



VOIE GÉNÉRALE

2^{DE}

1^{RE}

T^{LE}

Sciences de la vie et de la Terre

ENSEIGNEMENT

SPECIALITE

UTILISER SIMCLIMAT POUR CONDUIRE UNE DÉMARCHE SCIENTIFIQUE

Thème

Thème 2 - Enjeux planétaires contemporains.

Note d'intention

L'analyse du système climatique à l'aide de modèles numériques est traitée dans le programme d'enseignement scientifique en classe terminale dans la partie « 1.3 Le climat du futur » (plus particulièrement le savoir-faire « Mettre en évidence le rôle des différents paramètres de l'évolution climatique, en exploitant un logiciel de simulation de celle-ci »). En spécialité SVT en classe terminale, il est possible de remobiliser l'exploitation de ces modèles numériques en utilisant le logiciel de simulation Simclimat. Cette ressource présente un exemple de démarche scientifique menée par les chercheurs et un exemple d'exploitation pédagogique dans le cadre de la recherche de stratégie d'atténuation.

Mots-clés

Variation climatique, modèle climatique, effet de serre, gaz à effet de serre, cycle du carbone, cycles de Milankovitch, obliquité, précession, excentricité, albédo, tectonique des plaques, volcanisme.

Références au programme

Les climats de la Terre : comprendre le passé pour agir aujourd'hui et demain.

- Comprendre les conséquences du réchauffement climatique et les possibilités d'actions.

Connaissances

Corrélation du réchauffement climatique observé au début du XXI^e siècle à la perturbation du cycle biogéochimique du carbone par l'émission de gaz à effet de serre liée aux activités humaines, puissance solaire reçue et boucles de rétroactions positives et négatives (albédo, solubilité océanique du CO₂).

Rôle des modèles dans la prise de décision publique.

Compétences

Selon la démarche pédagogique dans laquelle il est exploité, le logiciel de modélisation Simclimat permet de développer différentes compétences liées à la pratique de démarches scientifiques. Par nature, l'exploitation de ce logiciel permet de développer des compétences numériques et la compréhension du lien entre les phénomènes naturels et le langage mathématique.

Lien avec d'autres ressources

Simclimat, un modèle numérique de climat

La ressource « Simclimat, un modèle numérique de climat » décrit les modèles climatiques utilisés par les scientifiques et les compare au modèle utilisé par le logiciel Simclimat.

Simclimat, pour comprendre les variations climatiques passées

La ressource « Simclimat pour comprendre les variations climatiques passées » présente d'autres situations de démarche scientifique qui peuvent être réalisées en classe avec le logiciel Simclimat pour traiter la partie du programme de spécialité SVT : « Reconstituer et comprendre les variations climatiques passées ».

La démarche scientifique avec les modèles numériques

Les modèles numériques sont indispensables pour pratiquer une démarche scientifique en climatologie.

On présente ci-dessous un exemple de démarche scientifique mise en œuvre par les chercheurs avec les modèles numériques de climat.

Problème

Comment expliquer que la température moyenne mondiale augmente rapidement depuis un siècle ?

Hypothèse

Le réchauffement climatique constaté est causé par les émissions anthropiques de gaz à effet de serre (GES).

Remarque : on montre que le réchauffement climatique actuel est causé par les émissions anthropiques de gaz à effet de serre. La démarche scientifique qui peut être mise en œuvre à l'aide des modèles numériques de climat permet d'apporter des arguments sur le rôle des activités humaines et de leurs conséquences dans le changement climatique (sauf à remettre en cause les lois physico-chimiques qui sous-tendent les équations des modèles).

Protocole

Pour tester cette hypothèse, les scientifiques réalisent :

- **des simulations « contrôles » (ou témoins) :** simulations de l'évolution du climat depuis 1900 ;
- **des simulations « tests » :** on réalise les mêmes simulations mais sans les émissions anthropiques de gaz à effet de serre (on dit qu'on « débranche » les émissions anthropiques dans le modèle).

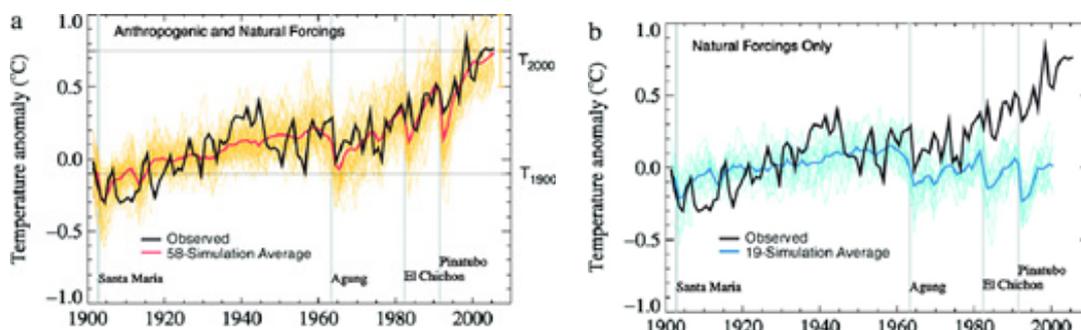
Résultats attendus

Si le réchauffement est causé par les émissions anthropiques, les simulations « contrôles » montreront un réchauffement plus important que les simulations « tests ».

Résultats observés

Les résultats des simulations obtenues par une quarantaine de modèles mondiaux sont les suivants :

- pour le témoin (graphique de gauche), on obtient les simulations représentées par les courbes jaunes (la moyenne est représentée par la courbe rouge) ;
- pour le test (graphique de droite), sans les émissions anthropiques de GES, on obtient les simulations représentées par les courbes bleu clair (la moyenne en bleu foncé).



Anomalies de la température globale par rapport à 1961-1990. La courbe noire correspond aux températures mesurées, les courbes jaunes correspondent aux simulations « contrôles » des différents modèles, la courbe rouge correspond à la moyenne de ces simulations, les courbes bleu clair correspondent aux simulations « tests » sans les émissions anthropiques de GES et la courbe bleu foncé correspond à la moyenne de ces simulations.¹

Interprétation

La comparaison de ces simulations permet de constater qu'en « débranchant » les émissions anthropiques de GES, la température mondiale reste relativement stable depuis 1900, alors que, lorsque ces émissions sont intégrées au modèle, la température globale augmente beaucoup plus.

Ces simulations mettent en évidence le rôle des émissions anthropiques de GES dans le réchauffement climatique actuel.

Les modèles numériques de climat permettent donc de pratiquer une démarche scientifique complète (avec problème, hypothèse, protocole avec témoin et test, résultats attendus, résultats observés et interprétation).

Cette démarche scientifique peut être reproduite en classe à l'aide de Simclimat.

1. https://www.researchgate.net/figure/Global-mean-surface-temperature-anomalies-C-from-observations-black-and-coupled_fig10_254415667

Un exemple de démarche scientifique avec Simclimat

Références au programme

Comprendre les conséquences du réchauffement climatique et les possibilités d'actions.

Connaissances

Aux niveaux individuel et collectif, il convient de mener des recherches et d'entreprendre des actions : en agissant par la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

Compétences

Mobiliser les modèles de cycle du carbone pour quantifier les mesures individuelles et collectives d'atténuation nécessaires pour limiter le réchauffement climatique.

On présente ici brièvement la mise en place d'une démarche scientifique exploitant le logiciel Simclimat.

Situation de départ

La reforestation² et l'afforestation³ sont des solutions souvent évoquées pour limiter le changement climatique (mesure d'atténuation).



Vidéo de Brut - Reforestation massive : la solution pour limiter le réchauffement climatique ?⁴

En enseignement scientifique en classe terminale, les élèves ont étudié le rôle de l'accroissement de la végétalisation comme puits de carbone. Ils savent que les végétaux consomment du CO₂ lors de la photosynthèse et peuvent avoir vu que l'augmentation de la concentration de l'atmosphère en CO₂ influence le développement de la végétation, aussi peuvent-ils logiquement s'interroger sur cette influence (par exemple son importance).

Question

Dans quelle mesure la végétation influence-t-elle le changement climatique actuel ?

Protocole

On réalise deux simulations dans lesquelles on fixe les mêmes conditions initiales (système climatique actuel) et la même durée de la simulation (par exemple 500 ans).

2. Reforestation : plantation d'arbres sur des surfaces anciennement occupées par des forêts.

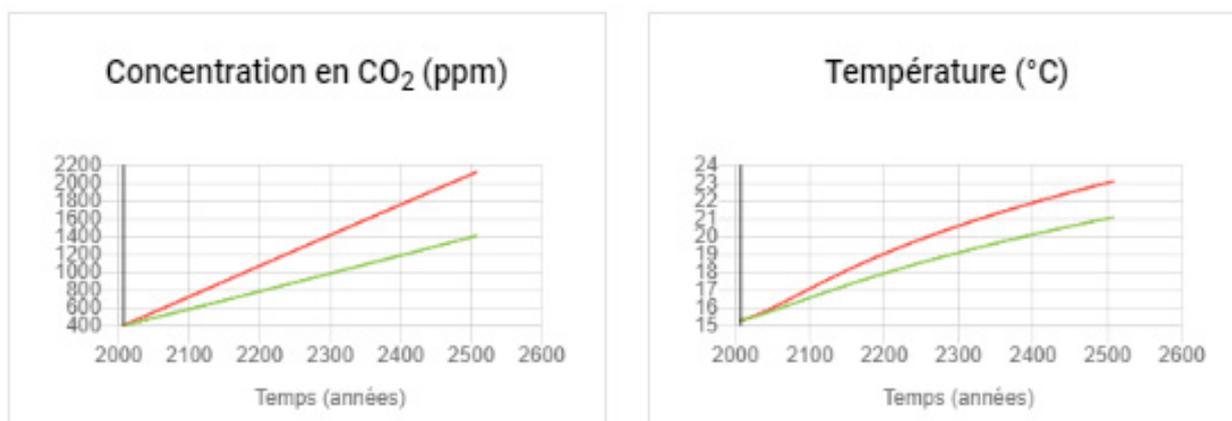
3. Afforestation : plantation d'arbres sur des surfaces dépourvues de forêts.

4. [Accès à la vidéo.](#)

Pour la simulation « contrôle » (ou témoin) : on ne modifie aucun paramètre dans le logiciel (on laisse toutes les valeurs par défaut).

Pour la simulation « test » : on reprend exactement les mêmes conditions que pour la simulation « contrôle » et on ne modifie que le paramètre à tester. On « débranche » l'effet de la végétation et on choisit : « négliger les flux de CO₂ liés à la végétation ».

Résultats observés



Interprétation

Lorsque, dans le modèle numérique, on « débranche » l'effet de la végétation sur les flux de CO₂, on observe que le réchauffement climatique est plus important que lorsque l'effet de la végétation est présent, ce qui conforte les acquis de l'enseignement scientifique. Plus précisément, on observe que, dans le contexte de changement climatique actuel, la présence de végétaux limite de façon très significative l'augmentation de la concentration en CO₂ et donc le réchauffement.

Une végétalisation aurait un effet d'atténuation du changement climatique en augmentant l'effet de puits de carbone. Celui-ci serait, de plus, d'autant plus efficace que la concentration en CO₂ atmosphérique augmente.

Remarques : la végétalisation des sols permet de limiter le réchauffement climatique en agissant comme un puits de carbone, car, lors de leur croissance, les végétaux séquestrent le carbone atmosphérique dans leur matière organique. On a longtemps considéré que la biomasse ne peut pas croître indéfiniment et qu'une fois la biomasse stabilisée, le bilan devient quasiment nul, du fait que la décomposition des végétaux (ou leur combustion) restitue à l'atmosphère le carbone stocké dans la matière organique au même rythme que la croissance des végétaux stocke le carbone de l'atmosphère. Il a été montré récemment que les phénomènes associés au vieillissement des forêts sont plus complexes et que les forêts âgées sont aussi des puits de carbone (Cf. « Les forêts et le cycle du carbone » de la ressource « Trajectoires et stratégies d'atténuation »).

Retrouvez éducol sur



Cet effet est à distinguer de l'effet de la végétalisation sur l'évapotranspiration : la végétation évapo-transpire facilement alors que le sol nu évapore difficilement. Quand une surface est couverte de végétation, une plus grande partie de l'énergie solaire est donc utilisée pour évaporer l'eau au niveau des stomates et la surface est moins chaude. Cet effet de la végétalisation sur l'évapotranspiration est recherché lors de l'aménagement des villes pour diminuer de façon locale leurs températures urbaines (plantation d'arbres, toits et façades végétalisés...). Cet effet de la végétalisation, instantané et local (quelques mètres), n'est pas modélisé par Simclimat.

Le modèle Simclimat envisage le rôle de séquestration joué par la biomasse végétale mais la valorisation énergétique de la biomasse (principalement du bois) permet aussi d'éviter l'utilisation de combustibles fossiles et donc d'éviter l'émission de GES (4,3 MtC/an pour la France estimées en 2006 par l'ADEME). C'est un rôle dit de substitution.

Par ailleurs, l'industrie du bois conduit à renforcer la séquestration de carbone dans les produits du bois extraits de la biomasse forestière produite.

Selon Jean-Luc Dupouey et al.⁵, « au total, les rôles connus de la forêt et des produits bois, en substitution et en séquestration, permettent d'abaisser de plus de 20 % le bilan net de nos émissions de carbone ».

5. *La séquestration de carbone en forêt*, Jean-Luc Dupouey et al., *Forêt entreprise* n°168, mai 2006