

Mémoriser son cours

Exercices corrigés



Pour mémoriser l'essentiel du cours, posez-vous régulièrement ces questions et vérifiez vos réponses.

1. Qu'est-ce qu'un modèle climatique numérique et de quoi est-il composé?
2. Quels sont les intérêts et les limites du maillage dans un modèle climatique?
3. Comment les climatologues évaluent-ils la fiabilité de leurs modèles?
4. Quels sont les trois principaux gaz à effet de serre d'origine anthropique et quelles sont leur source d'émission principale?
5. La controverse sur le réchauffement climatique est-elle une controverse scientifique ou publique?
6. Quelle conséquence majeure sur les océans est prédite par les modélisations climatiques?

Pour s'échauffer

Exercices interactifs corrigés



1 QCM

Pour chaque proposition, identifiez la (ou les) bonne(s) réponse(s).

1. Un modèle numérique du climat permet :

- a. de renforcer les prévisions météorologiques.
- b. de prédire l'évolution statistique des grandeurs météorologiques.
- c. de tester plusieurs scénarios possibles d'activités humaines.
- d. d'avoir une résolution spatiale de quelques centimètres.

2. Un modèle numérique du climat est :

- a. constitué de plusieurs sous-modèles couplés.
- b. ne dépend pas de la puissance de calcul des ordinateurs.
- c. un programme qu'il faut entièrement réécrire à chaque nouvelle hypothèse testée.
- d. défini par une résolution temporelle et spatiale.

3. Le dioxyde de carbone atmosphérique :

- a. n'est pas soluble dans l'eau de mer.
- b. induit la production de bulles de gaz qui perturbe les coraux.
- c. se dissout dans l'eau ce qui entraîne une diminution de pH.
- d. se dissout dans l'eau ce qui entraîne une augmentation de pH.

4. Lors du découpage de la surface de la Terre en maille de 10° de longitude et 10° de latitude, on obtient :

- a. 360×360 soit 129 600 mailles.
- b. 36×36 soit 1 296 mailles.
- c. 36×18 soit 648 mailles.
- d. 18×18 soit 324 mailles.

5. Le méthane est émis vers l'atmosphère :

- a. lors de la fabrication de ciments.
- b. par la combustion des hydrocarbures par les véhicules à moteurs.
- c. par la fermentation des déchets.
- d. par les processus industriels.

6. Les phénomènes de taille inférieure à celle de la maille :

- a. sont traités aléatoirement dans les mailles.
- b. sont traités comme des événements statistiques (comme des moyennes par exemple).
- c. sont des phénomènes physiques complexes.
- d. nécessitent des approximations.

7. Pour évaluer la fiabilité d'un modèle climatique :

- a. on compare ses variables de sortie aux données météorologiques actuelles uniquement.
- b. on le modifie jusqu'à ce que les prédictions collent aux autres modèles de la communauté scientifique.
- c. on teste son aptitude à modéliser des climats du passé.
- d. on compare ses variables de sortie aux données météorologiques issues des satellites.

8. L'accroissement de la concentration en ion H⁺ dans l'eau :

- a. est la conséquence de l'élévation du pH.
- b. est la cause de l'élévation du pH.
- c. est la cause de la diminution du pH.
- d. est la conséquence de la diminution du pH.

9. La production agricole est responsable de la libération vers l'atmosphère de :

- a. de CH₄ uniquement.
- b. CH₄ et de N₂O.
- c. de N₂O uniquement.
- d. de CO₂ uniquement.

10. Le réchauffement climatique a pour conséquences :

- a. la fonte des glaciers.
- b. la baisse du niveau de la mer.
- c. une diminution de la photosynthèse à l'échelle globale.
- d. une diminution de l'intensité des cyclones.

► CORRECTION p. 317

2 Vrai/faux

1. La vapeur d'eau est un gaz à effet de serre.
2. Les résultats des modèles ne sont évalués que par comparaison avec des données satellites.
3. La résolution temporelle d'un modèle est définie par la largeur d'une maille.
4. La combustion des ressources carbonées fossiles est la seule source d'émissions de CO₂.
5. Depuis 150 ans, la température moyenne a augmenté de 5°C.
6. Les gaz fluorés sont des gaz à effet de serre qui restent très longtemps dans l'atmosphère.
7. Les modèles climatiques prévoient une élévation du niveau des océans.
8. L'augmentation du pH des océans provoque la dissolution du calcaire de la coquille des mollusques.

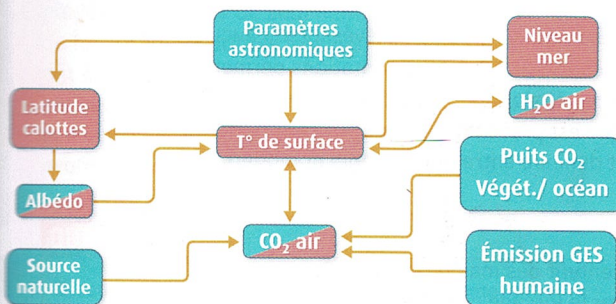
3 Questions à réponses courtes

1. Quel est l'effet des gaz à effet de serre émis par les humains sur le forçage radiatif?
2. Sur quoi repose le cœur des modèles numériques du climat?
3. Qu'est-ce que la résolution temporelle d'un modèle climatique et quel est son ordre de grandeur?
4. Qu'est-ce que la résolution spatiale d'un modèle climatique et quel est son ordre de grandeur?
5. Quelles sont deux conséquences du réchauffement climatique sur les écosystèmes océaniques?
6. Comment s'appelle le groupe d'experts qui évalue les risques liés au réchauffement climatique d'origine anthropique?

4 Retrouvez la question

1. En le confrontant à des observations météorologiques actuelles ou à des paléoclimats.
2. Il repose sur des lois physiques, chimiques et biologiques connues.
3. Le niveau et l'acidité des océans vont augmenter, les régimes des pluies vont se modifier.
4. Depuis 150 ans.
5. Le CO₂, le CH₄, le N₂O.
6. Elles sont limitées par la puissance de calcul disponible.

5 Les variables de Simclimat



1. Pourquoi est-il pertinent de considérer une interaction à double sens entre l'eau atmosphérique et la température de surface?

2. Une augmentation de la latitude des calottes augmente-t-elle l'albédo de la planète ou le diminue-t-elle? Quel sera l'effet prévisible sur la température de surface?
3. Parmi ces paramètres, lesquels sont impliqués dans le forçage radiatif naturel?
4. Quel est le lien entre végétation/océan et quantité de CO₂ atmosphérique?

6 Maillage d'un modèle climatique

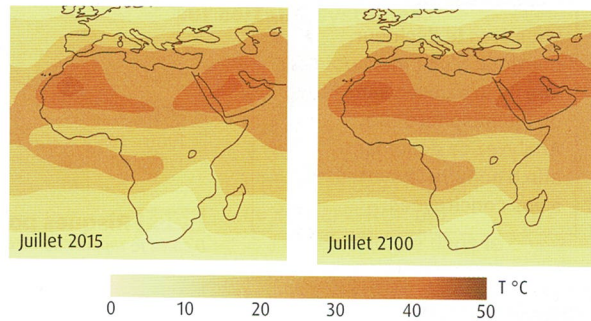
On considère un modèle climatique dans lequel l'atmosphère est découpée en mailles:

60 latitudes × 62 longitudes × 32 niveaux.

1. Évaluez le nombre de mailles à la surface de la Terre. Calculez la taille d'une maille en degrés de longitude et de latitude. Convertissez ce résultat en km au niveau de l'équateur. (Aide p. 62)

7 Une simulation numérique

Ci-dessous, on a figuré une modélisation de la température moyenne terrestre en 2100 par le logiciel Build Your Own Earth.

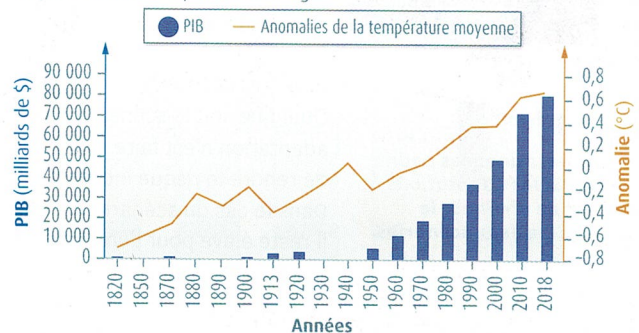


1. Décrivez les variations de température prédites pour l'Afrique entre 2015 et 2100.
2. D'après vos connaissances, quelles conséquences pouvez-vous imaginer à ces prédictions?

8 Corrélation et causalité

Le PIB est un indicateur qui mesure les richesses créées par les résidents dans un pays donné, quelle que soit leur nationalité et pour une année donnée. Le PIB mondial correspond à la somme de tous les PIB.

D'après donnees.banquemondiale.org



1. En l'absence de données supplémentaires, ces deux graphiques représentent-ils une corrélation ou une causalité?
2. D'après vos connaissances, quelle hypothèse pouvez-vous formuler pour expliquer les évolutions observées?

9 Exploiter des documents, rédiger une argumentation scientifique

Des modèles pour anticiper les effets de l'élévation du niveau de la mer

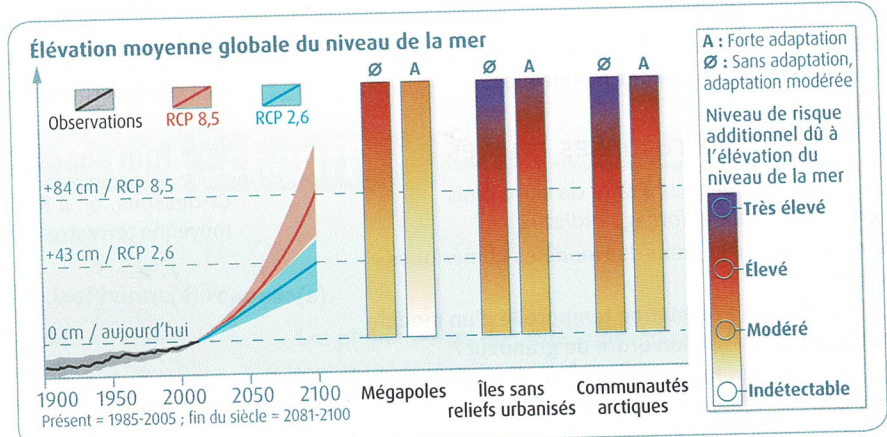
Le rapport du GIEC sur les conséquences de l'élévation du niveau de la mer publié en septembre 2019 a résumé les principaux risques pour les zones côtières les plus menacées. En fonction du scénario envisagé, le GIEC a modélisé les effets dans le cas où le pays concerné ne prend aucune mesure efficace ou au contraire si l'adaptation à ces risques est anticipée et des travaux sont effectués.

Je repère dans le texte les informations qui m'aideront à lire le graphique.

À partir de l'énoncé, je sélectionne les informations du graphique à analyser.

QUESTION

Vous êtes le décideur politique d'une mégapole sur une île urbanisée sans reliefs de l'hémisphère sud. Analysez ce document afin d'en faire la synthèse à vos concitoyens.



DOC 1 Risques pour les zones côtières à la fin du siècle. D'après le rapport du GIEC, 2019.

RÉSOLUTION

Zone côtière	Observations		Élévation moyenne prédite (cm)	Intensité du risque
	Scénario	Adaptation		
Mégapole	non	RCP 8,5	84	entre élevé et modéré
		RCP 2,6	43	modéré
	oui	RCP 8,5	84	entre modéré et indétectable
		RCP 2,6	43	indétectable
Île urbanisée	non	RCP 8,5	84	élevé
		RCP 2,6	43	entre élevé et modéré
	oui	RCP 8,5	84	élevé
		RCP 2,6	43	modéré

Je réalise un tableau à double entrée pour consigner les données observées sur le graphique.

J'interprète les données pour déterminer si les adaptations permettent de diminuer le risque dans les deux scénarios.

Interprétations

Quel que soit le scénario, on observe des risques modérés à élevés lorsqu'aucune adaptation n'est faite. Dans le cas du scénario RCP 2,6, les adaptations permettent de rendre le risque indétectable dans les mégapoles et modéré sur l'ensemble de l'île. Dans le cas du scénario RCP 8,5, le risque est présent y compris si on fait des adaptations : il reste élevé pour l'ensemble de l'île et diminue entre indétectable et modéré pour les mégapoles.

Je tire une conclusion en utilisant mes connaissances sur les scénarios RCP.

Conclusion

Les mégapoles des îles sans relief présentent dès maintenant des risques modérés y compris avec un scénario qui va limiter le forçage climatique par des mesures drastiques de limitation des rejets de CO₂. Les adaptations sont nécessaires dès à présent afin de limiter les conséquences de l'augmentation du niveau de la mer.

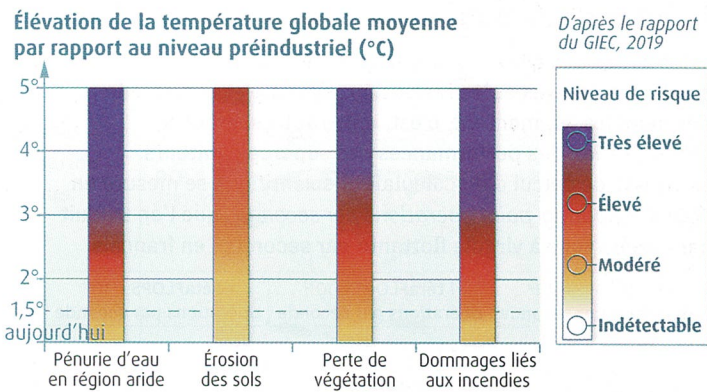
Exercices d'application Méthode

10 Exploiter des documents, rédiger une argumentation scientifique

Des modèles pour anticiper les effets sur les agrosystèmes continentaux

Le rapport du GIEC de septembre 2019 présente les principales conséquences du réchauffement climatique sur les terres cultivées. Le scénario RCP 6,0 modélise une élévation de température comprise entre 2 et 3 °C en 2100.

DOC 1 Risques pour certains écosystèmes continentaux en fonction de la température mondiale de surface.



Prédiction	Pénurie d'eau en région aride	Érosion des sols	Perte de végétation	Dommages liés aux incendies
Impact sur ...				
les moyens de subsistance	oui	oui	oui	non
la valeur du terrain	oui	oui	non	oui
la santé humaine	oui	oui	oui	oui
la santé des écosystèmes	oui	non	oui	oui
les infrastructures	oui	non	non	oui

DOC 2 Impacts de ces risques sur certains systèmes.

AIDE

- J'ai localisé sur le **DOC 1** l'intensité des risques liée au scénario RCP 6,0.
- J'ai sélectionné dans le **DOC 2** les impacts concernant la santé humaine.
- Je croise les données pour répondre au problème.

QUESTION

Discutez de l'intensité des risques liés à un réchauffement qui évoluerait selon le scénario RCP 6,0, et des conséquences sur la santé humaine.

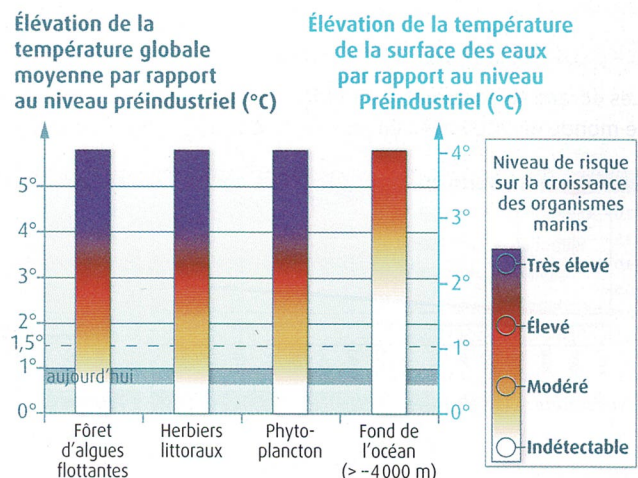
11 Exploiter des documents, rédiger une argumentation scientifique

Impact du réchauffement climatique sur des organismes marins

Les algues, les herbes et le phytoplancton piègent de gigantesques quantités de CO₂ dissous dans les océans pour fabriquer leur matière organique. Celle-ci est ensuite en grande partie piégée sous forme de sédiments à l'origine de futurs combustibles fossiles. Les modélisations ont évalué les risques du réchauffement climatique sur la croissance de ces organismes, qu'on compare aux écosystèmes des fonds océaniques profonds où la lumière ne pénètre pas.

QUESTION

Discutez des conséquences d'un réchauffement global de 3 °C sur le piégeage du CO₂ par la photosynthèse océanique.



DOC 1 Risque pour différents écosystèmes marins liés à un réchauffement climatique.

12 Effectuer et contrôler des calculs

Puissance de calcul

Si les codes des modèles climatiques deviennent de plus en plus complexes et les résolutions spatiale et temporelle des modèles augmentent, c'est, entre autres, grâce à l'amélioration des performances des supercalculateurs. La vitesse de calcul d'un ordinateur scientifique se mesure en FLOPS : « *floating-point operations per second* », que l'on traduit par « opérations à virgule flottante par seconde » en français.

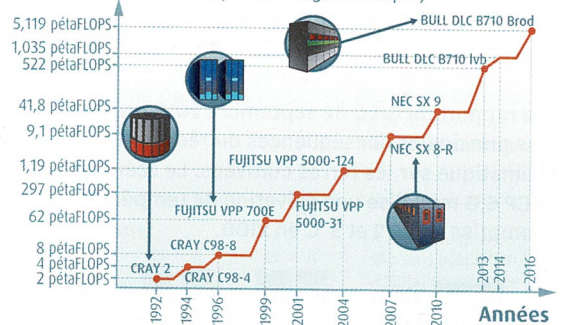
1 gigaFLOPS = 10^9 opérations par seconde	1 téraFLOPS = 10^{12} opérations par seconde	1 pétaFLOPS = 10^{15} opérations par seconde
--	---	---

BYOE est une application pédagogique qui présente les résultats pré-enregistrés d'un modèle climatique : FOAM. Dans ce modèle, chaque colonne d'air comporte un empilement de 18 mailles atmosphériques mesurant $7,5^\circ$ de longitude par $4,5^\circ$ de latitude. Le pas de temps est de 20 minutes. Pour simuler 480 ans de climat, le programme doit tourner pendant 24 h.

QUESTIONS

1. Convertissez la vitesse de calcul du Bull DLC B710 Brod en gigaflops (DOC. 1).
2. Indiquez le facteur de multiplication de la vitesse de calcul sur la période donnée, ainsi que la moyenne d'évolution de ce facteur par an (DOC. 1).
3. Évaluez le nombre et la taille des mailles dans BYOE (DOC. 2).
4. En supposant que le programme doit calculer 20 variables différentes à chaque pas de temps pour

Puissance de calcul (échelle logarithmique)



DOC 1 Évolution de la puissance de calcul théorique de Météo-France depuis 1992.

DOC 2 Maillage dans « Build your Own Earth » (BYOE).

• AIDE, p. 62

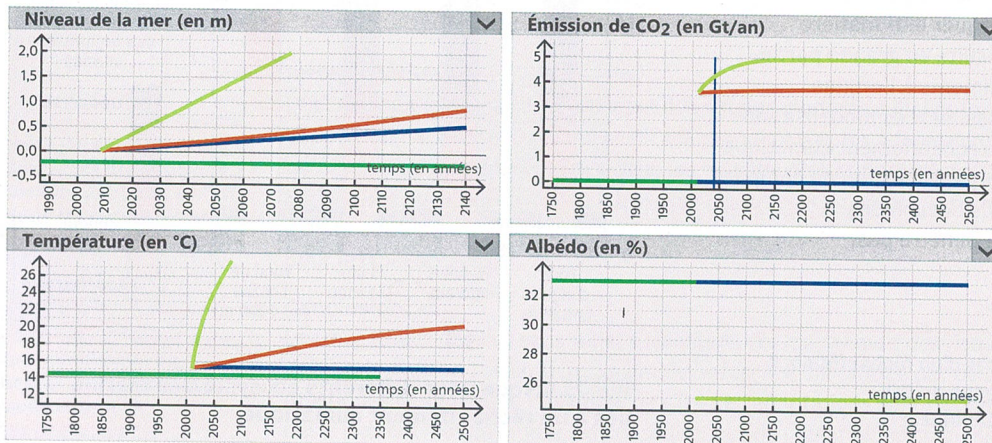
le système atmosphérique, déduisez-en le nombre d'opérations par seconde pour simuler 480 ans (DOC. 2).

5. Imaginons que le programme puisse simuler 480 ans en une minute. Calculez le nombre d'opérations par seconde que cela représente alors. D'après le DOC. 1, nommez le premier supercalculateur qui aurait pu permettre de faire ce calcul. (1 Flop = 1 opération par seconde)

13 Exploiter des documents, rédiger une argumentation scientifique

Exploitation de Simclimat

Les écrans suivants ont été obtenus sur Simclimat à partir de 4 scénarios : le monde en 1750, le monde en 2007, le monde en 2007 avec émissions de CO_2 stoppées, le monde en 2007 avec albédo de 25%.



AIDE

• J'observe d'abord les courbes des paramètres d'entrée (albédo et émissions de CO_2).

QUESTION

Pour chaque écran, associez chaque courbe à l'un des scénarios en argumentant chacun de vos choix.

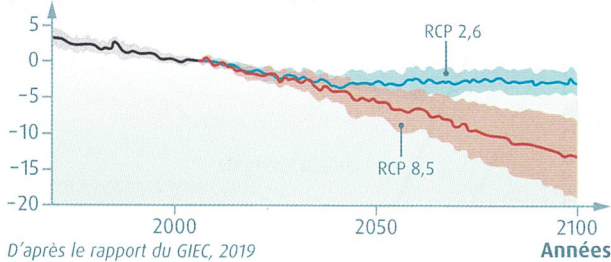
14 Exploiter des documents

Biomasse et climat

Les ressources halieutiques marines (ressources vivantes animales et végétales) fournissent chaque année environ 85 millions de tonnes de protéines pour l'alimentation humaine et animale.

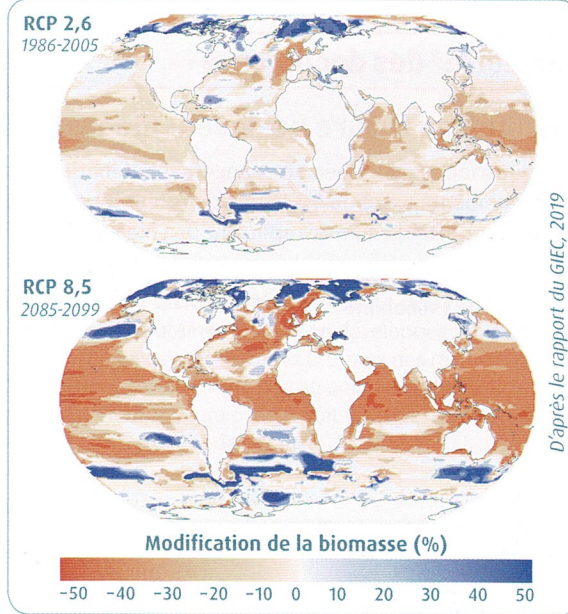
La pérennité de ces ressources est directement liée à la « bonne santé » de l'écosystème, qu'on détermine notamment par l'estimation de la biomasse animale totale (vertébrés et invertébrés). L'évolution de la biomasse marine pour les scénarios RCP 2,6 et 8,5 est modélisée ci-dessous (moyenne de 10 modèles).

Changement de la biomasse (%)



D'après le rapport du GIEC, 2019

DOC 1 Évolution de la biomasse marine de 1986 à 2100.



D'après le rapport du GIEC, 2019

DOC 2 Carte de l'évolution spatiale de la biomasse entre 1986-2005 et 2085-2099 selon les scénarios RCP 2,6 et 8,5.

QUESTIONS

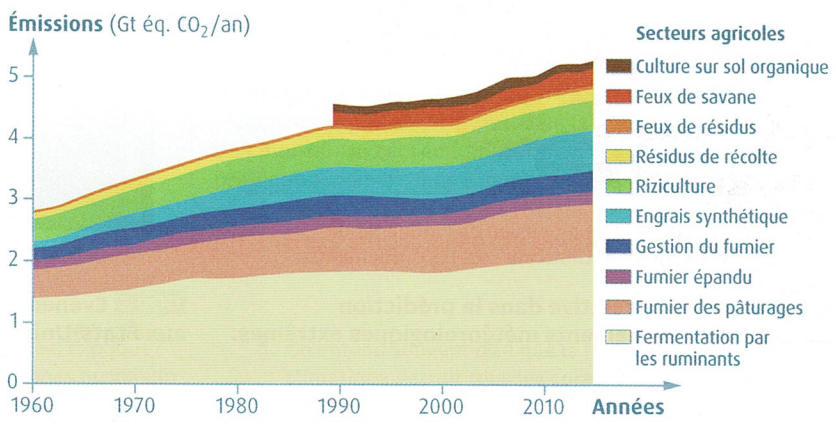
1. Calculez pour chaque scénario la vitesse d'évolution de la biomasse entre 2000 et 2050 puis pendant les 50 années suivantes (DOC. 1).
2. Localisez pour chaque scénario les zones qui montrent une évolution positive de la biomasse, celles qui ont une évolution négative et celles qui ne semblent pas touchées (DOC. 2).
3. Tirez une conclusion sur l'évolution de l'utilisation à court ou long terme des ressources halieutiques en France et dans différentes régions et collectivités d'outre-mer.

15 Exploiter des documents, rédiger une argumentation scientifique

Agriculture et effet de serre

Le rapport du GIEC « Changement climatique et terre » d'août 2019 souligne l'évolution des émissions de gaz à effet de serre de certains secteurs et pratiques agricoles de 1960 à 2015.

DOC 1 Évolution des émissions de CO₂ liées au secteur agricole entre 1960 et 2015 (en Gigatonnes équivalent CO₂ par an).



QUESTIONS

1. Calculez le pourcentage de la contribution de chaque secteur à la production de gaz à effet de serre par les pratiques agricoles en 1960 puis en 2015. Vous présenterez vos résultats sous forme de tableau.
2. En comparant les pourcentages obtenus, déterminez quelles pratiques ou secteurs agricoles ont contribué à l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre depuis 1960.