

SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE

Durée : 3 heures

L'usage d'abaques, de tables, de calculatrice et de tout instrument électronique susceptible de permettre au candidat d'accéder à des données, 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 sa copie et poursuit sa composition en expliquant les raisons des initiatives qu'il a été amené à prendre.

Chaque candidat est responsable de la vérification de son sujet d'épreuve : pagination et impression de chaque page. Ce contrôle doit être fait en début d'épreuve.

En cas de doute, il doit alerter au plus tôt le chef de centre qui contrôlera et éventuellement remplacera son sujet.

Les dunes

Ce sujet compte 16 pages et est constitué de 4 parties qui se traitent de façon indépendante. Seule la question 15 demande de lier les parties. Les questions seront traitées dans l'ordre de l'énoncé.

- Le candidat s'appuiera essentiellement sur une analyse des documents, pour répondre aux questions posées au fur et à mesure des documents.
- Le candidat ne doit pas rédiger de longs développements de ses connaissances sur le thème, indépendamment de l'exploitation des documents et des questions posées.
- La concision des réponses et l'exploitation des documents sans paraphrase seront valorisées.

Références

- <http://www.observatoire-littoral-cdc-iledere.fr>
- **Ahmed Debez**, Karim Ben Hamed et al., Salinity effects on germination, growth, and seed production of the halophyte *Cakile maritima*
- **Agnes Anderson**, Tiiu Koff, Are Kont et Reimo Ravis, « Risques naturels et fragilités des paysages dynamiques de dunes côtières », *Dynamiques environnementales*, 42 | 2018, 68-81
- **Nardini A**, Tyree MT, Salleo S. Xylem cavitation in the leaf of *Prunus laurocerasus* and its impact on leaf hydraulics. *Plant Physiol.* 2001 Apr; 125(4):1700-9
- **Jiawei Yang**, Yi Tang, The increase in ecosystem services values of the sand dune succession in northeastern China, *Heliyon*, Volume 5, Issue 8, 2019, e02243, ISSN 2405-8440
- **Eric Chaumillon**, Xavier Bertin, Hélène Falchetto, Multi time-scale evolution of a wide estuary linear sandbank, the Longe de Boyard, on the French Atlantic coast, *Marine Geology* 251 (2008) 209–223
- **François Sabatier**, Edward J. Anthony, Arnaud Héquette et al. « Morphodynamics of beach/dune systems: examples from the coast of France », *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, vol. 15 - n° 1 | 2009, 3-22
- **N. Robin**, J. Billy, B. Castelle, P. Hesp, et al. 150 years of foredune initiation and evolution driven by human and natural processes, *Geomorphology*, Volume 374, 2021, 107516, ISSN 0169-555X
- https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Skylines_of_the_Central_Business_District,_Singapore_at_dusk.jpg

Partie 1 : Réponses physiologiques des plantes aux stress du milieu dunaire

La dune est un milieu soumis aux vents et à une forte salinité. La salinité abaisse le potentiel hydrique du sol et les végétaux des dunes présentent des adaptations pour supporter les fortes concentrations en chlorure de sodium NaCl. La végétation de la dune est ainsi composée de végétaux dit halophytes qui sont adaptés à ces contraintes hydriques et physiologiques.

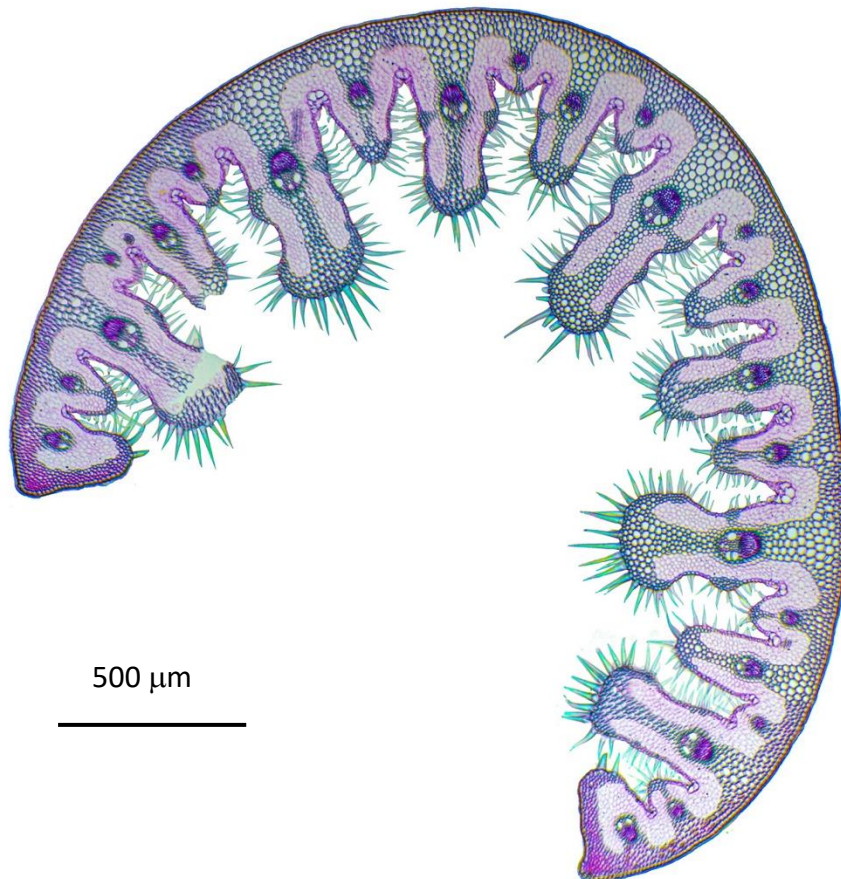
Document 1 : Observations d'une plante dunaire

A. Vue macroscopique

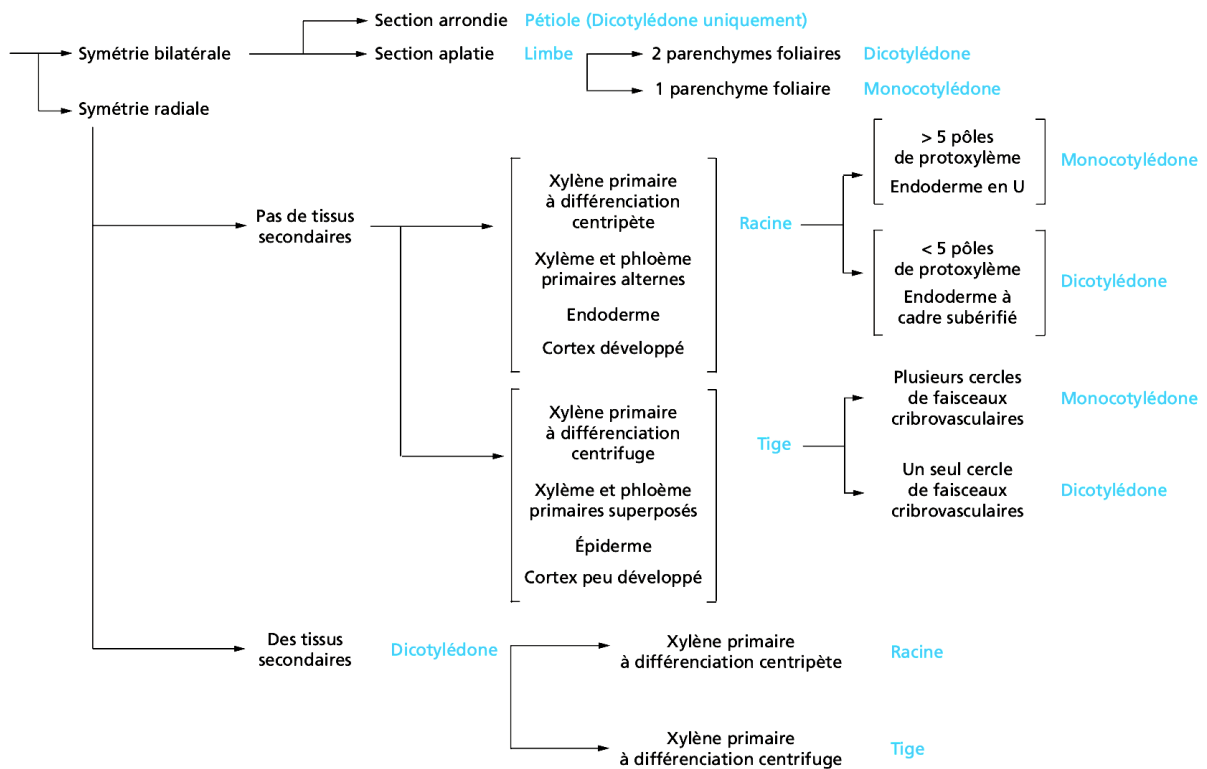


B. Coupe transversale d'un organe aérien

(source : http://www.nirgal.net/microscopie/feuille_oyat_vue_generale_big.jpg)



C. Clé de diagnose des organes végétaux (issue de Tout-En-Un BCPST, Dunod)



Question 1 :

1.1. Légender le document sur l'annexe 1 à remettre avec le sujet.

1.2. À l'aide de la clé de détermination, identifier la nature de l'organe aérien observé en coupe transversale.

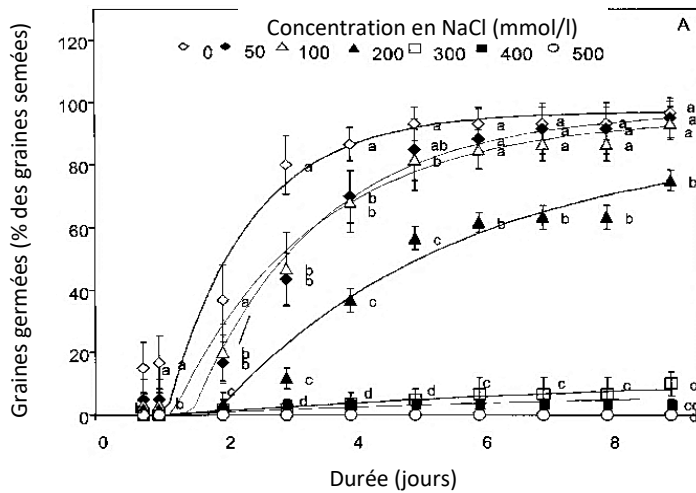
1.3. Préciser les particularités de cet organe qui en font un organe adapté aux caractéristiques de la dune.

La **Roquette de mer** (*Cakile maritima*) est une plante herbacée annuelle de la famille des *Brassicaceae* présente avec d'autres espèces pionnières sur les dunes. Ses organes présentent une succulence, comme on l'observe sur la photo ci-dessous.



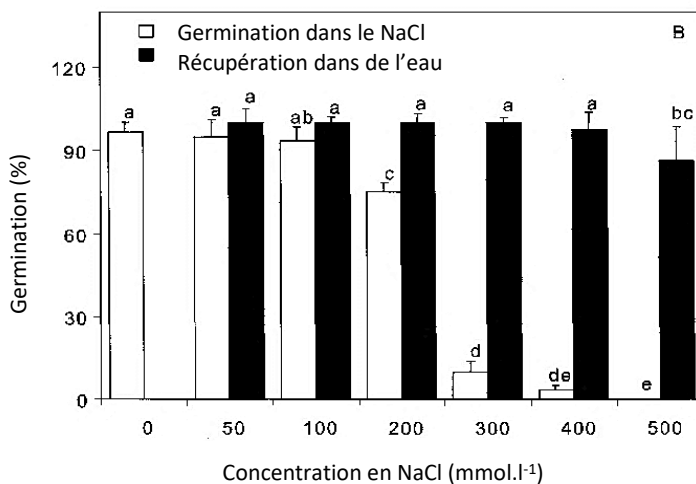
Feuilles charnues (= succulentes) de *Cakile maritima*

Document 2 : Effet du NaCl sur la germination et l'élongation des racines de *C. maritima*.



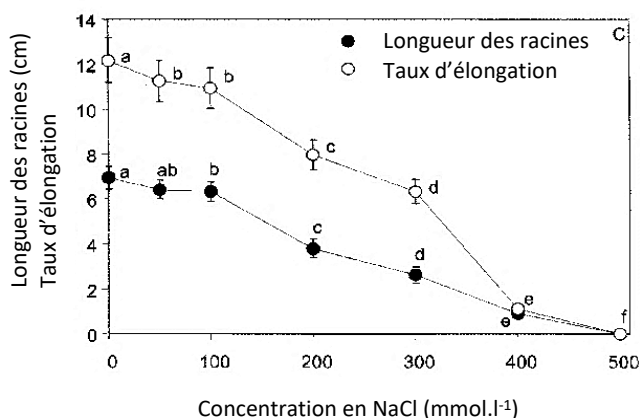
A. Cinétique de germination en fonction du temps pour différentes concentrations en NaCl.

Pour chaque paramètre, les mêmes lettres indiquent que les valeurs ne sont pas significativement différentes.



B. Pourcentage de germination en fonction de la concentration en NaCl.

Les barres blanches donnent le pourcentage de germination après 9 jours à la concentration indiquée en NaCl. Les barres noires présentent les résultats pour des graines qui n'avaient pas germé sur milieu salé et qui ont ensuite été transférées sur un milieu avec de l'eau distillée.



C. Longueur des racines en cm après 9 jours de germination et taux de croissance calculé.

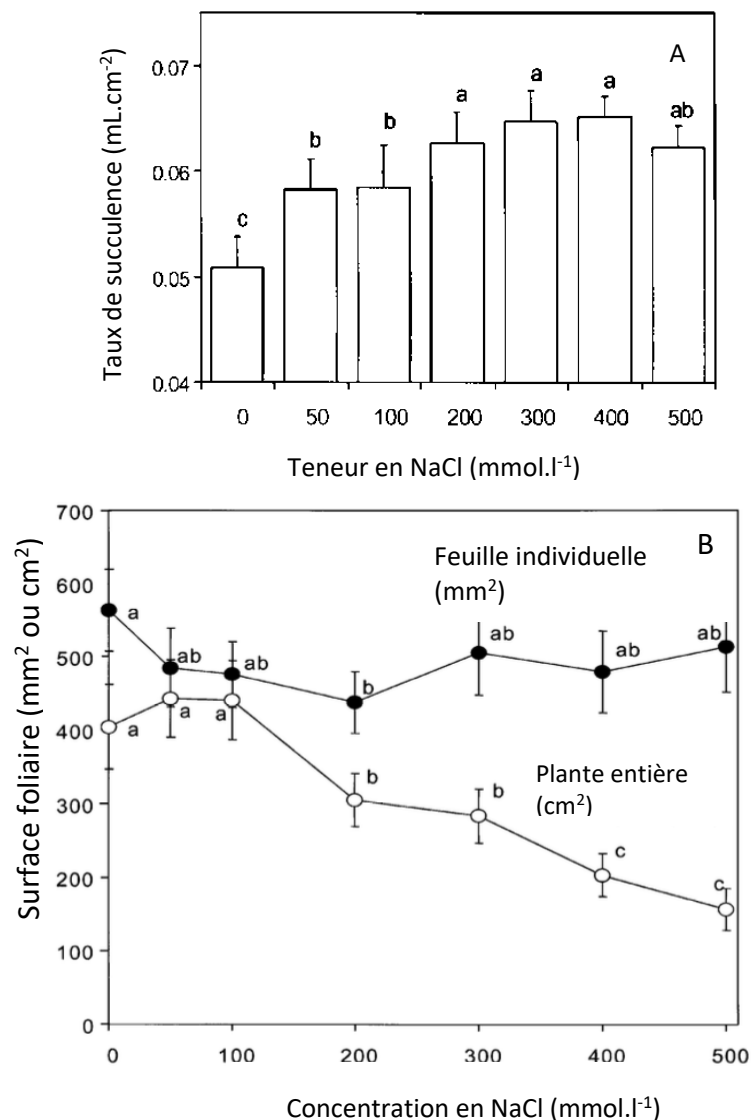
Question 2 :

2.1. À partir des documents 2.A et 2.B, décrire comment le NaCl agit sur la germination des racines de *C. maritima*.

2.2. Déterminer la valeur critique de la concentration en NaCl sur la germination.

2.3. Expliquer l'intérêt de l'expérience réalisée en B. Puis, à partir des connaissances utiles, proposer une hypothèse pour expliquer les résultats observés dans l'ensemble document 2.

Document 3 : Effet de la concentration en NaCl sur l'hydratation et la croissance de la plante *C. maritima*.



Des plants de *C. maritima* sont cultivés sur des substrats où l'on contrôle la concentration en NaCl.

A. Taux de succulence des feuilles (rapport entre la teneur en eau et la surface de la feuille). Les mêmes lettres indiquent des valeurs non significativement différentes. Moyennes réalisées sur 18 plantes.

B. Surface des feuilles (individuellement et surface foliaire totale de la plante). Des lettres différentes indiquent des résultats significativement différents.

Question 3 :

3.1. Mettre en évidence les effets du NaCl sur l'hydratation et la succulence des plantes à partir du document 3A.

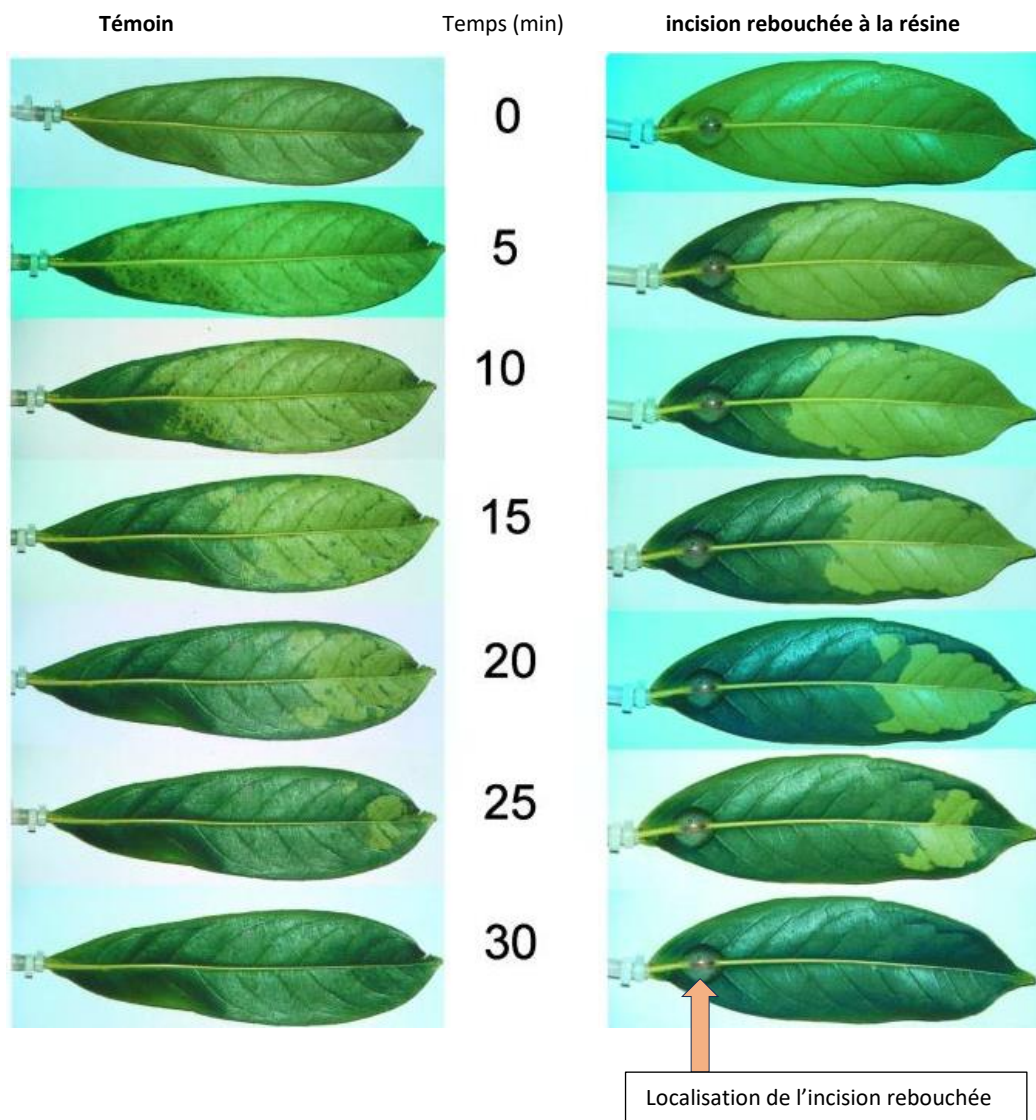
3.2. Proposer une hypothèse au mécanisme responsable des observations réalisées au document 3A.

3.3. À l'aide document 3B, proposer une hypothèse quant aux mécanismes responsables des variations de surfaces mesurées entre la plante entière et les feuilles individuelles.

Les environnements dunaires sont très desséchants, ce qui peut être responsable d'une cavitation. La cavitation est l'apparition de bulles d'air dans les vaisseaux de xylème qui conduisent la sève brute quand une tension trop forte s'exerce. On s'intéresse au phénomène de cavitation chez de jeunes rameaux de Laurier-cerise.

Document 4 : Devenir de l'eau dans la feuille de laurier-sauce

Un montage expérimental suit le devenir de l'eau dans une feuille de laurier-sauce perfusée à une pression de 0,3 MPa. Là où l'eau a perfusé, les feuilles apparaissent plus foncées. Les images de gauche suivent l'eau sans modification des feuilles. Les images de droite suivent le trajet de l'eau dans des feuilles dont la nervure principale a été incisée (sur 8 à 10 mm de long, à 20 mm de sa base), puis l'incision rebouchée avec une résine pour la rendre étanche.



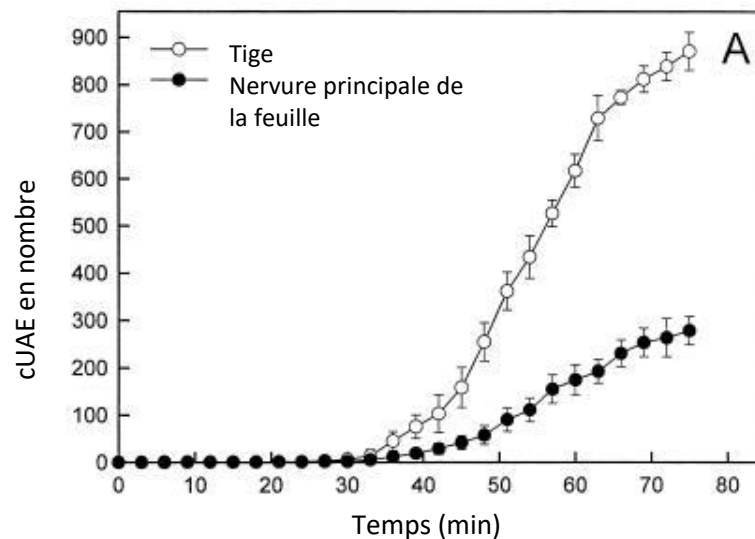
Question 4 :

4.1. Déterminer l'objectif du protocole proposé ici.

4.2. Conclure quant aux effets de l'incision.

Document 5 : Mesures du phénomène de cavitation chez de jeunes rameaux de Laurier-cerise, placés en atmosphère desséchante.

La formation de ces bulles d'air est détectée par la mesure des ultrasons émis par la formation des bulles d'air. Ces ultrasons sont mesurés (ultrasound acoustic emissions, UAE) dans la nervure principale de la feuille et dans la tige du rameau.



Nombre cumulé d'émissions d'ultrasons (cUAE) dans la nervure principale de la feuille et dans la tige en fonction du temps.

Question 5 :

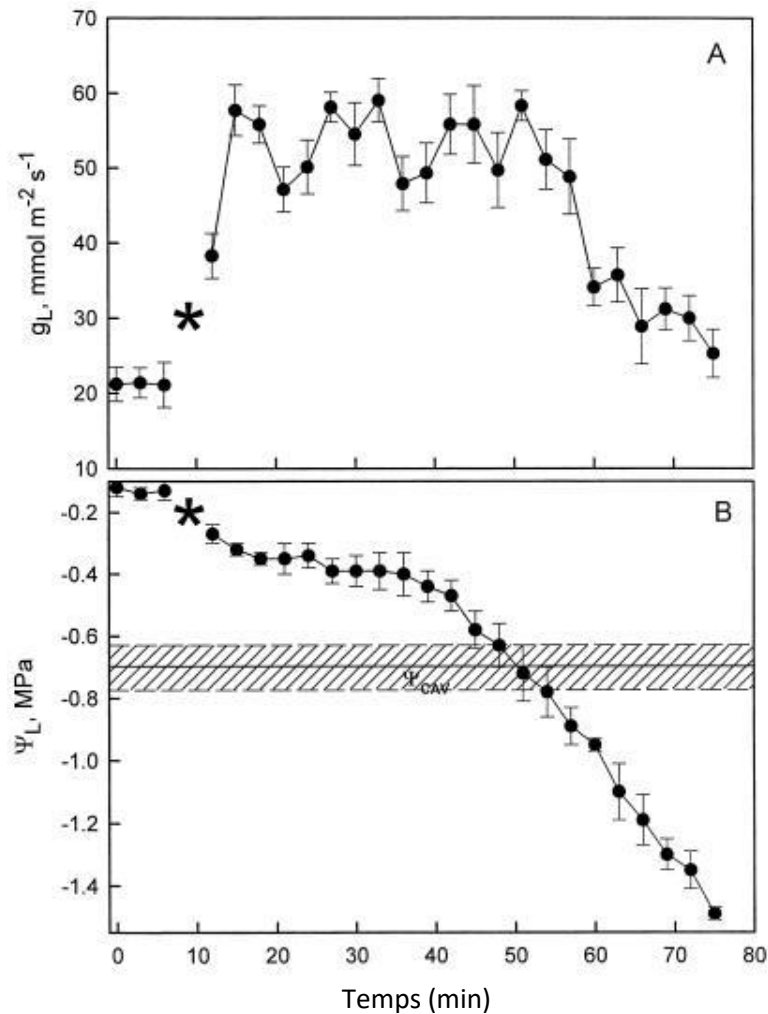
5.1. Déterminer l'objectif de l'expérience du document 5.

5.2. Comparer les quantités d'ultrasons émises dans la tige et dans la nervure centrale.

5.3. Conclure.

Document 6 : Conductance stomatique des feuilles de Laurier sauce.

Au début de l'expérience, les feuilles isolées sont placées à l'obscurité et leur base est trempée dans l'eau. A l'instant *, ces feuilles sont retirées de l'eau et éclairées. La conductance stomatique (g_L en millimoles d'eau transpirée par unité de surface foliaire et par seconde) et le potentiel hydrique de la feuille ψ_L sont suivis en fonction du temps. La surface hachurée indique le seuil de potentiel hydrique en dessous duquel apparaît la cavitation.



Question 6 :

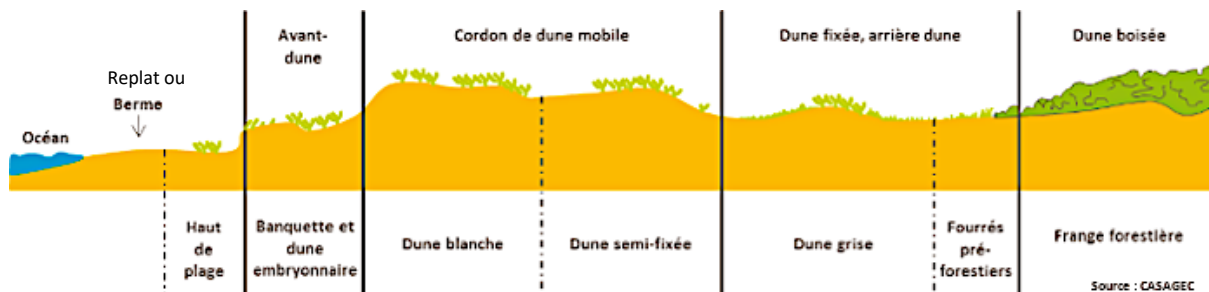
6.1. Définir le potentiel hydrique.

6.2. Mettre en relation les variations du potentiel hydrique et la conductance stomatique.

6.3. Proposer une hypothèse explicative et l'illustrer par un schéma à l'échelle de l'organe faisant apparaître les potentiels hydriques et leurs variations.

Partie 2 : Dynamique des populations en milieu dunaire

Document de référence : l'habitat dunaire, section transversale

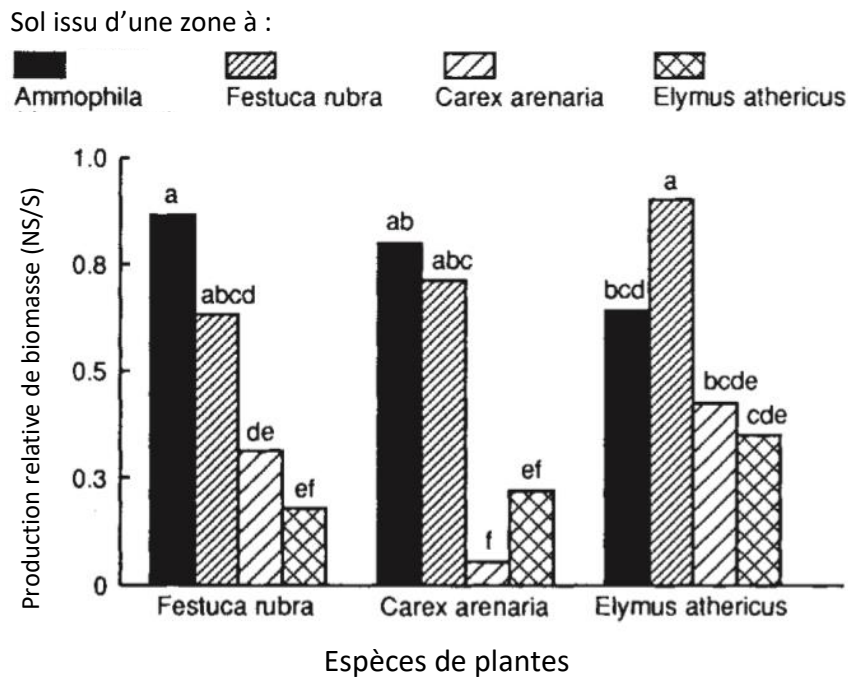


Document 7.A: Analyse de la composition des sols des zones racinaires de différentes plantes de la dune. Ces espèces sont classées de la plus proche de l'eau vers la plus éloignée.

	Position principale dans la dune	pH	Matière organique (%)	CaCO ₃ (%)	N (mg pour 100 g)	P (mg pour 100 g)
<i>Ammophila arenaria</i>	Avant-dune/ dune blanche	8,5	0,3	2,8	4,7	10,3
<i>Festuca rubra</i>	Dune semi-fixée	8,5	0,3	3,7	5,7	12
<i>Carex arenaria</i>	Dune grise	8	0,6	5,4	18,7	13,3
<i>Elymus athericus</i>	Arrière-dune	7,9	0,7	4,6	26,3	18

On étudie la croissance des plantes selon l'origine du sol sur lequel elles sont cultivées.

Document 7.B: Production totale de biomasse de 3 plantes. On mesure ici le rapport entre la biomasse produite dans un sol non stérile (NS) et celle produite dans un sol stérilisé (S) en fonction du sol d'origine.



Les sols d'origine sont issus de sites de plants purs d'*Ammophila arenaria*, *Festuca rubra* ssp. *Arenaria*, *Carex arenaria* et *Elymus athericus*. Deux barres surmontées d'au moins une même lettre ne sont pas significativement différentes entre elles

Question 7 :

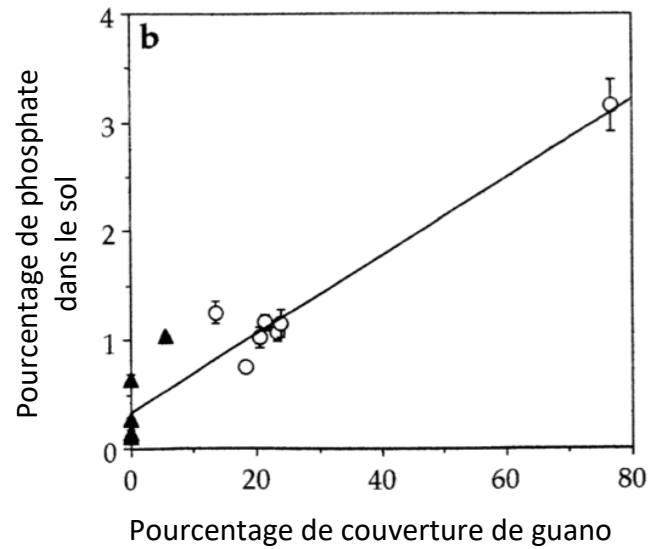
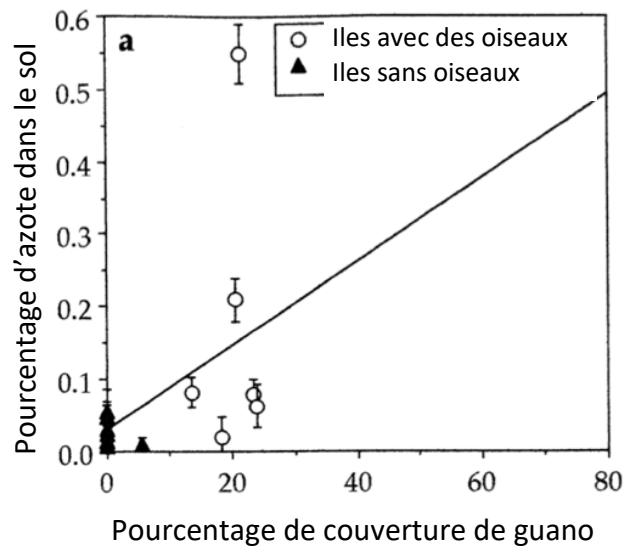
7.1. À l'aide du document 7.A, décrire les variations des caractéristiques du sol quand on s'éloigne de la mer puis proposer une hypothèse explicative.

7.2. Dans le document 7.B, les valeurs sont toutes inférieures à 1. Donner la signification de ces résultats.

7.3. En utilisant le document 7.B, montrer que le sol d'origine conditionne la production de biomasse des différentes espèces.

7.4. Proposer une interprétation reliant les observations précédentes.

Document 8 : Effet de l'apport de guano (fientes d'oiseaux) sur les sols et la végétation des dunes. Mesures réalisées sur 7 îles différentes.

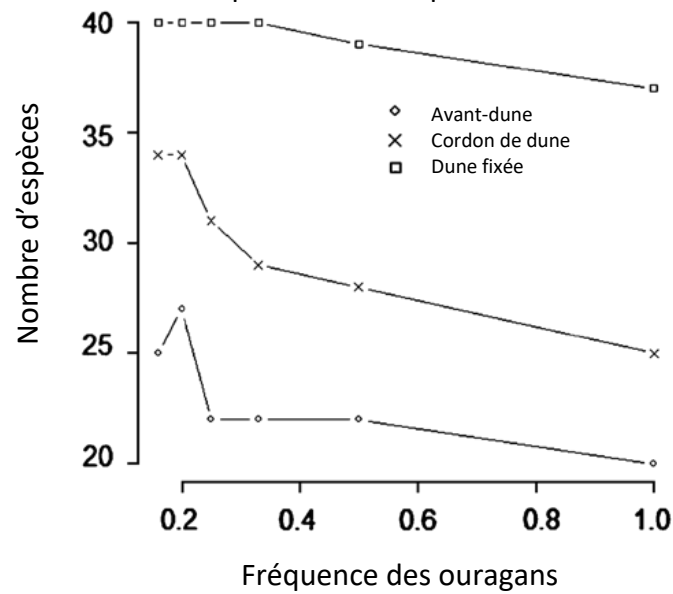


Question 8 :

8.1. À l'aide du document 8, proposer un rôle du guano sur les dunes.

8.2. Mettre ce rôle en relation avec le document 7 pour identifier les sources d'azote dans une dune.

Document 9 : Résistance au vent et ouragans d'une dune, Richesse spécifique le long d'un habitat dunaire en fonction de la fréquence des tempêtes.

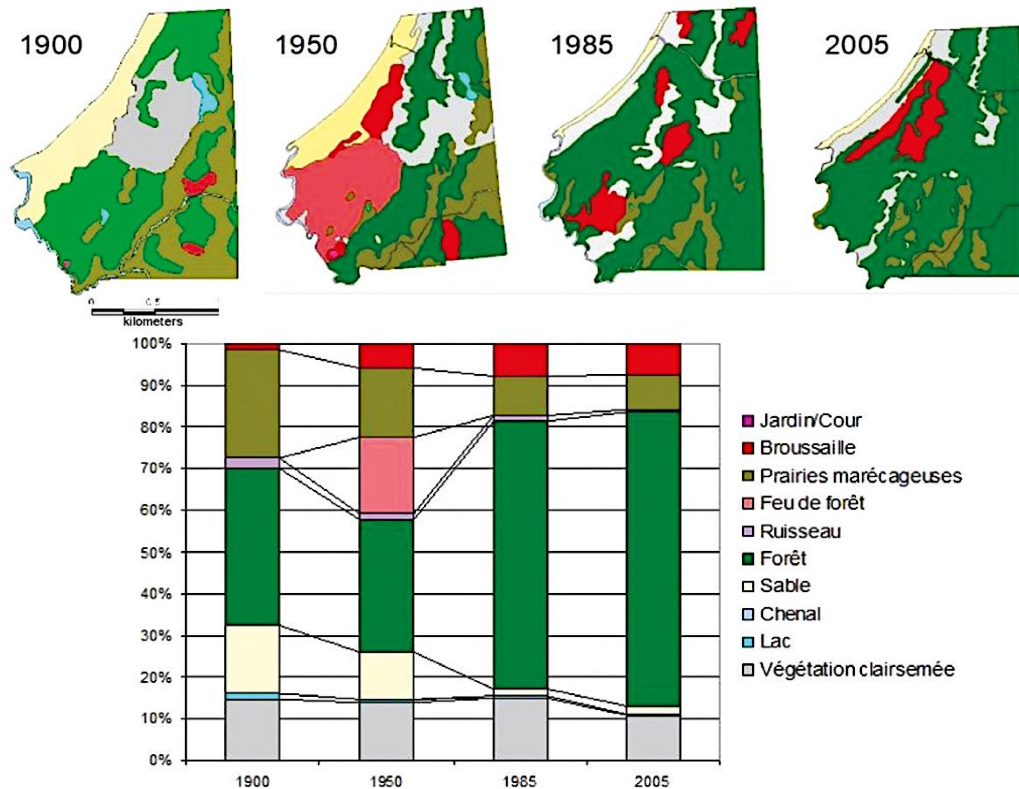


Question 9 :

À partir du document 9, identifier la zone dunaire la plus vulnérable aux tempêtes et proposer une hypothèse explicative.

Pendant près d'un siècle, des chercheurs ont étudié des exemples représentatifs de dunes fixées en Estonie, avec une couverture de portée géographique et de variation écologique. Les sites font partie de zones de conservation et de surveillance.

Document 10 : Surveillance écologique des dunes d'Estonie



Question 10 :

10.1. À l'aide du document 10, identifier les changements écologiques majeurs intervenus sur les dunes estoniennes.

10.2. À l'aide du document 9 et du document de référence, proposer des causes à ces changements.

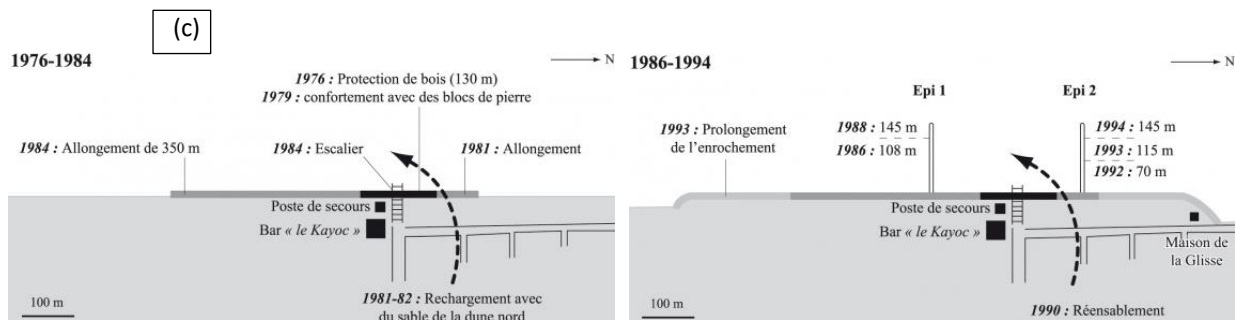
Document 11 : Service écosystémique des dunes.

11.A Évolution du trait de côte du XVIIIe siècle à nos jours à Lacanau-Océan.



11.B : Aménagements sur les dunes de Lacanau dans les années 1970 (a), (b) plantation d'Oyats et cartographie (c).





Question 11 :

11.1. Indiquer quelles ont été les modifications du trait de côte depuis 1708 (doc 11.A).

11.2. À l'aide des documents 11.B (a, b, c), identifier les aménagements réalisés depuis les années 1970 dans la zone de Lacanau, et préciser leur intérêt pour limiter l'érosion.

11.3. Définir la notion de service écosystémique.

11.4. À partir de connaissances utiles et des documents, identifier les services écosystémiques rendus par les dunes qui justifient les aménagements réalisés.

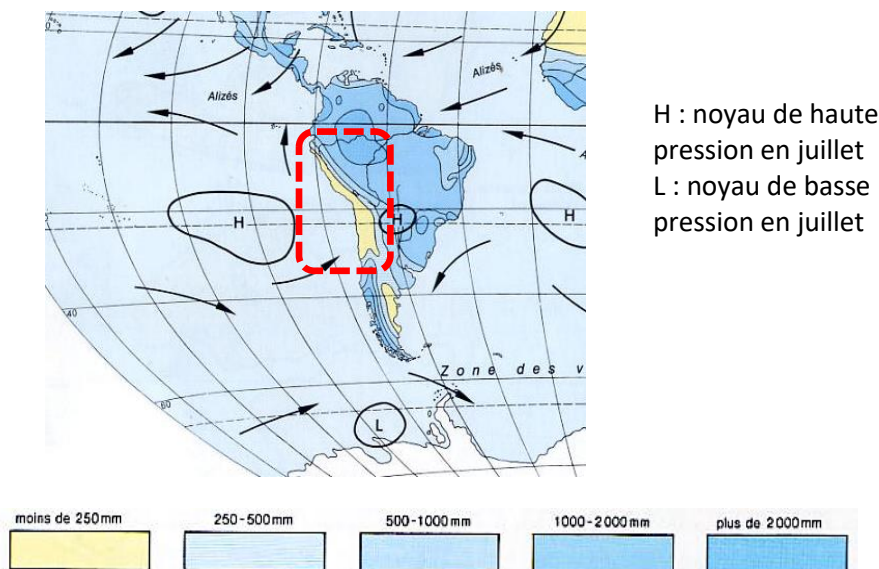
Question 12 :

Construire un schéma bilan illustrant les mécanismes écologiques mis en évidence au sein de l'écosystème dunaire dans la partie 2.

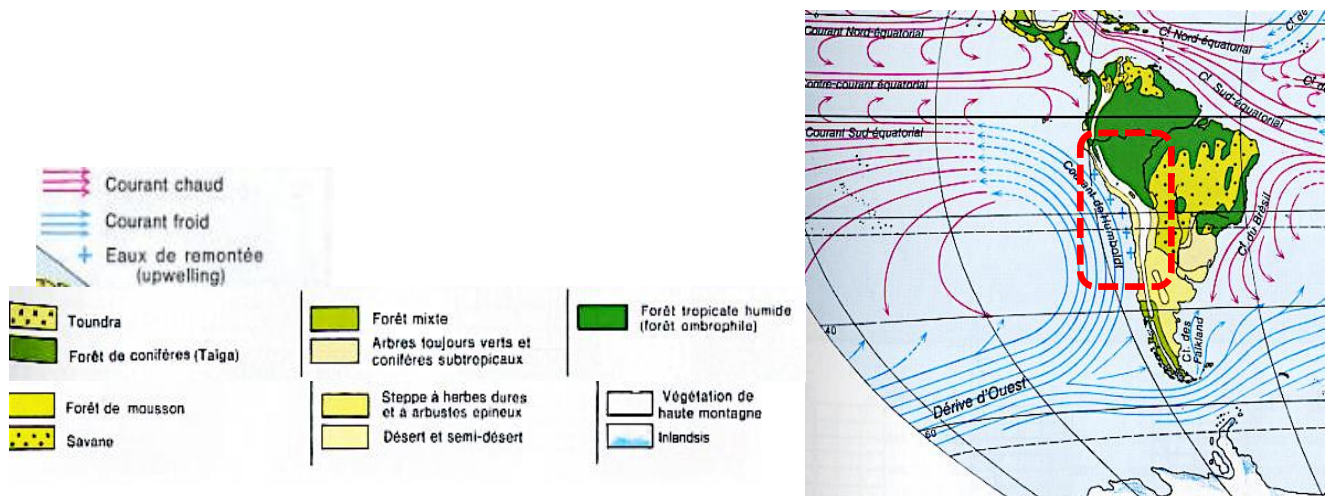
Partie 3 : Formation et dynamique des dunes et déserts : exemple du Pérou

Entre l'océan Pacifique et les premiers versants de la cordillère des Andes s'étend une étroite bande de désert côtier, longue de 2 300 km, qui se prolonge au sud par le désert chilien d'Atacama. Ce désert côtier présente des dunes absentes à la même latitude côté brésilien. Un cadre rouge localise cette zone sur les cartes. On se place ici dans une situation standard, hors période « El Niño ».

Document 12 : Carte des moyennes de précipitations annuelles (en mm) et pressions en Amérique du Sud.



Document 13 : Carte de la végétation naturelle et des courants marins en Amérique du Sud.



Question 13 :

13.1. À partir d'une exploitation des cartes des documents 12 et 13 et des connaissances utiles, expliquer comment les conditions climatiques au Pérou sont responsables de la formation d'un désert et de dunes.

13.2. Compléter la coupe 3D fournie en annexe 2 pour mettre en évidence les mécanismes impliqués dans la formation de ces dunes au Pérou.

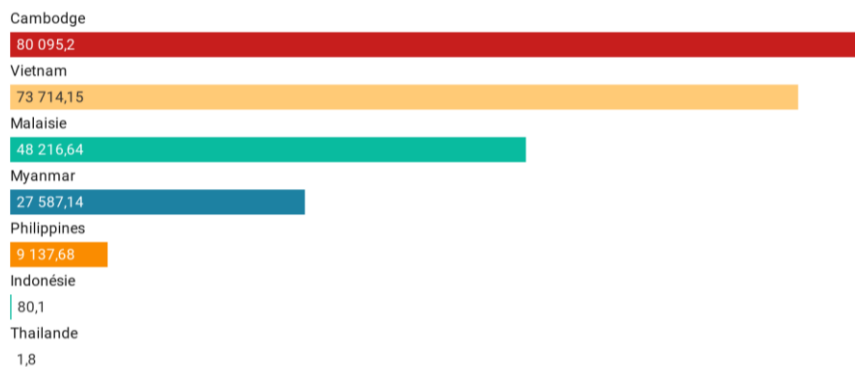
Partie 4 : Le sable : une ressource en voie de disparition ?

Document 14 : Des variations géographiques

14.A : Carte de Singapour mettant en évidence les variations de surface de l'île entre 1973 et 2013 (*Remote sensing analysis: UNEP/GRID-Geneva.*)



14.B. Importations de sable à Singapour depuis les pays de l'Asie du Sud-Est entre 2008 et 2017, en millions de tonnes (source : le Grand Continent, d'après UN Environment / COMTRADE).



14.C Vue aérienne de Singapour, photo Basile Morin.



Question 14 :

14.1. À partir des connaissances utiles, expliquer comment se forme du sable.

14.2. Décrire les variations géographiques du territoire de Singapour.

14.3. Expliquer le lien entre les variations géographiques précédentes et l'action anthropique.

14.4. Émettre une hypothèse présentant les conséquences du prélèvement du sable marin sur les dunes littorales.

Question 15 : Schéma bilan

Compléter le schéma bilan proposé en annexe pour mettre en évidence les paramètres identifiés dans ce sujet qui font des dunes un écosystème dynamique et fragile, sans oublier l'action anthropique.

FIN DU SUJET