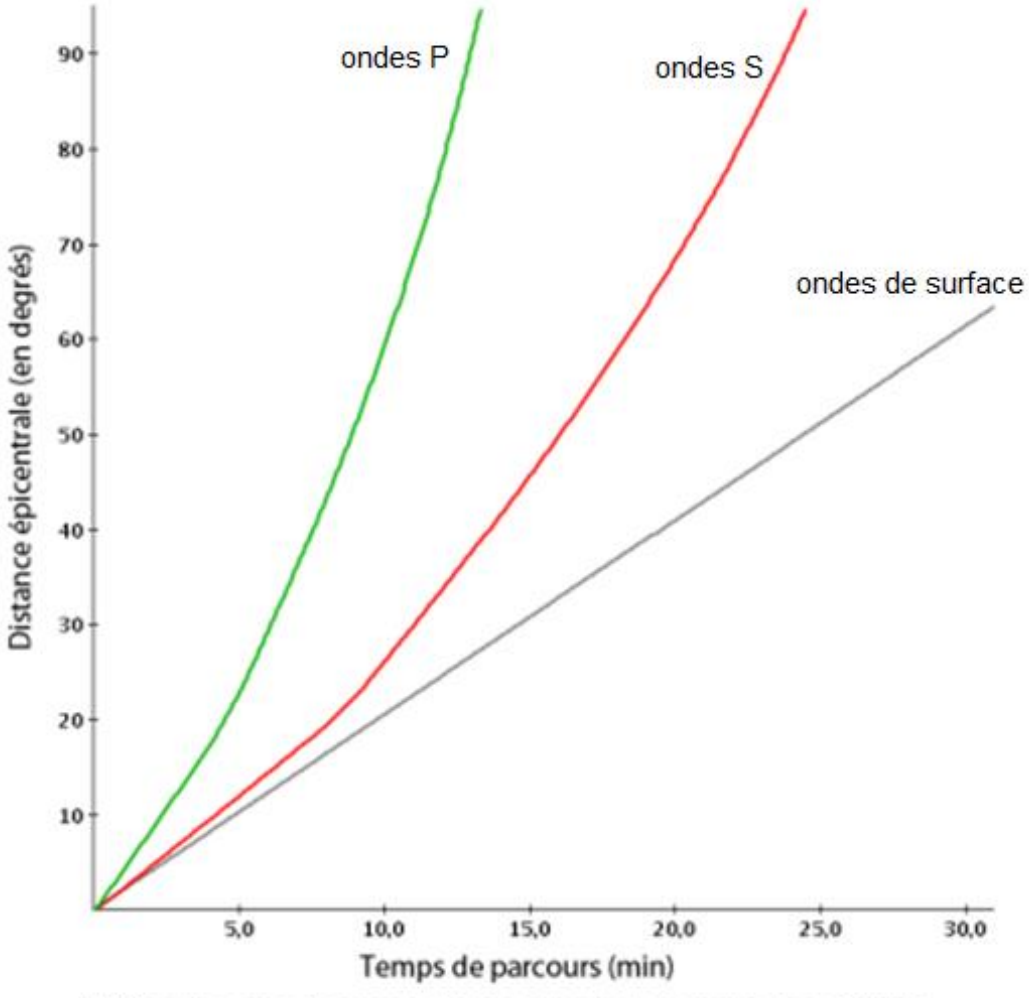
Code station	Localisation	Coordonnées	Heure d'arrivée des ondes P hh :mm :ss	Heure d'arrivée des ondes S hh :mm :ss
SDRR	Presa de Sabenta, République Dominicaine	19°N 289°W	22 :01 :07	22 :01 :20
MTDJ	Mount Denham, Jamaïque	18° N 282°5' W	22 :01 :48	22 :02 :15
SDV	Santo Domingo, Venezuela	9°N 290°W	22 :02 :59	22 :03 :55

Document 5. Données issues de l'enregistrement du séisme dans trois stations sismiques (ces stations sont localisées par des triangles sur le document 4).



(a) Graphe temps de parcours-distance épicentrale pour un séisme proche.

Document 6. Relation temps de parcours – distance parcourue pour les différents types d'ondes sismiques.
(distance en km et temps en s pour le graphe du haut).



(b) Graphe temps de parcours-distance épicentrale pour un séisme lointain.

5. **Utilisez les données des documents 5 et 6 pour localiser l'épicentre du séisme.**

Vous expliquerez votre démarche et vous reporterez les résultats sur le document 4 en annexe p.16, à rendre avec votre copie.

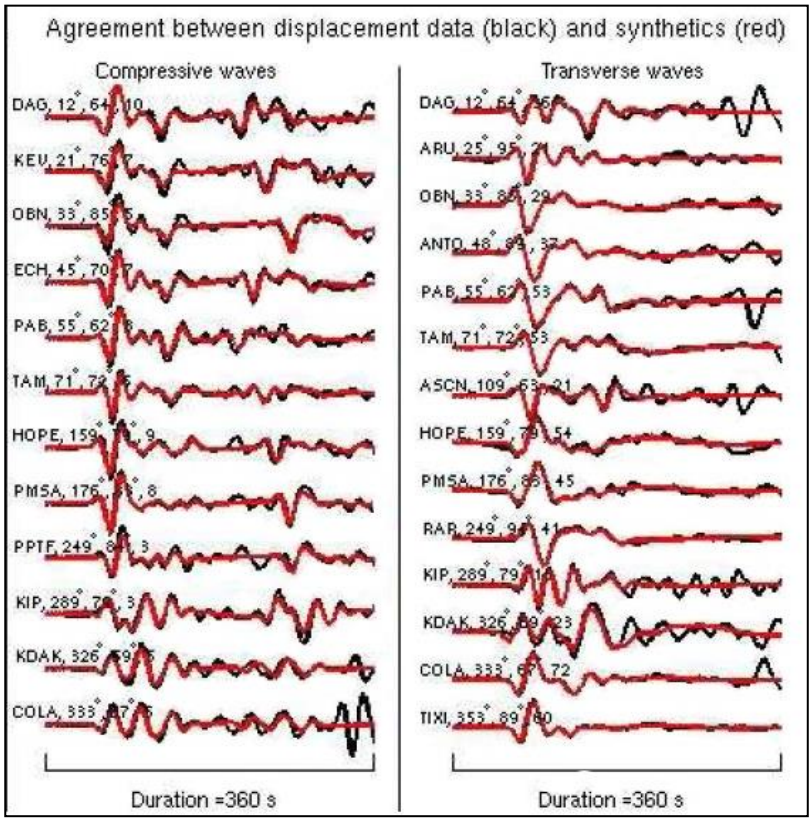
Au moins 50 répliques de magnitude supérieure à 4 ont été enregistrées dans les 8 jours qui ont suivi le séisme principal. Leur nombre a ensuite progressivement décru dans les semaines suivantes.
La distribution Est-Ouest des répliques suggère que la rupture a activé un segment long d'environ 60 km de la faille. La surface totale de faille mise en jeu a été estimée de l'ordre de 334 km². Le glissement cosismique entre les compartiments est de l'ordre de 2 m. Le foyer du séisme a été localisé à 10 km de profondeur.

Rappel : La magnitude d'un séisme est calculée de la manière suivante :

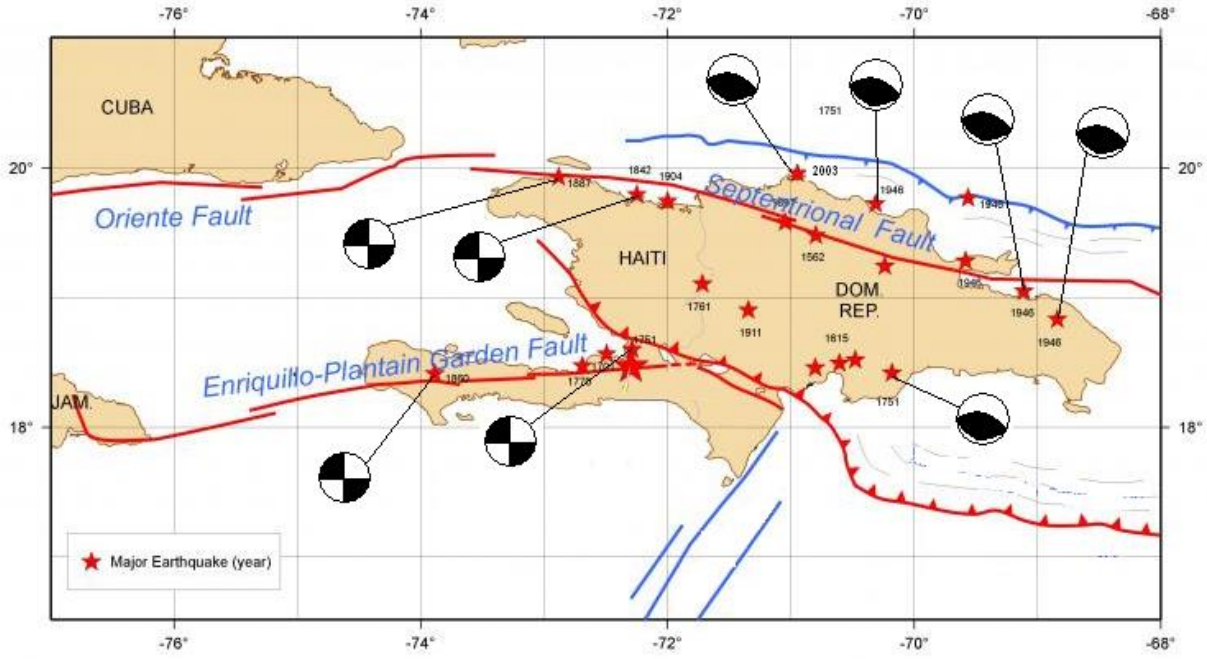
On calcule d'abord le moment sismique $M_0 = \mu DS$,
où μ est le module élastique de cisaillement (μ = 30 GPa),
D est la distance de glissement relatif des deux compartiments ; pour les très grands séismes, D ≈ 10 m
S la surface totale de la faille (m²).

On calcule alors la magnitude de moment Mw par la relation :
$Mw = 2/3 \log_{10}(M_0) - 6$.

6. Utilisez ces informations pour calculer le moment sismique puis la magnitude de moment de ce séisme.



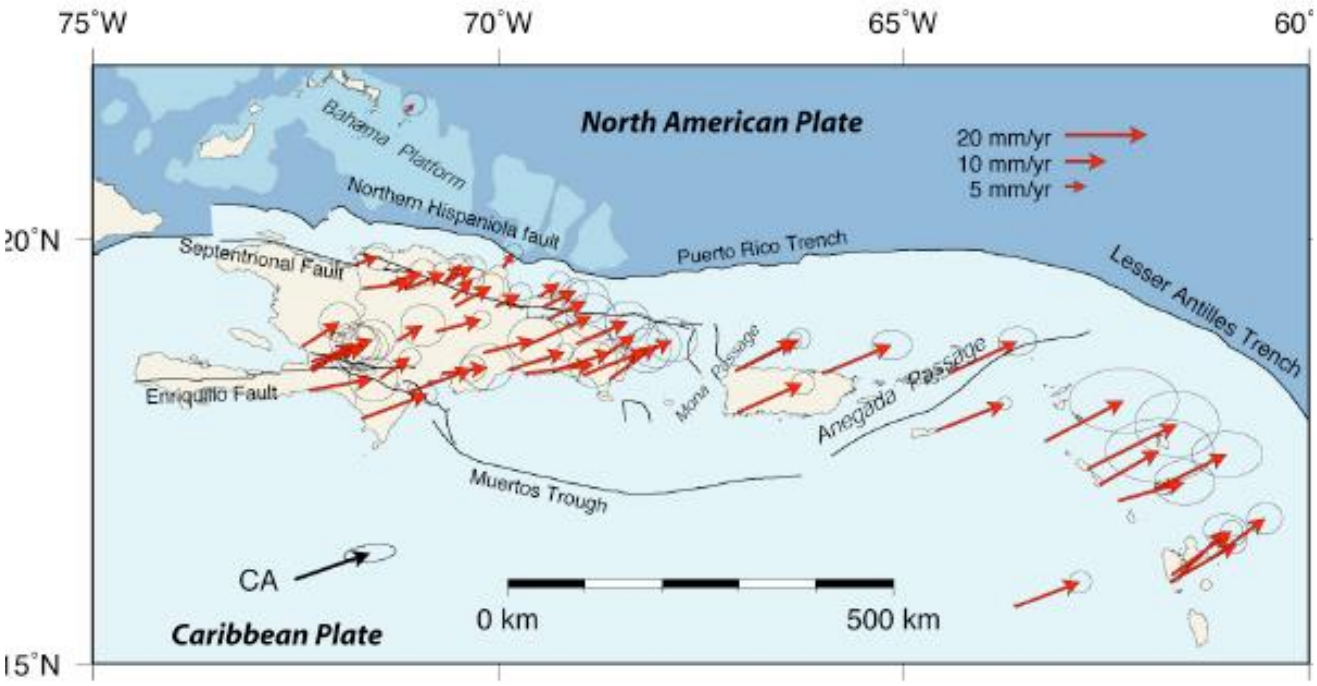
Document 7. Signaux enregistrés correspondant au séisme d'Haïti du 12 janvier 2010.
(© 2010 M. Vallée : IRD, Géoazur in : https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/seisme-Haiti-12-janvier-2010-BML.xml)



Document 8. Carte des principaux séismes historiques de l'île d'Hispaniola et mécanismes au foyer.
(d'après B. MERCIER DE LEPINAY, Géoazur http://www.insu.cnrs.fr, modifié).

7. **Expliquez comment, à partir de données telles que celles présentées sur le <u>document 7</u>, on peut déterminer un mécanisme au foyer.**

8. **Identifiez la nature des mécanismes au foyer présentés sur le <u>document 8</u>. Compte-tenu de la localisation de l'épicentre du séisme étudié déterminée à la question 5, à quel type de mécanisme au foyer pouvez-vous vous attendre ?**



<u>Document 9</u>. Vitesse de déplacement mesurées par GPS dans le Nord-Est Caraïbe, en considérant la plaque nord-américaine fixe.
Les ellipses d'erreur (à 95 % de confiance) autour des pointes de flèche indiquent l'incertitude des mesures.
(https://www.geologie.ens.fr/~ecalais/research/plate-boundary-deformation.html)

9. **En exploitant les données des <u>documents 8 et 9</u>, déterminez le contexte géologique qui explique la sismicité de la région.**

PARTIE B : BIOLOGIE : Point de contrôle de la position du fuseau mitotique (durée 2 h)

[D'après : épreuve d'étude de documents, composition de biologie - Concours ENS 2020]

Les expériences présentées ont été reproduites plusieurs fois : on représente par des graphiques la moyenne des résultats, les barres d'erreur représentant l'écart-type. Les images et données brutes sont représentatives de l'ensemble des résultats obtenus.

La levure *Saccharomyces cerevisiae* se divise par bourgeonnement. Il s'agit d'une division asymétrique : les deux cellules filles sont génétiquement identiques mais de taille différente (figure 1A). Le transfert de la moitié du matériel génétique dans le bourgeon est permis par l'orientation du fuseau mitotique selon l'axe cellule mère-bourgeon (figure 1).

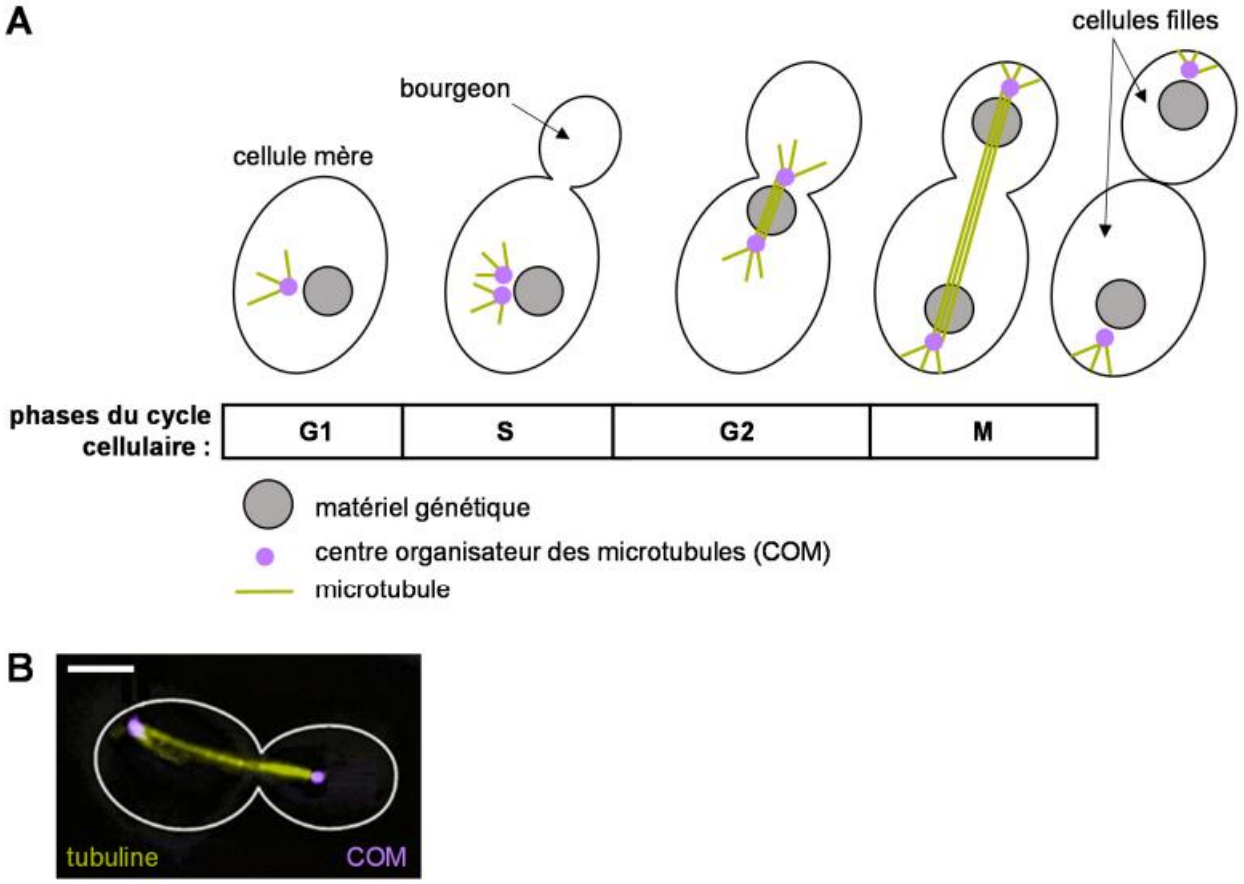


Figure 1. A. Déroulement schématique du cycle cellulaire chez *S. cerevisiae*.

B. Détection par immunofluorescence du fuseau mitotique (tubuline) et des centres organisateurs des microtubules (COM) dans une cellule en anaphase. Le contour cellulaire est indiqué en blanc ; barre d'échelle : 2 µm.

Remarque : les chromosomes mitotiques restent très groupés et sont indiscernables, le figuré sur les schémas est par conséquent le même, que la cellule soit en interphase ou en cours de mitose, pour localiser le matériel génétique.

L'organisation du fuseau mitotique est contrôlée par des protéines associées aux microtubules (comme la dynéine 1). Au cours de cette étude, **on s'intéresse aux processus régulateurs mis en jeu lors d'une mauvaise orientation du fuseau**. Expérimentalement, on favorise donc ce défaut d'orientation grâce à une souche de levure chez laquelle on a supprimé l'expression de la dynéine 1 (dyn 1).

C'est dans ce cadre qu'on étudie une protéine clé, Kin4, pour laquelle on dispose de trois souches (tableau 1).

Tableau 1

Souche	Caractéristiques
WT	Sauvage
kin4Δ	Gène *kin4* supprimé
dyn1Δ kin4Δ	Gènes *dyn1* et *kin4* supprimés
Gal-*KIN4*	Surexpression de *kin4* en présence de galactose

Des cellules WT ou mutées sont cultivées sans que leur cycle cellulaire ne soit synchronisé. A un temps quelconque, on répertorie pour chaque cellule la localisation de son matériel génétique et de son éventuel fuseau mitotique. On peut ainsi distinguer cinq principaux types d'organisation, que l'on classe en trois phénotypes appelés A (regroupant 3 types d'organisation), B et C (figure 2A). On quantifie la proportion de cellules présentant chacun de ces trois phénotypes (figure 2B) et on analyse la durée de leur anaphase (figure 2C).

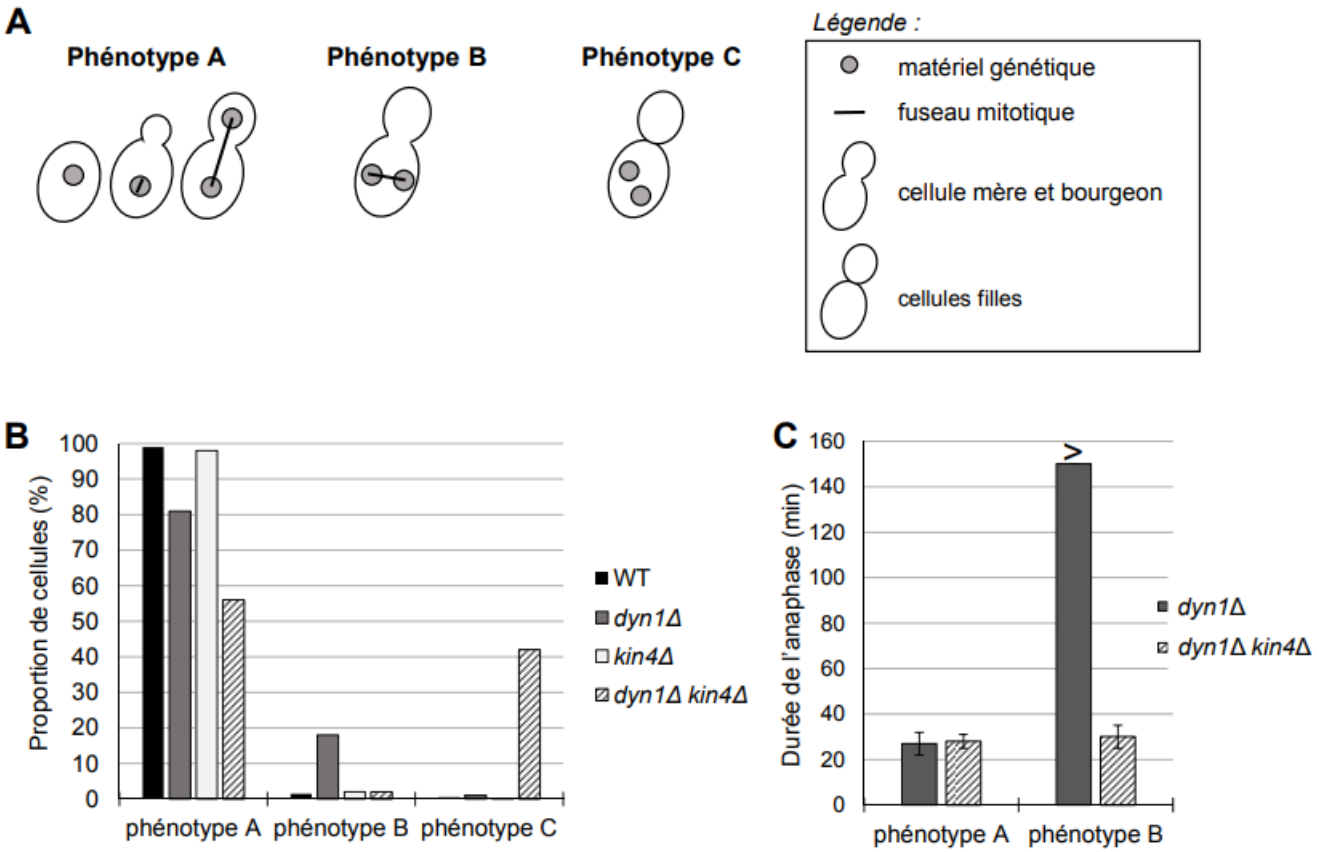


Figure 2. A. Schéma des trois phénotypes observés, définis par la position du matériel génétique et du fuseau mitotique.

B. Proportion de cellules de souche WT, *dyn1*Δ, *kin4*Δ ou *dyn1*Δ *kin4*Δ présentant chacun de ces trois phénotypes.

C. Durée de l'anaphase chez 30 cellules de phénotype A ou B, de souche *dyn1*Δ ou *dyn1*Δ *kin4*Δ. Le signe > indique qu'à l'issue des 150 min d'enregistrement, l'anaphase n'était terminée pour aucune des cellules analysées.

Question 1 :

1a. Quelles sont les caractéristiques qui vous permettent d'identifier une anaphase sur la figure 1B ?

1b. D'après les figures 1 et 2A, comment qualifieriez-vous le phénotype A ? Proposez un lien entre le phénotype B et le phénotype C.

1c. Analysez et interprétez les résultats des figures 2B et 2C.

1d. Proposez une condition expérimentale complétant les données de la figure 2C.

Quelle information apporterait-elle ?

La figure 3 compare la souche *Gal-KIN4* (définie tableau 1) à la souche WT.

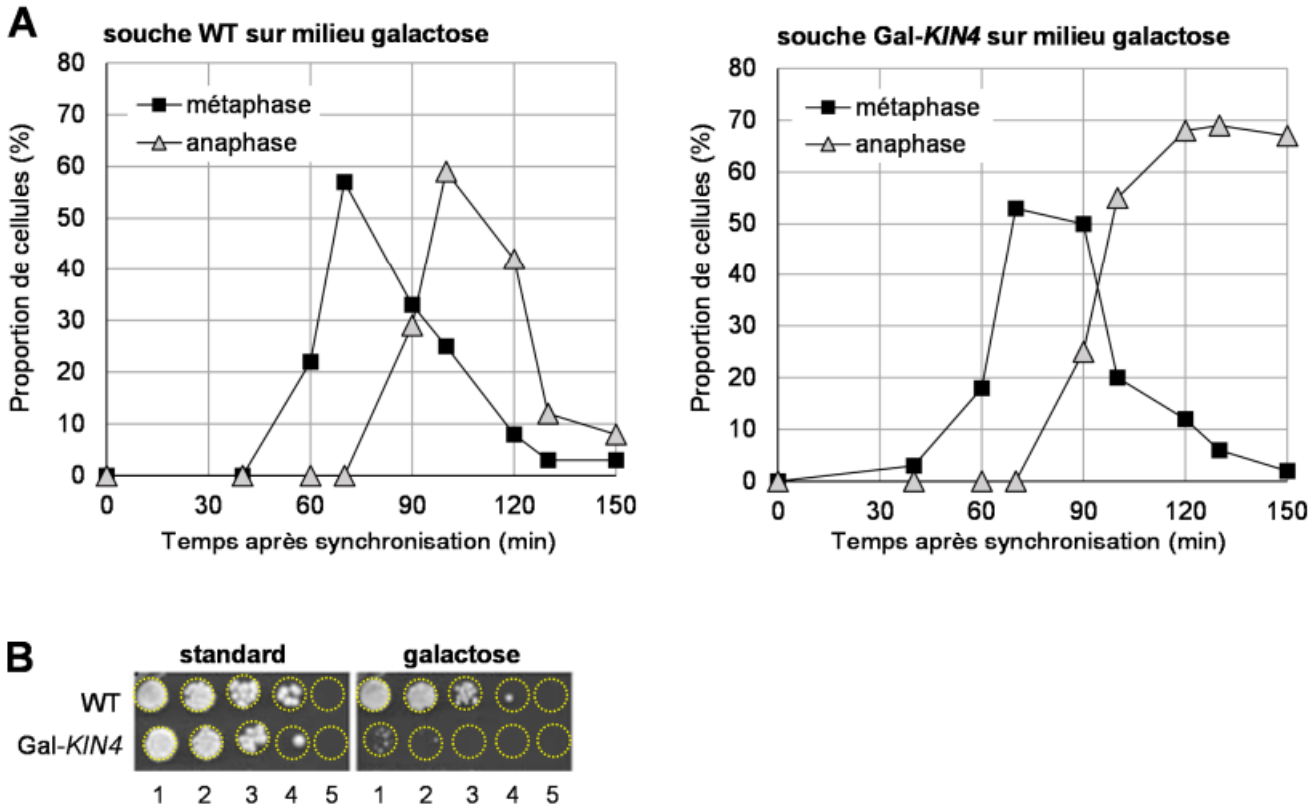


Figure 3. A. Proportion de cellules de souche WT ou *Gal-KIN4* en métaphase ou en anaphase lors d'une culture en présence de galactose ; la division des cellules est synchronisée et débute au temps t = 0.

B. Colonies obtenues après culture des souches WT et *Gal-KIN4* pendant 48h sur un milieu solide standard ou supplémenté en galactose ; un ensemencement identique de cinq dilutions en série (numérotées de 1 à 5) a été effectué pour chaque souche et son contour est délimité par des pointillés jaunes ; les colonies apparaissent blanches sur fond noir.

Question 2 :

2a. Analysez et interprétez la figure 3.

2b. Proposez, en la justifiant, une condition expérimentale complétant les données de la figure 3A.

2c. D'après les figures 2 et 3, concluez quant au rôle et à l'importance de la protéine Kin4.

La terminaison de l'anaphase requiert l'activation de la protéine Tem1. Cette protéine est active sous forme Tem1-GTP (interaction avec une molécule de GTP). Elle possède une activité GTPase, et se convertit donc spontanément en Tem1-GDP inactive.

On soupçonne la protéine Bfa1 de contrôler la terminaison de la mitose. On teste *in vitro* son effet sur Tem1 (figure 4) : on préincube ainsi Tem1 avec du [γ-^{32}P]GTP puis on mesure la radioactivité associée à la protéine à différents temps après ajout ou non de Bfa1.

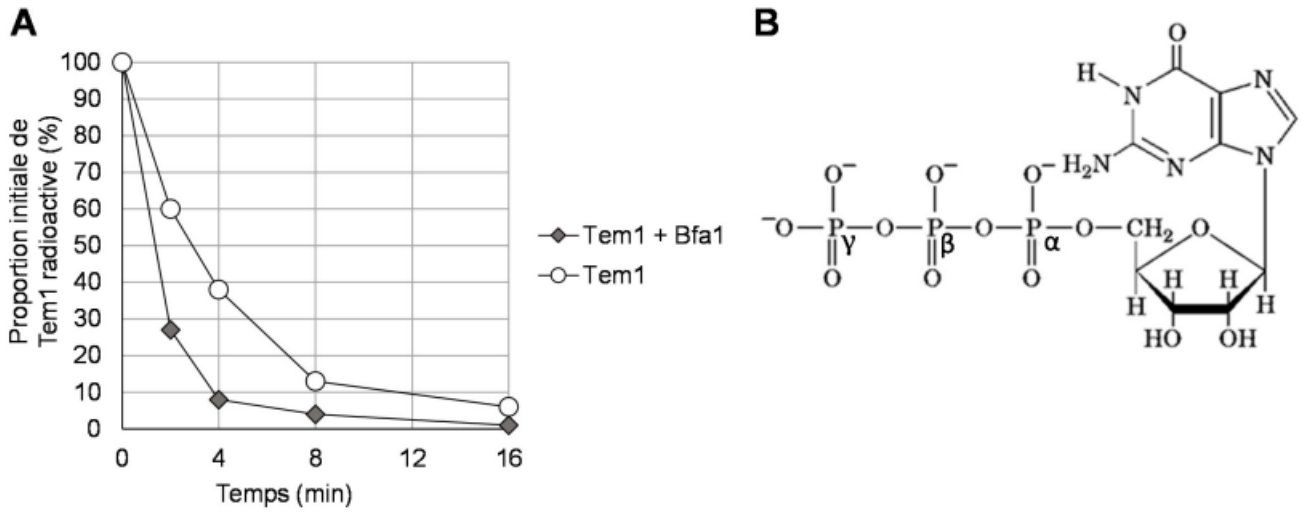


Figure 4. A. Radioactivité associée à Tem1 incubée au préalable avec du [γ-^{32}P]GTP ; le temps t = 0 correspond à l'ajout ou non de Bfa1. On précise que ^{32}P est un isotope instable du ^{31}P.
B. Rappel de la nomenclature des atomes de phosphore du GTP.

Question 3 :

3a. Précisez quel est l'intérêt d'utiliser du ^{32}P dans cette expérience.

3b. Analysez qualitativement et interprétez la figure 4A. Conclure sur le rôle possible de Bfa1 lors de la mitose.

Les figures 2, 3 et 4 ont permis de montrer l'importance de Kin4 et Bfa1 dans le contrôle de la mitose.

Deux approches indépendantes et complémentaires sont utilisées pour étudier le lien entre ces deux protéines clés, ainsi que leurs relations avec d'autres protéines appelées Lte1 et Cdc5 : la figure 5 propose une approche génétique, et les figures 6 et 7 une approche biochimique.

Les questions 6 à 10 peuvent donc être traitées même en cas de non réponse aux questions 4 et 5.

La figure 5A permet d'étudier le lien entre Kin4 et Bfa1, grâce au suivi de la croissance de doubles mutants. Les figures 5B et 5C s'intéressent aux liens de Kin4 et Bfa1 avec deux autres protéines, Lte1 et Cdc5, pour lesquelles on dispose de souches mutées.

La nomenclature des souches mutantes est similaire à celle présentée dans le tableau 1 ; la souche *cdc5*-ts exprime une protéine Cdc5 thermosensible, dénaturée si la température est supérieure à 30°C.

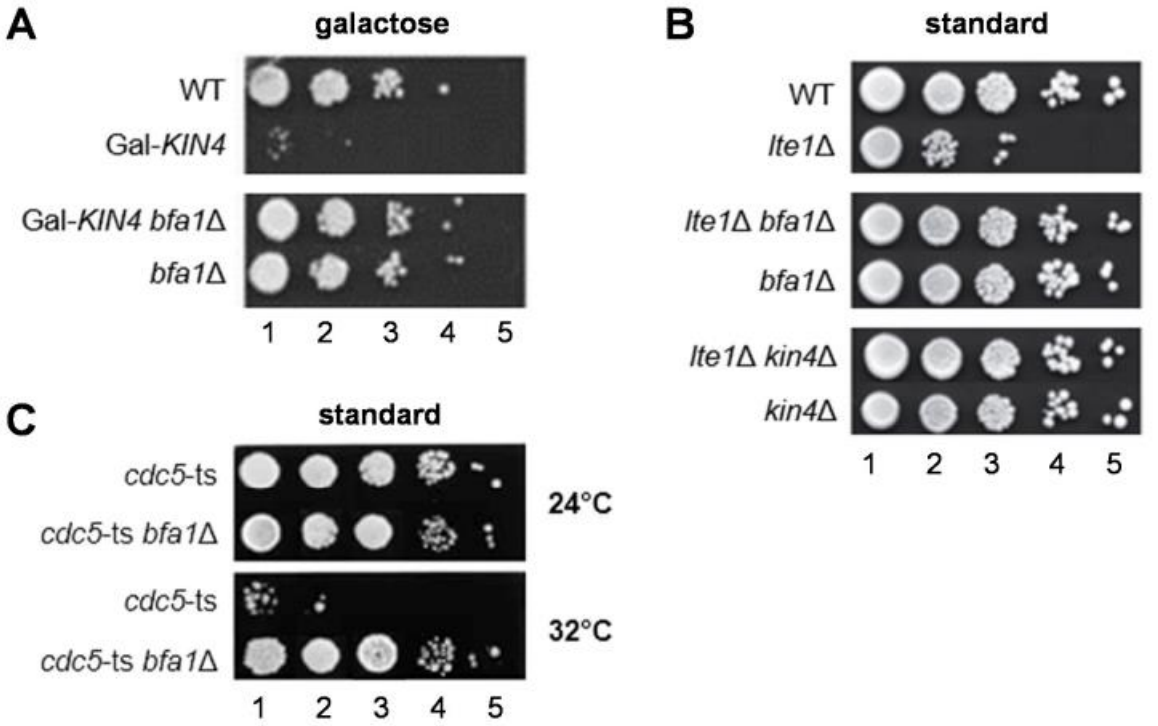


Figure 5. Colonies obtenues après 48h de culture sur milieu solide ; un ensemencement identique de cinq dilutions en série (numérotées de 1 à 5) a été effectué pour chaque souche ; les colonies apparaissent blanches sur fond noir ; le type de milieu (standard ou contenant du galactose) est indiqué au-dessus ; la température de culture est indiquée à droite ; *cdc5*-ts : souche exprimant une protéine Cdc5 thermosensible. Cdc5 présente une activité enzymatique et a pour substrat des protéines.

Question 4 :

4a. D'après la figure 5A, la protéine Bfa1 agit-elle en amont ou en aval de Kin4 ? Justifiez.

4b. D'après la figure 5B, quel est l'effet de la protéine Lte1 ? Justifiez.

4c. Comparez les double et simple-mutants : quels liens pouvez-vous en déduire entre Lte1 et Bfa1, Kin4 ?

4d. Analysez la figure 5C. Que pouvez-vous en déduire concernant le lien entre Cdc5 et Bfa1 ?

~~**Question 5 :** Résumez sur un schéma les informations tirées des figures 2 à 5.~~

Je propose de supprimer cette question

Les relations biochimiques entre ces diverses protéines sont ensuite étudiées (figures 6 et 7).

La figure 6 explore les liens entre Bfa1 et les protéines Cdc5 et Tem1 au cours du cycle cellulaire. Dans ce cadre, on synchronise la division de cellules WT. A différents temps, des extraits protéiques sont réalisés et analysés par western blot (figure 6A). Parallèlement, une fraction d'extrait réalisé pendant l'anaphase est traitée *in vitro* par une phosphatase puis analysée par western blot (figure 6B).

Une autre fraction de ce même extrait est soumise à un test de précipitation par un anticorps dirigé contre la protéine Tem1. Après co-incubation de l'anticorps et de l'extrait, les protéines liées à l'anticorps (L), ainsi que celles qui n'ont pas été liées (NL) sont analysées par western-blot (figure 6C).

Le lien entre Cdc5 et Bfa1 est également étudié. On réalise différentes co-incubations *in vitro* avec les protéines Bfa1, Cdc5 et Cdc5-in (version catalytiquement inactive de l'enzyme Cdc5) en présence de [γ-^{32}P]ATP. Les échantillons protéiques ainsi obtenus sont soumis à une électrophorèse en conditions dénaturantes et le ^{32}P lié aux protéines est détecté par autoradiographie (figure 6D). Par ailleurs, on réitère l'expérience menée figure 6A, chez une lignée n'exprimant pas Cdc5 (*cdc5*Δ) (figure 6E).

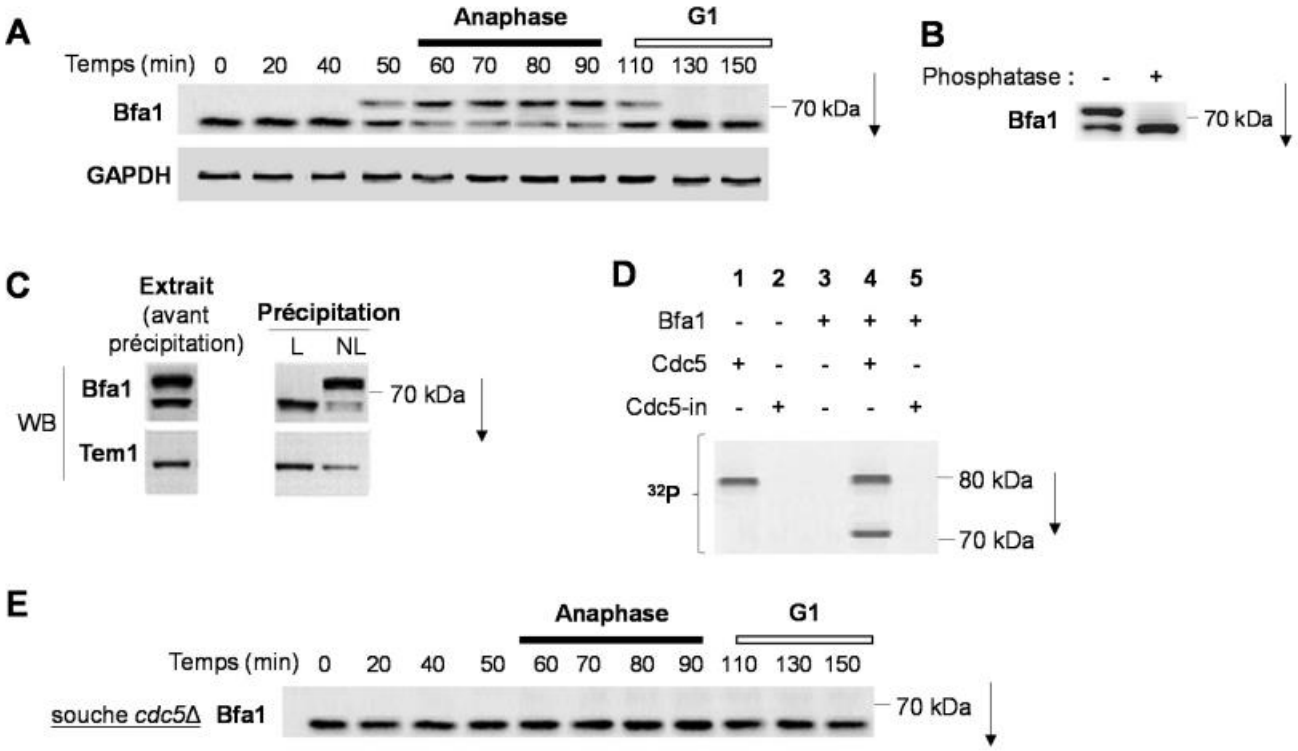


Figure 6. Electrophorèses de protéines en conditions dénaturantes ; les indications de masse moléculaire figurent à droite et la flèche indique le sens de migration.

A, B, C, E. Western-blots (WB) ; la cible de l'anticorps est indiquée sur la gauche.

A. Extraits protéiques de levures WT ; la division des cellules débute à t = 0 ; la position de l'anaphase et du cycle suivant est indiquée ; GAPDH : protéine dont la concentration ne varie pas au cours du cycle cellulaire.

B. Extrait à t = 70 min traité (+) ou non (-) *in vitro* par une phosphatase. Les phosphatases sont des enzymes qui catalysent la suppression d'un groupement phosphoryle (= phosphate).

C. Extrait à t = 70 min non précipité (avant précipitation) et précipité avec un anticorps anti-Tem1 (Précipitation) ; détection des protéines liées (L) ou non liées (NL) à l'anticorps anti-Tem1.

D. Autoradiographie du ^{32}P après électrophorèse d'échantillons constitués de [γ-^{32}P]ATP co-incubés *in vitro* avec les protéines purifiées Bfa1, Cdc5 et Cdc5-in dans des combinaisons indiquées au-dessus de la figure (+ indique que la protéine a été ajoutée, au contraire du signe -).

E. Extraits protéiques de levures *cdc5*Δ ; la division des cellules débute à t = 0 ; la position de l'anaphase est indiquée ; l'intensité du signal associé à la GAPDH est constante dans chaque puits (données non présentées ici).

Question 6 :

6a. Figure 6A et 6B : Quel est le rôle de la GAPDH dans cette expérience ?

6b. Que pouvez-vous déduire de l'analyse des résultats quant à l'état de Bfa 1 au cours du cycle cellulaire ?

6c. Quel est l'intérêt d'utiliser des anticorps dans l'expérience dont les résultats sont présentés figure 6C ?

6d. Que pouvez-vous déduire des résultats présentés dans cette figure quant aux relations entre Bfa1 et Tem1 ?

6e. Quel pouvez-vous déduire des résultats présentés dans les figures 6D et 6E sur les relations entre Bfa1 et Cdc5 ?

La figure 7 explore les relations entre Kin4 et les protéines Bfa1 et Lte1. On co-incube Bfa1 *in vitro* avec du [γ-^{32}P]ATP et Kin4 ou sa version catalytiquement inactive (Kin4-in). On purifie alors Bfa1 et on soumet les échantillons à une électrophorèse en conditions dénaturantes. Enfin, on réalise une autoradiographie du ^{32}P ainsi qu'une coloration des protéines (figure 7A).

Lors d'une seconde expérience, Bfa1 est pré-incubée ou non avec Kin4 ou Kin4-in, puis co-incubée ou non avec Cdc5. On analyse ces différents échantillons par western blot, avec un anticorps reconnaissant toute forme de Bfa1 (Bfa1), un anticorps reconnaissant uniquement Bfa1 phosphorylée sur un site de phosphorylation appelé site 1 (Bfa1-P^{site1}), et un anticorps reconnaissant uniquement Bfa1 phosphorylée sur un autre site de phosphorylation appelé site 2 (Bfa1-P^{site2}) (figure 7B).

Enfin, on mesure *in vitro* l'activité kinase de Kin4 sur un substrat approprié en présence de quantités variables de Lte1 ou en présence de GFP (*green fluorescent protein*), une protéine n'interagissant pas avec Kin4 (figure 7C).

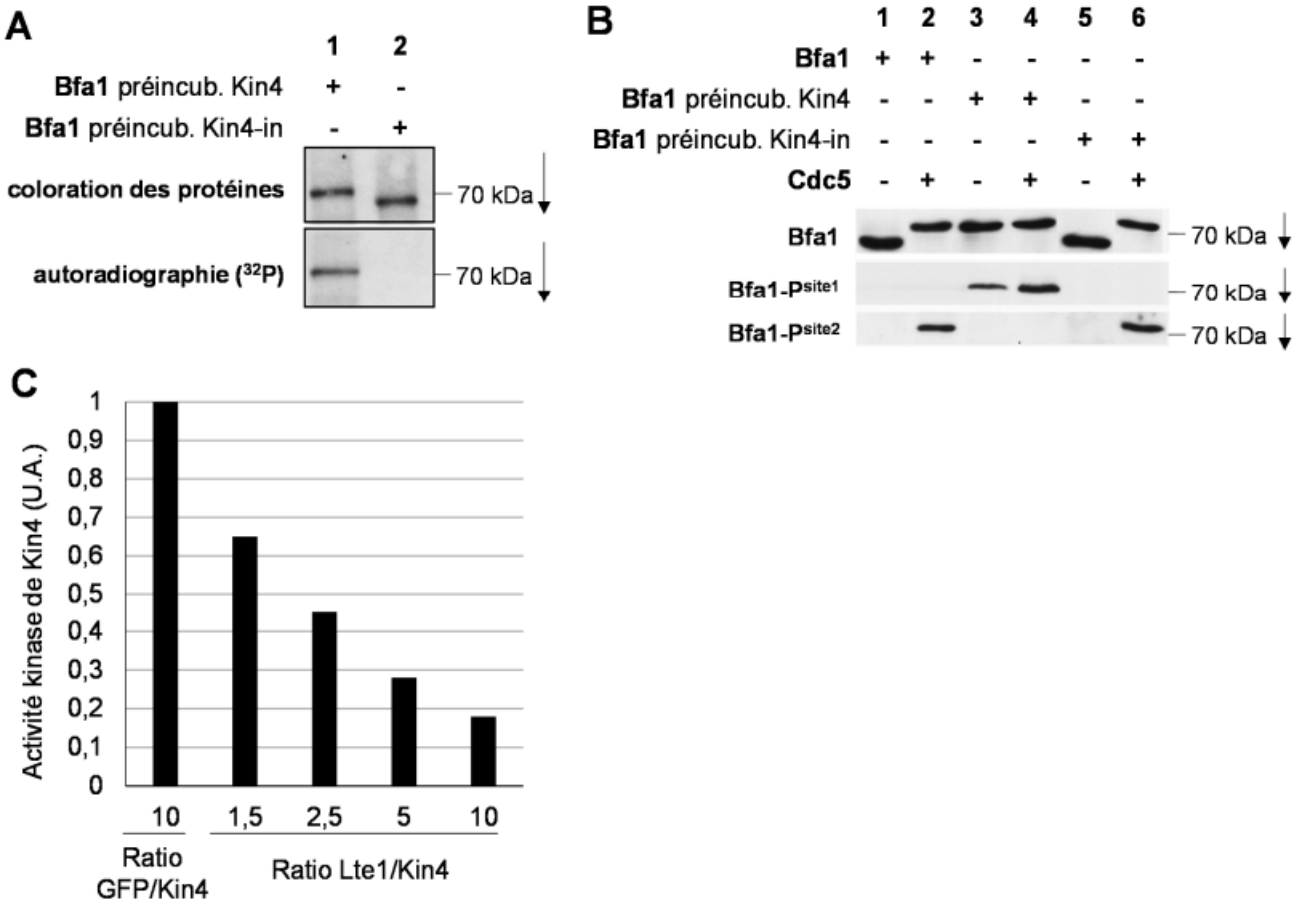


Figure 7. A. Gel d'électrophorèse des protéines en conditions dénaturantes : coloration des protéines et autoradiographie du ^{32}P associé ; échantillons : protéine Bfa1 purifiée après une pré-incubation avec du [γ-^{32}P]ATP et Kin4 (puits 1) ou Kin4-in (puits 2) ; le sens de migration (flèche) et le marqueur de masse moléculaire sont indiqués sur la droite.

B. Western-blots (anticorps indiqués sur la gauche) ; la composition des échantillons protéiques est indiquée dans le tableau au-dessus de la figure : (+) indique que la protéine a été ajoutée, le signe (-) qu'elle ne l'a pas été.

C. Activité kinase de Kin4 mesurée in vitro en présence de GFP ou de Lte1 (ratio indiqué sous l'histogramme) ; U.A : unités arbitraires. Les kinases sont des enzymes qui catalysent le transfert d'un groupement phosphoryle (=phosphate).

Question 7 :

7a. A partir de l'analyse des résultats de l'expérience 7A, déduire l'effet de Kin-4 sur Bfa1.

7b. A partir de l'analyse des résultats de l'expérience 7B, dégagez la différence entre l'effet de Kin-4 et celui de Cdc5 sur Bfa1.

7c. Dans l'expérience 7C, quel est le rôle de la GFP ?

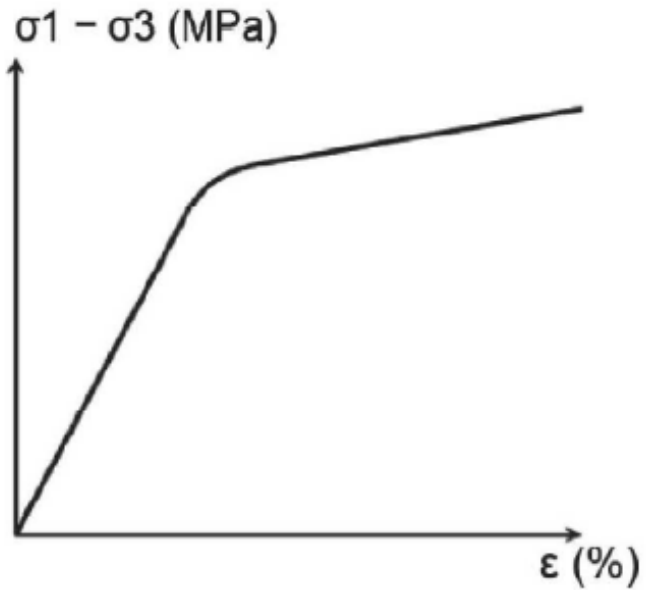
7d. Quel effet de Lte1 sur Kin4 pouvez-vous dégager de l'analyse de ces résultats ?

Question 8 : En admettant que Bfa1 phosphorylée sur le site 1 a le même effet sur Tem1 que Bfa1 non phosphorylée, réalisez un schéma bilan résumant les informations tirées des figures 2 à 7.

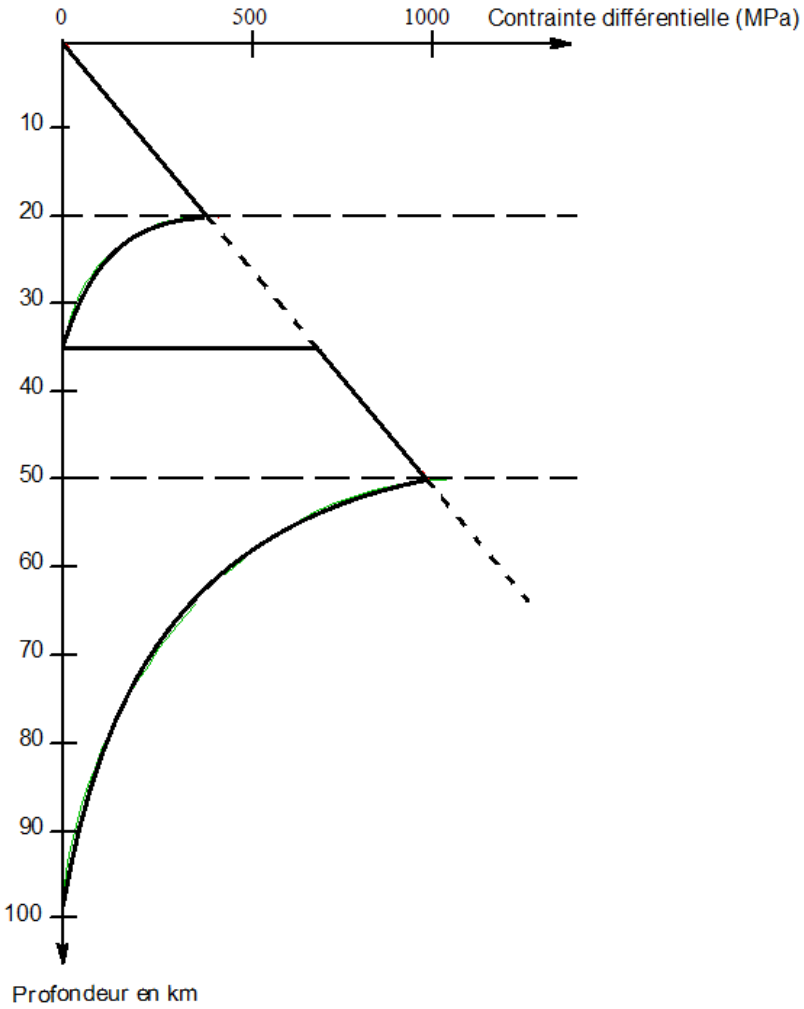
NOM :

Prénom :

A rendre avec la copie



<u>Document 1</u>. Relation générale entre contrainte différentielle (σ1 – σ3) et déformation ε.



<u>Document 3</u>. Enveloppe rhéologique de la lithosphère continentale.

<u>Document 4</u>. Carte de la région étudiée et localisation de trois stations sismiques : SDDR, MTDJ et SDV.