

# Guide de systèmes de l'environnement et sociétés

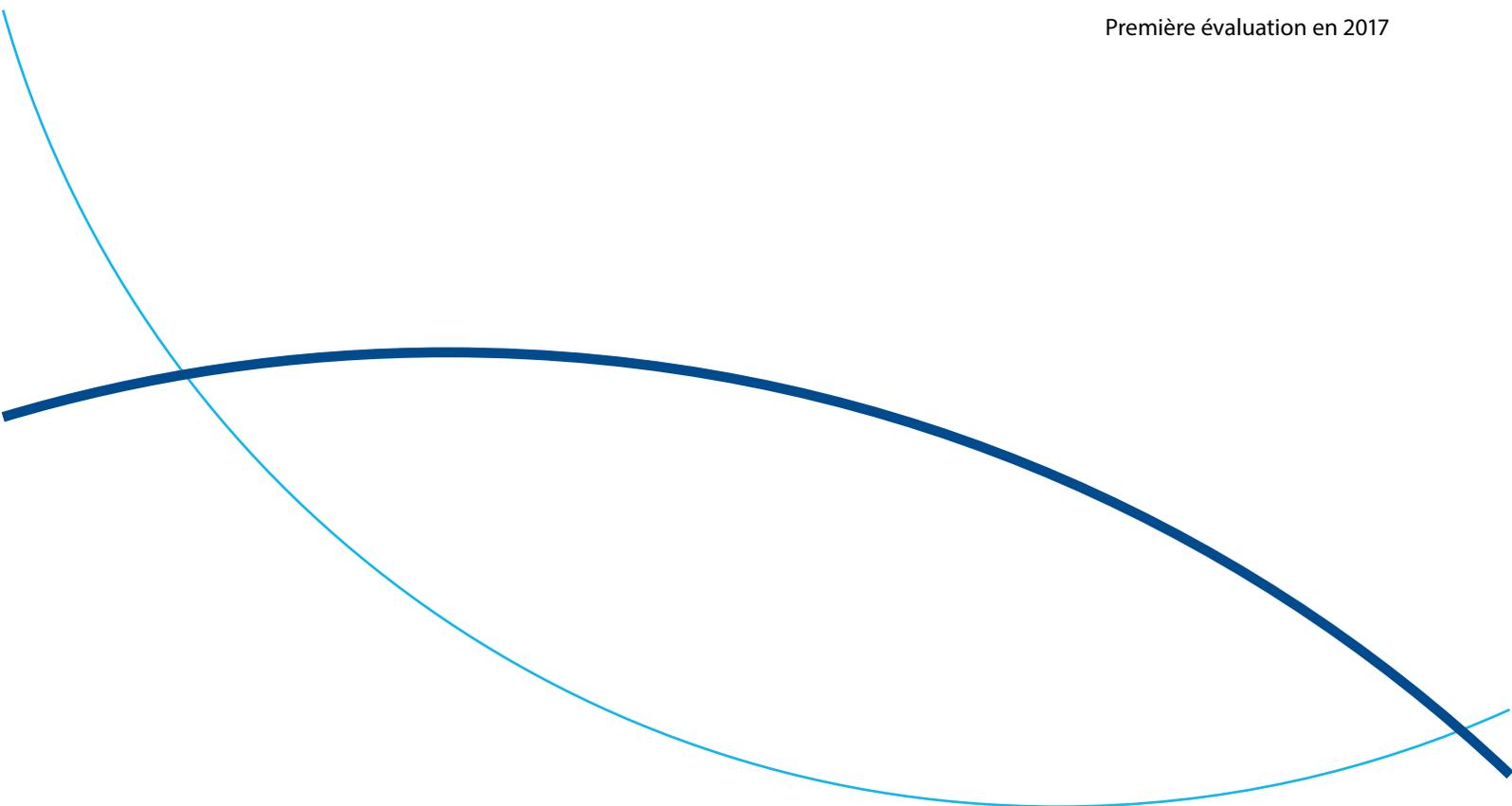
Première évaluation en 2017





# Guide de systèmes de l'environnement et sociétés

Première évaluation en 2017



## **Programme du diplôme**

### **Guide de systèmes de l'environnement et sociétés**

Version française de l'ouvrage publié originalement en anglais  
en June 2015 sous le titre *Environmental systems and societies guide*

Publié en April 2016

Publié par  
Organisation du Baccalauréat International  
15 Route des Morillons  
1218 Le Grand-Saconnex  
Genève, Suisse

Représentée par  
IB Publishing Ltd, Churchillplein 6, 2517 JW La Haye, Pays-Bas

© Organisation du Baccalauréat International 2016

L'Organisation du Baccalauréat International (couramment appelée l'IB) propose quatre programmes d'éducation stimulants et de grande qualité à une communauté mondiale d'établissements scolaires, dans le but de bâtir un monde meilleur et plus paisible. Cette publication fait partie du matériel publié pour appuyer la mise en œuvre de ces programmes.

L'IB peut être amené à utiliser des sources variées dans ses travaux, mais vérifie toujours l'exactitude et l'authenticité des informations employées, en particulier dans le cas de sources participatives telles que Wikipédia. L'IB respecte les principes de la propriété intellectuelle et s'efforce toujours d'identifier les détenteurs des droits relatifs à tout matériel protégé par le droit d'auteur et d'obtenir d'eux, avant publication, l'autorisation de réutiliser ce matériel. L'IB tient à remercier les détenteurs de droits d'auteur qui ont autorisé la réutilisation du matériel apparaissant dans cette publication et s'engage à rectifier dans les meilleurs délais toute erreur ou omission.

Le générique masculin est utilisé ici sans aucune discrimination et uniquement pour alléger le texte.

Dans le respect de l'esprit international cher à l'IB, le français utilisé dans le présent document se veut mondial et compréhensible par tous, et non propre à une région particulière du monde.

Tous droits réservés. Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite, mise en mémoire dans un système de recherche documentaire, ni transmise sous quelque forme ou par quelque procédé que ce soit, sans autorisation écrite préalable de l'IB ou sans que cela ne soit expressément autorisé par la loi ou par la politique et le règlement de l'IB en matière d'utilisation de sa propriété intellectuelle. Veuillez consulter à cet effet la page [www.ibo.org/fr/copyright](http://www.ibo.org/fr/copyright).

Vous pouvez vous procurer les articles et les publications de l'IB par l'intermédiaire du magasin en ligne de l'IB sur le site [store.ibo.org](http://store.ibo.org).

Courriel : [sales@ibo.org](mailto:sales@ibo.org)



## Déclaration de mission de l'IB

Le Baccalauréat International a pour but de développer chez les jeunes la curiosité intellectuelle, les connaissances et la sensibilité nécessaires pour contribuer à bâtir un monde meilleur et plus paisible, dans un esprit d'entente mutuelle et de respect interculturel.

À cette fin, l'IB collabore avec des établissements scolaires, des gouvernements et des organisations internationales pour mettre au point des programmes d'éducation internationale stimulants et des méthodes d'évaluation rigoureuses.

Ces programmes encouragent les élèves de tout pays à apprendre activement tout au long de leur vie, à être empreints de compassion, et à comprendre que les autres, en étant différents, puissent aussi être dans le vrai.



# Profil de l'apprenant de l'IB

Tous les programmes de l'IB ont pour but de former des personnes sensibles à la réalité internationale, conscientes des liens qui unissent entre eux les humains, soucieuses de la responsabilité de chacun envers la planète et désireuses de contribuer à l'édification d'un monde meilleur et plus paisible.

En tant qu'apprenants de l'IB, nous nous efforçons d'être :

## CHERCHEURS

Nous cultivons notre curiosité tout en développant des capacités d'investigation et de recherche. Nous savons apprendre indépendamment et en groupe. Nous apprenons avec enthousiasme et nous conservons notre plaisir d'apprendre tout au long de notre vie.

## INFORMÉS

Nous développons et utilisons une compréhension conceptuelle, en explorant la connaissance dans un ensemble de disciplines. Nous nous penchons sur des questions et des idées qui ont de l'importance à l'échelle locale et mondiale.

## SENSÉS

Nous utilisons nos capacités de réflexion critique et créative, afin d'analyser des problèmes complexes et d'entreprendre des actions responsables. Nous prenons des décisions réfléchies et éthiques de notre propre initiative.

## COMMUNICATIFS

Nous nous exprimons avec assurance et créativité dans plus d'une langue ou d'un langage et de différentes façons. Nous écoutons également les points de vue d'autres individus et groupes, ce qui nous permet de collaborer efficacement avec eux.

## INTÈGRES

Nous adhérons à des principes d'intégrité et d'honnêteté, et possédons un sens profond de l'équité, de la justice et du respect de la dignité et des droits de chacun, partout dans le monde. Nous sommes responsables de nos actes et de leurs conséquences.

## OUVERTS D'ESPRIT

Nous portons un regard critique sur nos propres cultures et expériences personnelles, ainsi que sur les valeurs et traditions d'autrui. Nous recherchons et évaluons un éventail de points de vue et nous sommes disposés à en tirer des enrichissements.

## ALTRUISTES

Nous faisons preuve d'empathie, de compassion et de respect. Nous accordons une grande importance à l'entraide et nous œuvrons concrètement à l'amélioration de l'existence d'autrui et du monde qui nous entoure.

## AUDACIEUX

Nous abordons les incertitudes avec discernement et détermination. Nous travaillons de façon autonome et coopérative pour explorer de nouvelles idées et des stratégies innovantes. Nous sommes ingénieux et nous savons nous adapter aux défis et aux changements.

## ÉQUILIBRÉS

Nous accordons une importance équivalente aux différents aspects de nos vies – intellectuel, physique et affectif – dans l'atteinte de notre bien-être personnel et de celui des autres. Nous reconnaissons notre interdépendance avec les autres et le monde dans lequel nous vivons.

## RÉFLÉCHIS

Nous abordons de manière réfléchie le monde qui nous entoure, ainsi que nos propres idées et expériences. Nous nous efforçons de comprendre nos forces et nos faiblesses afin d'améliorer notre apprentissage et notre développement personnel.

**Le profil de l'apprenant de l'IB incarne dix qualités mises en avant par les écoles du monde de l'IB. Nous sommes convaincus que ces qualités, et d'autres qui leur sont liées, peuvent aider les individus à devenir des membres responsables au sein des communautés locales, nationales et mondiales.**



# Table des matières

<b>Introduction</b>	<b>1</b>
Objet de ce document	1
Le Programme du diplôme	2
Nature du cours	7
Approches de l'enseignement et de l'apprentissage dans le cours de systèmes de l'environnement et sociétés	11
Objectifs globaux	16
Objectifs d'évaluation	17
Traitement des objectifs d'évaluation	18
<b>Programme</b>	<b>19</b>
Résumé du programme	19
Contenu du programme	24
<b>Évaluation</b>	<b>96</b>
L'évaluation dans le Programme du diplôme	96
Résumé de l'évaluation	100
Évaluation externe	101
Évaluation interne	104
<b>Annexes</b>	<b>117</b>
Glossaire des mots-consignes	117
Bibliographie	119



## Objet de ce document

Cette publication a pour but de guider la planification, l'enseignement et l'évaluation du cours de systèmes de l'environnement et sociétés dans les établissements scolaires. Elle s'adresse avant tout aux enseignants concernés, même si ces derniers l'utiliseront également pour fournir aux élèves et à leurs parents des informations sur la matière.

Ce guide est disponible sur la page du Centre pédagogique en ligne (CPEL) consacrée à cette matière, à l'adresse <http://occ.ibo.org>. Le CPEL est un site Web à accès protégé par mot de passe, conçu pour les enseignants des programmes de l'IB. Ce guide est également en vente sur le site du magasin de l'IB, accessible en ligne à l'adresse <https://store.ibo.org/>.

## Ressources complémentaires

D'autres publications, telles que des spécimens d'épreuves, des barèmes de notation, du matériel de soutien pédagogique, des rapports pédagogiques et des descripteurs de notes finales se trouvent également sur le CPEL. Par ailleurs, des épreuves de sessions précédentes, ainsi que des barèmes de notation, sont en vente sur le site du magasin de l'IB.

Les enseignants sont encouragés à consulter régulièrement le CPEL où ils pourront trouver des ressources complémentaires créées ou utilisées par d'autres enseignants. Ils pourront également y ajouter des informations sur des ressources qu'ils ont trouvées utiles, telles que des sites Web, des ouvrages de référence, des vidéos, des revues ou des idées d'ordre pédagogique.

## Remerciements

L'IB tient à remercier les professionnels de l'éducation et leurs établissements respectifs pour la généreuse contribution qu'ils ont apportée à l'élaboration de ce guide en matière de temps et de ressources.

Première évaluation en 2017

## Le Programme du diplôme

Le Programme du diplôme est un programme d'études pré-universitaires rigoureux qui s'étend sur deux ans et s'adresse aux jeunes de 16 à 19 ans. Il couvre une grande sélection de domaines d'études et a pour but d'encourager les élèves non seulement à développer leurs connaissances, mais également à faire preuve de curiosité intellectuelle ainsi que d'altruisme et de compassion. Ce programme insiste fortement sur le besoin de favoriser chez les élèves le développement de la compréhension interculturelle, de l'ouverture d'esprit et des attitudes qui leur seront nécessaires pour apprendre à respecter et à évaluer tout un éventail de points de vue.

### Le modèle du Programme du diplôme

Le programme est divisé en six domaines d'études, répartis autour d'un noyau de composantes obligatoires ou tronc commun (voir figure 1). Cette structure favorise l'étude simultanée d'une palette de domaines d'études. Ainsi, les élèves étudient deux langues vivantes (ou une langue vivante et une langue classique), une matière de sciences humaines ou de sciences sociales, une matière scientifique, les mathématiques et une discipline artistique. C'est ce vaste éventail de matières qui fait du Programme du diplôme un programme d'études exigeant conçu pour préparer efficacement les élèves à leur entrée à l'université. Une certaine flexibilité est néanmoins accordée aux élèves dans leur choix de matières au sein de chaque domaine d'études. Ils peuvent ainsi opter pour des matières qui les intéressent tout particulièrement et qu'ils souhaiteront peut-être continuer à étudier à l'université.



Figure 1  
Modèle du Programme du diplôme

## Choix de la bonne combinaison

Les élèves doivent choisir une matière dans chaque domaine d'études. Ils ont cependant la possibilité de choisir deux matières d'un même domaine d'études à la place d'une matière artistique. En principe, trois matières (et quatre au plus) doivent être présentées au niveau supérieur (NS) et les autres au niveau moyen (NM). L'IB recommande 240 heures d'enseignement pour les matières du NS et 150 heures pour celles du NM. Au NS, l'étude des matières est plus étendue et plus approfondie qu'au NM.

De nombreuses compétences sont développées à ces deux niveaux, en particulier les compétences d'analyse et de réflexion critique. À la fin du programme, les aptitudes des élèves sont mesurées au moyen d'une évaluation externe. Dans de nombreuses matières, l'évaluation finale comprend également une part de travaux dirigés, évalués directement par les enseignants.

## Le tronc commun du programme

Tous les élèves du Programme du diplôme prennent part aux trois composantes qui constituent le tronc commun du programme.

Le cours de théorie de la connaissance (TdC) demande essentiellement aux élèves de mener une réflexion critique et de réfléchir sur le processus cognitif plutôt que d'apprendre un ensemble de connaissances spécifiques. Il amène les élèves à explorer la nature de la connaissance et à examiner comment nous connaissons ce que nous affirmons connaître. Pour ce faire, il les incite à analyser des assertions et à explorer des questions relatives à la construction de la connaissance. La TdC met l'accent sur les liens entre les différents domaines des connaissances partagées et les relie aux connaissances personnelles de telle sorte que l'individu prenne conscience de ses propres perspectives et de la façon dont elles peuvent différer de celles d'autrui.

Le programme créativité, activité, service (CAS) est au cœur du Programme du diplôme. Il s'attache à aider les élèves à développer leur propre identité en accord avec les principes éthiques exprimés dans la déclaration de mission de l'IB et dans le profil de l'apprenant de l'IB. Il implique les élèves dans un éventail d'activités tout au long de leurs études dans le Programme du diplôme. Les trois composantes du programme CAS sont décrites ci-dessous.

**Créativité** – Les arts et autres expériences faisant appel à la pensée créative.

**Activité** – Un effort physique contribuant à une bonne hygiène de vie.

**Service** – Un échange volontaire et non rémunéré enrichissant l'apprentissage de l'élève. Le programme CAS contribue probablement plus que toute autre composante du Programme du diplôme à la mission de l'IB, qui est de bâtir un monde meilleur et plus paisible, dans un esprit d'entente mutuelle et de respect interculturel.

Le mémoire, y compris le mémoire en étude du monde contemporain, est un travail de recherche indépendant de 4 000 mots maximum permettant aux élèves d'étudier un sujet qui les intéresse tout particulièrement. Les élèves peuvent choisir le domaine dans lequel ils entreprendront leurs recherches parmi les six matières du Programme du diplôme qu'ils étudient, ou parmi deux matières dans le cas du mémoire interdisciplinaire en étude du monde contemporain. Cette composante leur offre également l'occasion de se familiariser avec les techniques de recherche individuelle et de rédaction requises au niveau universitaire. Ces recherches aboutissent à la production d'un important travail écrit, structuré et présenté de manière formelle. Les idées et les découvertes de l'élève y sont présentées avec cohérence sous la forme d'un raisonnement adapté à la ou aux matières choisies. Il vise à promouvoir des compétences de recherche et d'écriture de haut niveau, la découverte intellectuelle et la créativité. Il fournit une expérience d'apprentissage authentique aux élèves et leur offre l'occasion de se lancer dans une recherche personnelle sur le sujet de leur choix, sous la direction d'un superviseur.

## Acquis préliminaires

L'expérience montre que les élèves sans formation en science de l'environnement ou n'ayant pas de connaissances préalables dans ce domaine seront capables d'étudier avec succès le cours de systèmes de l'environnement et sociétés. Leur approche de l'apprentissage, caractérisée par les qualités du profil de l'apprenant de l'IB, jouera un rôle important.

## Liens avec le Programme d'éducation intermédiaire

Les élèves ayant suivi des matières des groupes Sciences et Individus et sociétés dans le cadre du Programme d'éducation intermédiaire (PEI) seront bien préparés au cours de systèmes de l'environnement et sociétés. L'harmonisation entre les cours du PEI et du Programme du diplôme permet une transition sans heurt entre les deux programmes.

Au PEI, les élèves développent des compétences cognitives et des savoir-faire ainsi que de solides compréhensions conceptuelles qui soutiennent l'enseignement et l'apprentissage dans le cadre du Programme du diplôme. Seize concepts clés forment les grandes idées du PEI, à la fois vastes, structurantes et puissantes. Ces concepts clés sont en rapport avec chaque cours spécifique mais aussi avec d'autres groupes de matières. Ils facilitent à la fois l'apprentissage disciplinaire et interdisciplinaire en établissant des liens avec les autres matières. Les concepts clés en lien avec les matières des groupes Sciences et Individus et sociétés enseignés dans le cadre du PEI sont énumérés dans les tableaux 1 et 2.

Esthétique	<b>Changement</b>	Communication	Communautés
Liens	Créativité	Culture	Développement
Forme	Interactions mondiales	Identité	Logique
Perspective	<b>Relations</b>	<b>Systèmes</b>	Temps, lieu et espace

**Tableau 1**  
*Concepts clés en lien avec le groupe de matières Sciences du PEI*

Esthétique	<b>Changement</b>	Communication	Communautés
Liens	Créativité	Culture	Développement
Forme	<b>Interactions mondiales</b>	Identité	Logique
Perspective	Relations	<b>Systèmes</b>	<b>Temps, lieu et espace</b>

**Tableau 2**  
*Concepts clés en lien avec le groupe de matières Individus et sociétés du PEI*

Le recoupement observé entre certains concepts clés de ces deux groupes de matières enseignés dans le cadre du PEI renforce la nature transdisciplinaire du cours de systèmes de l'environnement et sociétés du Programme du diplôme. Il confirme également que le PEI constitue une base solide pour l'étude de cette matière.

Les cours du groupe de matières Individus et sociétés du PEI couvrent l'expérimentation et l'observation, le raisonnement et l'argumentation, l'utilisation de sources primaires et l'utilisation de données servant à proposer des assertions sur l'existence et les comportements humains. Dans ce groupe de matières, les

élèves du PEI commencent à évaluer ces assertions par rapport à leur validité, leur fiabilité, leur crédibilité, leur certitude et leurs perspectives individuelles comme culturelles.

L'accent est mis sur le développement de compétences de pensée critique et créative que les élèves pourront appliquer dans un large éventail de domaines, qu'ils relèvent de leurs intérêts personnels ou de leur vie professionnelle. Les connaissances, compétences et attitudes que ces derniers développent dans les cours du groupe Individus et sociétés leur fournissent une base importante pour la suite de leurs études. De même, elles les aident à se préparer à travailler dans le milieu universitaire, dans des organisations non gouvernementales, gouvernementales ou à but non lucratif, ainsi que dans le commerce et l'industrie.

Les cours de sciences du PEI se concentrent sur l'apprentissage fondé sur la recherche. Un programme de sciences global permet ainsi aux élèves d'acquérir une combinaison de capacités intellectuelles, compétences sociales, motivation personnelle, connaissances conceptuelles et compétences de résolution de problèmes qu'ils pourront mettre à profit (Rhoton 2010). La recherche vise à favoriser la compréhension qu'ont les élèves de la science en leur donnant des occasions d'explorer, seuls et en groupe, des problèmes les concernant au moyen de la recherche et de l'expérimentation. Elle fournit une compréhension scientifique et conceptuelle solides aux élèves qui souhaitent étudier le Programme du diplôme.

## Liens avec le Programme à orientation professionnelle (POP) de l'IB

Le Programme à orientation professionnelle (POP) de l'IB intègre la vision et les principes pédagogiques de l'IB dans un programme unique spécifiquement conçu pour les élèves qui souhaitent suivre un apprentissage à orientation professionnelle.

Le cadre éducatif souple du POP permet aux établissements scolaires de répondre aux besoins, antécédents et contextes des élèves. Chaque établissement a la possibilité d'élaborer sa propre version du POP. Ce programme vise à fournir aux élèves une excellente base pour la suite de leurs études et leur formation spécialisée, en assurant de plus leur réussite dans un cadre professionnel.

L'obligation d'étudier au moins deux matières du Programme du diplôme est l'un des éléments fondamentaux du cadre pédagogique du POP. Le cours de systèmes de l'environnement et sociétés est un choix pertinent pour satisfaire à cette exigence. En présentant aux élèves les problèmes environnementaux et leurs effets sur les sociétés au sens large, ce cours peut les aider à comprendre des concepts tels que la durabilité dans le contexte de divers parcours professionnels, allant de la construction à l'agriculture, en passant par l'industrie alimentaire et hôtelière. Il les aidera également à développer une compréhension de thèmes comme la sécurité énergétique et les empreintes écologiques, compréhension de plus en plus recherchée dans toutes les sphères de l'industrie et du commerce. Enfin, en étudiant le cours de systèmes de l'environnement et sociétés, les élèves acquerront une meilleure appréciation du rôle que peut jouer un individu ou une organisation, à travers ses actions et ses choix professionnels, pour répondre à des défis environnementaux allant de l'échelle locale à mondiale.

## Intégrité intellectuelle

L'intégrité intellectuelle dans le Programme du diplôme est un ensemble de valeurs et de comportements reposant sur les qualités du profil de l'apprenant. Dans le cadre de l'enseignement, de l'apprentissage et de l'évaluation, l'intégrité intellectuelle permet de promouvoir l'intégrité de chacun, de susciter le respect de l'intégrité d'autrui et de son travail, et de garantir que tous les élèves ont la même possibilité de démontrer les connaissances et les compétences qu'ils acquièrent au cours de leurs études.

Tous les travaux, notamment les travaux soumis à l'évaluation, doivent être authentiques et basés sur les propres idées de l'élève et doivent clairement identifier le travail et les idées empruntés à autrui. Les tâches d'évaluation qui exigent des enseignants qu'ils fournissent des conseils aux élèves ou qui exigent des élèves un travail en groupe doivent être réalisées conformément aux directives détaillées fournies par l'IB pour la matière concernée.

Pour obtenir de plus amples informations sur l'intégrité intellectuelle au sein de l'IB et du Programme du diplôme, veuillez consulter les publications de l'IB intitulées *L'intégrité intellectuelle au sein de l'IB*, *Le Programme du diplôme : des principes à la pratique* et *Règlement général du Programme du diplôme*. Ce guide contient des informations spécifiques relatives à l'intégrité intellectuelle telle qu'elle s'applique aux composantes d'évaluation externe et interne de cette matière du Programme du diplôme.

## Diversité d'apprentissage et soutien en matière d'apprentissage

Les établissements doivent s'assurer que les candidats ayant des besoins en matière de soutien à l'apprentissage bénéficient d'aménagements raisonnables leur garantissant l'égalité de l'accès aux programmes de l'IB, conformément aux documents de l'IB intitulés *Candidats ayant des besoins en matière d'aménagement de la procédure d'évaluation* et *La diversité d'apprentissage et les besoins éducationnels spéciaux dans les programmes du Baccalauréat International*.

## Nature du cours

Le cours de systèmes de l'environnement et sociétés est un cours interdisciplinaire des groupes 3 et 4 disponible uniquement au niveau moyen (NM). De par sa nature interdisciplinaire, ce cours est conçu pour allier la méthodologie, les techniques et les connaissances associées au groupe 4 (Sciences) et au groupe 3 (Individus et sociétés). Ainsi, il peut être étudié dans le cadre du groupe 3 ou du groupe 4 ou des deux groupes. Les élèves qui choisissent cette dernière option auront la possibilité d'étudier une matière supplémentaire dans n'importe quel autre groupe, y compris une matière du groupe 3 ou 4.

Le cours de systèmes de l'environnement et sociétés est un cours complexe qui requiert un éventail de compétences de la part des élèves. Il est à la fois solidement ancré dans l'exploration scientifique de la structure et de la fonction des systèmes de l'environnement et dans l'exploration des interactions culturelles, économiques, éthiques, politiques et sociales que les sociétés entretiennent avec l'environnement. Les élèves qui étudieront ce cours développeront la capacité à reconnaître et évaluer l'impact de notre système complexe de sociétés sur le monde naturel. De par la nature interdisciplinaire du cours, les élèves doivent posséder un large éventail de compétences, notamment la capacité à mener des recherches et à participer à des discussions philosophiques. Ce cours nécessite d'adopter une approche systémique pour comprendre et résoudre les problèmes environnementaux, et promeut une réflexion globale sur des questions liées à l'environnement. En effet, il est reconnu que pour comprendre les problèmes environnementaux du XXI<sup>e</sup> siècle et suggérer des solutions pertinentes pour les résoudre, il est nécessaire de comprendre à la fois les aspects humains et environnementaux. Les élèves doivent être encouragés à développer des solutions à l'échelle personnelle, communautaire et mondiale.

À travers une exploration des causes et des effets, le cours examine comment les valeurs interagissent avec les choix et les actions, aboutissant à un éventail d'impacts sur l'environnement. Les élèves développent une compréhension de la diversité, de la variété et du dynamisme des liens qui unissent les systèmes de l'environnement et les sociétés. La complexité de ces interactions est un véritable défi pour ceux qui cherchent à comprendre les actions à entreprendre pour devenir des gardiens efficaces de la planète et utiliser durablement et équitablement les ressources communes.

## Systèmes de l'environnement et sociétés et tronc commun

### **Systèmes de l'environnement et sociétés et programme créativité, activité, service**

Le programme créativité, activité, service (CAS) permet aux élèves de mettre en pratique les qualités du profil de l'apprenant de l'IB, de devenir des individus uniques et de prendre conscience de leur rôle dans la communauté. Les élèves développent des compétences, des attitudes et des dispositions en faisant diverses expériences individuelles et collectives qui leur permettent d'explorer leurs centres d'intérêt et d'exprimer leurs passions, leur personnalité et leurs points de vue. De par son approche globale, le programme CAS complète un programme d'études ambitieux en favorisant l'autodétermination, la collaboration, le sentiment d'accomplissement et le plaisir.

Les trois composantes du programme CAS sont décrites ci-dessous.

- Créativité – Cette composante permet l’exploration et le développement des idées conduisant à une représentation ou un produit original ou interprétatif.
- Activité – Cette composante exige des élèves qu’ils fournissent un effort physique contribuant à un style de vie sain.
- Service – Cette composante prend la forme d’une intervention collective auprès de la communauté en réponse à un besoin réel et d’un engagement réciproque entre les élèves et la communauté.

Les enseignants comme les élèves peuvent explorer les liens étroits qui unissent le cours de systèmes de l’environnement et sociétés et le programme CAS. Dans le cadre du cours de systèmes de l’environnement et sociétés, les élèves s’impliquent de façon active dans l’étude de problèmes environnementaux et créent des solutions innovantes, dans la mesure du possible. Ils peuvent étendre leurs activités en classe aux expériences réalisées dans le cadre du programme CAS en tirant profit de leur apprentissage avec efficacité et pertinence. Les trois composantes du programme CAS peuvent être intégrées à des expériences liées au cours de systèmes de l’environnement et sociétés au sein de communautés locales, nationales et mondiales.

Quelques exemples vous sont proposés dans la liste ci-dessous.

- Créer une campagne pour soutenir une initiative au sein de l’établissement scolaire sur un problème environnemental tel que la réduction des déchets alimentaires.
- Prendre part à un travail de volontariat concernant une initiative environnementale telle qu’un projet pour préserver l’environnement d’une espèce en danger.
- Travailler avec une organisation communautaire pour s’attaquer au problème de la pollution de l’air en promouvant et en soutenant les déplacements en vélo et l’accès aux transports publics.

## **Systèmes de l’environnement et sociétés et théorie de la connaissance**

Le cours de théorie de la connaissance (TdC) (première évaluation en 2015) invite les élèves à réfléchir sur la nature de la connaissance et sur la façon dont nous savons ce que nous affirmons connaître. Il identifie huit modes de la connaissance : la raison, l’émotion, la langue/le langage, la perception sensorielle, l’intuition, l’imagination, la foi et la mémoire. Les élèves explorent ces différents moyens d’élaborer des connaissances dans le contexte de leurs différents domaines : les sciences naturelles, les sciences humaines, les arts, l’éthique, l’histoire, les mathématiques, les systèmes de connaissances religieuses et les systèmes de connaissances des cultures autochtones. Le cours de TdC exige également des élèves qu’ils comparent les différents domaines de la connaissance, en réfléchissant à la manière dont les connaissances sont construites dans les diverses disciplines ainsi qu’aux points communs et aux différences entre ces disciplines.

Les leçons de TdC peuvent aider les élèves dans leur étude du cours de systèmes de l’environnement et sociétés, tout comme l’étude de ce cours peut les aider dans leur cours de TdC. Ce dernier permet aux élèves de participer à des discussions enrichissantes et plus larges sur certaines questions, comme celle de savoir ce qu’implique la dénomination « science naturelle » ou « science humaine » pour une discipline ou celle de savoir si la quête de cette connaissance devrait être soumise à des contraintes d’ordre éthique. Le cours de TdC leur donne également l’occasion de réfléchir sur les méthodes du cours de systèmes de l’environnement et sociétés en tant que matière interdisciplinaire, et de les comparer aux méthodes utilisées dans d’autres domaines de la connaissance. Il est désormais largement admis que les chercheurs doivent non seulement mettre à profit des méthodes scientifiques mais également une variété d’approches afin de renforcer leur compréhension de l’interaction entre les systèmes de l’environnement et les sociétés. Les disciplines scientifiques mettent l’accent entre autres sur l’utilisation du raisonnement inductif et déductif, ainsi que sur l’importance des preuves. Toutefois, les élèves du cours de systèmes de l’environnement et sociétés doivent également utiliser des méthodes traditionnellement associées aux sciences humaines.

Ils ont ainsi de nombreuses occasions d'établir des liens entre leur cours de systèmes de l'environnement et sociétés et leur cours de TdC. Les enseignants peuvent notamment les aider à établir des liens avec la TdC en attirant leur attention sur les questions sur la connaissance qui se posent dans leur matière. Les questions sur la connaissance sont des questions ouvertes au sujet de la connaissance. Quelques exemples sont fournis ci-dessous.

- Comment distinguer une science d'une pseudoscience ?
- Comment une approche systémique peut-elle renforcer notre compréhension des problèmes environnementaux ?
- Comment évolue notre connaissance des systèmes de l'environnement ?
- Quel est le rôle de l'imagination et de l'intuition dans une approche systémique ?
- Quelles sont les similarités et les différences entre les méthodes d'acquisition des connaissances utilisées en sciences naturelles et celles utilisées en sciences humaines ?
- Quelle influence nos émotions ont-elles sur notre perception et compréhension des problèmes environnementaux ?

Des exemples de questions sur la connaissance pertinentes sont fournis sous les sujets dans la section « Contenu du programme » de ce guide. Les enseignants trouveront également des suggestions intéressantes de discussions en classe dans la section « Domaines de la connaissance » du *Guide de théorie de la connaissance*. Il convient d'encourager les élèves à poser des questions sur la connaissance et à discuter de ces questions pendant les leçons de systèmes de l'environnement et sociétés et de TdC.

## **Systèmes de l'environnement et sociétés et sensibilité internationale**

Bien que le cours de systèmes de l'environnement et sociétés nécessite l'étude des systèmes de l'environnement et sociétés à différentes échelles (de l'échelle locale à l'échelle mondiale), l'enseignement du cours doit être solidement ancré dans l'environnement local. Le programme contient de nombreuses références à des « exemples locaux » et le travail de terrain peut se fonder sur des écosystèmes locaux.

À plus large échelle, le programme amène également les élèves à apprécier la dimension internationale du cours de systèmes de l'environnement et sociétés, étant donné que la résolution des plus grands problèmes environnementaux repose principalement sur les relations et les accords internationaux. De nombreuses instances internationales sont présentes à l'échelle des organisations : l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO), le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) et l'Organisation météorologique mondiale (OMM), entre autres. De plus, de nombreuses instances internationales représentent chaque branche des sciences environnementales. Les élèves et les enseignants du cours de systèmes de l'environnement et sociétés sont encouragés à consulter les bases de données et les sites Web très complets de ces organisations et instances internationales afin de mieux comprendre la dimension internationale de la recherche scientifique.

Il est communément admis que bon nombre de problèmes environnementaux sont de nature internationale et cela a conduit à adopter une approche mondiale de la recherche dans de nombreux domaines tels le changement climatique, la biodiversité et la dynamique des populations. Les données issues de ces recherches sont partagées dans le monde entier et sont pour la plupart mises gratuitement à la disposition des élèves.

La capacité de la connaissance scientifique à transformer les sociétés est sans pareil. Elle peut produire de grands bienfaits universels ou renforcer les inégalités et nuire aux hommes et à l'environnement. Conformément à la déclaration de mission de l'IB, les élèves du cours de systèmes de l'environnement et sociétés doivent être conscients de la responsabilité morale nécessaire afin de veiller à ce que les connaissances et les données scientifiques soient équitablement mises à la disposition de tous les pays et que ces derniers aient la capacité de les utiliser pour développer des sociétés viables.

Il convient d'attirer l'attention des élèves sur les sections du programme dans lesquelles des liens sont établis avec la sensibilité internationale. Des exemples illustrant la sensibilité internationale dans le cours de systèmes de l'environnement et sociétés sont fournis sous chaque sujet dans la section « Contenu du programme » de ce guide. Les enseignants peuvent également utiliser les ressources disponibles dans la section **Échange de ressources pédagogiques** du CPEL.

## Traitement des thèmes délicats

Le concept de systèmes de valeurs de l'environnement est l'un des thèmes centraux du cours de systèmes de l'environnement et sociétés. Ainsi, selon ses croyances et son contexte, chaque individu ou groupe d'individus aura son propre système de valeurs de l'environnement. La perception que nous développons de l'importance et de l'influence des menaces environnementales varie selon le contexte, la culture et les traditions de chacun et est susceptible d'évoluer avec le temps.

Grâce à ce cours, les élèves examineront et développeront leur propre système de valeurs. Ils prendront également connaissance des différents systèmes de valeurs de l'environnement développés par des personnes issues de cultures et d'origines différentes. Les élèves et les enseignants pourront procéder à un examen critique de ces valeurs mais cet examen devra être réalisé dans une atmosphère de tolérance et de respect des autres.

# Approches de l'enseignement et de l'apprentissage dans le cours de systèmes de l'environnement et sociétés



## Approches de l'enseignement et de l'apprentissage

Les approches de l'enseignement et de l'apprentissage dans le Programme du diplôme désignent des stratégies, des compétences et des attitudes déterminées imprégnant l'environnement d'enseignement et d'apprentissage. Ces outils et approches, intrinsèquement liés aux qualités du profil de l'apprenant de l'IB, consolident l'apprentissage des élèves et les aident à se préparer à l'évaluation dans le cadre du Programme du diplôme et au-delà. Les approches de l'enseignement et de l'apprentissage dans le Programme du diplôme visent à :

- permettre aux enseignants de concevoir leur rôle comme celui de formateur d'apprenants autant que d'enseignant de contenus ;
- donner aux enseignants la possibilité de mettre en place des stratégies plus claires pour que les expériences d'apprentissage des élèves leur permettent de s'impliquer davantage et de façon plus significative dans la recherche structurée et la pensée critique et créative ;
- promouvoir les objectifs globaux de chaque matière (faisant d'eux plus que de simples aspirations pour le cours) ainsi que la mise en relation de connaissances préalablement isolées (simultanéité des apprentissages) ;
- encourager les élèves à développer un éventail explicite de compétences de façon à les doter d'outils leur permettant de continuer à s'instruire activement après leur départ de l'établissement et à les aider, non seulement à obtenir de meilleurs résultats pour être admis à l'université, mais aussi à les préparer à réussir dans leurs études supérieures et au-delà ;
- renforcer davantage la cohérence et la pertinence de l'expérience du Programme du diplôme pour les élèves ;
- permettre aux établissements d'identifier ce qui fait le propre de l'éducation du Programme du diplôme de l'IB, avec son mélange d'idéalisme et d'approches pratiques.

Les cinq catégories de compétences spécifiques aux approches de l'enseignement et de l'apprentissage (compétences de pensée, compétences de communication, compétences sociales, compétences d'autogestion et compétences de recherche) et les six principes d'approches de l'enseignement (un enseignement basé sur la recherche, axé sur la compréhension conceptuelle, inscrit dans des contextes locaux et mondiaux, axé sur le travail d'équipe et la collaboration efficaces, différencié pour répondre aux besoins de tous les apprenants et guidé par l'évaluation) couvrent les valeurs fondamentales qui sous-tendent la pédagogie de l'IB.

L'ordre de présentation du contenu du programme dans la section « Contenu du programme » de ce guide ne reflète **pas** l'ordre dans lequel il doit être enseigné. Chaque enseignant doit décider d'une approche qui intègre le mieux les stratégies d'apprentissage et d'enseignement en fonction de la situation qui lui est

propre. La figure 2 peut aider les enseignants à concevoir leur plan de travail car elle illustre en quoi le cours est fondé sur des concepts et se concentre sur les interactions et les impacts.

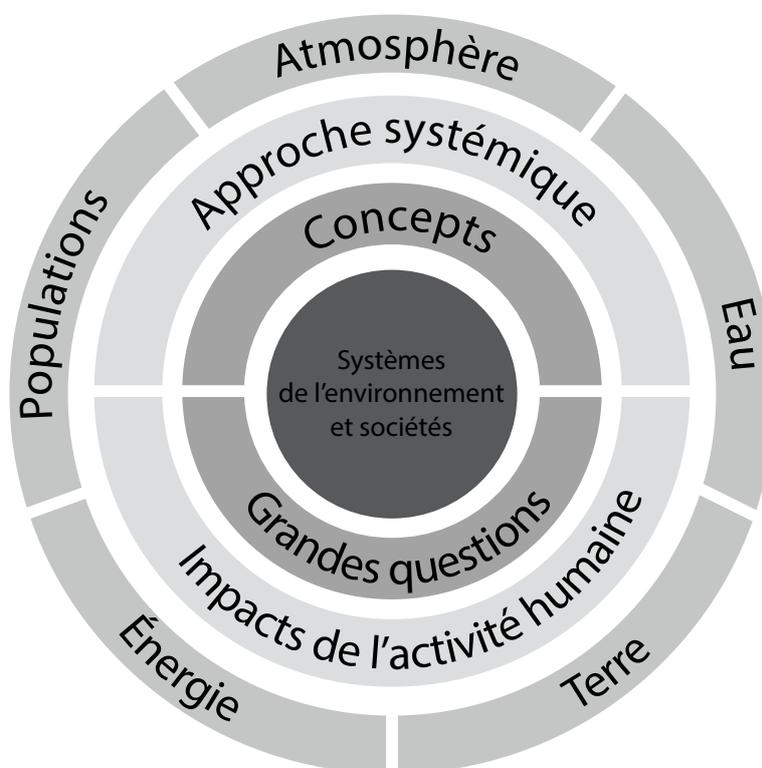


Figure 2

Structure du cours de systèmes de l'environnement et sociétés

## Concepts et grandes questions

Les concepts centraux du cours de systèmes de l'environnement et sociétés incluent la durabilité, l'équilibre, la stratégie, la biodiversité et les systèmes de valeurs de l'environnement. Nombre des problèmes rencontrés au sein du cours et au-delà de celui-ci, tels que la gestion des ressources, la pollution, la mondialisation et la sécurité énergétique sont liés à ces concepts. Il est donc important de les mettre en exergue dans chaque contexte. Les grandes questions, énumérées à la fin de cette section, fournissent une orientation pour réexaminer ces concepts de façons variées au fur et à mesure de la progression du cours. Elles peuvent être :

- utilisées pour introduire des thèmes ;
- intégrées pour former le point de départ de discussions en classe et de travaux d'élèves ;
- examinées rétrospectivement pour passer en revue un thème ;
- utilisées comme exercice de révision à la fin du cours.

## Approche systémique

L'approche systémique est centrale au cours et doit être employée pour plusieurs raisons.

- Elle facilite l'apprentissage disciplinaire et interdisciplinaire en permettant d'établir des liens avec d'autres matières.
- Elle approfondit la compréhension qu'ont les élèves des écosystèmes complexes et dynamiques.
- Elle permet aux élèves d'intégrer du nouveau contenu à des connaissances existantes.

La nature même de l'environnement et la relation que nous entretenons avec lui doivent être traitées de façon globale. Les systèmes de l'environnement ne fonctionnent pas de façon isolée. Au contraire, ils témoignent d'une grande complexité et d'une interaction profonde avec d'autres systèmes auxquels ils sont connectés sur le plan physique et temporel. Les systèmes peuvent également être examinés à différents niveaux en fonction du thème examiné. Par exemple, un lac peut être envisagé comme un système ayant ses propres courants et capacités de réserve, mais dans un contexte plus large, ce même lac peut être considéré comme un élément d'un écosystème bien plus vaste qui influe sur l'environnement et les communautés qui l'entourent.

Le concept des systèmes est utilisé dans les sciences naturelles depuis les années 1940, notamment en biologie. Il sert, par exemple, à comprendre les organismes vivants par rapport aux interactions des systèmes endocrinien et nerveux, entre autres systèmes. Il est reconnu qu'une approche réductionniste de certains domaines de la science traditionnelle tend inévitablement à négliger ou sous-estimer les interactions entre de tels systèmes, empêchant ainsi d'acquérir une vue d'ensemble. Une approche systémique (également employée dans de nombreuses autres disciplines telles que l'économie, la géographie, l'écologie et l'ingénierie) met l'accent sur les façons dont la matière, l'énergie et l'information circulent et intègrent les perspectives de différentes disciplines afin de mieux représenter la nature complexe de l'environnement. Dès que possible, il convient d'encourager les élèves à représenter les systèmes qu'ils étudient par des modèles illustrant les courants et les capacités de réserve ou de leur présenter ces diagrammes de façon à ce qu'ils les interprètent dans le cadre de leur processus d'apprentissage. Étant donné la nature du cours de systèmes de l'environnement et sociétés, il est indispensable d'insister ainsi sur les liens entre les sujets du programme et de les prendre en compte lors de la planification de l'enseignement du cours. Les élèves peuvent également transposer leur appréciation de l'approche systémique d'une discipline à l'autre.

Dans la section « Contenu du programme » de ce guide, les thèmes sont organisés de façon à ce que les principes sous-jacents de l'approche systémique du cours de systèmes de l'environnement et sociétés soient traités dans les thèmes 1, 2 et 3. Les contextes dans lesquels ces principes sont pertinents dans le cadre de ce cours sont décrits dans les thèmes 4 à 8. Les trois premiers thèmes sont cruciaux pour montrer la base de l'approche systémique employée dans cette matière ; il est toutefois conseillé de s'appuyer dès le début du cours sur les exemples donnés dans les thèmes suivants pour permettre aux élèves de développer une compréhension authentique de cette approche.

## Évaluation globale et impact de l'activité humaine

Il est impératif de développer chez les élèves une appréciation globale des questions environnementales complexes dans lesquelles l'interaction entre les systèmes de l'environnement et les sociétés joue un rôle fondamental. Le cours de systèmes de l'environnement et sociétés impose aux élèves de considérer les méfaits et les avantages des activités humaines pour l'environnement et les sociétés, à une échelle locale et mondiale et sur le court et le long terme. Ce faisant, les élèves développeront des points de vue personnels éclairés. Ils devront être conscients de leur propre position, être capables de la justifier et d'apprécier d'autres opinions défendues dans le continuum des philosophies relatives à l'environnement. Les avis des élèves sont susceptibles de varier en fonction des questions abordées.

## Contextes

Il est uniquement possible d'apprécier pleinement les concepts et les principes fondamentaux des systèmes de l'environnement lorsque les grandes idées sont mises en contexte. Ce cours requiert donc que les élèves explorent l'application de ces concepts et principes dans un large éventail de situations. Les contextes, issus de systèmes atmosphériques, terrestres ou encore aquatiques, ainsi que les problèmes liés à l'énergie et à la population, ont été choisis de façon à offrir une large sélection qui peut être appréhendée depuis des perspectives locales à mondiales. Le guide présente ces contextes dans un cadre spécifique de sujets. Cependant, les enseignants ne sont pas tenus d'utiliser cette structure dans leur enseignement puisque ces contextes interagissent tous les uns avec les autres. Il conviendra d'aborder ces sujets selon la situation locale de chacun.

Veillez vous référer à la section « Structure d'un cours » du *Matériel de soutien pédagogique de systèmes de l'environnement et sociétés* pour consulter d'autres possibilités de modèles d'enseignement.

## Grandes questions

Les grandes questions suivantes visent à guider le développement d'une approche fondée sur des concepts pour l'enseignement de la matière. De même, elles visent à encourager le développement d'une perspective globale sur la relation entre les sociétés humaines et les systèmes naturels. Elles ont été conçues pour dégager une vision des principes fondamentaux qui occupent une place centrale dans le cours et pour encourager les élèves à revisiter les idées maîtresses dans différents contextes.

- a. Quels points forts et points faibles de l'approche systémique et de l'utilisation de modèles ont été révélés tout au long de l'étude de ce thème ?
- b. Dans quelle mesure les solutions émergeant de ce thème ont-elles été employées à **empêcher** les impacts sur l'environnement, à **limiter** la portée de ces derniers ou à **restaurer** des systèmes déjà victimes d'impacts sur l'environnement ?
- c. Quels systèmes de valeurs entrent en jeu dans les causes et les approches destinées à résoudre les problèmes abordés dans ce thème ?
- d. Pouvez-vous établir une comparaison entre votre propre système de valeurs et d'autres systèmes que vous avez rencontrés dans le contexte des problèmes soulevés dans ce thème ?
- e. En quoi les problèmes abordés dans ce thème sont-ils pertinents par rapport à la durabilité ou au développement durable ?
- f. En quoi les solutions explorées dans ce thème changent-elles vos prédictions concernant l'état des sociétés humaines et de la biosphère dans les prochaines décennies ?

Si ces grandes questions n'ajoutent rien en soi au contenu du programme obligatoire, elles identifient une approche qui sera reflétée dans des questions d'examen plus ouvertes. Les enseignants trouveront dans le tableau 3 des grandes questions qui ont été identifiées comme ayant une pertinence particulière pour chacun des thèmes de ce cours. Toutefois, ce tableau n'étant pas exhaustif, ils pourront trouver d'autres sélections plus appropriées.

Grande question	Thèmes pertinents possibles
A	1, 2, 4, 5, 7, 8
B	3, 4, 5, 6, 7, 8
C	1, 3, 7, 8
D	1, 3, 7, 8
E	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8
F	3, 4, 5, 6, 7, 8

**Tableau 3**  
*Grandes questions*

## Objectifs globaux

### Objectifs globaux du cours de systèmes de l'environnement et sociétés

La méthodologie fondamentale du cours de systèmes de l'environnement et sociétés repose sur l'approche systémique. Cette approche est complétée par d'autres influences, telles que des facteurs économiques, historiques, culturels, sociopolitiques et scientifiques, afin de fournir une perspective globale sur les problèmes environnementaux. Pendant le cours, les élèves examineront des exemples à des échelles variées, de l'échelle locale à l'échelle mondiale, ainsi que dans un contexte international.

Les objectifs globaux du cours de systèmes de l'environnement et sociétés sont de permettre aux élèves :

1. d'acquérir les connaissances et les compréhensions relatives aux systèmes de l'environnement à des échelles variées ;
2. d'appliquer des connaissances, des méthodologies et des compétences pour analyser les systèmes de l'environnement et des problèmes environnementaux à des échelles variées ;
3. d'apprécier l'interdépendance dynamique qui existe entre les systèmes de l'environnement et les sociétés ;
4. de prendre conscience de l'importance d'avoir une perspective à la fois personnelle, locale et mondiale pour prendre des décisions éclairées et entreprendre des actions responsables au sujet de problèmes environnementaux ;
5. de développer une conscience critique du fait que les ressources sont limitées et qu'elles peuvent être inégalement distribuées et exploitées, et que la clé de la durabilité réside dans la gestion de ces inégalités ;
6. de prendre conscience de la diversité des systèmes de valeurs de l'environnement ;
7. de développer une conscience critique du fait que les décisions prises par des individus et des sociétés sur différents domaines de la connaissance causent des problèmes environnementaux et permettent de les résoudre ;
8. de se confronter à des controverses entourant une variété de problèmes environnementaux ;
9. de créer des solutions innovantes à des problèmes environnementaux en s'impliquant activement dans des contextes locaux et mondiaux.

# Objectifs d'évaluation

Les objectifs d'évaluation reflètent la façon dont le cours de systèmes de l'environnement et sociétés sera évalué. Le cours a pour but d'amener les élèves à atteindre les objectifs d'évaluation suivants, dans le contexte des systèmes de l'environnement et des problèmes qui leur sont associés.

1. Démontrer une connaissance et une compréhension :
  - des faits et des concepts pertinents ;
  - des méthodes et des techniques pertinentes ;
  - des valeurs et attitudes pertinentes.
2. Appliquer ces connaissances et cette compréhension lors de l'analyse :
  - d'explications, de concepts et de théories ;
  - de données et de modèles ;
  - d'études de cas dans des contextes nouveaux ;
  - d'arguments et de systèmes de valeur.
3. Évaluer, justifier et synthétiser, comme il convient :
  - des explications, des théories et des modèles ;
  - des arguments et des propositions de solutions ;
  - des méthodes de travail de terrain et de recherche ;
  - des points de vue culturels et des systèmes de valeurs.
4. Participer à des recherches sur des problèmes environnementaux et sociétaux au niveau local et mondial :
  - en évaluant le contexte politique, économique et social des problèmes ;
  - en sélectionnant et en appliquant les compétences de recherche et les compétences pratiques appropriées nécessaires pour réaliser des recherches ;
  - en suggérant des solutions coopératives et innovantes qui démontrent sensibilité et respect envers les différences culturelles et les systèmes de valeurs d'autrui.

# Traitement des objectifs d'évaluation

Composantes d'évaluation	Objectifs d'évaluation	Comment les objectifs d'évaluation sont-ils atteints ?
Épreuve 1	Objectifs d'évaluation 1 à 3	Étude de cas
Épreuve 2	Objectifs d'évaluation 1 à 3	Section A : questions à réponse courte Section B : deux compositions parmi un choix de quatre
Évaluation interne	Objectifs d'évaluation 1 à 4	Recherche individuelle évaluée à l'aide de bandes de notation

Ces objectifs d'apprentissage seront évalués lors des examens au moyen des mots-consignes (présentés dans la section « Glossaire des mots-consignes » de ce guide).

## Résumé du programme

Composantes du programme	Nombre d'heures d'enseignement recommandé
<b>Tronc commun</b>	<b>120</b>
Thème 1 – Fondements des systèmes de l'environnement et sociétés	16
Thème 2 – Écosystèmes et écologie	25
Thème 3 – Biodiversité et conservation	13
Thème 4 – Systèmes aqueux et systèmes de production alimentaire aquatiques et sociétés	15
Thème 5 – Le sol et les systèmes de production alimentaire terrestres et sociétés	12
Thème 6 – Systèmes atmosphériques et sociétés	10
Thème 7 – Changement climatique et production d'énergie	13
Thème 8 – Systèmes humains et utilisation des ressources	16
<b>Programme de travaux pratiques</b>	<b>30</b>
Activités pratiques	20
Recherche individuelle	10
<b>Nombre total d'heures d'enseignement</b>	<b>150</b>

La durée de l'enseignement recommandée est de 150 heures pour les cours de niveau moyen, tel que stipulé à l'article 8.2 du document intitulé *Règlement général du Programme du diplôme*.

## Travaux pratiques

Les travaux pratiques sont un aspect important du cours de systèmes de l'environnement et sociétés, qu'ils aient lieu en laboratoire, en classe ou sur le terrain. Non seulement le programme exige l'emploi de techniques de terrain, mais de nombreux aspects du cours ne peuvent être abordés efficacement que par ce moyen. Les travaux pratiques réalisés dans le cadre de ce cours sont une occasion pour les élèves d'acquérir et de développer des compétences et des techniques qui vont au-delà des exigences du modèle d'évaluation et doivent être entièrement intégrés à l'enseignement du cours.

Conformément à la *Politique de l'IB relative à l'expérimentation animale dans les écoles du monde de l'IB* (voir le *Matériel de soutien pédagogique de systèmes de l'environnement et sociétés* pour des détails complets), les règles suivantes s'appliquent à l'ensemble des travaux pratiques entrepris dans le cadre du Programme du diplôme.

- Aucune expérience impliquant d'autres personnes ne sera menée sans que celles-ci n'aient donné leur consentement écrit et compris la nature de l'expérience.
- Aucune expérience infligeant une forme quelconque de souffrance ou provoquant une détresse chez des êtres humains ou des animaux vivants ne sera menée.
- Aucune expérience ou travail de terrain nuisant à l'environnement ne sera mené.

## Compétences requises en mathématiques

Tous les élèves suivant le cours de systèmes de l'environnement et sociétés du Programme du diplôme doivent être capables :

- d'effectuer les opérations mathématiques de base (addition, soustraction, multiplication et division) ;
- d'effectuer des calculs impliquant des moyennes, des décimales, des fractions, des pourcentages, des proportions, des approximations et des inverses ;
- d'utiliser la notation mathématique standard (par exemple,  $3,6 \times 10^6$ ) ;
- d'utiliser la proportionnalité directe et la proportionnalité inverse ;
- de résoudre des équations algébriques simples ;
- de construire des graphiques (en utilisant les échelles et les axes appropriés) incluant deux variables qui montrent des relations linéaires et non linéaires ;
- d'interpréter des graphiques, y compris la signification des pentes (gradients) et de leurs variations, de l'intersection avec les axes et des aires limitées par une courbe et les axes ;
- d'interpréter des données présentées sous diverses formes (par exemple, graphiques en barres, histogrammes et graphiques circulaires).

## Utilisation des technologies de l'information et de la communication

L'utilisation des technologies de l'information et de la communication (TIC) est recommandée dans tous les aspects du cours, notamment dans le programme de travaux pratiques et dans les activités quotidiennes effectuées en classe.

## Planification du cours

Le programme, tel qu'il est présenté dans le présent guide, ne prétend pas imposer un ordre pour l'étude des thèmes mais il apporte des informations concernant les contenus à étudier avant la fin du cours. Le programme d'études élaboré par l'établissement doit répondre le mieux possible aux besoins des élèves. Par exemple, il pourra être élaboré en fonction des ressources disponibles et tenir compte de l'expérience et des connaissances préalables des élèves ou d'autres exigences imposées à l'échelle locale.

Quelle que soit la stratégie adoptée, il convient de prévoir suffisamment de temps pour les révisions en vue des examens. Les élèves doivent également se voir accorder du temps pour réfléchir sur leur apprentissage et leur évolution en tant qu'apprenants.

## Structure du guide

Le format de la section « Contenu du programme » de ce guide a été conçu pour mettre l'accent sur les approches de l'enseignement et de l'apprentissage dans le contexte du Programme du diplôme de l'IB.

## Thèmes

Les thèmes sont numérotés : par exemple, « Thème 6 – Systèmes atmosphériques et sociétés ». Chaque thème est accompagné des grandes questions qui lui sont pertinentes (voir la section « Approches de l'enseignement et de l'apprentissage dans le cours de systèmes de l'environnement et sociétés »).

## Sujets

Les sujets sont également numérotés : par exemple « 6.1 Introduction à l'atmosphère ». Des informations et des directives supplémentaires sont fournies dans le *Matériel de soutien pédagogique de systèmes de l'environnement et sociétés*.

Chaque sujet commence par des « idées importantes ». Ces idées sont les principes fondamentaux définissant et résumant l'apprentissage au sein de ce même sujet.

Deux colonnes se trouvent en-dessous de ces « idées importantes ». La première colonne comprend les éléments suivants :

- « Connaissance et compréhension », qui définit les principales idées à aborder ;
- « Applications et compétences », qui présente la façon dont les connaissances et les compréhensions peuvent être appliquées ainsi que certaines compétences spécifiques qui doivent être développées dans le contexte du sujet.

**Tous les points mentionnés dans la section « Idées importantes » et dans la colonne de gauche sont susceptibles de faire l'objet d'une évaluation. Par ailleurs, certains points de la section « Sensibilité internationale » apparaissant dans la colonne de droite feront l'objet d'une évaluation, comme c'était le cas dans l'ancien programme.**

La seconde colonne comprend les éléments suivants :

- « Directives et informations supplémentaires », qui fournit des informations sur les limites et les restrictions ainsi que sur le degré d'approfondissement requis pour les enseignants ;
- « Sensibilité internationale », qui, le cas échéant, suggère aux enseignants des références pertinentes à la sensibilité internationale ;
- « Théorie de la connaissance », qui fournit des exemples de questions sur la théorie de la connaissance (voir le *Guide de théorie de la connaissance*), qui peuvent être utilisés pour amener les élèves à se concentrer sur la préparation de l'essai de TdC portant sur un sujet prescrit ;
- « Liens », qui identifie les liens entre le sujet, d'autres parties du programme et le Programme du diplôme en général.

**Thème 1 – <Titre>**

1.1 <Sujet>	
<b>Idées importantes</b> : description des principes et des concepts fondamentaux du sujet.	
<b>Connaissance et compréhension</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Cette section fournit des précisions sur les exigences en matière de contenu pour chaque sujet.</li></ul>	<b>Directives et informations supplémentaires</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Cette section fournit des précisions concernant les exigences relatives aux sections « Connaissance et compréhension » et « Applications et compétences », ainsi que leurs restrictions.</li></ul>
<b>Applications et compétences</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Cette section indique la façon dont les élèves peuvent appliquer les compréhensions. Par exemple, ces applications peuvent impliquer des discussions de points de vue ou une évaluation des problèmes et de leurs impacts.</li></ul>	<b>Sensibilité internationale</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Cette section comporte les idées que les enseignants peuvent facilement mentionner pendant leurs leçons.</li></ul> <b>Théorie de la connaissance</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Cette section fournit des exemples de questions sur la théorie de la connaissance.</li></ul> <b>Liens</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Cette section fournit des liens avec d'autres parties du programme et des liens transdisciplinaires.</li></ul>

## Systemes de l'environnement et sociétés et profil de l'apprenant de l'IB

Le cours de systèmes de l'environnement et sociétés contribue au développement des qualités du profil de l'apprenant de l'IB. En suivant ce cours, les élèves prendront connaissance de ces qualités. Par exemple, les exigences de l'évaluation interne donnent l'occasion aux élèves de développer chaque aspect du profil de l'apprenant de l'IB. Le tableau suivant fournit un certain nombre de références au cours pour chaque qualité du profil de l'apprenant.

Qualité du profil de l'apprenant	Systemes de l'environnement et sociétés
Chercheurs	Objectifs globaux 1, 2, 5 et 6 Travaux pratiques et évaluation interne
Informés	Objectifs globaux 1, 2, 3, 5 et 6 Section « Sensibilité internationale », travaux pratiques et évaluation interne
Sensés	Objectifs globaux 3, 5, 7 et 8 Section « Théorie de la connaissance », travaux pratiques et évaluation interne
Communicatifs	Objectifs globaux 2, 8 et 9 Évaluation externe, travaux pratiques et évaluation interne
Intègres	Objectifs globaux 4, 7, 8 et 9 Travaux pratiques et évaluation interne, comportement/pratique éthique (affiche Pratiques éthiques au Programme du diplôme, Politique de l'IB relative à l'expérimentation animale dans les écoles du monde de l'IB), intégrité intellectuelle
Ouverts d'esprit	Objectifs globaux 3, 4, 6, 7 et 8 Section « Sensibilité internationale », travaux pratiques et évaluation interne
Altruistes	Objectifs globaux 4, 8 et 9 Travaux pratiques et évaluation interne, comportement/pratique éthique (affiche Pratiques éthiques au Programme du diplôme, Politique de l'IB relative à l'expérimentation animale dans les écoles du monde de l'IB)
Audacieux	Objectifs globaux 4, 8 et 9 Travaux pratiques et évaluation interne
Équilibrés	Objectifs globaux 4, 5, 6 et 7 Travaux pratiques et évaluation interne
Réfléchis	Objectifs globaux 3, 4, 5, 6 et 7 Travaux pratiques et évaluation interne

# Contenu du programme

Composantes du programme	Nombre d'heures d'enseignement
<p><b>Thème 1 – Fondements des systèmes de l'environnement et sociétés</b></p> <p>1.1 Systèmes de valeurs de l'environnement</p> <p>1.2 Systèmes et modèles</p> <p>1.3 Énergie et équilibres</p> <p>1.4 Durabilité</p> <p>1.5 Êtres humains et pollution</p>	<b>16</b>
<p><b>Thème 2 – Écosystèmes et écologie</b></p> <p>2.1 Espèces et populations</p> <p>2.2 Communautés et écosystèmes</p> <p>2.3 Flux d'énergie et de matière</p> <p>2.4 Biomes, zonation et succession</p> <p>2.5 Étude des écosystèmes</p>	<b>25</b>
<p><b>Thème 3 – Biodiversité et conservation</b></p> <p>3.1 Introduction à la biodiversité</p> <p>3.2 Origines de la biodiversité</p> <p>3.3 Menaces sur la biodiversité</p> <p>3.4 Conservation de la biodiversité</p>	<b>13</b>
<p><b>Thème 4 – Systèmes aqueux et systèmes de production alimentaire aquatiques et sociétés</b></p> <p>4.1 Introduction aux systèmes aqueux</p> <p>4.2 Accès à l'eau douce</p> <p>4.3 Systèmes de production alimentaire aquatiques</p> <p>4.4 Pollution de l'eau</p>	<b>15</b>
<p><b>Thème 5 – Le sol et les systèmes de production alimentaire terrestres et sociétés</b></p> <p>5.1 Introduction aux sols</p> <p>5.2 Systèmes de production alimentaire terrestres et choix alimentaires</p> <p>5.3 Dégradation et conservation des sols</p>	<b>12</b>

Composantes du programme	Nombre d'heures d'enseignement
<b>Thème 6 – Systèmes atmosphériques et sociétés</b> 6.1 Introduction à l'atmosphère 6.2 Ozone stratosphérique 6.3 Smog photochimique 6.4 Dépôts acides	<b>10</b>
<b>Thème 7 – Changement climatique et production d'énergie</b> 7.1 Choix et sécurité énergétiques 7.2 Changement climatique : causes et impacts 7.3 Changement climatique : atténuation et adaptation	<b>13</b>
<b>Thème 8 – Systèmes humains et utilisation des ressources</b> 8.1 Dynamique des populations humaines 8.2 Utilisation des ressources dans la société 8.3 Déchets ménagers solides 8.4 Capacité limite des populations humaines	<b>16</b>
<b>Nombre total d'heures d'enseignement</b>	<b>120</b>

# Thème 1 – Fondements des systèmes de l’environnement et sociétés (16 heures)

**Grandes questions** : ce thème peut être particulièrement approprié pour aborder les grandes questions A, C, D et E

1.1 Systèmes de valeurs de l’environnement	
<p><b>Idées importantes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les événements historiques, parmi d'autres influences, affectent le développement des systèmes de valeurs de l'environnement et des mouvements environnementaux.</li> <li>• Il existe un large spectre de systèmes de valeurs de l'environnement, chacun ayant ses propres prémisses et implications.</li> </ul>	<p><b>Directives et informations supplémentaires</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Une société est un groupe arbitraire d'individus partageant des caractéristiques communes, telles qu'un lieu géographique, un contexte culturel, un cadre historique et temporel, des considérations religieuses, ou encore un système de valeurs.</li> <li>• Une variété d'influences historiques significatives peut être abordée, mais avec un minimum de trois exemples approfondis. Les exemples peuvent inclure le développement de l'hypothèse Gaïa par James Lovelock ; le désastre de Minamata ; le livre <i>Printemps silencieux (Silent Spring)</i> de Rachel Carson ; le documentaire <i>Une vérité qui dérange (An Inconvenient Truth)</i> de Davis Guggenheim ; le désastre de Tchernobyl en 1986 ; le désastre nucléaire de Fukushima Daiichi en 2011 ; la chasse à la baleine ; le désastre de Bhopal en 1984 ; les déversements de pétrole dans le golfe du Mexique en 2010 ; le mouvement Chipko ; le Sommet de la Terre de Rio 2012 (Rio+20) ; le Jour de la Terre ; la révolution verte ; l'Accord de Copenhague ; les événements récents ou locaux présentant un intérêt pour les élèves.</li> <li>• Dans la gamme d'influences historiques choisies, il est utile d'avoir des exemples locaux et internationaux.</li> </ul>
<p><b>Connaissance et compréhension</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les influences historiques significatives sur le développement du mouvement environnemental viennent de la littérature, des médias, des désastres environnementaux majeurs, des accords internationaux et des développements technologiques.</li> <li>• Un système de valeurs de l'environnement est une vision du monde ou un paradigme qui façonne la manière dont une personne, ou un groupe de personnes, perçoit et évalue les questions d'environnement, en subissant l'influence des contextes culturel, religieux, économique et sociopolitique.</li> <li>• Un système de valeurs de l'environnement peut être considéré comme un système dans la mesure où il peut être influencé par l'éducation, l'expérience, la culture et les médias (éléments entrants) et implique un ensemble de prémisses, valeurs et arguments interdépendants qui peuvent générer des décisions et des évaluations cohérentes (éléments sortants).</li> <li>• Il existe un éventail de systèmes de valeurs de l'environnement, allant de systèmes écocentriques à technocentriques en passant par des systèmes anthropocentriques.</li> </ul>	

1.1 Systèmes de valeurs de l'environnement	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Un point de vue écocentrique intègre les dimensions sociales, spirituelles et environnementales dans un idéal holistique. Il place l'écologie et la nature au cœur de l'humanité et met l'accent sur une approche de la vie moins matérialiste avec une plus grande autosuffisance des sociétés. Un point de vue écocentrique affirme la priorité au biodroit, met l'accent sur l'importance de l'éducation et encourage l'autodiscipline dans le comportement humain.</li> <li>Un point de vue anthropocentrique fait valoir que les humains doivent gérer durablement le système global. Cette gestion durable peut être assurée au moyen de taxes, de régulation environnementale et d'une législation.</li> <li>Un débat doit être encouragé, afin d'atteindre une approche pragmatique, consensuelle dans la résolution des problèmes environnementaux.</li> <li>Un point de vue technocentrique fait valoir que les développements technologiques peuvent répondre aux problèmes environnementaux. Ce point de vue est une conséquence d'une vision largement optimiste du rôle que peuvent jouer les êtres humains pour améliorer la condition humaine.</li> </ul> <p>La recherche scientifique est encouragée afin d'élaborer des politiques et de comprendre comment les systèmes peuvent être contrôlés, manipulés ou modifiés pour résoudre l'appauvrissement des ressources. Un programme de croissance est jugé nécessaire pour l'amélioration de la société.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Il y a des extrêmes à la marge de ce spectre (par exemple, des partisans de l'écologie profonde écocentriques jusqu'aux cornucopiens-technocentriques), mais en pratique, les systèmes de valeurs de l'environnement varient grandement selon les cultures et les périodes ; ils peuvent rarement s'intégrer simplement ou parfaitement dans un système de classification.</li> <li>Différents systèmes de valeurs de l'environnement attribuent une valeur intrinsèque différente aux composantes de la biosphère.</li> </ul> <p><b>Applications et compétences</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Discuter</b> du point de vue selon lequel l'environnement peut avoir sa propre valeur intrinsèque.</li> <li><b>Évaluer</b> les implications de deux systèmes de valeurs de l'environnement différents dans le contexte de questions environnementales données.</li> <li><b>Justifier</b>, à l'aide d'exemples et de preuves, comment les influences historiques ont façonné le développement du mouvement environnemental moderne.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les systèmes de valeurs de l'environnement sont individuels; il n'y a pas de « mauvais » système de valeurs de l'environnement.</li> <li>Durant le cours de systèmes de l'environnement et sociétés, les élèves sont encouragés à développer leur propre système de valeurs de l'environnement et à être capables de justifier leurs décisions sur les questions environnementales sur la base de leurs systèmes de valeurs de l'environnement.</li> </ul> <p><b>Sensibilité internationale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Les écosystèmes ont souvent une portée internationale et des conflits peuvent naître de l'incompatibilité entre les différents systèmes de valeurs concernant l'exploitation des ressources (par exemple, la migration transfrontalière de la faune en Afrique australe).</li> <li>Les différences de cultures et de sociétés peuvent influencer le développement des systèmes de valeurs de l'environnement</li> </ul> <p><b>Théorie de la connaissance</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Les systèmes de valeurs de l'environnement façonnent la manière dont nous percevons l'environnement — quels autres systèmes de valeurs façonnent notre vision du monde ?</li> </ul> <p><b>Liens</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Systèmes de l'environnement et sociétés : conservation de la biodiversité (3.4) ; dégradation et conservation des sols (5.3) ; smog photochimique (6.3) ; dépôts acides (6.4) ; changement climatique : causes et impacts (7.2) ; utilisation des ressources dans la société (8.2)</li> <li>Programme du diplôme : anthropologie sociale et culturelle, géographie (NS)</li> </ul>

1.2 Systèmes et modèles	
<p><b>Idées importantes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Une approche systémique peut aider dans l'étude de questions environnementales complexes.</li> <li>• L'utilisation de systèmes et de modèles simplifie les interactions, mais peut fournir une vue plus holistique sans réduire les questions à de simples processus.</li> </ul>	<p><b>Directives et informations supplémentaires</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Une approche systémique doit être adoptée pour tous les thèmes abordés dans le cours de systèmes de l'environnement et sociétés.</li> <li>• La biosphère se réfère à la partie de la Terre habitée par des organismes ; elle s'étend de la partie supérieure de l'atmosphère à la profondeur de la croûte terrestre.</li> <li>• Les élèves doivent interpréter des diagrammes de systèmes donnés et utiliser des données pour produire les leurs dans une variété d'exemples, comme le cycle du carbone, la production alimentaire et les systèmes terrestres.</li> <li>• Les élèves ne sont <b>pas</b> censés connaître les symboles du diagramme d'un système particulier, comme ceux d'Odum et de Sankey.</li> </ul> <p><b>Sensibilité internationale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• L'utilisation de modèles facilite la collaboration internationale en science en éliminant les barrières de la langue qui peuvent exister.</li> </ul> <p><b>Théorie de la connaissance</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les modèles sont des constructions simplifiées de la réalité : dans la construction d'un modèle, comment pouvons-nous savoir quels aspects du monde inclure et lesquels ignorer ?</li> </ul>
<p><b>Connaissance et compréhension</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Une approche systémique est une manière de visualiser un ensemble complexe d'interactions qui peuvent être de nature écologique ou sociétale.</li> <li>• Ces interactions produisent les propriétés émergentes du système.</li> <li>• Le concept de système peut être appliqué à un éventail d'échelles.</li> <li>• Un système se compose de stockages et de flux.</li> <li>• Les flux fournissent les entrées et les sorties d'énergie et de matière.</li> <li>• Les flux sont des processus qui peuvent être soit des transferts (un changement de lieu), soit des transformations (un changement de nature chimique, un changement d'état ou un changement d'énergie).</li> <li>• Dans les diagrammes de systèmes, les stockages sont généralement représentés par des rectangles et les flux par des flèches, avec le sens de chacune indiquant le sens de chaque flux. La taille des rectangles et des flèches peut être représentative de la taille ou de la grandeur du stockage ou du flux.</li> <li>• Un système ouvert échange de l'énergie et de la matière avec le milieu extérieur alors qu'un système fermé n'échange que de l'énergie avec le milieu extérieur.</li> <li>• Un système isolé est un concept hypothétique dans lequel ni énergie, ni matière n'est échangée avec le milieu extérieur.</li> <li>• Les écosystèmes sont des systèmes ouverts ; les systèmes fermés n'existent qu'expérimentalement, bien que les cycles géochimiques globaux se rapprochent de systèmes fermés.</li> </ul>	<p><b>Directives et informations supplémentaires</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Une approche systémique doit être adoptée pour tous les thèmes abordés dans le cours de systèmes de l'environnement et sociétés.</li> <li>• La biosphère se réfère à la partie de la Terre habitée par des organismes ; elle s'étend de la partie supérieure de l'atmosphère à la profondeur de la croûte terrestre.</li> <li>• Les élèves doivent interpréter des diagrammes de systèmes donnés et utiliser des données pour produire les leurs dans une variété d'exemples, comme le cycle du carbone, la production alimentaire et les systèmes terrestres.</li> <li>• Les élèves ne sont <b>pas</b> censés connaître les symboles du diagramme d'un système particulier, comme ceux d'Odum et de Sankey.</li> </ul> <p><b>Sensibilité internationale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• L'utilisation de modèles facilite la collaboration internationale en science en éliminant les barrières de la langue qui peuvent exister.</li> </ul> <p><b>Théorie de la connaissance</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les modèles sont des constructions simplifiées de la réalité : dans la construction d'un modèle, comment pouvons-nous savoir quels aspects du monde inclure et lesquels ignorer ?</li> </ul>

1.2 Systèmes et modèles	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un modèle est une version simplifiée de la réalité et peut être utilisé pour comprendre comment un système fonctionne et prédire comment il réagira aux changements.</li> <li>• Un modèle implique inévitablement une certaine approximation et, par conséquent, une perte d'exactitude.</li> </ul> <p><b>Applications et compétences</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Construire</b> un diagramme de système ou un modèle à partir d'un ensemble donné d'informations.</li> <li>• <b>Évaluer</b> l'utilisation des modèles comme outils dans une situation donnée ; par exemple, les modèles prédictifs de changement climatique.</li> </ul>	<p><b>Liens</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systèmes de l'environnement et sociétés : introduction aux systèmes aqueux (4.1) ; introduction aux sols (5.1) ; systèmes de production alimentaire terrestres et choix alimentaires (5.2) ; introduction à l'atmosphère (6.1)</li> <li>• Programme du diplôme : technologie du design (thème 3), géographie (option G), biologie (thème 4)</li> </ul>

<b>1.3 Énergie et équilibres</b>	
<b>Idées importantes</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les principes de la thermodynamique gouvernent le flux d'énergie dans un système et la capacité à effectuer un travail.</li> <li>• Les systèmes peuvent exister dans des états alternatifs stables ou comme des équilibres entre lesquels il y a des points de basculement.</li> <li>• Les mécanismes de rétroaction positive déstabilisent les systèmes vers ces points de basculement, alors que les mécanismes de rétroaction négative stabilisants vont résister à de tels changements.</li> </ul>	
<b>Connaissance et compréhension</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le premier principe de la thermodynamique est le principe de conservation de l'énergie, qui stipule que l'énergie dans un système isolé peut être transformée, mais ne peut pas être créée, ni détruite.</li> <li>• Le principe de la conservation de l'énergie peut être modélisé par les transformations de l'énergie dans des chaînes alimentaires et les systèmes de production d'énergie.</li> <li>• Le deuxième principe de la thermodynamique stipule que l'entropie d'un système augmente au cours du temps. L'entropie est une mesure de la quantité de désordre dans un système. Une augmentation de l'entropie générée par les transformations d'énergie réduit l'énergie disponible pour effectuer un travail.</li> </ul>	<b>Directives et informations supplémentaires</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• L'utilisation d'exemples dans ce sujet est particulièrement importante afin que les concepts abstraits aient un contexte dans lequel ils peuvent être compris.</li> <li>• L'accent doit être mis sur les relations entre la résilience, la stabilité, l'équilibre et la diversité.</li> <li>• Un équilibre stable est l'état d'un système dans lequel il a tendance à retourner à l'équilibre précédent à la suite d'une perturbation.</li> <li>• Un équilibre stationnaire est l'état d'un système ouvert dans lequel il n'y a pas de variations à long terme, mais dans lequel des oscillations à très court terme peuvent se produire.</li> </ul>

1.3 Énergie et équilibres	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Un point de basculement est la quantité minimale de variation dans un système qui le stabilise, l'entraînant vers un nouvel équilibre ou un état stable.</li> <li>• Des exemples d'impacts de l'activité humaine et de possibles points de basculement doivent être explorés.</li> </ul> <p><b>Sensibilité internationale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• L'utilisation d'énergie dans une partie de la planète peut entraîner un point de basculement ou un délai qui influence l'équilibre écologique de la planète entière.</li> </ul> <p><b>Théorie de la connaissance</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les principes de la thermodynamique sont des exemples de lois scientifiques : en quoi les lois scientifiques diffèrent-elles des lois des disciplines des sciences humaines, comme l'économie ?</li> </ul>	<p>Le deuxième principe de la thermodynamique explique l'inefficacité et la diminution d'énergie disponible dans une chaîne alimentaire et dans les systèmes générateurs d'énergie.</p> <p>En tant que système ouvert, un écosystème existe normalement dans un équilibre stable, soit dans un équilibre stationnaire soit dans un équilibre qui se développe au cours du temps (par exemple, une succession) et qui est maintenu par des boucles de rétroaction négative stabilisante.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les boucles de rétroaction négative (stabilisante) se produisent lorsque la production d'un processus inhibe ou inverse le même processus, de manière à réduire un changement — elle s'oppose à toute déviation.</li> <li>• Les boucles de rétroaction positive (déstabilisante) tendent à amplifier les changements et à conduire le système vers un point de basculement où un nouvel équilibre est adopté.</li> <li>• La résilience d'un système, écologique ou social, se réfère à sa tendance à éviter ces points de basculement et à maintenir la stabilité.</li> <li>• La diversité et la taille des stocks dans les systèmes peuvent contribuer à leur résilience et affecter leur vitesse de réaction aux changements (délais).</li> <li>• Les êtres humains peuvent affecter la résilience des systèmes par la réduction des stocks et de la diversité.</li> <li>• Les délais impliqués dans les boucles de rétroaction rendent difficile la prédiction de points de basculement et ajoutent à la complexité de modéliser des systèmes.</li> </ul>
<p><b>Liens</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systèmes de l'environnement et sociétés : systèmes et modèles (1.2) ; communautés et écosystèmes (2.2) ; systèmes de production alimentaire terrestres et choix alimentaires (5.2) ; choix et sécurité énergétiques (7.1)</li> <li>• Programme du diplôme : physique (thème 2 et option B) ; chimie (thèmes 5, 7 et 15 ; option C) ; biologie (thème 6) ; technologie du design (thème 2)</li> </ul>	<p><b>Applications et compétences</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Expliquer</b> les incidences des principes de la thermodynamique sur les systèmes écologiques.</li> <li>• <b>Discuter</b> de la résilience dans une variété de systèmes.</li> <li>• <b>Évaluer</b> les possibles conséquences des points de basculement.</li> </ul>

<p><b>1.4 Durabilité</b></p>	<p><b>Idées importantes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tous les systèmes peuvent être étudiés sous l'angle de la durabilité.</li> <li>• Le développement durable répond aux besoins actuels sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire leurs propres besoins.</li> <li>• Les indicateurs environnementaux et les empreintes écologiques peuvent être utilisés pour évaluer la durabilité.</li> <li>• Les études d'impact sur l'environnement (EIE) jouent un rôle important dans le développement durable.</li> </ul>	<p><b>Connaissance et compréhension</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La durabilité est l'utilisation et la gestion des ressources qui permet le remplacement naturel des ressources exploitées et la régénération complète des écosystèmes affectés par leur extraction et leur usage.</li> <li>• Le capital naturel est un terme utilisé pour les ressources naturelles qui peuvent produire un revenu naturel durable constitué de biens et services.</li> <li>• Le revenu naturel est le rendement provenant des ressources naturelles.</li> <li>• Les écosystèmes peuvent fournir des services qui contribuent au maintien de la vie, comme le réapprovisionnement en eau, la protection contre l'érosion et les inondations et des biens comme le bois d'œuvre, les pêches et les cultures agricoles.</li> <li>• Les facteurs tels que la biodiversité, la pollution, la population ou le climat peuvent être utilisés quantitativement comme indicateurs environnementaux de la durabilité. Ces facteurs peuvent être appliqués sur une gamme d'échelles, allant du niveau local jusqu'au niveau mondial. L'évaluation des écosystèmes pour le millénaire (EM) a présenté une évaluation scientifique de la condition et des tendances des écosystèmes dans le monde et de leurs fonctions en utilisant des indicateurs environnementaux. Elle a établi la base scientifique pour mettre en œuvre les actions nécessaires à la conservation et à l'utilisation durable de ces systèmes.</li> <li>• Les EIE incorporent des études de référence avant que soit entrepris un projet de développement. Elles évaluent les impacts environnementaux, sociaux et économiques du projet, en prédisant et en évaluant les impacts possibles et en suggérant des stratégies d'atténuation pour le projet. Elles sont généralement suivies par un audit et une surveillance permanente. Chaque pays ou région possède des lignes directrices différentes sur l'utilisation des EIE.</li> </ul> <p><b>Directives et informations supplémentaires</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Une optique de durabilité doit être utilisée tout au long du cours, lorsque cela est approprié.</li> <li>• Les empreintes écologiques peuvent être utilisées pour donner aux élèves une idée de leur propre impact au début du cours ; elles sont abordées plus en détails au thème 8.</li> <li>• On ne s'attend pas à ce qu'une EIE soit explorée en profondeur, mais plutôt que l'accent soit mis sur les principes de leur utilisation.</li> </ul> <p><b>Sensibilité internationale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les conférences et les sommets internationaux ont pour but de produire des outils internationaux (organes, traités, accords) pour résoudre les problèmes liés à l'environnement.</li> <li>• Les EIE varient d'un État à l'autre.</li> </ul> <p><b>Théorie de la connaissance</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les EIE incorporent des études de référence avant que soit entrepris un projet de développement : dans quelle mesure les préoccupations environnementales doivent-elles limiter notre poursuite de la connaissance ?</li> </ul> <p><b>Liens</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systèmes de l'environnement et sociétés : systèmes humains et utilisation des ressources (thème 8)</li> <li>• Programme du diplôme : anthropologie sociale et culturelle ; technologie du design (thèmes 2 et 8) ; géographie (thème 3, options C et G) ; économie</li> </ul>
------------------------------	---	--

#### 1.4 Durabilité

- Les EIE fournissent aux décideurs des informations leur permettant de prendre en considération l'impact d'un projet sur l'environnement. Il n'y a pas nécessairement une exigence de mettre en œuvre des propositions d'EIE, et de nombreux facteurs socio-économiques peuvent influencer les décisions.
- Les critiques des EIE incluent : l'absence d'une pratique standard ou de formation des intervenants, l'absence d'une définition claire des limites d'un système et l'absence de l'inclusion d'impacts indirects.
- Une empreinte écologique est une superficie de sol et d'eau nécessaire à la production durable de toutes les ressources au rythme auquel elles sont consommées par une population donnée. Si l'empreinte écologique est supérieure à la superficie disponible à la population, c'est une indication de non-durabilité.

#### Applications et compétences

- **Expliquer** la relation entre capital naturel, revenu naturel et durabilité.
- **Discuter** de la valeur des services d'un écosystème à une société.
- **Discuter** de la manière dont les indicateurs environnementaux comme l'EM peuvent être utilisés pour évaluer le progrès d'un projet qui a pour objectif d'augmenter la durabilité.
- **Évaluer** l'utilisation des EIE.
- **Expliquer** la relation entre les empreintes environnementales et la durabilité.

<p><b>1.5 Êtres humains et pollution</b></p> <p><b>Idées importantes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La pollution est un phénomène très varié de perturbation humaine dans les écosystèmes.</li> <li>• Les stratégies de gestion de la pollution peuvent être appliquées à différents niveaux.</li> </ul>	<p><b>Connaissance et compréhension</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La pollution est le rejet dans l'environnement d'une substance ou d'un agent provenant des activités humaines en quantité trop importante pour être neutralisé par l'environnement et ayant un effet notable sur les organismes du milieu.</li> <li>• Les polluants peuvent prendre la forme de substances organiques ou inorganiques, de lumière, de son, d'énergie thermique, d'agents biologiques ou d'espèces envahissantes ; ils peuvent provenir d'un large éventail d'activités humaines, dont la combustion de combustibles fossiles.</li> <li>• La pollution peut être non ponctuelle ou ponctuelle, persistante ou biodégradable, aigüe ou chronique.</li> <li>• Les polluants peuvent être primaires (actifs à l'émission) ou secondaires (provenant de polluants primaires qui subissent des modifications physiques ou chimiques).</li> <li>• Le dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT) illustre un conflit entre l'utilité d'un « polluant » et son effet sur l'environnement.</li> </ul> <p><b>Applications et compétences</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Construire</b> des diagrammes de systèmes pour montrer l'impact de polluants.</li> <li>• <b>Évaluer</b> l'efficacité de chacun des trois niveaux différents d'intervention, en vous référant à la figure 3.</li> <li>• <b>Évaluer</b> les utilisations du DDT.</li> </ul>
	<p><b>Directives et informations supplémentaires</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• En chimie de l'environnement, les termes « polluant » et « contaminant » sont plus ou moins considérés comme des synonymes.</li> <li>• La pollution qui provient de nombreux sites dispersés est décrite comme étant non ponctuelle. La pollution ponctuelle provient d'un site unique, clairement identifiable.</li> <li>• « Biodégradable » signifie capable d'être dégradé par des processus biologiques naturels.</li> <li>• Les principes de ce sujet, notamment la figure 3, doivent être utilisés tout au long du cours lorsque les questions de pollution sont abordées.</li> <li>• Les élèves doivent réaliser que pour certains polluants il peut y avoir un délai avant qu'un effet notable sur les organismes soit évident.</li> <li>• En faisant référence à la figure 3, les élèves doivent estimer les avantages d'employer les premières stratégies de gestion de la pollution par rapport aux suivantes et l'importance de la collaboration.</li> <li>• Les élèves peuvent démontrer leur connaissance de l'utilisation du DDT comme agent de lutte contre la malaria et en agriculture.</li> </ul> <p><b>Sensibilité internationale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La pollution ne s'arrête pas aux frontières et peut, par conséquent, agir sur le plan local, régional ou mondial.</li> </ul>

<p>1.5 Êtres humains et pollution</p>	<p><b>Théorie de la connaissance</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les experts divergent parfois d'opinion au sujet des stratégies de gestion de la pollution : sur quelle base pouvons-nous faire un choix entre les jugements des experts s'ils sont en désaccord ?</li> </ul> <p><b>Liens</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systèmes de l'environnement et sociétés : ozone stratosphérique (6.2) ; smog photochimique (6.3) ; pollution de l'eau (4.4) ; systèmes de production alimentaire terrestres et choix alimentaires (5.2) ; capacité limite des populations humaines (8.4) ; biodiversité et conservation (thème 3)</li> <li>• Programme du diplôme : anthropologie sociale et culturelle ; chimie (options A, B, C et D) ; technologie du design (thème 2) ; géographie (option G) ; économie</li> </ul>
---------------------------------------	--

Nature de la pollution	Niveau de gestion de la pollution
<p>Production de polluants par les activités humaines</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>Transformation des activités humaines</p> <p>Le niveau le plus fondamental de gestion de la pollution consiste en premier lieu à modifier les activités humaines qui entraînent la production de polluants, en favorisant les modes de vie alternatifs, les technologies alternatives, et les valeurs alternatives par :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• des campagnes ;</li> <li>• l'enseignement ;</li> <li>• les groupes communautaires ;</li> <li>• la législation gouvernementale ;</li> <li>• les incitations/dissuasions économiques.</li> </ul>
<p>Rejet de polluants dans l'environnement</p> <p style="text-align: center;">↓</p>	<p>Contrôle du rejet des polluants</p> <p>Lorsque les activités ou la production ne sont pas complètement arrêtées, les stratégies peuvent être appliquées au niveau de la régulation ou de la prévention du rejet de polluants par :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• la législation et la régulation des normes d'émission ;</li> <li>• la mise en œuvre/l'application de technologies visant à extraire les polluants au point d'émission ;</li> </ul>
<p>Impact des polluants sur les écosystèmes</p>	<p>Nettoyage et restauration des systèmes détériorés</p> <p>Lorsque les deux niveaux de gestion ci-dessus ont échoué, des stratégies peuvent être introduites en vue de rétablir les écosystèmes détériorés par :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• l'extraction et l'élimination de l'agent polluant de l'écosystème ;</li> <li>• la restauration des populations et des communautés perdues ou en déclin.</li> </ul>

**Figure 3**

*Gestion de la pollution ciblée à trois niveaux différents*

## Thème 2 – Écosystèmes et écologie (25 heures)

**Grandes questions :** ce thème est particulièrement approprié pour aborder les grandes questions A et E.

<p><b>2.1 Espèces et populations</b></p> <p><b>Idées importantes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Une espèce interagit avec ses environnements abiotique et biotique et sa niche est décrite par ces interactions.</li> <li>• Les populations changent et réagissent aux interactions avec l'environnement.</li> <li>• Tout système possède une capacité limite pour une espèce donnée.</li> </ul>	
<p><b>Connaissance et compréhension</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Une espèce est un groupe d'organismes qui partagent des caractéristiques communes. Ils sont interféconds et ont une descendance féconde.</li> <li>• Un habitat est l'environnement dans lequel vit normalement une espèce donnée.</li> <li>• Une niche décrit un ensemble particulier de conditions abiotiques et biotiques et de ressources auxquelles un organisme ou une population réagit.</li> <li>• La niche fondamentale décrit l'éventail complet de conditions et de ressources dans lesquelles une espèce peut survivre et se reproduire. La niche réalisée décrit les conditions et les ressources réelles dans lesquelles une espèce existe en raison d'interaction biotiques.</li> <li>• Les facteurs physiques relevant du non-vivant qui ont un effet sur les organismes et sur l'écosystème (comme la température, l'éclairement, le pH, la salinité et les précipitations) sont appelés facteurs abiotiques.</li> <li>• Les interactions entre les organismes (comme la prédation, le mode de vie herbivore, le parasitisme, le mutualisme, les maladies et la compétition) sont appelées facteurs biotiques.</li> </ul>	<p><b>Directives et informations supplémentaires</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les élèves doivent aborder ce thème dans le contexte d'espèces précises, par exemple « saumon de l'Atlantique » au lieu de « poisson », « pâturin des prés » au lieu de « graminée » et « bouleau blanc » au lieu de « arbre ».</li> <li>• Il est utile de savoir que, pour certains organismes, les habitats peuvent changer au cours du temps à la suite de migrations.</li> <li>• Ce sujet fournit de nombreuses occasions d'utiliser des simulations et des analyses de données.</li> </ul> <p><b>Sensibilité internationale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les modifications dans une communauté peuvent avoir un impact sur d'autres communautés (effet papillon).</li> </ul> <p><b>Théorie de la connaissance</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Par l'usage d'un vocabulaire spécialisé, la formation des connaissances est-elle plus marquée dans certains domaines de la connaissance que d'autres ?</li> </ul>

<p><b>2.1 Espèces et populations</b></p>	<p>Les interactions doivent être comprises en termes d'influences exercées par chaque espèce sur la dynamique des populations des autres espèces et sur la capacité limite de leur milieu.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Une population est un groupe d'individus d'une même espèce vivant simultanément en un lieu commun et capables de se reproduire entre eux.</li> <li>• Les courbes de populations en « S » et en « J » décrivent une réponse généralisée des populations à un ensemble particulier de conditions (facteurs abiotiques et biotiques).</li> <li>• Les facteurs limitants ralentissent la croissance d'une population quand elle approche de la capacité limite du système.</li> </ul> <p><b>Applications et compétences</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Interpréter</b> des représentations graphiques ou des modèles de facteurs qui affectent la niche d'un organisme. Les exemples incluent les relations prédateur-proie, la compétition et l'abondance des organismes au cours du temps.</li> <li>• <b>Expliquer</b> les courbes de croissance des populations en termes de nombres et de taux.</li> </ul>
	<p><b>Liens</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systèmes de l'environnement et sociétés : capacité limite des populations humaines (8.4)</li> <li>• Programme du diplôme : anthropologie sociale et culturelle ; biologie (thème 4)</li> </ul>

<b>2.2 Communautés et écosystèmes</b>	
<b>Idées importantes</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les interactions des espèces avec leur environnement donnent naissance à des flux d'énergie et de nutriments.</li> <li>• La photosynthèse et la respiration jouent un rôle important dans le flux d'énergie dans les communautés.</li> <li>• Les relations d'alimentation des espèces dans un système peuvent être modélisées en utilisant les chaînes alimentaires, les réseaux trophiques et les pyramides écologiques.</li> </ul>	
<b>Connaissance et compréhension</b>	<b>Directives et informations supplémentaires</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Une communauté est un groupe de populations cohabitant et interagissant dans un habitat commun.</li> <li>• Un écosystème est une communauté et l'environnement physique avec lequel elle interagit.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Il faut insister sur la distinction entre les stocks d'énergie, représentés par des rectangles dans les diagrammes de transfert d'énergie (représentant les divers niveaux trophiques), et les flux d'énergie ou la productivité souvent représentés par des flèches (parfois de tailles variables).</li> </ul>

2.2 Communautés et écosystèmes	
<ul style="list-style-type: none"> <li>La respiration et la photosynthèse peuvent être décrites comme des processus ayant des apports, des productions et des transformations d'énergie et de matière.</li> <li>La respiration est la conversion de matière organique en dioxyde de carbone et en eau dans tous les organismes vivants, avec libération d'énergie. La respiration aérobie peut être représentée par l'équation littérale suivante. Glucose + oxygène → dioxyde de carbone + eau</li> <li>Durant la respiration, de grandes quantités d'énergie sont dissipées sous forme de chaleur, augmentant l'entropie dans l'écosystème tout en permettant aux organismes de maintenir une entropie relativement faible et donc une organisation élevée.</li> <li>Les producteurs primaires dans la plupart des écosystèmes convertissent l'énergie lumineuse en énergie chimique dans le processus de photosynthèse.</li> <li>La réaction de photosynthèse peut être représentée par l'équation littérale suivante. Dioxyde de carbone + eau → glucose + oxygène</li> <li>La photosynthèse produit le matériau brut à l'origine de la biomasse.</li> <li>Le niveau trophique est la position qu'occupe un organisme ou un groupe dont les organismes occupent la même position dans les chaînes alimentaires au sein de la communauté.</li> <li>Les producteurs (autotrophes) sont typiquement des plantes ou des algues qui produisent leurs propres aliments en utilisant la photosynthèse ; ils forment le premier niveau trophique dans une chaîne alimentaire. Parmi les exceptions, on peut signaler les organismes chimiotrophes qui produisent des aliments sans rayonnement solaire.</li> <li>Les relations d'alimentation mettent en jeu les producteurs, les consommateurs et les décomposeurs. Ces relations peuvent être modélisées en utilisant les chaînes alimentaires, les réseaux alimentaires et les pyramides écologiques.</li> <li>Les pyramides écologiques incluent les pyramides des effectifs, de la biomasse et de la productivité et sont des modèles quantitatifs qui sont généralement mesurés pour une aire et un temps donné.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les détails concernant les chloroplastes, les réactions dépendantes et indépendantes de la lumière, les mitochondries, les transporteurs, l'adénosine triphosphate (ATP) et les intermédiaires biochimiques spécifiques ne sont pas requis.</li> <li>Ce thème doit être relié activement au sujet 1.3, étant donné que des questions vont exiger des élèves d'utiliser leurs connaissances de la thermodynamique à propos du flux d'énergie dans les écosystèmes.</li> <li>Il faut faire la distinction entre la biomasse, mesurée en unités de masse (par exemple, <math>g\ m^{-2}</math>) et la productivité, mesurée en unités de flux. (par exemple, <math>g\ m^{-2}\ an^{-1}</math> ou <math>J\ m^{-2}\ an^{-1}</math>).</li> <li>Bien que la littérature présente des variations, dans ce programme, les « pyramides des biomasses » représentent les stocks sur pied (à un moment donné) et les « pyramides de productivité » représentent le rythme du flux de la biomasse ou de l'énergie.</li> </ul> <p><b>Sensibilité internationale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Les écosystèmes comme les lacs et les forêts peuvent exister au-delà des frontières politiques.</li> </ul> <p><b>Théorie de la connaissance</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Les relations d'alimentation peuvent être représentées par différents modèles : comment pouvons-nous décider si un modèle est meilleur qu'un autre ?</li> </ul>

2.2 Communautés et écosystèmes	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conformément au second principe de la thermodynamique, les effectifs, les quantités de biomasse et d'énergie ont tendance à décroître à mesure que l'on s'élève dans la chaîne alimentaire ; par conséquent, les pyramides vont en rétrécissant vers le haut.</li> <li>• La bioaccumulation est l'accumulation de polluants persistants et non biodégradables dans un organisme ou à un niveau trophique car ils ne peuvent pas être dégradés.</li> <li>• La bioamplification est l'augmentation de la concentration de polluants persistants ou non biodégradables dans une chaîne alimentaire.</li> <li>• Les substances toxiques, comme le DDT et le mercure, s'accumulent à mesure que l'on s'élève dans les chaînes alimentaires en raison de la diminution de la biomasse et de l'énergie.</li> <li>• Les pyramides des effectifs peuvent parfois prendre des aspects différents ; par exemple, lorsque les individus des niveaux trophiques inférieurs sont de taille relativement grande (pyramides inversées).</li> <li>• Une pyramide de biomasse représente le stock sur pied ou le stockage de chaque niveau trophique, mesurés en unités comme les grammes de biomasse par mètre carré (<math>\text{g m}^{-2}</math>) ou joules par mètre carré (<math>\text{J m}^{-2}</math>) (unités de biomasse ou d'énergie).</li> <li>• Les pyramides de biomasse peuvent montrer de plus grandes quantités à des niveaux trophiques plus élevés, parce qu'elles représentent la biomasse présente à un moment donné ; il peut cependant y avoir des variations saisonnières importantes.</li> <li>• Les pyramides de productivité se réfèrent aux flux d'énergie qui traversent un niveau trophique, indiquant le taux de génération des stocks/stockages.</li> <li>• Les pyramides de productivité annuelle pour des écosystèmes entiers montrent toujours une diminution le long de la chaîne alimentaire.</li> </ul>	<p><b>Liens</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systèmes de l'environnement et sociétés : énergie et équilibres (1.3) ; durabilité (1.4) ; changement climatique : causes et impacts (7.2) ; pollution de l'eau (4.4) ; systèmes de production alimentaire terrestres et choix alimentaires (5.2) ; biodiversité et conservation (thème 3)</li> <li>• Programme du diplôme : biologie (thèmes 4 et 9 ; option C)</li> </ul>

<p>2.2 Communautés et écosystèmes</p>	<p><b>Applications et compétences</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Construire</b> des modèles de relations d'alimentation—comme les chaînes alimentaires, les réseaux trophiques et les pyramides écologiques—à partir de données fournies.</li><li>• <b>Expliquer</b> le transfert et la transformation de l'énergie au cours de son passage à travers un écosystème.</li><li>• <b>Analyser</b> l'efficacité des transferts d'énergie au cours de son passage à travers un système.</li><li>• <b>Construire</b> des diagrammes de systèmes représentant la photosynthèse et la respiration.</li><li>• <b>Expliquer</b> la pertinence des principes de la thermodynamique appliqués au flux d'énergie à travers un écosystème.</li><li>• <b>Expliquer</b> l'impact des polluants persistants ou non biodégradables dans un écosystème.</li></ul>
---------------------------------------	--

2.3 Flux d'énergie et de matière	
<p><b>Idées importantes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les écosystèmes sont reliés par les flux d'énergie et de matière.</li> <li>• L'énergie solaire régit ces flux et les êtres humains ont un impact sur les flux d'énergie et de matière, tant au plan local que mondial.</li> </ul>	<p><b>Connaissance et compréhension</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lorsque le rayonnement solaire (ensoleillement) entre dans l'atmosphère terrestre, de l'énergie devient non disponible pour les écosystèmes car elle est absorbée par la matière inorganique ou perdue par réflexion dans l'atmosphère.</li> <li>• Les voies de pénétration du rayonnement solaire dans l'atmosphère impliquent une perte de rayonnement par réflexion et absorption, tel qu'illustré à la figure 4.</li> </ul> <div data-bbox="705 1285 1257 1895" data-label="Figure"> <p>Figure 4 : Voies de pénétration du rayonnement. Le diagramme illustre le bilan énergétique du rayonnement solaire entrant (100%). Une partie est réfléchie (31% : 3% par dispersion, 19% par les nuages, 9% par le sol) et une autre partie est absorbée (69% : 49% par le sol, 17% par les molécules et les poussières, 3% par les nuages).</p> </div> <p><b>Directives et informations supplémentaires</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les élèves doivent pouvoir mesurer la productivité et la biomasse expérimentalement.</li> <li>• Les élèves peuvent concevoir des expériences visant à comparer la productivité dans différents systèmes.</li> <li>• Il faut insister sur la distinction entre les stocks d'énergie, indiqués par des rectangles dans les diagrammes de transfert d'énergie (représentant les divers niveaux trophiques), et les flux d'énergie ou la productivité, souvent indiqués par des flèches (parfois de tailles variables). Les premiers sont mesurés en quantité d'énergie ou de biomasse par unité de surface et les seconds sont des taux exprimés par exemple en <math>J\ m^{-2}\ jour^{-1}</math>.</li> <li>• Les élèves doivent comprendre le lien entre les rendements durables et la productivité.</li> <li>• Il faut comparer la PPB et la PPN de divers biomes.</li> <li>• Le terme « assimilation » est parfois utilisé à la place de « productivité secondaire ».</li> <li>• Les rôles de la calcification, de la sédimentation, de la lithification, de l'altération atmosphérique et des volcans dans le cycle du carbone ne sont <b>pas</b> requis.</li> <li>• Une connaissance détaillée du rôle des bactéries dans la fixation de l'azote, la nitrification et l'ammonification n'est <b>pas</b> requise.</li> </ul> <p><b>Sensibilité internationale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les impacts des activités humaines sur les flux d'énergie et de matière se produisent à l'échelle mondiale.</li> </ul>

Figure 4  
Voies de pénétration du rayonnement

2.3 Flux d'énergie et de matière	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les voies de pénétration de l'énergie à travers un écosystème incluent :                             <ul style="list-style-type: none"> <li>— la conversion de l'énergie lumineuse en énergie chimique ;</li> <li>— le transfert de l'énergie chimique d'un niveau trophique à l'autre avec des rendements variables ;</li> <li>— la conversion de la lumière ultraviolette et visible en chaleur par un écosystème ;</li> <li>— le renvoi d'énergie thermique dans l'atmosphère.</li> </ul> </li> <li>• La conversion d'énergie en biomasse pour une période de temps donnée est une mesure de la productivité.</li> <li>• La productivité primaire nette (PPN) est calculée en soustrayant les pertes par respiration (R) de la productivité primaire brute (PPB).</li> </ul> <p style="text-align: center;"><math>PPN = PPB - R</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La productivité secondaire brute (PSB) est l'énergie ou la biomasse totale assimilée par les consommateurs et est calculée en soustrayant la masse des excréments de la masse des aliments ingérés.</li> </ul> <p style="text-align: center;"><math>PSB = \text{aliments ingérés} - \text{excréments}</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La productivité secondaire nette (PSN) est calculée en soustrayant les pertes par respiration (R) de la PSB.</li> </ul> <p style="text-align: center;"><math>PSN = PSB - R</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les rendements durables maximum sont équivalents à la productivité primaire nette ou à la productivité secondaire nette d'un système.</li> <li>• La matière passe également à travers les écosystèmes, les reliant l'un à l'autre. Ce flux de matière met en jeu des transferts et des transformations.</li> <li>• Les cycles du carbone et de l'azote sont utilisés pour illustrer ce flux de matière en utilisant des diagrammes de flux. Ces cycles comportent des stockages (parfois appelés puits) et des flux qui déplacent la matière entre les stockages.</li> </ul>	<p><b>Théorie de la connaissance</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• L'énergie solaire régit les flux d'énergie et, tout au long de l'histoire, des « mythes » ont toujours existé au sujet de l'importance du soleil : quel rôle la mythologie et les anecdotes jouent-elles dans la transmission de la connaissance scientifique ?</li> </ul> <p><b>Liens</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systèmes de l'environnement et sociétés : introduction aux systèmes aqueux (4.1) ; introduction aux sols (5.1) ; capacité limite des populations humaines (8.4)</li> <li>• Programme du diplôme : biologie (thèmes 4 et 9 ; option C) ; chimie (option C) ; géographie (thème 3) ; physique (sujet 2.8)</li> </ul>

### 2.3 Flux d'énergie et de matière

- Les stockages dans le cycle du carbone incluent des organismes et des forêts (tous deux organiques) ou l'atmosphère, les sols, les combustibles fossiles et les océans (tous inorganiques).
- Les flux dans le cycle du carbone incluent la consommation (alimentation), la mort et la décomposition, la photosynthèse, la respiration, la dissolution et la fossilisation.
- Les stockages dans le cycle de l'azote incluent les organismes (organiques), le sol, les combustibles fossiles, l'atmosphère et les plans d'eau (tous inorganiques).
- Les flux dans le cycle de l'azote incluent la fixation de l'azote par les bactéries et la foudre, l'absorption, l'assimilation, la consommation (alimentation), l'excrétion, la mort et la décomposition et la dénitrification par les bactéries dans les sols saturés d'eau.
- Les activités humaines comme la combustion des combustibles fossiles, la déforestation, l'urbanisation et l'agriculture exercent un impact sur les flux d'énergie, de même que sur les cycles du carbone et de l'azote.

#### Applications et compétences

- **Analyser** les modèles quantitatifs de flux d'énergie et de matière.
- **Construire** un modèle quantitatif des flux d'énergie ou de matière pour des données fournies.
- **Analyser** l'efficacité des transferts d'énergie dans un système.
- **Calculer** les valeurs de la PPB et de la PPN à partir de données fournies.
- **Calculer** les valeurs de la PSB et de la PSN à partir de données fournies.
- **Discuter** des impacts des activités humaines sur les flux d'énergie et sur les cycles du carbone et de l'azote.

<b>2.4 Biomes, zonation et succession</b>	
<b>Idées importantes</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Le climat détermine le type de biome dans un endroit donné, mais les écosystèmes individuels peuvent varier en raison de nombreux facteurs abiotiques et biotiques locaux.</li> <li>La succession conduit à des communautés climatiques qui peuvent varier en raison d'événements aléatoires et d'interactions au cours du temps. Cela conduit à une structure d'états stables alternatifs pour un écosystème donné.</li> <li>Stabilité de l'écosystème, succession et biodiversité sont intrinsèquement liées.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le climat détermine le type de biome dans un endroit donné, mais les écosystèmes individuels peuvent varier en raison de nombreux facteurs abiotiques et biotiques locaux.</li> <li>La succession conduit à des communautés climatiques qui peuvent varier en raison d'événements aléatoires et d'interactions au cours du temps. Cela conduit à une structure d'états stables alternatifs pour un écosystème donné.</li> <li>Stabilité de l'écosystème, succession et biodiversité sont intrinsèquement liées.</li> </ul>
<b>Connaissance et compréhension</b>	<b>Directives et informations supplémentaires</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Les biomes sont des ensembles d'écosystèmes partageant des conditions climatiques similaires ; ils peuvent être regroupés en cinq classes principales : aquatique, forêt, prairie, désert et toundra. Chacune de ces classes a des facteurs limitants, une productivité et une biodiversité caractéristiques.</li> <li>L'ensoleillement, les précipitations et la température sont les principaux facteurs qui gouvernent la distribution des biomes.</li> <li>Le modèle tricellulaire de la circulation atmosphérique explique la distribution des précipitations et de la température et la manière dont elles influencent la structure et la relative productivité de différents biomes terrestres.</li> <li>Le changement climatique modifie la distribution des biomes et cause le déplacement des biomes.</li> <li>La zonation se réfère aux changements dans la communauté le long d'un gradient environnemental en raison de facteurs comme les changements d'altitude, la latitude, le niveau des marées ou la distance du rivage (couverture par l'eau).</li> <li>La succession est l'ensemble des modifications survenues au cours du temps dans un écosystème impliquant des communautés pionnières, intermédiaires et climaciques.</li> <li>Au cours de la succession, les structures de flux d'énergie, la productivité nette et brute, la diversité et les cycles de substances minérales changent au cours du temps.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les élèves doivent être encouragés à étudier au moins quatre paires de biomes différents qui les intéressent, comme les forêts tempérées et les forêts tropicales sèches ; ou les toundras et les déserts ; les récifs coralliens tropicaux et les cheminées hydrothermales ; ou les tourbières tempérées et les mangroves tropicales.</li> <li>Des exemples de zonation peuvent être étudiés dans le cadre du sujet 2.5.</li> <li>Il est important de distinguer zonation (un phénomène spatial) de succession (un phénomène temporel).</li> <li>Des exemples précis d'organismes de communautés pionnières, intermédiaires et climaciques doivent être fournis.</li> <li>Les systèmes présentant une zonation ou connaissant une succession sont appropriés pour des activités de terrain.</li> <li>Les espèces stratèges <math>r</math> sont celles qui produisent un grand nombre de descendants. Elles sont donc adaptées à la colonisation rapide de nouveaux habitats et à l'utilisation de ressources éphémères, alors que les espèces stratèges <math>K</math> tendent à produire une descendance réduite, ce qui augmente leur taux de survie et permet leur adaptation à la vie dans des communautés climaciques stables.</li> </ul> <p><b>Sensibilité internationale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>La zonation existe à différentes échelles tant locale que mondiale.</li> </ul>

2.4 Biomes, zonation et succession	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Une plus grande diversité des habitats entraîne une diversité des espèces et une diversité génétique plus grandes.</li> <li>• Les espèces stratégiques <math>r</math> et <math>K</math> possèdent des stratégies reproductives mieux adaptées aux communautés pionnières et climaciques, respectivement.</li> <li>• Dans les premières phases de la succession, la productivité brute est faible, en raison des conditions initiales défavorables et de la faible densité des producteurs. La proportion d'énergie perdue par la respiration de la communauté est également relativement faible, de sorte que la productivité nette est élevée ; c'est-à-dire que le système est en phase de croissance et que la biomasse s'accumule.</li> <li>• Dans les phases ultérieures de la succession, avec une communauté de consommateurs plus importante, la productivité brute peut être élevée dans une communauté climacique. Toutefois, ce phénomène est compensé par la respiration, de sorte que la productivité nette se rapproche de zéro et que le rapport production sur respiration (P/R) se rapproche de 1.</li> <li>• Dans un écosystème complexe, la diversité des filières alimentaires et énergétiques contribue à la stabilité.</li> <li>• Il n'existe pas une communauté climacique, mais plutôt un ensemble d'états stables alternatifs pour un écosystème donné. Ces états dépendent de facteurs climatiques, des propriétés des sols locaux et de l'éventail d'événements aléatoires qui peuvent se produire au cours du temps.</li> <li>• L'activité humaine est un facteur qui peut détourner la progression de la succession vers un état stable alternatif en modifiant l'écosystème ; par exemple, le brûlage dans un écosystème, l'agriculture, le broutage ou l'utilisation des ressources (comme la déforestation). Ce détournement peut être plus ou moins permanent selon la résilience de l'écosystème.</li> <li>• L'aptitude d'un écosystème à survivre au changement peut dépendre de sa diversité et de sa résilience.</li> </ul>	<p><b>Théorie de la connaissance</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les écosystèmes sont étudiés en mesurant des facteurs biotiques et abiotiques : comment peut-on savoir à l'avance lesquels de ces facteurs sont importants pour l'étude ?</li> </ul> <p><b>Liens</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systèmes de l'environnement et sociétés : énergie et équilibres (1.3) ; étude des écosystèmes (2.5) ; changement climatique : causes et impacts (7.2) ; systèmes de production alimentaire terrestres et choix alimentaires (5.2) ; dégradation et conservation des sols (5.3)</li> <li>• Programme du diplôme : géographie (thème 3) ; biologie (thèmes 4)</li> </ul>

2.4 Biomes, zonation et succession

**Applications et compétences**

- **Expliquer** les distributions, la structure, la biodiversité et la productivité relative de biomes différents.
- **Analyser** les données pour un éventail de biomes.
- **Discuter** de l'impact du changement climatique sur les biomes.
- **Décrire** le processus de succession dans un exemple donné.
- **Expliquer** les structures générales de changements dans les communautés qui connaissent une succession.
- **Discuter** des facteurs qui peuvent conduire à des états stables alternatifs dans un écosystème.
- **Discuter** des relations entre stabilité de l'écosystème, succession, diversité et activité humaine.
- **Distinguer** les rôles des espèces stratégies *r* et *K* dans la succession.
- **Interpréter** des modèles ou des graphiques en lien avec la succession et la zonation.

### 2.5 Étude des écosystèmes

#### **Idées importantes**

- La description et l'étude des écosystèmes permettent d'effectuer des comparaisons entre différents écosystèmes; ils peuvent ainsi être suivis, modélisés et évalués au cours du temps, en mesurant à la fois les changements naturels et les impacts de l'activité humaine.
- Les écosystèmes peuvent être mieux compris au moyen de travaux de recherche et de la quantification de leurs composantes.

2.5 Étude des écosystèmes	
<p><b>Connaissance et compréhension</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• L'étude d'un écosystème exige que ce dernier soit identifié et localisé ; par exemple, Deimikerwald à Baar en Suisse ; une forêt mixte aménagée de feuillus et de conifères.</li> <li>• Les organismes dans un écosystème peuvent être identifiés en utilisant divers outils notamment des clés, des comparaisons avec des herbiers ou des collections de spécimens, des technologies et de l'expertise scientifique.</li> <li>• Les stratégies d'échantillonnage peuvent être utilisées pour mesurer les variations spatiales et temporelles des facteurs biotiques et abiotiques, en fonction d'un gradient environnemental, lors de la succession et après l'impact des activités humaines (par exemple, dans le cadre des EIE).</li> <li>• Les mesures doivent être répétées afin d'augmenter la fiabilité des données. Le nombre de répétitions requises dépend du facteur mesuré.</li> <li>• Les méthodes d'estimation des niveaux trophiques de biomasse et d'énergie dans une communauté comprennent la mesure de la masse sèche, la combustion contrôlée et l'extrapolation à partir d'échantillons. Les données obtenues par ces méthodes peuvent être utilisées pour construire des pyramides écologiques.</li> <li>• Les méthodes d'estimation de l'abondance des organismes non mobiles comprennent l'utilisation des quadrats pour effectuer un dénombrement réel, en mesurant la densité de population, la fréquence en pourcentage et le pourcentage d'occupation.</li> <li>• Les méthodes directes et indirectes d'estimation de l'abondance des organismes mobiles peuvent être décrites et évaluées. Les méthodes directes comprennent les dénombrements et l'échantillonnage réels. Les méthodes indirectes comprennent la capture, le marquage, la libération, la recapture avec l'application de l'indice de Lincoln.</li> </ul>	<p><b>Directives et informations supplémentaires</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lorsque les élèves construisent des clés d'identification, il faut leur rappeler que les termes génériques comme « gros » et « petit » ne sont pas utiles. Les descripteurs quantitatifs comparatifs et la simple identification de la présence ou de l'absence de caractéristiques externes sont les plus utiles dans les clés.</li> <li>• La conception de stratégies d'échantillonnage doit être appropriée pour son utilisation et fournir une représentation valable du système étudié. Les techniques d'échantillonnage appropriées comprennent les techniques aléatoires ou systématiques dans un environnement uniforme ou des coupes transversales selon un gradient environnemental.</li> <li>• Les élèves devront se familiariser avec la mesure d'au moins trois facteurs abiotiques. Ces facteurs peuvent provenir d'écosystèmes différents, comme :             <ul style="list-style-type: none"> <li>– l'écosystème marin : salinité, pH, température, oxygène dissous, action des vagues ;</li> <li>– l'écosystème dulçaquicole : turbidité, vitesse d'écoulement, pH, température, oxygène dissous ;</li> <li>– l'écosystème terrestre : température, intensité de la lumière, vitesse du vent, taille des particules, pente, humidité du sol, drainage, contenu minéral.</li> </ul> </li> <li>• Parmi les impacts de l'activité humaine, on pourra choisir le rejet de polluants toxiques de l'industrie minière, les décharges, l'eutrophisation, les effluents, les déversements de pétrole, la surexploitation et les changements d'utilisation des sols (par exemple, la déforestation, le développement ou l'utilisation pour des activités touristiques).</li> <li>• Des études intéressantes peuvent être entreprises à l'aide de cartes historiques ou de données du système d'information géographique (SIG) afin de retracer l'utilisation des sols.</li> </ul>

## 2.5 Étude des écosystèmes

<p>Indice de Lincoln = <math>\frac{n_1 \cdot n_2}{n_m}</math></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <math>n_1</math> est le nombre d'organismes capturés dans le premier échantillon.</li> <li>- <math>n_2</math> est le nombre d'organismes capturés dans le deuxième échantillon.</li> <li>- <math>n_m</math> est le nombre d'organismes capturés dans le deuxième échantillon et qui étaient marqués.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La richesse en espèces est le nombre d'espèces dans une communauté et constitue une mesure comparative utile.</li> <li>• La diversité des espèces est une fonction du nombre d'espèces et de leur relative abondance et peut être comparée en utilisant un indice. Il existe de nombreuses versions d'indices de diversité, mais on attend des élèves qu'ils soient capables d'appliquer et d'évaluer seulement le résultat de l'indice de diversité de Simpson tel qu'illustré ci-après. En utilisant cette formule, plus le résultat est élevé (D), plus la diversité des espèces est grande. L'indication de la diversité n'est utile qu'en comparant deux habitats semblables, ou le même habitat au cours du temps.</li> </ul> $ID = \frac{N(N-1)}{n(n-1)}$ <p>D est l'indice de diversité de Simpson  N est le nombre total d'organismes de toutes les espèces trouvées.  n est le nombre d'individus d'une espèce particulière.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les formules ne doivent pas nécessairement être mémorisées, mais doivent être appliquées à des données fournies.</li> <li>• Le pourcentage d'occupation est une estimation de la surface dans un cadre d'une taille donnée (quadrat) couverte par les végétaux en question. La fréquence en pourcentage est le nombre d'occurrences divisé par le nombre d'occurrences possibles ; par exemple, si une plante est présente dans 5 des 100 carrés dans un quadrat, la fréquence en pourcentage est alors de 5 %.</li> <li>• Des habitats similaires peuvent être comparés en utilisant D ; une valeur faible dans un habitat peut indiquer un impact de l'activité humaine. Toutefois, des valeurs faibles de D dans la toundra arctique peuvent représenter des sites stables et anciens.</li> <li>• Toutes les recherches sur les écosystèmes doivent suivre les directives énoncées dans la <i>Politique de l'IB relative à l'expérimentation animale dans les écoles du monde de l'IB</i>.</li> </ul> <p><b>Sensibilité internationale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• L'utilisation de méthodes d'études écologiques standardisées au niveau international est nécessaire pour effectuer des comparaisons transfrontières.</li> </ul> <p><b>Théorie de la connaissance</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quand une donnée quantitative est-elle supérieure à une donnée qualitative dans la connaissance du monde ?</li> <li>• Les expériences de laboratoire contrôlées sont souvent perçues comme la caractéristique marquante de la méthode scientifique, mais elles ne sont pas possibles dans les travaux sur le terrain : dans quelle mesure la connaissance obtenue au cours d'une expérience d'observation dans la nature est-elle moins scientifique qu'une expérience effectuée sous la forme de manipulations en laboratoire ?</li> </ul>
--	---

2.5 Étude des écosystèmes	
<p><b>Applications et compétences</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Concevoir</b> et effectuer des recherches écologiques.</li> <li>• <b>Construire</b> des clés d'identification simples pour huit espèces au maximum.</li> <li>• <b>Évaluer</b> des stratégies d'échantillonnage.</li> <li>• <b>Évaluer</b> des méthodes de mesure d'au moins trois facteurs abiotiques dans un écosystème.</li> <li>• <b>Évaluer</b> des méthodes de recherche sur les variations en fonction d'un gradient environnemental et l'effet de l'impact des activités humaines dans un écosystème.</li> <li>• <b>Évaluer</b> des méthodes d'estimation de la biomasse à différents niveaux trophiques dans un écosystème.</li> <li>• <b>Évaluer</b> des méthodes de mesure ou d'estimation de populations d'organismes mobiles et non mobiles.</li> <li>• <b>Calculer</b> et interpréter des données de richesse et de la diversité des espèces.</li> <li>• <b>Dessiner</b> des graphiques pour illustrer la diversité des espèces dans une communauté au cours du temps, ou entre des communautés.</li> </ul>	<p><b>Liens</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systèmes de l'environnement et sociétés : durabilité (1.4) ; biodiversité et conservation (thème 3)</li> <li>• Programme du diplôme : biologie (thème 4) ; chimie (thème 11)</li> </ul>

## Thème 3 – Biodiversité et conservation (13 heures)

**Grandes questions :** ce thème peut s'avérer particulièrement approprié pour aborder les grandes questions B, C, D, E et F.

<p><b>3.1 Introduction à la biodiversité</b></p>	
<p><b>Idées importantes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La biodiversité peut être identifiée dans une variété de formes, notamment la diversité des espèces, la diversité des habitats et la diversité génétique.</li> <li>• La capacité de comprendre et de quantifier la biodiversité est importante pour les efforts de conservation.</li> </ul>	
<p><b>Connaissance et compréhension</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La biodiversité est un concept large englobant la diversité totale des systèmes vivants, qui inclut la diversité des espèces, la diversité des habitats et la diversité génétique.</li> <li>• La diversité des espèces dans les communautés est un produit de deux variables : le nombre d'espèces (richesse) et leurs proportions relatives (uniformité).</li> <li>• Les communautés peuvent être décrites et comparées par l'utilisation des indices de diversité. En comparant les communautés qui sont semblables, une faible diversité peut être une indication de pollution, d'eutrophisation ou de colonisation récente du site. Le nombre d'espèces présentes dans une région est souvent une indication de modèles généraux de biodiversité.</li> <li>• La diversité des habitats représente l'éventail des différents habitats dans un écosystème ou un biome.</li> <li>• La diversité génétique représente l'éventail de matériel génétique présent dans une population d'une espèce.</li> </ul>	<p><b>Directives et informations supplémentaires :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• L'interprétation de la diversité est complexe ; une diversité faible peut être présente dans des sites naturels, anciens et non pollués (par exemple, dans les écosystèmes arctiques).</li> <li>• La diversité des espèces dans une communauté est une composante d'une description plus large de la biodiversité d'un écosystème entier.</li> </ul> <p><b>Sensibilité internationale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La collaboration scientifique internationale est importante dans la conservation des régions riches en biodiversité.</li> </ul> <p><b>Théorie de la connaissance</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le terme « biodiversité » a remplacé le terme « nature » dans beaucoup de publications sur les questions de conservation : est-ce que cela représente un changement de paradigme ?</li> </ul>

3.1 Introduction à la biodiversité	
<ul style="list-style-type: none"> <li>La quantification de la biodiversité est importante pour les efforts de conservation, afin de permettre l'identification et l'exploration des lieux de biodiversité élevée, ainsi que la mise en place de mesures de conservation appropriées lorsque c'est possible.</li> <li>La capacité à évaluer les variations de la biodiversité dans une communauté donnée au cours du temps est importante pour évaluer l'impact des activités humaines dans la communauté.</li> </ul> <p><b>Applications et compétences</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Distinguer</b> entre biodiversité, diversité des espèces, diversité des habitats et diversité génétique.</li> <li><b>Commenter</b> les valeurs relatives de données sur la biodiversité.</li> <li><b>Discuter</b> de l'utilité de fournir des valeurs numériques de la diversité des espèces pour comprendre la nature des communautés biologiques et la conservation de la biodiversité.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>L'indice de diversité n'est pas une mesure dans le vrai sens du terme, mais simplement un nombre (indice), étant donné qu'il implique un jugement subjectif sur la combinaison de deux mesures : proportion et richesse. Existe-t-il des exemples dans d'autres domaines de la connaissance de l'usage subjectif des nombres ?</li> </ul> <p><b>Liens</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Systèmes de l'environnement et sociétés : fondements des systèmes de l'environnement et sociétés (thème 1) ; étude des écosystèmes (2.5) ; pollution de l'eau (4.4) ; dépôts acides (6.4) ; changement climatique : causes et impacts (7.2)</li> <li>Programme du diplôme : biologie (thèmes 5 et 10)</li> </ul>

<p><b>3.2 Origines de la biodiversité</b></p>	<p><b>Idées importantes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• L'évolution est une modification graduelle des caractéristiques génétiques au cours de nombreuses générations, accomplie largement par le mécanisme de la sélection naturelle.</li> <li>• La variation environnementale fournit de nouveaux défis aux espèces, ce qui provoque l'évolution de la diversité.</li> <li>• Des événements majeurs d'extinctions massives se sont produits au cours du passé géologique.</li> </ul>
<p><b>Connaissance et compréhension</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La biodiversité résulte de processus évolutifs.</li> <li>• La variation biologique se produit de façon aléatoire et peut être bénéfique ou nuisible à la survie de l'individu, ou encore n'avoir aucun impact sur cette dernière.</li> <li>• La sélection naturelle se produit par le mécanisme suivant.       <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dans une population d'une espèce donnée, une diversité génétique se produit. Cette diversité est appelée variation.</li> <li>2. En raison de la variation naturelle, certains individus seront mieux adaptés que d'autres.</li> <li>3. Les individus mieux adaptés posséderont un avantage et se reproduiront avec de meilleurs résultats que les individus moins bien adaptés.</li> <li>4. Les descendants des individus les mieux adaptés peuvent hériter des gènes qui donnent cet avantage.</li> </ol> </li> <li>• Cette sélection naturelle contribue à l'évolution de la biodiversité au cours du temps.</li> <li>• La variation environnementale apporte de nouveaux défis aux espèces : celles qui sont mieux adaptées survivent et celles qui ne sont pas adaptées ne survivent pas.</li> <li>• La spéciation est la formation de nouvelles espèces lorsque les populations d'une espèce deviennent isolées et évoluent différemment des autres populations.</li> </ul>	<p><b>Directives et informations supplémentaires</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La sélection naturelle est une force motrice de l'évolution, parfois appelée « survie des plus forts ». Dans ce contexte, la signification de « plus forts » est comprise comme étant « mieux adaptés à la niche ».</li> </ul> <p><b>Sensibilité internationale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Au sein de la population humaine, des caractéristiques distinctes sont apparues dans différentes populations par la sélection naturelle et l'exposition à des conditions environnementales qui ont été uniques aux régions de ces populations. Comment la globalisation a-t-elle altéré certains facteurs environnementaux qui étaient autrefois communs à différentes populations humaines ?</li> <li>• L'impact des activités humaines a augmenté la vitesse à laquelle certaines extinctions massives sont survenues à l'échelle mondiale.</li> </ul> <p><b>Théorie de la connaissance</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La théorie de l'évolution par la sélection naturelle nous dit que les variations dans les populations sont réalisées par le processus de sélection naturelle : y a-t-il une différence entre une théorie convaincante et une théorie correcte ?</li> </ul> <p><b>Liens</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systèmes de l'environnement et sociétés : biomes, zonation et succession (2.4) ; changement climatique : causes et impacts (7.2)</li> <li>• Programme du diplôme : biologie (thème 5)</li> </ul>

<p><b>3.2 Origines de la biodiversité</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'isolement de populations peut être causé par les variations environnementales qui créent des obstacles physiques, tels que la formation de montagnes, les changements dans les rivières, la variation du niveau de la mer, le changement climatique ou le mouvement des plaques. La surface de la croûte terrestre est divisée en plaques tectoniques qui ont bougé au cours du temps géologique. Ce mouvement a conduit à la création de ponts terrestres et de barrières physiques ayant des implications sur l'évolution.</li> <li>• La distribution des continents a également causé des variations climatiques et des variations dans l'approvisionnement alimentaire, les deux contribuant à l'évolution.</li> <li>• Les extinctions massives du passé ont été causées par divers facteurs, tels que les mouvements de la tectonique des plaques, l'éruption de super volcans, les changements climatiques (incluant les sécheresses et les périodes glaciaires) et l'impact de météorites : tous ces phénomènes ont entraîné de nouvelles directions dans l'évolution et par conséquent une biodiversité accrue.</li> </ul> <p><b>Applications et compétences</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Expliquer</b> comment l'activité des plaques a influencé l'évolution et la biodiversité.</li> <li>• <b>Discuter</b> des causes des extinctions massives.</li> </ul>
---	---

<p><b>3.3 Menaces sur la biodiversité</b></p> <p><b>Idées importantes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Alors que la biodiversité de la Terre est difficile à quantifier, elle décroît rapidement en raison de l'activité humaine. La classification de l'état de conservation d'une espèce peut fournir un précieux outil dans la conservation de la biodiversité.</li> </ul>	<p><b>Connaissance et compréhension</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Les estimations du nombre total d'espèces sur la Terre varient considérablement. Ces nombres reposent sur des modèles mathématiques qui sont influencés par des problèmes de classification et un manque de financement de la recherche scientifique, provoquant ainsi une sous-comptabilisation importante de nombreux habitats et groupes.</li> <li>Les taux actuels de pertes d'espèces sont très supérieurs aujourd'hui par rapport au passé récent, en raison de l'influence accrue des activités humaines. On compte parmi les activités humaines entraînant l'extinction d'espèces la destruction des habitats, l'introduction d'espèces invasives, la pollution, la surexploitation agricole et la chasse.</li> <li>L'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) publie des données dans la <i>Liste rouge des espèces menacées</i> dans plusieurs catégories. Parmi les facteurs utilisés pour déterminer l'état de conservation d'une espèce on trouve la taille de la population, le degré de spécialisation, la distribution, le potentiel et le comportement reproducteurs, le cadre géographique et le degré de fragmentation, la qualité de l'habitat, le niveau trophique et la probabilité d'extinction.</li> <li>Les biomes tropicaux comportent certaines zones les plus riches en biodiversité à l'échelle mondiale et leur exploitation non durable entraîne des pertes massives au niveau de la biodiversité et de leur capacité à remplir leurs importantes fonctions écologiques au niveau mondial.</li> <li>La plupart des biomes tropicaux existent dans des pays moins développés économiquement (PMDE), ce qui fait naître des conflits entre l'exploitation, le développement durable et la conservation.</li> </ul> <p><b>Directives et informations supplémentaires</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Le nombre total d'espèces répertoriées constitue une petite fraction du nombre total estimé d'espèces et il continue à augmenter. Les estimations des taux d'extinction qui en sont les conséquences sont également variées, mais on pense que les taux actuels d'extinction sont de 100 à 10 000 fois supérieurs aux taux naturels.</li> <li>Des études de cas de trois espèces doivent être réalisées Dans chaque cas, les pressions écologiques, sociopolitiques ou économiques qui ont un impact sur les espèces doivent être explorées. Les rôles écologiques des espèces et les conséquences possibles de leur disparition doivent être étudiés.</li> </ul> <p><b>Sensibilité internationale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>La conservation doit être assurée au niveau inférieur, afin de créer des changements significatifs dans les communautés qui vivent dans le voisinage de zones de conservation. Les organisations internationales sont importantes pour l'application de la Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES) ; elles évaluent l'état des nombres d'espèces à l'échelle mondiale et influencent les gouvernements.</li> <li>La science de la taxonomie est importante pour la compréhension de l'extinction des espèces. Des enquêtes importantes sont réalisées avec l'aide d'équipes internationales de spécialistes.</li> </ul> <p><b>Théorie de la connaissance</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Il peut y avoir des conséquences à long terme lorsque la biodiversité est perdue : les gens doivent-ils être tenus moralement responsables des conséquences à long terme de leurs actions ?</li> </ul>
---	---

<b>3.3 Menaces sur la biodiversité</b>	
<p><b>Applications et compétences</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Discuter</b> des histoires de cas de trois espèces différentes : une espèce qui s'est éteinte à cause des activités humaines, une autre sérieusement menacée et une troisième dont l'état de conservation a été amélioré grâce à une intervention.</li> <li>• <b>Décrire</b> les menaces imposées à la biodiversité par les activités humaines dans une zone naturelle d'importance biologique ou dans une zone de conservation.</li> <li>• <b>Évaluer</b> l'impact de l'activité humaine sur la biodiversité des biomes tropicaux.</li> <li>• <b>Discuter</b> du conflit entre l'exploitation, le développement durable et la conservation des biomes tropicaux.</li> </ul>	<p><b>Liens</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systèmes de l'environnement et sociétés : durabilité (1.4) ; communautés et écosystèmes (2.2) ; pollution de l'eau (4.4) ; dégradation et conservation des sols (5.3) ; utilisation des ressources dans la société (8.2)</li> <li>• Programme du diplôme : géographie (thème 3) ; biologie (thème 5 et option C)</li> </ul>

3.4 Conservation de la biodiversité	
<p><b>Idées importantes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• L'impact de la perte de biodiversité est le moteur des efforts de conservation.</li> <li>• La variété des arguments fournis en faveur de la conservation de la biodiversité dépend des systèmes de valeurs de l'environnement.</li> <li>• Il existe une variété d'approches de la conservation de la biodiversité, chacune dotée de points forts et de limites.</li> </ul>	<p><b>Directives et informations supplémentaires</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les arguments économiques en faveur de la préservation impliquent souvent la mise en valeur de l'écotourisme, des ressources génétiques et de considérations commerciales à propos du capital naturel. Les raisons écologiques peuvent être associées à l'écosystème. Les arguments éthiques sont très larges et peuvent inclure la valeur intrinsèque de l'espèce ou sa valeur utilitaire.</li> <li>• Des conventions internationales sur la conservation et la biodiversité ont été adoptées au cours des dernières décennies.</li> <li>• Un exemple spécifique de zone protégée et du succès atteint doit être étudié.</li> </ul>
<p><b>Connaissance et compréhension</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les arguments en faveur de la préservation des espèces et des habitats peuvent être fondés sur des justifications esthétiques, écologiques, économiques, éthiques et sociales.</li> <li>• Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales (ONG) sont impliquées dans la conservation et la restauration des écosystèmes et de la biodiversité avec des degrés d'efficacité variables, en raison de leur utilisation des médias, de la promptitude de réaction, des contraintes diplomatiques, des ressources financières et de l'influence politique.</li> <li>• Les récentes conventions internationales sur la biodiversité travaillent à la création d'une collaboration entre les nations pour la conservation de la biodiversité.</li> </ul>	

3.4 Conservation de la biodiversité	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les approches de la conservation comprennent la conservation des habitats, la conservation basée sur les espèces et une approche mixte.</li> <li>• Les critères à prendre en considération lors de la conception de zones protégées comprennent la taille, la forme, les effets à la marge, les corridors et la proximité de l'influence possible des êtres humains.</li> <li>• Des approches alternatives au développement de zones protégées sont des stratégies de conservation basées sur les espèces comprenant :             <ul style="list-style-type: none"> <li>– la CITES ;</li> <li>– des programmes de réintroduction et de reproduction en captivité et des zoos ;</li> <li>– le choix d'espèces « charismatiques » pour aider à protéger les autres dans une zone (espèces emblématiques) ;</li> <li>– le choix d'espèces clés pour protéger l'intégrité du réseau alimentaire.</li> </ul> </li> <li>• Le soutien de la société, le financement adéquat et des recherches adaptées influencent le succès des efforts de conservation.</li> <li>• Le lieu d'une zone de conservation dans un pays est un facteur important pour le succès de l'effort de conservation. L'utilisation des terres environnantes pour la zone de conservation et la distance des centres urbains sont des facteurs importants à prendre en considération dans la conception des zones de conservation.</li> </ul> <p><b>Applications et compétences</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Expliquer</b> les critères utilisés pour la conception et la gestion de zones protégées.</li> <li>• <b>Évaluer</b> le succès d'une zone protégée donnée.</li> <li>• <b>Évaluer</b> différentes approches pour la protection de la biodiversité.</li> </ul>	<p><b>Sensibilité internationale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les organisations internationales comme le Fonds mondial pour la nature (WWF), Greenpeace, Amis de la terre international et la Terre d'abord! entreprennent des programmes à l'échelle mondiale en matière de conservation de la biodiversité.</li> </ul> <p><b>Théorie de la connaissance</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Il existe différentes approches pour la conservation de la biodiversité : comment pouvons-nous déterminer à quel moment nous devrions être disposés à agir en connaissance de cause ?</li> </ul> <p><b>Liens</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systèmes de l'environnement et sociétés : systèmes de valeurs de l'environnement (1.1) ; communautés et écosystèmes (2.2) ; utilisation des ressources dans la société (8.2)</li> <li>• Programme du diplôme : géographie (thème 3) ; biologie (option C)</li> </ul>

## Thème 4 – Systèmes aqueux et systèmes de production alimentaire aquatiques et sociétés (15 heures)

**Grandes questions :** ce thème peut être particulièrement approprié pour aborder les grandes questions A, B, E et F.

4.1 Introduction aux systèmes aqueux	
<p><b>Idées importantes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Le cycle hydrologique est un système de flux et de stockages de l'eau qui peut être perturbé par l'activité humaine.</li> <li>Le système circulatoire océanique (tapis roulant océanique) influence le climat et la distribution de l'eau dans le monde (matière et énergie).</li> </ul>	<p><b>Directives et informations supplémentaires</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>L'effet de l'urbanisation sur les débits d'eau et la possibilité d'inondations soudaines doivent être étudiés</li> </ul> <p><b>Sensibilité internationale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>De nombreux cycles hydrologiques sont partagés entre diverses nations. Ce partage peut entraîner des différends à l'échelle internationale.</li> </ul> <p><b>Théorie de la connaissance</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Le cycle hydrologique est représenté selon un modèle de systèmes : dans quelle mesure les schémas de systèmes peuvent-ils modéliser efficacement la réalité, étant donné qu'ils ne sont fondés que sur des caractéristiques observables limitées ?</li> </ul>
<p><b>Connaissance et compréhension</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Le rayonnement solaire est le moteur du cycle hydrologique.</li> <li>L'eau douce ne représente qu'une petite part (environ 2,6 % en volume) des stocks d'eau de la Terre.</li> <li>Les stocks dans le cycle hydrologique comprennent les organismes, les sols et divers plans d'eau dont les océans, les eaux souterraines (nappes aquifères), les lacs, les cours d'eau, l'atmosphère, les glaciers et les calottes glaciaires.</li> <li>Les flux dans le cycle hydrologique comprennent l'évapotranspiration, la sublimation, l'évaporation, la condensation, l'advection (mouvement dû au vent), les précipitations, la fonte, le gel, les inondations, l'écoulement des eaux de surface, l'infiltration, la percolation et l'écoulement fluvial ou les courants.</li> </ul>	

<p><b>4.1 Introduction aux systèmes aqueux</b></p>	<p><b>Liens</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systèmes de l'environnement et sociétés : changement climatique : causes et impacts (7.2) ; systèmes de production alimentaire terrestres et choix alimentaires (5.2) ; systèmes de production alimentaires aquatiques (4.3) ; utilisation des ressources dans la société (8.2) ; durabilité (1,4)</li> <li>• Programme du diplôme : anthropologie sociale et culturelle ; géographie (options A et D)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les activités humaines comme l'agriculture, la déforestation et l'urbanisation ont un impact significatif sur l'écoulement des eaux de surface et l'infiltration.</li> <li>• Les systèmes circulatoires océaniques sont mus par les différences de température et de salinité. La différence résultante de la densité de l'eau est le moteur du tapis roulant océanique qui distribue la chaleur partout dans le monde et influe par conséquent sur le climat.</li> </ul> <p><b>Applications et compétences</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Discuter</b> de l'impact des activités humaines sur le cycle hydrologique.</li> <li>• <b>Construire et analyser</b> un schéma de cycle hydrologique.</li> </ul>

4.2 Accès à l'eau douce	
<p><b>Idées importantes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les ressources en eau douce sont disponibles et distribuées inégalement ce qui peut susciter des conflits et des préoccupations sur la sécurité de l'eau.</li> <li>• Les ressources en eau douce peuvent être gérées de façon durable en utilisant une variété d'approches différentes.</li> </ul>	<p><b>Directives et informations supplémentaires</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prendre en considération des exemples de distribution inégale et inéquitable.</li> </ul> <p><b>Sensibilité internationale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Un accès inégal à l'eau douce peut causer des conflits entre des pays qui ont de l'eau douce en abondance et ceux qui n'en ont pas.</li> </ul> <p><b>Théorie de la connaissance</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Des agences d'aide humanitaire utilisent souvent des publicités émotives autour des questions de sécurité de l'eau : dans quelle mesure l'émotion peut-elle être utilisée pour manipuler la connaissance et les actions ?</li> </ul> <p><b>Liens</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systèmes de l'environnement et sociétés : changement climatique : causes et impacts (7.2) ; systèmes de production alimentaire terrestres et choix alimentaires (5.2) ; systèmes de production alimentaires aquatiques (4.3) ; utilisation des ressources dans la société (8.2) ; durabilité (1.4)</li> <li>• Programme du diplôme : anthropologie sociale et culturelle ; géographie (thème 3 ; options A, B et F) ; économie</li> </ul>
<p><b>Connaissance et compréhension</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• L'accès à un approvisionnement adéquat en eau douce varie grandement.</li> <li>• Le changement climatique peut perturber le régime des précipitations et affecter davantage cet accès.</li> <li>• À mesure que les populations, l'irrigation et l'industrialisation s'accroissent, la demande en eau douce augmente.</li> <li>• Les approvisionnements en eau douce peuvent devenir limités par la contamination et des prélèvements non durables.</li> <li>• Les approvisionnements en eau peuvent être améliorés par des réservoirs, la redistribution, le dessalement, la recharge artificielle d'aquifères et des systèmes de récupération des eaux de pluie. La conservation de l'eau (incluant le recyclage des eaux grises) peut contribuer à réduire la demande, mais exige souvent un changement d'attitude de la part des consommateurs.</li> <li>• La rareté des ressources hydriques peut créer des conflits entre des populations humaines, notamment aux endroits où les sources sont partagées.</li> </ul> <p><b>Applications et compétences</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Évaluer</b> les stratégies qui peuvent être utilisées pour satisfaire une demande croissante pour l'eau douce.</li> <li>• <b>Discuter</b>, en tenant compte d'une étude de cas, de la manière dont les ressources en eau douce ont donné naissance à des conflits internationaux.</li> </ul>	

4.3 Systèmes de production alimentaire aquatiques	
<p><b>Idées importantes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les systèmes aquatiques fournissent une source de production alimentaire.</li> <li>• L'utilisation non durable des écosystèmes aquatiques peut entraîner une dégradation environnementale et l'effondrement des pêches sauvages.</li> <li>• L'aquaculture offre un potentiel pour une production alimentaire accrue.</li> </ul>	<p><b>Directives et informations supplémentaires</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les pêches sauvages sont également appelées « pêches de capture ».</li> <li>• L'aquaculture est l'élevage d'organismes aquatiques dans des zones côtières et à l'intérieur des terres ; elle implique une intervention dans le processus d'élevage pour améliorer la production.</li> <li>• Il convient d'examiner différents points de vue à l'égard de la récolte d'une espèce qui est sujette à controverse ; par exemple, la tradition historique inuite de la chasse à la baleine par opposition aux conventions internationales modernes.</li> <li>• Lorsqu'on examine l'accroissement de la demande en ressources alimentaires, il faut prendre en considération les changements d'attitude envers les « aliments santé » et les modes alimentaires.</li> <li>• Il convient d'examiner comment deux types de pêche différents ont été gérés et de faire le lien avec les concepts de durabilité ; par exemple, la pêche à la morue à Terre-Neuve et en Islande. Il est nécessaire de traiter les questions suivantes : les améliorations des bateaux, les engins de pêche (les filets des chalutiers) et la détection des pêches et des bateaux par satellite. Les aspects de gestion doivent comprendre l'utilisation de quotas, la désignation de zones de protection marine (zones d'exclusion) et la restriction sur les types et la taille des engins de pêche (incluant la largeur des mailles des filets).</li> <li>• Les élèves doivent comprendre le rendement durable maximum (RDM) appliqué aux stocks de poisson.</li> </ul>
<p><b>Connaissance et compréhension</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La demande pour les ressources alimentaires aquatiques est en croissance constante à mesure que la population humaine augmente et que les régimes alimentaires changent.</li> <li>• La photosynthèse par le phytoplancton soutient un éventail hautement diversifié de réseaux alimentaires.</li> <li>• La flore et la faune aquatiques (espèces d'eau douce et d'eau de mer) sont récoltées par les humains.</li> <li>• Les taux les plus élevés de productivité se retrouvent près des côtes ou dans les mers peu profondes où les remontées et l'enrichissement en nutriment des eaux de surface se produisent.</li> <li>• La capture de certaines espèces, comme les phoques et les baleines peut être controversée. Des enjeux éthiques se posent sur les biodroits, les droits des cultures indigènes et la législation internationale en matière de conservation.</li> <li>• Les développements du matériel de pêche et les changements des méthodes de pêche ont entraîné la diminution des stocks de poissons et des dommages infligés aux habitats.</li> <li>• L'exploitation non durable des systèmes aquatiques peut être atténuée à divers niveaux (international, national, local et individuel) par des politiques, par la législation et par les changements de comportement des consommateurs.</li> </ul>	

4.3 Systèmes de production alimentaire aquatiques	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'aquaculture a progressé, afin de fournir des ressources alimentaires additionnelles et soutenir le développement économique ; on s'attend à ce qu'elle poursuive son essor.</li> <li>• On compte parmi les enjeux autour de l'aquaculture la perte d'habitats, la pollution (avec les aliments pour animaux, les agents anti-salissures, les antibiotiques et d'autres médicaments ajoutés aux parcs à poissons), la propagation de maladies et la fuite d'espèces (certaines constituées d'organismes génétiquement modifiés).</li> </ul> <p><b>Applications et compétences</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Discuter</b>, en tenant compte d'une étude de cas, de la récolte controversée d'espèces précises.</li> <li>• <b>Évaluer</b> les stratégies qui peuvent être utilisées pour éviter la pêche non durable.</li> <li>• <b>Expliquer</b> la valeur potentielle de l'aquaculture pour fournir des aliments aux générations futures.</li> <li>• <b>Discuter</b> d'une étude de cas qui démontre l'impact de l'aquaculture.</li> </ul>	<p><b>Sensibilité internationale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La gestion fructueuse des pêches en mer et de quelques pêches en eau douce exige un partenariat entre différentes nations.</li> </ul> <p><b>Théorie de la connaissance</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les Inuits ont une tradition historique de chasse à la baleine : dans quelle mesure notre culture détermine ou forme-t-elle nos jugements éthiques ?</li> </ul> <p><b>Liens</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systèmes de l'environnement et sociétés : biodiversité et conservation (thème 3) ; systèmes de production alimentaire terrestres et choix alimentaires (5.2) ; capacité limite des populations humaine (8.4) ; utilisation des ressources dans la société (8.2) ; durabilité (1.4)</li> <li>• Programme du diplôme : géographie (option B) ; économie</li> </ul>

<p><b>4.4 Pollution de l'eau</b></p>	<p><b>Idées importantes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La pollution de l'eau, tant les eaux souterraines que l'eau de surface, est un problème mondial majeur dont les effets influencent les humains et d'autres systèmes biologiques.</li> </ul>	<p><b>Connaissance et compréhension</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Il existe une variété de sources de pollution de l'eau douce et de l'eau de mer.</li> <li>• On compte parmi les types d'agents polluants de l'eau les débris flottants, les matières organiques, les éléments nutritifs inorganiques pour les végétaux (nitrates et phosphates), les métaux toxiques, les composés de synthèse, les solides en suspension, l'eau chaude, l'huile, la pollution radioactive, les agents pathogènes, la lumière, le bruit et les polluants biologiques (espèces invasives).</li> <li>• Un large éventail de paramètres peut être utilisé pour tester directement la qualité des systèmes aquatiques, dont le pH, la température, les solides en suspension (turbidité), les métaux, les nitrates et les phosphates.</li> <li>• La biodégradation des matières organiques utilise l'oxygène, ce qui peut conduire à des conditions anoxiques et une décomposition anaérobie subséquente qui peut à son tour causer la formation de méthane, de sulfure d'hydrogène et d'ammoniac (gaz toxiques).</li> <li>• La demande biochimique en oxygène (DBO) est une mesure de la quantité d'oxygène dissous requise pour décomposer la matière organique dans un volume donné d'eau par une activité biologique aérobie. La DBO est utilisée pour mesurer indirectement la quantité de matière organique dans un échantillon.</li> <li>• Certaines espèces peuvent indiquer que des eaux sont polluées et peuvent être utilisées comme espèces indicatrices.</li> <li>• Un indice biotique mesure indirectement la pollution en analysant l'impact sur les espèces dans une communauté selon leur tolérance, leur diversité et leur abondance relative.</li> </ul> <p><b>Directives et informations supplémentaires</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les sources de pollution de l'eau douce doivent inclure le ruissellement, les eaux usées, les rejets industriels et les déchets ménagers solides.</li> <li>• Les sources de pollution marine doivent inclure les cours d'eau, les pipelines, l'atmosphère et les activités en mer (rejets opérationnels ou accidentels).</li> <li>• Le rôle de la rétroaction positive et négative dans le processus d'eutrophisation doit être étudié. L'eutrophisation côtière peut causer une prolifération de la marée rouge.</li> <li>• Par rapport à la mesure de la pollution aquatique, un site pollué et un site non pollué (par exemple, en amont et en aval d'une source ponctuelle) doivent être comparés.</li> </ul> <p><b>Sensibilité internationale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les pays qui ont un accès limité à l'eau propre ont souvent des incidences plus élevées de maladies en rapport avec l'eau.</li> </ul> <p><b>Théorie de la connaissance</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Un large éventail de paramètres sont utilisés pour tester la qualité de l'eau et des jugements sont portés au sujet des causes et des effets de la qualité de l'eau : comment pouvons-nous réellement identifier les relations de cause à effet, sachant que nous ne pouvons qu'observer une corrélation ?</li> </ul>
--------------------------------------	--	--

4.4 Pollution de l'eau	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'eutrophisation peut se produire lorsque les lacs, les estuaires et les eaux côtières reçoivent des apports de nutriments (nitrates et phosphates), ce qui entraîne une croissance excessive des plantes et du phytoplancton.</li> <li>• Des zones mortes peuvent se former tant dans les océans que dans l'eau douce lorsque l'oxygène est insuffisant pour assurer l'existence de la vie marine.</li> <li>• L'application de la figure 3 aux stratégies de gestion de la pollution de l'eau comprend :             <ol style="list-style-type: none"> <li>1. la réduction des activités humaines qui produisent des polluants (par exemple, des alternatives aux engrais et aux détergents couramment utilisés) ;</li> <li>2. la réduction des rejets polluants dans l'environnement (par exemple, le traitement des eaux usées, afin d'en extraire les nitrates et les phosphates) ;</li> <li>3. l'élimination des polluants de l'environnement et la restauration des écosystèmes (par exemple, élimination de la boue des lacs eutrophes et la réintroduction de végétaux et de poissons.</li> </ol> </li> </ul> <p><b>Applications et compétences</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Analyser</b> des données de pollution de l'eau.</li> <li>• <b>Expliquer</b> le processus et les impacts de l'eutrophisation.</li> <li>• <b>Évaluer</b> les utilisations des espèces indicatrices et les indices biotiques lors des mesures de la pollution aquatique.</li> <li>• <b>Évaluer</b> les stratégies de gestion de la pollution par rapport à la pollution de l'eau.</li> </ul>	<p><b>Liens</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systèmes de l'environnement et sociétés : systèmes de production alimentaire terrestres et choix alimentaires (5.2) ; changement climatique : causes et impacts (7.2) ; durabilité (1.4) ; utilisation des ressources dans la société (8.2) ; biodiversité et conservation (thème 3) ; déchets ménagers solides (8.3)</li> <li>• Programme du diplôme : anthropologie sociale et culturelle ; chimie (thème 9 ; options B et D)</li> </ul>

# Thème 5 – Le sol et les systèmes de production alimentaire terrestres et les sociétés (12 heures)

**Grandes questions :** ce thème peut être particulièrement approprié pour aborder les grandes questions A, B, E et F.

5.1 Introduction aux sols	
<p><b>Idées importantes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Le sol est un écosystème dynamique qui connaît des apports, des sorties, des stockages et des flux.</li> <li>La qualité d'un sol influence la productivité primaire d'un territoire.</li> </ul>	<p><b>Directives et informations supplémentaires</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>L'étude de profils pédologiques particuliers, par exemple, le podzol, n'est <b>pas</b> requise.</li> <li>Les élèves doivent connaître le diagramme du triangle des textures utilisé pour la classification des types de sols basée sur le pourcentage de sable, de limon et d'argile dans le sol.</li> </ul> <p><b>Sensibilité internationale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Des différences importantes existent dans la disponibilité des terres arables (susceptibles de favoriser la productivité primaire) à travers le monde. Ces différences ont des influences sociopolitiques, économiques et écologiques.</li> </ul> <p><b>Théorie de la connaissance</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Les sols peuvent être représentés par des profils pédologiques : étant donné qu'un modèle n'est réel, stricto sensu, comment peut-il nous permettre d'avoir accès à la connaissance ?</li> </ul>
<p><b>Connaissance et compréhension</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Le sol peut être décrit par un profil pédologique qui présente plusieurs couches successives (horizons).</li> <li>Les stocks des sols comprennent la matière organique, les organismes, les nutriments, les minéraux, l'air et l'eau.</li> <li>Les transferts de matière dans le sol, dont le mélange biologique et la lixiviation (les minéraux dissous dans l'eau se déplacent dans le sol), contribuent à l'organisation du sol.</li> <li>Il existe des apports de matière organique incluant la couche de feuilles mortes et de la matière inorganique provenant de la roche-mère; il existe également des apports sous forme de précipitations et d'énergie. Les sorties incluent l'absorption par les végétaux et l'érosion du sol.</li> <li>Les transformations incluent la décomposition, l'altération atmosphérique et le cycle des substances nutritives.</li> </ul>	

<p><b>5.1 Introduction aux sols</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La structure et les propriétés des sols sableux, argileux et limoneux diffèrent de bien des façons, dont la teneur en matière minérale et nutritive, le drainage, la capacité de rétention d'eau, l'aération, le biote et le potentiel de rétention de la matière organique. Chacune de ces variables est reliée à la capacité du sol à renforcer la productivité primaire.</li> <li>• Un triangle des textures de sol illustre les différences dans la composition des sols.</li> </ul> <p><b>Applications et compétences</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Résumer</b> les transferts, les transformations, les apports, les sorties, les flux et les stockages dans les sols.</li> <li>• <b>Expliquer</b> comment le sol peut être perçu comme un écosystème.</li> <li>• <b>Comparer et opposer</b> la structure et les propriétés des sols sableux, argileux et limoneux, en se référant à un diagramme de texture des sols, incluant leur effet sur la productivité primaire.</li> </ul>
<p><b>Liens</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Systèmes de l'environnement et sociétés : communautés et écosystèmes (2.2) ; flux d'énergie et de matière (2.3) ; étude des écosystèmes (2.5) ; biomes, zonation et succession (2.4) ; introduction aux systèmes aqueux (4.1) ; systèmes de production alimentaire terrestres et choix alimentaires (5.2) ; dégradation et conservation des sols (5.3) ; dépôts acides (6.4) ; changement climatique (7.1 et 7.2) ; utilisation des ressources dans la société (8.2) ; déchets ménagers solides (8.3)</li> <li>• Programme du diplôme : géographie (thème 3)</li> </ul>

5.2 Systèmes de production alimentaire terrestres et choix alimentaires	
<p><b>Idées importantes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La durabilité des systèmes de production alimentaire terrestres est influencée par des facteurs sociopolitiques, économiques et écologiques.</li> <li>• Les consommateurs ont un rôle à jouer par leur soutien aux différents systèmes de production alimentaire terrestres.</li> <li>• L'approvisionnement alimentaire n'est pas disponible de façon équitable et les terres convenant à la production alimentaire sont inégalement distribuées parmi les sociétés et cette situation peut conduire à des conflits et à des inquiétudes.</li> </ul>	<p><b>Connaissance et compréhension</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La durabilité des systèmes de production alimentaire terrestres est influencée par des facteurs comme l'échelle ; l'industrialisation ; la mécanisation ; l'utilisation des combustibles fossiles ; les choix de semences, de culture et de bétail ; l'utilisation de l'eau ; les engrais ; les produits antiparasitaires ; les pollinisateurs ; les antibiotiques ; la législation ; et les niveaux de production alimentaire commerciale par opposition à la production de subsistance.</li> <li>• Des inégalités existent dans la production et la distribution alimentaires à travers le monde.</li> <li>• Le gaspillage alimentaire est courant tant dans les PMDE que dans les pays plus développés économiquement (PPDE), mais pour des raisons différentes.</li> <li>• On peut considérer que des facteurs socioéconomiques, culturels, écologiques, politiques et économiques influencent les sociétés dans leurs choix de systèmes de production alimentaire.</li> <li>• À mesure que la population humaine croît, en même temps que l'urbanisation et la dégradation des ressources pédologiques, la disponibilité des terres pour la production alimentaires per capita diminue.</li> <li>• Le rendement alimentaire par unité de surface des niveaux trophiques bas est plus élevé en quantité, plus faible en coût et peut nécessiter moins de ressources.</li> <li>• Les choix culturels peuvent inciter les sociétés à prélever des aliments dans les niveaux trophiques plus élevés.</li> </ul> <p><b>Directives et informations supplémentaires</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les exemples possibles pour opposer des systèmes de production alimentaire terrestres comprennent l'agriculture céréalière nord-américaine et l'agriculture de subsistance en Asie du Sud-Est, ou la production intensive de viande bovine en Amérique du Sud et l'usage du bétail chez les Massais. Ces exemples ne doivent pas être considérés comme prescriptifs et des exemples au niveau local sont également encouragés.</li> <li>• Les facteurs à utiliser pour comparer et opposer les systèmes de production alimentaire sont les suivants :             <ul style="list-style-type: none"> <li>– les apports, comme les engrais (artificiels ou organiques) ; l'eau (irrigation ou précipitations) ; la lutte antiparasitaire (pesticides ou prédateurs naturels) ; le travail (mécanisé et dépendant des combustibles fossiles ou le travail manuel) ; les semences (organismes génétiquement modifiés – OGM – ou conventionnels) ; les reproducteurs (domestiques ou sauvages) ; les stimulateurs de croissance du bétail (antibiotiques ou hormones en opposition avec des produits naturels ou aucun produit) ;</li> <li>– les sorties, comme la qualité des aliments, la quantité d'aliments, les polluants (air, sol, eau), la santé des consommateurs, la qualité des sols (érosion, dégradation, fertilité) ; les polluants courants libérés par les systèmes de production alimentaire comprennent les engrais, les pesticides, les fongicides, les antibiotiques, les hormones et les gaz produits par l'usage des combustibles fossiles ; le transport, la transformation et l'emballage des aliments peuvent également entraîner davantage de pollution par les combustibles fossiles ;</li> </ul> </li> </ul>

5.2 Systèmes de production alimentaire terrestres et choix alimentaires	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les systèmes de production alimentaire terrestres peuvent être comparés et opposés selon les apports, les sorties, les caractéristiques des systèmes, l'impact environnemental et les facteurs socioéconomiques.</li> <li>• L'accroissement de la durabilité peut être atteint par :             <ul style="list-style-type: none"> <li>– la modification des activités humaines dans le but de réduire la consommation de viande et d'augmenter la consommation de produits alimentaires terrestres produits localement et cultivés biologiquement ;</li> <li>– l'amélioration de l'exactitude des étiquettes de produits alimentaires, afin d'aider les consommateurs à faire des choix alimentaires éclairés ;</li> <li>– un suivi et un contrôle des normes et des pratiques des multinationales et des groupes nationaux de l'agroalimentaire par les organes gouvernementaux et intergouvernementaux ;</li> <li>– la plantation de zones tampons autour des terres convenant à la production alimentaire, afin d'absorber le ruissellement des substances nutritives.</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– les caractéristiques des systèmes, comme la diversité (monoculture par rapport à polyculture) ; la durabilité ; culture d'espèces indigènes par rapport à introduites ;</li> <li>– les impacts sur l'environnement, comme la pollution (air, terre, eau) ; la perte d'habitats ; la perte de biodiversité ; l'érosion et la dégradation des sols ; la désertification ; les épidémies dans les élevages de bétail à forte densité ;</li> <li>– les facteurs économiques, comme l'agriculture pour le profit ou la subsistance, pour l'exportation ou pour la consommation locale, pour la quantité ou la qualité ; l'agriculture traditionnelle ou commerciale.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le gaspillage alimentaire est un problème qui existe dans les PPDE où les normes réglementaires peuvent être fixées selon les préférences commerciales, de sorte que des aliments consommables peuvent être rejetés. Le gaspillage peut également constituer un problème dans les PMDE où la réfrigération nécessaire et les infrastructures de transport sont insuffisantes pour éviter la détérioration des aliments.</li> </ul> <p><b>Sensibilité internationale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les choix alimentaires peuvent être influencés par la culture, la religion ou les différences de production alimentaire régionale.</li> </ul> <p><b>Théorie de la connaissance</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le comportement des consommateurs joue un rôle important dans les systèmes de production alimentaire : y a-t-il des lois générales qui peuvent décrire le comportement humain ?</li> </ul>
<p><b>Applications et compétences</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Analyser</b> des tableaux et des graphiques qui illustrent les différences entre les apports et les sorties associés aux systèmes de production alimentaire.</li> <li>• <b>Comparer et opposer</b> les apports, les sorties et les caractéristiques des systèmes pour deux systèmes de production alimentaire donnés.</li> <li>• <b>Évaluer</b> les impacts relatifs sur l'environnement de deux systèmes de production alimentaire donnés.</li> <li>• <b>Discuter</b> des liens qui existent entre les systèmes socioculturels et les systèmes de production alimentaire.</li> <li>• <b>Évaluer</b> les stratégies pour accroître la durabilité dans les systèmes de production alimentaire terrestres.</li> </ul>	

<p>5.2 Systèmes de production alimentaire terrestres et choix alimentaires</p>	<p><b>Liens</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systèmes de l'environnement et sociétés : systèmes de valeurs de l'environnement (1.1) ; flux d'énergie et de matière (2.3) ; communautés et écosystèmes (2.2) ; étude des écosystèmes (2.5) ; menaces sur la biodiversité (3.3) ; pollution de l'eau (4.4) ; introduction aux sols (5.1) ; dégradation et conservation des sols (5.3) ; utilisation des ressources dans la société (8.2) ; déchets ménagers solides (8.3) ; capacité limite des populations humaines (8.4)</li> <li>• Programme du diplôme : biologie (options B et C) ; chimie (options B et C) ; géographie (option F) ; économie</li> </ul>
--	--

5.3 Dégradation et conservation des sols	
<p><b>Idées importantes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les sols fertiles exigent beaucoup de temps pour leur développement par le processus de la succession.</li> <li>• Les activités humaines peuvent réduire la fertilité des sols et augmenter leur érosion.</li> <li>• Les stratégies de conservation des sols existent et peuvent être utilisées afin de préserver leur fertilité et réduire l'érosion.</li> </ul>	<p><b>Connaissance et compréhension</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les écosystèmes des sols évoluent avec la succession. Un sol fertile contient une communauté d'organismes qui travaillent à maintenir le fonctionnement des cycles de nutriments et qui sont résistants à l'érosion.</li> <li>• Les activités humaines qui peuvent réduire la fertilité des sols comprennent la déforestation, le surpâturage, l'urbanisation et certaines pratiques agricoles (comme l'irrigation et la monoculture).</li> <li>• Les systèmes de production alimentaire industrialisés et commerciaux tendent généralement à réduire la fertilité des sols plus que les méthodes d'agriculture de subsistance de petite dimension.</li> <li>• La réduction de la fertilité des sols peut entraîner l'érosion, la contamination toxique, la salinisation et la désertification.</li> <li>• Les mesures de conservation des sols incluent les matériaux traitant pour le sol (comme les matières organiques et la chaux), les techniques de réduction du vent (brise-vent, rideaux-abris), les techniques de culture (en terrasse, labour suivant les courbes de niveau, culture intercalaire étagée) et les efforts visant à faire cesser le labour de terres marginales.</li> </ul> <p><b>Applications et compétences</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Expliquer</b> la relation entre la succession des écosystèmes et la fertilité des sols.</li> <li>• <b>Discuter</b> des influences des activités humaines sur la fertilité et l'érosion des sols.</li> <li>• <b>Évaluer</b> les stratégies de gestion des sols d'un système d'agriculture commerciale donné et d'un système d'agriculture de subsistance donné.</li> </ul>
<p><b>Directives et informations supplémentaires</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• On recommande d'appliquer la connaissance de systèmes de production alimentaire spécifiques aux stratégies de gestion de leur dégradation et de leur conservation subséquente qui leur sont associées est recommandée.</li> </ul>	<p><b>Sensibilité internationale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Des utilisations variées des sols peuvent conduire à une dégradation et à une conservation différentes.</li> </ul> <p><b>Théorie de la connaissance</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Notre compréhension de la conservation des sols a progressé ces dernières années : qu'est-ce qui constitue un progrès dans différents domaines de la connaissance ?</li> <li>• Un sol fertile peut être considéré comme une ressource non renouvelable, parce qu'une fois épuisé, il peut nécessiter beaucoup de temps pour que sa fertilité soit restaurée : en quoi notre perception du temps influence-t-elle notre compréhension du changement ?</li> </ul> <p><b>Liens</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systèmes de l'environnement et sociétés : communautés et écosystèmes (2.2) ; étude des écosystèmes (2.5) ; introduction aux sols (5.1) ; systèmes de production alimentaire terrestres et choix alimentaires (5.2) ; biomes, zonation et succession (2.4) ; changement climatique : causes et impacts (7.2) ; utilisation des ressources dans la société (8.2)</li> <li>• Programme du diplôme : chimie (options A et C) ; géographie (thème 3)</li> </ul>

## Thème 6 – Systèmes atmosphériques et sociétés (10 heures)

**Grandes questions :** ce thème peut être particulièrement approprié pour aborder les grandes questions B, E et F.

6.1 Introduction à l'atmosphère	
<p><b>Idées importantes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• L'atmosphère est un système dynamique essentiel à la vie sur Terre.</li> <li>• Le comportement, la structure et la composition de l'atmosphère influencent les variations dans tous les écosystèmes.</li> </ul>	<p><b>Directives et informations supplémentaires</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les élèves doivent reconnaître que l'atmosphère est un système dynamique. La composition de l'atmosphère a varié au cours de l'histoire géologique. Les organismes vivants (composants biotiques) ont transformé la composition atmosphérique de la Terre et vice versa au cours de l'histoire.</li> <li>• L'utilisation de symboles chimiques ou de formules chimiques pour les gaz de l'atmosphère n'est <b>pas</b> requise.</li> </ul> <p><b>Sensibilité internationale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• L'impact de polluants sur l'atmosphère par les polluants peut être localisé, comme en témoigne la destruction de la couche d'ozone au-dessus des pôles de la Terre.</li> <li>• Les polluants libérés dans l'atmosphère sont transportés par les courants atmosphériques et peuvent créer des dommages dans un endroit autre que celui où ils sont produits.</li> </ul>
<p><b>Connaissance et compréhension</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• L'atmosphère est un système dynamique (avec des apports, des sorties, des flux et des stockages) qui a subi des changements au cours des époques géologiques.</li> <li>• L'atmosphère est principalement un mélange d'azote et d'oxygène, accompagné de quantités plus petites de dioxyde de carbone, d'argon, de vapeur d'eau et d'autres gaz en traces.</li> <li>• Les activités humaines ont un impact sur la composition atmosphérique, en altérant les apports et les sorties du système. Les variations de concentrations des gaz atmosphériques, comme l'ozone, le dioxyde de carbone et la vapeur d'eau, ont des effets importants sur les écosystèmes.</li> <li>• La plupart des réactions associées aux systèmes vivants se produisent dans les couches inférieures de l'atmosphère qui sont la troposphère (0 à 10 km au-dessus du niveau de la mer) et la stratosphère (10 à 50 km au-dessus du niveau de la mer).</li> </ul>	

6.1 Introduction à l'atmosphère	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La plupart des nuages se forment dans la troposphère et jouent un rôle important dans l'effet albédo de la planète.</li> <li>• L'effet de serre de l'atmosphère est un phénomène naturel et nécessaire qui maintient des températures appropriées pour les systèmes vivants.</li> </ul> <p><b>Applications et compétences</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Discuter</b> du rôle de l'effet albédo des nuages dans la régulation de la température moyenne mondiale.</li> <li>• <b>Résumer</b> le rôle de l'effet de serre dans la régulation de la température sur Terre.</li> </ul>	<p><b>Théorie de la connaissance</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• L'atmosphère est un système dynamique : comment devons-nous réagir quand nous avons une preuve qui ne concorde pas avec une théorie existante ?</li> </ul> <p><b>Liens</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systèmes de l'environnement et sociétés : changement climatique : causes et impacts (7.2) ; systèmes et modèles (1.2) ; introduction aux systèmes aqueux (4.1) ; introduction aux sols (5.1) ; biomes, zonation et succession (2.4) ; dépôts acides (6.4)</li> <li>• Programme du diplôme : géographie (thème 3) ; physique (sujet 8.2)</li> </ul>

<p><b>6.2 Ozone stratosphérique</b></p>	<p><b>Idées importantes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• L’ozone stratosphérique est un composant clé du système atmosphérique, parce qu’il protège les systèmes vivants contre les effets négatifs du rayonnement ultraviolet solaire.</li> <li>• Les activités humaines ont perturbé l’équilibre dynamique de la formation de l’ozone stratosphérique.</li> <li>• Des stratégies de gestion de la pollution sont employées pour la conservation de l’ozone stratosphérique.</li> </ul>
<p><b>Connaissance et compréhension</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Une partie du rayonnement ultraviolet solaire est absorbée par l’ozone stratosphérique, causant la décomposition de la molécule d’ozone. Dans des conditions normales, la molécule d’ozone se reforme. La destruction et la reformation de l’ozone est un exemple d’équilibre dynamique.</li> <li>• Les substances responsables de la déplétion de l’ozone (dont les dérivés halogénés organiques gazeux, tels que les chlorofluorocarbones, CFC) sont utilisées dans les aérosols, les plastiques expansés, les pesticides, les produits ignifuges et les agents réfrigérants. Les atomes d’halogène (comme le chlore) de ces polluants augmentent la destruction de l’ozone dans un cycle répétitif, permettant à plus de rayonnement ultraviolet d’atteindre la Terre.</li> <li>• Le rayonnement ultraviolet qui atteint la surface de la Terre endommage les tissus vivants humains, ce qui augmente l’incidence des cataractes, les mutations au cours de la division cellulaire, les cancers de la peau et d’autres effets subséquents sur la santé.</li> <li>• Les effets d’une augmentation du rayonnement ultraviolet sur la productivité biologique sont les dommages aux organismes photosynthétiques, et tout particulièrement au phytoplancton, qui forment la base des réseaux alimentaires aquatiques.</li> </ul>	<p><b>Directives et informations supplémentaires</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• L’utilisation de symboles chimiques, de formules ou d’équations pour la destruction de l’ozone n’est <b>pas</b> requise.</li> <li>• Se reporter à la figure 3.</li> </ul> <p><b>Sensibilité internationale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La déplétion de l’ozone a des conséquences à l’échelle mondiale sur la productivité des océans et la production d’oxygène.</li> <li>• Les approches économiques mondiales peuvent avoir un impact sur les discussions internationales sur l’environnement.</li> </ul> <p><b>Théorie de la connaissance</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le protocole de Montréal est un accord international créé par l’ONU : un groupe ou une organisation peuvent-ils décider ce qui est mieux pour le reste du monde ?</li> </ul> <p><b>Liens</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systèmes de l’environnement et sociétés : énergie et équilibres (1.3) ; êtres humains et pollution (1.5) ; utilisation des ressources dans la société (8.2) ; communautés et écosystèmes (2.2) ; étude des écosystèmes (2.5)</li> <li>• Programme du diplôme : chimie (thèmes 5 et 14) ; géographie (option G) ; économie</li> </ul>

## 6.2 Ozone stratosphérique

- La gestion de la pollution peut être réalisée en diminuant la fabrication et l'émission de substances responsables de la déplétion de l'ozone. Les méthodes permettant cette diminution sont :
  - le recyclage des agents réfrigérants ;
  - le développement d'alternatives aux plastiques expansés, aux pesticides halogénés, aux propulseurs et aux aérosols ;
  - le développement d'alternatives ne recourant pas aux gaz propulseurs.
 Le PNUJ a joué un rôle clé dans la transmission d'informations et la création et l'évaluation d'accords internationaux pour la protection de l'ozone stratosphérique.
- Un marché illégal de substances responsables de la déplétion de l'ozone perdure et exige une surveillance constante.
- Le *Protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone* (1987) et ses mises à jour est un accord international visant à réduire l'utilisation des substances responsables de la déplétion de l'ozone ; le protocole a été signé sous l'égide du PNUJ. Les gouvernements se conformant à l'accord ont adopté des lois et des règlements nationaux visant à diminuer la consommation et la production de gaz organiques halogénés comme les chlorofluorocarbones (CFC).

### Applications et compétences

- **Évaluer** le rôle des organisations nationales et internationales dans la diminution des émissions de substances responsables de la déplétion de l'ozone.

<p><b>6.3 Smog photochimique</b></p>	<p><b>Idées importantes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La combustion des combustibles fossiles produit des polluants primaires qui peuvent générer des polluants secondaires et entraîner la formation de smog photochimique, dont les taux peuvent varier selon la topographie, la densité de population et le climat.</li> <li>• Le smog photochimique a des impacts importants sur les sociétés et les systèmes vivants.</li> <li>• Le smog photochimique peut être réduit en diminuant la dépendance des activités humaines vis-à-vis des combustibles fossiles.</li> </ul>
<p><b>Connaissance et compréhension</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les polluants primaires provenant de la combustion des combustibles fossiles sont le monoxyde de carbone, le dioxyde de carbone, le noir de carbone ou suie, les hydrocarbures imbrûlés, les oxydes d'azote et les oxydes de soufre.</li> <li>• En présence de rayonnement solaire, les polluants secondaires se forment lorsque les polluants primaires subissent diverses réactions avec d'autres substances chimiques déjà présentes dans l'atmosphère.</li> <li>• L'ozone troposphérique est un exemple de polluant secondaire formé lorsque les molécules d'oxygène réagissent avec les atomes d'oxygène libérés par le dioxyde d'azote en présence de rayonnement solaire.</li> <li>• L'ozone troposphérique est hautement réactif et endommage les végétaux (récoltes et forêts), irrite les yeux, cause des maladies respiratoires et attaque le textile et le caoutchouc. Le smog est un mélange complexe de polluants primaires et secondaires dont l'ozone troposphérique constitue le principal polluant.</li> <li>• La fréquence et l'importance du smog dans une zone donnée dépend de la topographie locale, du climat, de la densité de la population et de la quantité de combustibles fossiles consommée.</li> <li>• Les inversions thermiques se produisent en raison de l'absence de mouvement de l'air, lorsqu'une couche d'air froid et dense est piégée sous une couche d'air chaud moins dense. Ce phénomène entraîne l'accroissement des concentrations des polluants atmosphériques près du sol, au lieu de les dissiper par des mouvements « normaux » de l'air.</li> </ul>	<p><b>Directives et informations supplémentaires</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• L'utilisation de symboles chimiques, de formules ou d'équations n'est pas requise.</li> <li>• Se reporter à la figure 3.</li> </ul> <p><b>Sensibilité internationale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• L'accélération de l'urbanisation et de l'industrialisation à l'échelle mondiale a conduit à l'augmentation de la pollution atmosphérique urbaine.</li> </ul> <p><b>Théorie de la connaissance</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les problèmes environnementaux sont souvent émotifs : dans quelles circonstances doit-on maintenir une relation détachée avec l'objet de l'étude ?</li> </ul> <p><b>Liens</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systèmes de l'environnement et sociétés : changement climatique : causes et impacts (7.2) ; dépôts acides (6.4) ; ozone stratosphérique (6.2) ; êtres humains et pollution (1.5) ; étude des écosystèmes (2.5)</li> <li>• Programme du diplôme : chimie (thème 5) ; géographie (option G) ; économie</li> </ul>

<p><b>6.3 Smog photochimique</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La déforestation et le brûlage peuvent également contribuer au smog.</li> <li>• Les pertes économiques causées par la pollution atmosphérique urbaine peuvent être importantes.</li> <li>• On compte parmi les stratégies de gestion de la pollution :             <ul style="list-style-type: none"> <li>– la modification des activités humaines visant à consommer moins de combustibles fossiles : les exemples d'activités sont l'achat de technologies à haut rendement énergétique, l'utilisation de transport en commun ou partagés et la marche ou le cyclisme ;</li> <li>– la régulation et la réduction des polluants au point d'émission par des réglementations gouvernementales ou la taxation ;</li> <li>– l'usage de pots catalytiques pour éliminer les polluants primaires des gaz d'échappement des véhicules automobiles ;</li> <li>– la régulation de la qualité des combustibles par les gouvernements ;</li> <li>– l'adoption de mesures contre la pollution, comme la reforestation, le reverdissement et la conservation et la création de zones vertes pour piéger le dioxyde de carbone.</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Applications et compétences</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Évaluer</b> les stratégies de gestion de la pollution visant à réduire le smog photochimique.</li> </ul>
--------------------------------------	--

<p><b>6.4 Dépôts acides</b></p> <p><b>Idées importantes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les dépôts acides peuvent exercer un impact sur les systèmes vivants et l'environnement bâti.</li> <li>• La gestion de la pollution par les dépôts acides implique souvent des questions transfrontalières.</li> </ul>	<p><b>Connaissance et compréhension</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La combustion des combustibles fossiles produit du dioxyde de soufre et des oxydes d'azote comme polluants primaires. Ces gaz peuvent être convertis en polluants secondaires, sous la forme de dépôts secs (comme la cendre et les particules sèches) ou de dépôts humides (comme la pluie et la neige).</li> <li>• Les effets possibles des dépôts acides sur le sol, l'eau et les organismes vivants sont les suivants :             <ul style="list-style-type: none"> <li>– effet direct : par exemple, action de l'acide sur les organismes aquatiques et les forêts de conifères ;</li> <li>– effet indirect toxique : par exemple, solubilité accrue des métaux (comme les ions aluminium) qui agissent sur les poissons ;</li> <li>– effet indirect sur les substances nutritives : par exemple, la lixiviation des substances nutritives des végétaux.</li> </ul> </li> <li>• Les impacts des dépôts acides peuvent être limités aux régions situées sous le vent des grandes zones industrielles, mais ces régions peuvent ne pas être situées dans le même pays que les sources d'émission.</li> <li>• Les stratégies de gestion de la pollution pour les dépôts acides peuvent inclure :             <ul style="list-style-type: none"> <li>– la modification des activités humaines : par exemple, en réduisant l'usage des combustibles fossiles ou en utilisant des combustibles alternatifs ; les accords internationaux et les gouvernements peuvent travailler à la réduction de la production des polluants par le lobbyisme ;</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Directives et informations supplémentaires</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• L'utilisation de symboles ou de formules chimiques n'est <b>pas</b> requise.</li> <li>• Il est possible de prendre en compte plusieurs études de cas de situations intergouvernementales mettant en jeu des dépôts acides, dont l'interaction entre le Midwest des États-Unis et l'est du Canada, de même que l'impact des industries de la Grande-Bretagne, d'Allemagne et de la Pologne sur la Suède.</li> </ul> <p><b>Sensibilité internationale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le pays pollueur et le pays pollué, bien souvent, ne sont pas les mêmes : les dépôts acides affectent des régions éloignées de leur source. Par conséquent, la solution de ce problème exige une coopération internationale.</li> </ul> <p><b>Théorie de la connaissance</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dans quelle mesure la reconnaissance de la responsabilité éthique de la connaissance influence-t-elle une production ou une acquisition supplémentaire de connaissance ?</li> </ul> <p><b>Liens</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systèmes de l'environnement et sociétés : smog photochimique (6.3) ; êtres humains et pollution (1.5) ; étude des écosystèmes (2.5)</li> <li>• Programme du diplôme : chimie (thème 8) ; économie</li> </ul>
---	---

<p><b>6.4 Dépôts acides</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- la régulation et le contrôle de l'émission des polluants : par exemple, en utilisant des épurateurs ou des pots catalytiques qui peuvent éliminer le dioxyde de soufre et les oxydes d'azote des centrales thermiques au charbon et des véhicules.</li> <li>• Les mesures de nettoyage et de restauration incluent l'épandage de chaux broyée dans les lacs acidifiés ou la recolonisation des systèmes endommagés ; mais la portée de ces mesures est limitée.</li> </ul> <p><b>Applications et compétences</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Évaluer</b> les stratégies de gestion de la pollution dans le domaine des dépôts acides.</li> </ul>
---------------------------------	---

## Thème 7 – Changement climatique et production d'énergie (13 heures)

**Grandes questions :** ce thème peut être particulièrement approprié pour aborder les grandes questions A, B, C, D, E et F.

### 7.1 Choix et sécurité énergétiques

#### Idées importantes

- Les sociétés ont accès à toute une gamme de sources d'énergie ; ces sources varient dans leur durabilité, leur disponibilité, leur coût et leurs implications sociopolitiques.
- Le choix des sources d'énergie est complexe et est sujet à controverse. La sécurité énergétique est un facteur important dans les choix énergétiques.

#### Connaissance et compréhension

- Les combustibles fossiles contribuent à la majorité de l'approvisionnement en énergie de l'humanité et les impacts de leur production et de leurs émissions varient grandement ; on s'attend à ce que leur utilisation augmente, afin de satisfaire à la demande mondiale en énergie.
- Les énergies renouvelables (solaire, à partir de la biomasse, hydraulique, éolienne, des vagues, marémotrice et géothermique) font partie des sources d'énergie dont les émissions de dioxyde de carbone sont inférieures à celles des combustibles fossiles et on s'attend à ce que leur utilisation augmente. L'énergie nucléaire est une ressource non renouvelable à faible teneur en carbone et à faible taux d'émission, mais elle est controversée en raison des déchets radioactifs qu'elle produit et de l'ampleur potentielle de tout accident.

#### Directives et informations supplémentaires

- Les forces et les faiblesses de l'utilisation des combustibles fossiles, d'une source d'énergie renouvelable et de l'énergie nucléaire doivent être prises en considération.
- Il convient d'utiliser des études de cas pour mettre en lumière les choix énergétiques de différents pays.

#### Sensibilité internationale

- Le choix des sources d'énergie peut avoir des impacts tant à l'échelle locale que mondiale, étant donné que les émissions de gaz à effet de serre peuvent contribuer aux changements climatiques planétaires.
- Les situations politiques et économiques à travers le monde peuvent affecter la sécurité énergétique et les options choisies.

7.1 Choix et sécurité énergétiques	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La sécurité énergétique dépend d'un approvisionnement en énergie adéquat, fiable et abordable qui fournit un degré d'indépendance. Une disponibilité non équitable et des distributions inégales de sources d'énergie peuvent causer des conflits.</li> <li>• Les choix énergétiques adoptés par une société peuvent être influencés par la disponibilité, la durabilité, les développements scientifiques et technologiques, les attitudes culturelles, et par des facteurs politiques, économiques et environnementaux. Ces choix peuvent à leur tour affecter la sécurité énergétique et l'indépendance.</li> <li>• Les améliorations dans les efficacités énergétiques et la conservation de l'énergie peuvent limiter la croissance de la demande en énergie et contribuer à la sécurité énergétique.</li> </ul> <p><b>Applications et compétences</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Évaluer</b> les avantages et les inconvénients de différentes sources d'énergie.</li> <li>• <b>Discuter</b> des facteurs qui affectent le choix des sources d'énergie adoptées par différentes sociétés.</li> <li>• <b>Discuter</b> des facteurs qui affectent la sécurité énergétique.</li> <li>• <b>Évaluer</b> la stratégie énergétique d'une société donnée.</li> </ul>	<p><b>Théorie de la connaissance</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le choix des sources énergétiques est complexe et est sujet à controverse : comment pouvons-nous distinguer entre une revendication scientifique et une revendication pseudo-scientifique quand nous faisons des choix ?</li> </ul> <p><b>Liens</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systèmes de l'environnement et sociétés : énergie et équilibres (1.3) ; durabilité (1.4) ; utilisation des ressources dans la société (8.2) ; capacité limite des populations humaines (8.4)</li> <li>• Programme du diplôme : anthropologie sociale et culturelle ; chimie (option C) ; technologie du design (thème 2) ; physique (thèmes 8 et 11) ; géographie (thèmes 3 et 4) ; économie</li> </ul>

<b>7.2 Changement climatique : causes et impacts</b>	
<p><b>Idées importantes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le changement climatique a été un phénomène normal dans l'histoire de la Terre, mais l'activité humaine a contribué aux changements récents.</li> <li>• Il y a eu des débats importants concernant les causes du changement climatique.</li> <li>• Le changement climatique a des répercussions généralisées et importantes à l'échelle mondiale.</li> </ul>	
<p><b>Connaissance et compréhension</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le climat décrit comment l'atmosphère se comporte sur des périodes relativement longues, alors que les conditions atmosphériques décrivent les conditions dans l'atmosphère sur une courte période.</li> <li>• Les conditions atmosphériques et le climat sont affectés par les systèmes circulatoires atmosphériques.</li> <li>• Les activités humaines augmentent les taux de gaz à effet de serre (GES, comme le dioxyde de carbone, le méthane et la vapeur d'eau) dans l'atmosphère, ce qui entraîne :             <ul style="list-style-type: none"> <li>– une augmentation de la température moyenne de la planète ;</li> <li>– une augmentation de la fréquence et de l'intensité des événements météorologiques extrêmes ;</li> <li>– la possibilité de changements à long terme du climat et des rythmes saisonniers ;</li> <li>– une élévation du niveau de la mer.</li> </ul> </li> <li>• Les impacts potentiels du changement climatique peuvent varier d'un endroit à un autre et peuvent être perçus comme négatifs ou bénéfiques. Ces impacts peuvent inclure des changements dans la disponibilité de l'eau, la distribution des biomes et l'emplacement des zones cultivables, la perte de biodiversité et de services des écosystèmes, l'inondation côtière, l'acidification des océans et des dommages à la santé humaine.</li> </ul>	<p><b>Directives et informations supplémentaires</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les GES sont les gaz atmosphériques qui absorbent le rayonnement infrarouge, rendant ainsi les températures plus élevées qu'elles ne le seraient autrement.</li> <li>• Les élèves doivent être capables de distinguer entre l'effet de serre naturel de l'effet plus marqué et d'identifier diverses activités humaines qui contribuent aux émissions de GES. Les élèves doivent comprendre le concept de points de basculement et la manière dont ils peuvent être appliqués au changement climatique.</li> <li>• Un minimum de deux perceptions différentes doit être abordé.</li> </ul> <p><b>Sensibilité internationale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les impacts du changement climatique sont mondiaux et exigent une action internationale coordonnée.</li> </ul> <p><b>Théorie de la connaissance</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Il y a eu énormément de débats portant sur les causes du changement climatique : notre interprétation de la connaissance issue du passé nous permet-elle de prévoir l'avenir de façon fiable ?</li> </ul>

7.2 Changement climatique : causes et impacts	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Des mécanismes de rétroaction négative et positive sont associés au changement climatique et peuvent agir de façon très différée.</li> <li>• Des débats importants ont eu lieu en raison de systèmes de valeurs de l'environnement divergents sur la question du changement climatique.</li> <li>• Les modèles climatiques mondiaux sont complexes et il existe un certain degré d'incertitude quant à l'exactitude de leurs prédictions.</li> </ul> <p><b>Applications et compétences</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Discuter</b> des mécanismes de rétroaction qui seraient liés à un changement de la température moyenne de la planète.</li> <li>• <b>Évaluer</b> les points de vue opposés à l'égard des questions de changement climatique.</li> </ul>	<p><b>Liens</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systèmes de l'environnement et sociétés : systèmes et modèles (1.2) ; énergie et équilibres (1.3) ; menaces sur la biodiversité (3.3) ; accès à l'eau douce (4.2) ; systèmes de production alimentaire aquatiques (4.3) ; systèmes de production alimentaire terrestres et choix alimentaires (5.2) ; introduction à l'atmosphère (6.1) ; ozone stratosphérique (6.2) ; capacité limite des populations humaines (8.4)</li> <li>• Programme du diplôme : anthropologie sociale et culturelle ; chimie (option C) ; physique (thème 8) ; géographie (thèmes 3 et 4) ; économie ; biologie (thème 4)</li> </ul>

7.3 Changement climatique : atténuation et adaptation	
<p><b>Idées importantes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• L'atténuation est une tentative de réduire les causes du changement climatique.</li> <li>• L'adaptation est une tentative de gérer les impacts du changement climatique.</li> </ul>	<p><b>Directives et informations supplémentaires</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le CSC est effectué par la compression du dioxyde de carbone, son transport et son stockage permanent sous terre (sites géologiques utilisés comme dépôts) ou sa fixation chimique pour former un carbonate.</li> <li>• L'atténuation est l'utilisation de la technologie et de la substitution pour réduire les apports en ressources et les émissions par unité de sortie.</li> <li>• L'adaptation est l'ajustement des systèmes naturels et humains en réaction aux stimuli climatiques actuels ou prévus ou à leurs effets, ce qui permet d'atténuer les dommages ou d'exploiter les occasions avantageuses.</li> <li>• Deux stratégies d'atténuation et deux stratégies d'adaptation doivent être abordées.</li> </ul>
<p><b>Connaissance et compréhension</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• L'atténuation implique la réduction et/ou la stabilisation des émissions de GES et leur élimination de l'atmosphère.</li> <li>• Les stratégies d'atténuation visant à réduire les GES comprennent en général :             <ul style="list-style-type: none"> <li>– la réduction de la consommation d'énergie ;</li> <li>– la réduction des émissions d'oxydes d'azote et de méthane produits par l'agriculture ;</li> <li>– l'utilisation d'alternatives aux combustibles fossiles ;</li> <li>– la géo-ingénierie.</li> </ul> </li> <li>• On peut citer parmi les stratégies d'atténuation pour l'élimination du dioxyde de carbone :             <ul style="list-style-type: none"> <li>– la protection et l'amélioration des puits de carbone par la gestion des terres, par exemple par le Programme de collaboration des Nations Unies sur la réduction des émissions liées à la déforestation et à la dégradation des forêts dans les pays en développement (ONU-REDD) ;</li> <li>– l'utilisation de la biomasse comme source de combustible ;</li> <li>– l'utilisation du captage et stockage du dioxyde de carbone (CSC) ;</li> <li>– l'amélioration de l'absorption du dioxyde de carbone, soit en fertilisant les océans par l'ajout de composés comme l'azote, le phosphore et le fer, afin de favoriser la pompe biologique, soit en augmentant les remontées des eaux froides et, avec elles, l'enrichissement de nutriments à la surface.</li> </ul> </li> </ul>	<p><b>Sensibilité internationale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les impacts du changement climatique sont de portée mondiale et exigent une atténuation à l'échelle mondiale.</li> </ul> <p><b>Théorie de la connaissance</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Il existe un degré d'incertitude quant à l'étendue et à l'effet du changement climatique : comment peut-on faire confiance aux responsabilités éthiques qui peuvent découler de la connaissance quand cette connaissance est souvent provisoire ou incomplète ?</li> </ul> <p><b>Liens</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systèmes de l'environnement et sociétés : êtres humains et pollution (1.5) ; accès à l'eau douce (4.2) ; smog photochimique (6.3)</li> <li>• Programme du diplôme : physique (thème 8) ; économie</li> </ul>

**7.3 Changement climatique : atténuation et adaptation**

- Même si les stratégies d'atténuation réduisent drastiquement les futures émissions de GES, les émissions qui ont déjà eu lieu auront une influence pour les décennies à venir.
- Les stratégies d'adaptation peuvent être utilisées pour réduire les effets néfastes et maximiser les effets positifs. On peut citer comme exemples d'adaptations les protections contre les inondations, les programmes de vaccination, les usines de dessalement et les plantations de cultures dans des zones au climat auparavant inadapté.
- La capacité adaptative varie d'un endroit à l'autre et peut dépendre des ressources financières et technologiques. Les PPDE peuvent fournir un soutien économique et technologique aux PMDE.
- Des efforts internationaux sont déployés et des conférences portant sur les stratégies d'atténuation et d'adaptation en lien avec le changement climatique sont organisées, comme le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), les programmes d'action nationaux aux fins de l'adaptation (PANA) et la Convention-cadre des Nations-Unies sur les changements climatiques (CCNUCC).

**Applications et compétences**

- **Discuter** des stratégies d'atténuation et d'adaptation portant sur les impacts du changement climatique.
- **Évaluer** l'efficacité des pourparlers internationaux sur le changement climatique.

## Thème 8 – Systèmes humains et utilisation des ressources (16 heures)

**Grandes questions :** ce thème peut être particulièrement approprié pour aborder les grandes questions A, B, C, D, E et F.

<p><b>8.1 Dynamique des populations humaines</b></p>	
<p><b>Idées importantes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Divers modèles et indicateurs sont employés pour quantifier la dynamique des populations humaines.</li> <li>• Les taux de croissance des populations humaines sont influencés par une gamme complexe de facteurs variables.</li> </ul>	
<p><b>Connaissance et compréhension</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les outils démographiques permettant de quantifier les populations humaines sont le taux brut de natalité, le taux brut de mortalité, l'indice synthétique de fécondité (ISF), le temps de doublement et le taux d'accroissement naturel.</li> <li>• La population humaine mondiale a suivi une courbe de croissance rapide, mais il existe une incertitude quant à son évolution.</li> <li>• À mesure que les populations humaines croissent, le stress imposé à tous les systèmes de la Terre augmente.</li> <li>• Les pyramides par âge et par sexe et les modèles de transition démographique peuvent être utiles dans la prévision de la croissance des populations humaines. Le modèle de transition démographique est un modèle qui montre comment une population passe d'un stade préindustriel, avec des taux bruts de natalité et de mortalité élevés, à un stade avancé au plan économique, avec des taux bruts de natalité faibles ou décroissants et des taux bruts de mortalité faibles.</li> </ul>	<p><b>Directives et informations supplémentaires</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Divers modèles prospectifs peuvent être inclus, comme les simulations informatiques, les tables statistiques et/ou démographiques pour les PMDE et les PPDE, les pyramides par âge et par sexe et les extrapolations graphiques des courbes démographiques.</li> <li>• Les politiques de développement peuvent augmenter ou diminuer la croissance des populations.             <ul style="list-style-type: none"> <li>– Les taux bruts de natalité et les taux de croissance sont réduits par l'éducation des femmes, leur permettant d'accéder à une plus grande indépendance (économique et reproductive), la stimulation de la croissance économique, dans le but d'améliorer le bien-être économique et de donner une plus grande indépendance économique, et la mécanisation du secteur agricole et l'urbanisation qui s'ensuit.</li> <li>– Les taux de croissance peuvent augmenter si les taux bruts de mortalité chutent à la suite de l'amélioration de l'hygiène et de la santé publique et d'une meilleure infrastructure de services.</li> </ul> </li> </ul>

8.1 Dynamique des populations humaines	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les influences sur la dynamique des populations humaines incluent des facteurs culturels, historiques, religieux, sociaux, politiques et économiques.</li> <li>• Les politiques nationales et internationales de développement peuvent également exercer un impact sur la dynamique des populations humaines.</li> </ul> <p><b>Applications et compétences</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Calculer</b> des valeurs de taux brut de natalité, de taux brut de mortalité, de l'indice synthétique de fécondité (ISF), de temps de doublement et de taux d'accroissement naturel.</li> <li>• <b>Expliquer</b> les valeurs relatives de taux brut de natalité, de taux brut de mortalité, de l'indice synthétique de fécondité (ISF), de temps de doublement et de taux d'accroissement naturel.</li> <li>• <b>Analyser</b> les pyramides par âge et par sexe et les diagrammes montrant les modèles de transition démographique.</li> <li>• <b>Discuter</b> de l'utilisation des modèles prospectifs de la croissance des populations humaines.</li> <li>• <b>Expliquer</b> la nature et les implications de la croissance des populations humaines.</li> <li>• <b>Analyser</b> l'impact que les politiques nationales et internationales de développement peuvent exercer sur la dynamique et la croissance des populations humaines.</li> <li>• <b>Discuter</b> des facteurs culturels, historiques, religieux, sociaux, politiques et économiques qui influencent la dynamique des populations humaines.</li> </ul>	<p><b>Sensibilité internationale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le développement d'un pays dépend de son économie et de sa démographie. Il dépend également des politiques des autres pays et des organisations internationales, comme la Banque Mondiale, le Fonds monétaire international (FMI) et l'Organisation mondiale du commerce (OMC).</li> </ul> <p><b>Théorie de la connaissance</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Divers modèles et indicateurs sont employés pour quantifier la dynamique des populations humaines : dans quelle mesure les méthodes des sciences humaines sont-elles « scientifiques » ?</li> </ul> <p><b>Liens</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systèmes de l'environnement et sociétés : durabilité (1.4) ; êtres humains et pollution (1.5) ; espèces et populations (2.1) ; pollution de l'eau (4.4) ; dégradation et conservation des sols (5.3) ; changement climatique : causes et impacts (7.2) ; capacité limite des populations humaines (8.4)</li> <li>• Programme du diplôme : biologie (option C) ; anthropologie sociale et culturelle ; science du sport, de l'exercice et de la santé (option C) ; géographie (thème 1) ; économie</li> </ul>

8.2 Utilisation des ressources dans la société	
<p><b>Idées importantes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le caractère renouvelable du capital naturel a des implications pour son utilisation durable.</li> <li>• L'état du capital naturel et sa valeur économique du capital naturel sont dynamiques.</li> </ul>	<p><b>Directives et informations supplémentaires</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• L'évaluation du capital naturel peut être répartie dans les deux catégories principales suivantes.             <ul style="list-style-type: none"> <li>– Utilisation de l'évaluation : les ressources qui ont un prix (biens commercialisables, fonctions écologiques, fonctions récréatives).</li> <li>– Non utilisation de l'évaluation : les ressources qui ont une valeur intrinsèque (le droit d'exister), les utilisations futures (médicaments, capital génétique potentiel), la valeur de l'existence (la forêt tropicale amazonienne), la présence pour les générations futures.</li> </ul> </li> <li>• Il faut prendre en considération au moins deux exemples de la manière dont varie l'état du capital naturel.</li> <li>• « Capital naturel » est souvent utilisé de façon interchangeable avec « ressource » et le taux de son remplacement est désigné par « revenu naturel ».</li> </ul> <p><b>Sensibilité internationale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Il existe des différences culturelles marquées dans les attitudes envers la gestion du capital naturel.</li> </ul> <p><b>Théorie de la connaissance</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• À mesure que les ressources se raréfient, nous devons prendre des décisions concernant la manière de les utiliser : dans quelle mesure un dommage potentiel à l'environnement doit-il limiter notre poursuite de la connaissance ?</li> </ul>
<p><b>Connaissance et compréhension</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le capital naturel renouvelable peut être généré et/ou remplacé aussi rapidement qu'il est utilisé. Il comprend les espèces vivantes et les écosystèmes qui utilisent l'énergie solaire et la photosynthèse, ainsi que des éléments non vivants, comme les eaux souterraines et la couche d'ozone.</li> <li>• Le capital naturel non renouvelable est soit irremplaçable, soit ne peut être remplacé que sur une échelle de temps géologique ; par exemple, les combustibles fossiles, les sols et les substances minérales.</li> <li>• Le capital naturel renouvelable peut être utilisé de façon durable ou non durable. Si le capital naturel renouvelable est utilisé au-delà de son revenu naturel, cette utilisation devient non durable.</li> <li>• Les impacts de l'extraction, du transport et du traitement d'un capital naturel renouvelable peuvent causer des dommages, ce qui rend ce capital naturel non durable.</li> <li>• Un capital naturel produit des biens (comme des produits finis) et des services (comme la régulation du climat) qui ont une valeur. Cette valeur peut être esthétique, culturelle, économique, environnementale, éthique, intrinsèque, sociale, spirituelle ou technologique.</li> <li>• Le concept de capital naturel est dynamique. La valeur marchande d'un capital varie au plan régional et au fil du temps ; elle est influencée par des facteurs culturels, sociaux, économiques, environnementaux, technologiques et politiques. On peut citer comme exemples le liège, l'uranium et le lithium.</li> </ul>	

8.2 Utilisation des ressources dans la société	
<p><b>Applications et compétences</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Résumer</b> un exemple de mauvaise gestion du capital naturel renouvelable et non renouvelable.</li> <li>• <b>Expliquer</b> la nature dynamique du concept de capital naturel.</li> </ul>	<p><b>Liens</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systèmes de l'environnement et sociétés : systèmes de valeurs de l'environnement (1.1) ; durabilité (1.4)</li> <li>• Programme du diplôme : anthropologie sociale et culturelle ; technologie du design (thèmes 2 et 8) ; physique (thème 8) ; géographie (thème 4) ; économie</li> </ul>

8.3 Déchets ménagers solides	
<p><b>Idées importantes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le volume des déchets ménagers solides augmente en raison de la croissance des populations humaines et de la consommation.</li> <li>• La production et la gestion des déchets ménagers solides peuvent avoir une influence importante sur la durabilité.</li> </ul>	<p><b>Directives et informations supplémentaires</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les déchets ménagers solides incluent les déchets domestiques comme le papier, le verre, le métal, les plastiques, les substances organiques (de cuisine ou du jardin), les emballages, les débris de construction et les vêtements.</li> <li>• Les élèves doivent prendre en considération la quantité et la source de la pollution non biodégradable générée dans une localité choisie et la manière dont elle est gérée.</li> <li>• L'adoption de l'économie circulaire fournit une approche alternative aux déchets et à la durabilité.</li> </ul> <p><b>Sensibilité internationale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La pollution peut être transfrontalière ; la pollution d'un pays peut en affecter un autre.</li> <li>• Les différences dans le niveau de développement des pays peuvent influencer la quantité et le type de déchets ménagers solides qu'ils génèrent.</li> </ul> <p><b>Théorie de la connaissance</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• L'économie circulaire peut être perçue comme un changement de paradigme : la connaissance se développe-t-elle par des changements de paradigmes dans tous les domaines de la connaissance ?</li> </ul>
<p><b>Connaissance et compréhension</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Il existe différents types de déchets ménagers solides, dont le volume et la composition varient au fil du temps.</li> <li>• L'abondance et la prévalence de la pollution, en particulier de la pollution non biodégradable (comme les plastiques, les piles ou les déchets électroniques), sont devenues un problème environnemental majeur.</li> <li>• Les choix d'élimination des déchets incluent les décharges, l'incinération, le recyclage et le compostage.</li> <li>• De nombreuses stratégies peuvent être utilisées pour gérer les déchets ménagers solides (voir figure 3). Ces stratégies sont influencées par les barrières culturelles, économiques, technologiques et politiques. Elles comprennent :             <ul style="list-style-type: none"> <li>- la modification des activités humaines, par exemple, par une réduction de la consommation et le compostage des déchets alimentaires ;</li> <li>- le contrôle de la libération des polluants : les gouvernements adoptent des législations dans le but d'encourager les initiatives de recyclage et de réutilisation et imposent des taxes pour l'enlèvement des ordures ménagères et sur les articles jetables ;</li> <li>- La récupération des décharges en utilisant les déchets ménagers solides pour des programmes de valorisation énergétique des déchets, en mettant en œuvre des initiatives visant à extraire les plastiques du grand vortex de déchets du Pacifique nord (nettoyage et restauration).</li> </ul> </li> </ul>	

<p><b>8.3 Déchets ménagers solides</b></p>	<p><b>Applications et compétences</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Évaluer</b> les choix d'élimination des déchets ménagers solides.</li> <li>• <b>Comparer et opposer</b> les stratégies de gestion de la pollution pour les déchets ménagers solides.</li> <li>• <b>Évaluer</b>, à l'aide de la figure 3, les stratégies de gestion de la pollution pour les déchets ménagers solides en abordant le recyclage, l'incinération, le compostage et les décharges.</li> </ul> <p><b>Liens</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systèmes de l'environnement et sociétés : durabilité (1.4) ; êtres humains et pollution (1.5) ; flux d'énergie et de matière (2.3) ; pollution de l'eau (4.4) ; dégradation et conservation des sols (5.3) ; dépôts acides (6.4)</li> <li>• Programme du diplôme : chimie (option A) ; géographie (thème 4 et option B)</li> </ul>
--	---

8.4 Capacité limite des populations humaines	
<p><b>Idées importantes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La capacité limite humaine est difficile à quantifier.</li> <li>• L’empreinte écologique est un modèle qui permet de déterminer si les populations humaines sont soumises à la capacité limite.</li> </ul>	<p><b>Connaissance et compréhension</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La capacité limite est le nombre maximal d’espèces, ou « charge », que peut supporter durablement un milieu donné.</li> <li>• Il est possible d’évaluer la capacité limite d’un environnement pour une espèce donnée : toutefois, cette évaluation est problématique dans le cas des populations humaines pour un certain nombre de raisons.</li> <li>• Une empreinte écologique est la superficie de sol et d’eau nécessaire à une population humaine d’un niveau de vie donné. La mesure de l’empreinte écologique tient compte de la superficie nécessaire à la production de toutes les ressources indispensables à cette population et à l’assimilation des déchets.</li> <li>• Une empreinte écologique est un modèle utilisé pour évaluer les demandes des populations humaines sur leur environnement.</li> <li>• Les empreintes écologiques peuvent varier de façon importante selon le pays et l’individu et inclure des aspects comme les choix de mode de vie (systèmes de valeurs de l’environnement), la productivité des systèmes de production alimentaire, l’utilisation des terres et l’industrie. Si l’empreinte écologique d’une population humaine est supérieure à la superficie de sol qui lui est disponible, cela indique que la population est non durable et excède la capacité limite du milieu.</li> <li>• La dégradation de l’environnement, conjuguée à la consommation de ressources finies, devrait limiter la croissance des populations humaines.</li> <li>• Si les populations humaines ne vivent pas durablement, elles vont excéder la capacité limite et risquer l’effondrement.</li> </ul> <p><b>Directives et informations supplémentaires</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La discussion de l’application de la capacité limite qui permet aux populations de dépasser les limites fixées par les ressources locales doit inclure : <ul style="list-style-type: none"> <li>– l’éventail des ressources utilisées ;</li> <li>– l’ingéniosité déployée par les humains pour substituer un matériau à un autre ;</li> <li>– les variations dans les modes de vie ;</li> <li>– l’importation de ressources ;</li> <li>– les développements technologiques qui donnent lieu à une évolution continue des demandes et des disponibilités de ressources pour la consommation.</li> </ul> </li> <li>• Étant donné qu’il est difficile de calculer la capacité limite des populations humaines, il est également difficile d’évaluer dans quelle mesure elles approchent ou excèdent la capacité limite, bien que des indicateurs environnementaux (voir le sujet 1.4) puissent aider à cet égard.</li> <li>• L’empreinte écologique est un modèle qui fournit un moyen de contourner ce dilemme. Plutôt que de se concentrer sur un environnement donné et d’essayer de calculer la capacité limite qu’il fournit, elle met l’accent sur une population donnée (avec son taux actuel de consommation des ressources) et évalue la superficie de l’environnement nécessaire pour soutenir durablement cette population donnée. La taille de cette superficie, comparée à la superficie dont dispose la population, indique si cette population vit durablement et dans le cadre de la capacité limite imposée.</li> </ul>

8.4 Capacité limite des populations humaines	
<p><b>Applications et compétences</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Évaluer</b> l'application de la capacité limite à des populations humaines locales et mondiales.</li> <li>• <b>Comparer et opposer</b> les différences entre les empreintes écologiques de deux pays.</li> <li>• <b>Évaluer</b> comment les systèmes de valeurs de l'environnement exercent un impact sur les empreintes écologiques des individus ou des populations.</li> </ul>	<p><b>Sensibilité internationale</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La durabilité est l'utilisation et la gestion responsables des ressources de la planète à un rythme permettant la régénération naturelle et la réduction des dommages causés à l'environnement.</li> </ul> <p><b>Théorie de la connaissance</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La capacité limite humaine est difficile à quantifier et comporte des éléments de jugement subjectif. Il a été avancé que les historiens ne peuvent pas être impartiaux : la même affirmation peut-elle être formulée au sujet des scientifiques spécialisés dans l'environnement lorsqu'ils revendiquent des connaissances ?</li> </ul> <p><b>Liens</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Systèmes de l'environnement et sociétés : durabilité (1.4) ; êtres humains et pollution (1.5) ; accès à l'eau douce (4.2) ; systèmes de production alimentaire aquatiques (4.3) ; systèmes de production alimentaire terrestres et choix alimentaires (5.2) ; choix et sécurité énergétiques (7.1) ; utilisation des ressources dans la société (8.2)</li> <li>• Programme du diplôme : géographie (thème 4 et option G)</li> </ul>

# L'évaluation dans le Programme du diplôme

## Généralités

L'évaluation fait partie intégrante de l'enseignement et de l'apprentissage. Dans le Programme du diplôme, elle a avant tout pour but de soutenir les objectifs pédagogiques fixés et de favoriser chez les élèves un bon apprentissage. L'évaluation externe et l'évaluation interne sont toutes deux utilisées dans le Programme du diplôme. Les examinateurs de l'IB notent ainsi les travaux dans le cadre de l'évaluation externe, tandis que les travaux destinés à l'évaluation interne sont notés par les enseignants, avant de faire l'objet d'une révision de notation externe par l'IB.

Deux types d'évaluation sont réalisés par l'IB.

- L'évaluation formative oriente l'enseignement et l'apprentissage. Elle fournit aux élèves et aux enseignants des commentaires utiles et précis, d'une part, sur le type d'apprentissage mis en œuvre et, d'autre part, sur la nature des points forts et des points faibles des élèves, afin de développer la compréhension et les compétences de ces derniers. L'évaluation formative peut également contribuer à améliorer la qualité de l'enseignement car elle peut fournir des informations permettant de mesurer les progrès réalisés pour atteindre les objectifs du cours.
- L'évaluation sommative donne une vue d'ensemble des connaissances acquises avant le cours et permet d'évaluer les progrès des élèves.

Dans le Programme du diplôme, l'évaluation est essentiellement de nature sommative et est utilisée afin de mesurer les progrès des élèves à la fin ou vers la fin du cours. Toutefois, de nombreux outils d'évaluation du cours peuvent également être utilisés de manière formative pendant la période d'enseignement et d'apprentissage ; cette pratique est même vivement recommandée. Un plan d'évaluation complet doit faire partie intégrante de l'apprentissage, de l'enseignement et de l'organisation du cours. De plus amples renseignements sont fournis dans le document de l'IB intitulé *Normes de mise en œuvre des programmes et applications concrètes*.

Le mode d'évaluation utilisé par l'IB est critérié et non pas normatif. Ce mode d'évaluation juge donc le travail des élèves par rapport à des critères d'évaluation définis et non par rapport au travail des autres élèves. L'ouvrage *Principes et pratiques d'évaluation au Programme du diplôme* contient de plus amples renseignements sur l'évaluation dans le cadre du Programme du diplôme.

Afin d'aider les enseignants dans la planification, l'enseignement et l'évaluation des matières du Programme du diplôme, des ressources variées sont mises à leur disposition sur le Centre pédagogique en ligne (CPEL) ou en vente sur le site du magasin de l'IB (<https://store.ibo.org>). D'autres publications, telles que des spécimens d'épreuves, des barèmes de notation, du matériel de soutien pédagogique, des rapports pédagogiques et des descripteurs de notes finales se trouvent également sur le CPEL. Par ailleurs, des épreuves de sessions précédentes ainsi que des barèmes de notation sont en vente sur le site du magasin de l'IB.

## Méthodes d'évaluation

L'IB utilise différentes méthodes pour évaluer les travaux des élèves.

### Critères d'évaluation

Les critères d'évaluation sont utilisés lorsque la tâche d'évaluation est dite « ouverte ». Chaque critère se concentre sur une compétence particulière que les élèves sont censés démontrer. Ainsi, si un objectif d'évaluation décrit ce que les élèves doivent être capables de faire, les critères d'évaluation décrivent de quelle manière et à quel niveau ils doivent le faire. L'utilisation des critères permet d'évaluer des réponses différentes et encourage leur variété. Chaque critère d'évaluation est composé d'un ensemble de descripteurs de niveaux classés par ordre hiérarchique. Chaque descripteur de niveaux équivaut à un ou plusieurs points. Chaque critère est utilisé indépendamment en suivant un modèle qui consiste à trouver le descripteur qui résume le mieux le niveau atteint (approche dite de meilleur ajustement). Le total des points attribuables peut varier d'un critère à l'autre selon leur importance. Les points ainsi attribués pour chaque critère sont ensuite additionnés pour arriver à la note totale du travail évalué.

### Bandes de notation

Les bandes de notation expliquent en détail les niveaux d'accomplissements attendus par rapport auxquels les travaux sont évalués. Ce sont des descripteurs de niveaux qui, ensemble, forment un critère global. À chaque descripteur de niveaux correspond une gamme de notes, ce qui permet de différencier les accomplissements des élèves. L'approche dite de meilleur ajustement est utilisée afin de déterminer quelle note en particulier doit être choisie parmi la gamme de notes proposées pour chaque descripteur de niveaux.

### Barèmes de notation analytiques

Les barèmes de notation analytiques sont conçus pour les questions d'examen pour lesquelles un certain type de réponse ou une réponse spécifique sont attendus des élèves. Ces barèmes donnent aux examinateurs des instructions détaillées sur la manière de décomposer le total des points correspondant à chaque question pour noter différentes parties de la réponse.

### Remarques à propos de la notation

Des remarques concernant la notation sont fournies pour certaines composantes d'évaluation notées à l'aide de critères d'évaluation. Elles donnent des orientations sur la manière dont les critères d'évaluation s'appliquent aux exigences particulières d'une question.

## Responsabilités de l'établissement

Les établissements doivent s'assurer que les candidats ayant des besoins en matière de soutien à l'apprentissage bénéficient d'aménagements raisonnables leur garantissant l'égalité de l'accès aux programmes de l'IB, conformément aux documents de l'IB intitulés *Candidats ayant des besoins en matière d'aménagement de la procédure d'évaluation* et *La diversité d'apprentissage et les besoins éducationnels spéciaux dans les programmes du Baccalauréat International*.

## Mention des sources des idées ou des travaux empruntés à autrui

Il est rappelé aux coordonnateurs et aux enseignants que les candidats doivent citer toutes les sources utilisées dans les travaux soumis à l'évaluation. Les informations fournies ci-après visent à clarifier cette exigence.

Les travaux que les candidats du Programme du diplôme remettent pour l'évaluation se présentent sous diverses formes et peuvent inclure des supports tels que du matériel audiovisuel, des textes, des graphiques, des images et/ou des données provenant de sources imprimées ou électroniques. Si un candidat utilise les travaux ou les idées d'une autre personne, il doit en citer la source en appliquant de manière systématique une méthode conventionnelle de mention des sources. Tout candidat ne respectant pas cette exigence sera soupçonné d'avoir commis une infraction au règlement. L'IB mènera alors une enquête qui pourra donner lieu à l'application d'une sanction par le comité d'attribution des notes finales de l'IB.

L'IB ne prescrit pas de méthode particulière à imposer aux candidats en ce qui concerne la mention des sources ou la présentation des citations au sein du texte ; cette décision est laissée à la discrétion des membres du personnel ou du corps enseignant concernés de l'établissement. En raison du large éventail de matières, des trois langues d'usage et de la diversité des méthodes de mention des sources, il serait irréalisable et restrictif de privilégier l'emploi de méthodes particulières. Dans la pratique, certaines méthodes sont plus largement utilisées, mais les établissements sont libres de choisir une méthode adaptée à la matière concernée et à la langue dans laquelle les candidats rédigent leur travail. Quelle que soit la méthode adoptée par l'établissement pour une matière donnée, il est attendu des candidats qu'ils fournissent au minimum les informations suivantes : le nom de l'auteur, la date de publication, le titre de la source et les numéros de page, selon le cas.

Les candidats doivent utiliser une méthode conventionnelle et l'appliquer de manière cohérente afin de citer toutes les sources utilisées, y compris les sources paraphrasées ou résumées. Lors de la rédaction d'un texte, les candidats doivent établir une distinction nette entre leurs propres idées et celles empruntées à autrui, en utilisant des guillemets (ou tout autre moyen tel que la mise en retrait du texte) suivis d'une citation adaptée renvoyant à une référence dans la bibliographie. Si une source électronique est citée, la date de consultation doit impérativement être précisée. Il n'est pas attendu des candidats qu'ils maîtrisent parfaitement l'utilisation des méthodes de mention des sources. En revanche, ils doivent démontrer qu'ils ont bien cité toutes les sources utilisées. Les candidats doivent être informés qu'ils sont tenus d'identifier l'origine du matériel audiovisuel, des textes, des graphiques, des images et des données provenant de sources imprimées ou électroniques dont ils ne sont pas l'auteur. Là encore, ils doivent utiliser une méthode adéquate de mention/citation des sources.

## Aménagements de la procédure d'évaluation à des fins d'inclusion

Des aménagements de la procédure d'évaluation peuvent être faits à des fins d'inclusion pour les candidats qui en ont besoin. Ces aménagements permettent à ces candidats d'avoir accès aux examens et de démontrer leur connaissance et leur compréhension des concepts évalués.

Le document de l'IB intitulé *Candidats ayant des besoins en matière d'aménagement de la procédure d'évaluation* fournit des informations détaillées sur les aménagements de la procédure d'évaluation qui peuvent être faits à des fins d'inclusion pour les candidats ayant des besoins en matière de soutien à l'apprentissage. Le

document de l'IB intitulé *La diversité d'apprentissage et les besoins éducationnels spéciaux dans les programmes du Baccalauréat International* présente la position de l'IB en ce qui concerne les candidats ayant des besoins d'apprentissage divers au sein des programmes de l'IB. Le *Manuel de procédures pour le Programme du diplôme* et le document intitulé *Règlement général du Programme du diplôme* contiennent des informations détaillées sur les aménagements pour les candidats affectés par des circonstances défavorables.

## Résumé de l'évaluation

### Première évaluation en 2017

Composante d'évaluation	Pondération (%)	Pondération approximative des objectifs d'évaluation dans chaque composante (%)		Durée (heures)
		1 et 2	3	
Épreuve 1 (étude de cas)	25	50	50	1h
Épreuve 2 (réponses courtes et compositions structurées)	50	50	50	2h
Évaluation interne (recherche individuelle)	25	Tient compte des objectifs d'évaluation 1, 2, 3 et 4		10h

# Évaluation externe

Deux méthodes différentes sont utilisées pour évaluer les travaux des candidats :

- des barèmes de notation détaillés spécifiques à chaque épreuve d'examen ;
- des bandes de notation.

Les bandes de notation sont publiées dans ce guide.

- L'évaluation de l'épreuve 1 est réalisée à l'aide d'un barème de notation.
- L'évaluation de l'épreuve 2 est réalisée à l'aide de bandes de notation et d'un barème de notation.

Les bandes de notation sont liées aux objectifs d'évaluation établis pour le cours de systèmes de l'environnement et sociétés. Les barèmes de notation sont spécifiques à chaque examen.

## Description détaillée de l'évaluation externe

L'évaluation externe consiste en deux épreuves écrites et compte pour 75 % de l'évaluation finale.

L'utilisation de la calculatrice est requise pour ces deux épreuves. Les calculatrices à écran graphique sont autorisées (voir la section « Calculatrices » sur le CPEL : **Programme du diplôme > Mathématiques > Calculatrices**).

**Remarque :** dans la mesure du possible, les enseignants doivent utiliser le Système international d'unités (SI) et encourager les élèves à faire de même.

### Épreuve 1

**Durée : 1 heure**

**Pondération : 25 %**

**Nombre de points : 40**

- Les élèves se verront attribuer un éventail de données sous des formes variées en lien avec une étude de cas spécifique et inconnue.
- Les questions seront fondées sur l'analyse et l'évaluation des données présentes dans l'étude de cas.
- Toutes les questions sont obligatoires.
- Ces questions servent à évaluer l'atteinte des objectifs d'évaluation 1, 2 et 3.

### Épreuve 2

**Durée : 2 heures**

**Pondération : 50 %**

**Nombre de points : 65**

- L'épreuve 2 se compose d'une section A et d'une section B.
- La section A (25 points) est composée de questions à réponse courte et reposant sur des données.

- La section B (40 points) demande aux élèves de répondre à deux questions à réponse développée parmi un choix de quatre questions. Chaque question est notée sur 20 points.
- Ces questions servent à évaluer l'atteinte des objectifs d'évaluation 1, 2 et 3.

La version définitive de chaque composition de la section B (9 points) sera évaluée à l'aide des bandes de notation.

Le but consiste à trouver le descripteur qui correspond le mieux au niveau du travail à l'aide du modèle de meilleur ajustement. Ce modèle consiste à effectuer un ajustement lorsqu'un travail présente des aspects d'une bande de notation à des niveaux différents. La note attribuée doit refléter le mieux possible l'accomplissement dans son ensemble par rapport à la bande de notation. Il n'est pas nécessaire que tous les aspects du descripteur de niveaux soient présents pour que la ou les notes correspondantes soient attribuées.

Il est recommandé de mettre les bandes de notation à la disposition des élèves. Les descripteurs de ces bandes de notation sont indiqués ci-après.

Points	Descripteurs de niveaux
0	La réponse n'atteint pas l'un des niveaux décrits ci-dessous et ne se rapporte pas à la question.
1 – 3	<p>La réponse :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• fait preuve d'une connaissance et d'une compréhension limitées des problèmes ou des concepts liés aux systèmes de l'environnement et sociétés ;</li> <li>• contient des énoncés de connaissances fragmentés, peu liés au contexte de la question ;</li> <li>• montre parfois une utilisation appropriée de la terminologie spécifique au cours de systèmes de l'environnement et sociétés ;</li> <li>• ne contient aucun exemple lorsque cela s'avère nécessaire, ou contient des exemples manquant d'explication ou de pertinence ;</li> <li>• présente une analyse superficielle qui se limite à une liste de faits ou d'idées ;</li> <li>• contient des jugements ou des conclusions vagues ou non étayés par des preuves ou des arguments.</li> </ul>
4 – 6	<p>La réponse :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• fait parfois preuve d'une connaissance et d'une compréhension solides des problèmes et des concepts liés aux systèmes de l'environnement et sociétés ;</li> <li>• contient des énoncés de connaissances liés au contexte de la question de manière efficace ;</li> <li>• montre une utilisation pour la plupart appropriée de la terminologie spécifique au cours de systèmes de l'environnement et sociétés ;</li> <li>• contient parfois des exemples pertinents lorsque cela s'avère nécessaire mais ces exemples sont accompagnés d'une explication limitée ;</li> <li>• présente une analyse claire montrant un certain équilibre ;</li> <li>• contient des jugements ou des conclusions clairs, étayés par des preuves ou des arguments limités.</li> </ul>

7 – 9	<p>La réponse :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• fait largement preuve d'une connaissance et d'une compréhension solides des problèmes et des concepts liés aux systèmes de l'environnement et sociétés ;</li><li>• contient un large éventail d'énoncés de connaissances efficacement liés les uns aux autres et au contexte de la question ;</li><li>• montre une utilisation cohérente et appropriée de la terminologie spécifique au cours de systèmes de l'environnement et sociétés ;</li><li>• contient des exemples pertinents, bien expliqués et utilisés de manière efficace, lorsque cela s'avère nécessaire, indiquant une certaine originalité ;</li><li>• présente une analyse approfondie, bien équilibrée et perspicace ;</li><li>• contient des jugements ou des conclusions explicites, bien étayés par des preuves ou des arguments et qui incluent une certaine réflexion critique.</li></ul>
-------	--

# Évaluation interne

## But de l'évaluation interne

L'évaluation interne fait partie intégrante du cours et elle est obligatoire pour les élèves. Elle leur permet de montrer leurs compétences et leurs connaissances, et d'approfondir des sujets qui les intéressent, sans les contraintes de temps et les restrictions associées aux épreuves écrites. L'évaluation interne doit, dans la mesure du possible, faire partie de l'enseignement en classe et ne doit pas être une activité séparée menée à la fin du programme d'études.

La tâche d'évaluation interne implique la réalisation d'une recherche individuelle sur une question de recherche en lien avec le cours de systèmes de l'environnement et sociétés qui aura été conçue et mise en œuvre par l'élève. Cette recherche sera soumise sous la forme d'un rapport écrit.

**Remarque :** toute recherche utilisée pour l'évaluation interne doit être spécifiquement conçue par l'élève pour correspondre aux critères d'évaluation. L'enseignant doit donc remettre aux élèves un exemplaire des critères d'évaluation lorsqu'il leur explique les exigences concernant la recherche.

Les élèves qui entreprennent un mémoire en systèmes de l'environnement et sociétés ne doivent pas se fonder sur la question de recherche utilisée pour l'évaluation interne du cours.

## Volume horaire

Le temps d'enseignement consacré à l'activité réalisée dans le cadre de l'évaluation interne est de 10 heures.

L'évaluation interne fait partie intégrante du cours de systèmes de l'environnement et sociétés ; elle correspond à 25 % de l'évaluation finale. Cette pondération doit se refléter dans le temps alloué à l'enseignement des connaissances, des compétences et de la compréhension requises pour cette composante, de même que dans le temps total alloué pour effectuer la recherche en elle-même.

Il est recommandé d'attribuer à cette tâche un total d'environ 10 heures. Ce volume horaire doit comprendre :

- le temps nécessaire à l'enseignant pour expliquer aux élèves les exigences en matière d'évaluation interne ;
- le temps nécessaire pour se référer à la *Politique de l'IB relative à l'expérimentation animale dans les écoles du monde de l'IB*, le cas échéant ;
- le temps nécessaire pour permettre aux élèves de travailler sur la composante de l'évaluation interne et poser des questions ;
- le temps nécessaire à chaque élève pour consulter son enseignant ;
- le temps nécessaire pour mesurer les progrès effectués et vérifier l'authenticité du travail.

## Direction des travaux et authenticité

Tout rapport soumis à l'évaluation interne doit être le fruit du travail personnel de l'élève. Cela ne signifie pas pour autant que les élèves doivent décider d'un titre ou d'un sujet, puis être livrés à eux-mêmes, sans soutien de la part de l'enseignant pour effectuer leur travail. L'enseignant doit jouer un rôle important, tant durant l'étape de planification du travail que durant l'exécution du travail soumis à l'évaluation interne. Il lui incombe de s'assurer que les élèves connaissent :

- les exigences concernant le type de travail qui sera soumis à l'évaluation interne ;
- la *Politique de l'IB relative à l'expérimentation animale dans les écoles du monde de l'IB* ;
- les critères d'évaluation. Les élèves doivent comprendre que le travail qu'ils remettront doit bien tenir compte de ces critères.

Les enseignants et les élèves doivent discuter ensemble des travaux évalués en interne. Les élèves doivent être incités à entamer des discussions avec l'enseignant pour obtenir des conseils et des informations, et ils ne doivent pas être pénalisés pour cela. Dans le cadre du processus d'apprentissage, les enseignants doivent donner des conseils aux élèves sur un brouillon du travail qu'ils auront lu au préalable. Ces conseils prodigués oralement ou par écrit doivent guider les élèves sur la façon dont ils peuvent améliorer leur travail. Toutefois, les enseignants ne doivent pas modifier le brouillon. La version rendue par la suite aux enseignants devra être la version définitive soumise à l'évaluation.

Les enseignants sont chargés de s'assurer que tous leurs élèves comprennent la signification et l'importance fondamentales des concepts liés à l'intégrité intellectuelle, et plus particulièrement, des concepts d'authenticité et de propriété intellectuelle. Ils doivent vérifier que tous les travaux que les élèves remettent pour l'évaluation ont été effectués conformément aux exigences et doivent expliquer clairement aux élèves que ces travaux doivent être entièrement les leurs.

Les enseignants doivent authentifier tout travail envoyé à l'IB pour révision de notation ou évaluation. Ils ne doivent pas envoyer de travaux qui, à leur connaissance, constituent des cas de mauvaise conduite présumée ou confirmée. Chaque élève doit confirmer que son travail est authentique et qu'il s'agit de la version définitive. Une fois qu'un élève a remis la version définitive de son travail de manière officielle, il ne peut plus faire marche arrière. L'exigence selon laquelle l'authenticité des travaux doit être confirmée s'applique aux travaux de tous les élèves, et non pas uniquement aux échantillons de travaux soumis à l'IB pour la révision de notation. Pour obtenir de plus amples informations, veuillez consulter les publications de l'IB intitulées *Intégrité intellectuelle au sein de l'IB*, *Le Programme du diplôme : des principes à la pratique*, ainsi que les articles pertinents du document Règlement général du Programme du diplôme.

L'authenticité du travail peut être vérifiée en discutant avec l'élève du contenu de son travail et en examinant en détail un ou plusieurs des éléments suivants :

- le projet initial de l'élève ;
- le premier brouillon du travail écrit ;
- les références bibliographiques ;
- le style d'écriture, en comparaison avec d'autres travaux de l'élève ;
- une analyse du travail réalisée par l'intermédiaire d'un service en ligne spécialisé dans la détection du plagiat.
- Un même travail ne peut être remis pour satisfaire aux exigences de l'évaluation interne et du mémoire.

## Utilisation des critères d'évaluation interne

L'évaluation interne se base sur un certain nombre de critères. Chaque critère d'évaluation comprend des descripteurs définissant des niveaux d'accomplissement spécifiques auxquels correspond une gamme de notes. Bien que les descripteurs de niveaux portent sur les aspects positifs du travail, la notion d'échec peut être incluse dans la description.

Les enseignants doivent évaluer les travaux remis pour l'évaluation interne à l'aide des critères d'évaluation, en utilisant les descripteurs de niveaux.

- Le but consiste à trouver, pour chaque critère, le descripteur qui correspond le mieux au niveau du travail à l'aide du modèle de meilleur ajustement. Ce modèle consiste à effectuer un ajustement, lorsqu'un travail présente des aspects du critère à des niveaux différents. La note attribuée doit refléter le plus possible l'accomplissement dans son ensemble par rapport au critère. Il n'est pas nécessaire que tous les aspects du descripteur de niveaux soient présents pour que la ou les notes correspondantes soient attribuées.
- Lorsqu'ils évaluent le travail d'un élève, les enseignants doivent, pour chaque critère, lire les descripteurs de niveaux jusqu'à ce qu'ils atteignent celui qui décrit le mieux le travail évalué. Si un travail semble se situer entre deux descripteurs, l'enseignant doit les relire et choisir celui qui est le plus approprié au travail de l'élève.
- Lorsqu'un niveau contient une gamme de notes, l'enseignant doit donner les notes les plus élevées si le travail de l'élève démontre les qualités décrites dans une large mesure ; la qualité du travail est alors très proche du niveau supérieur. L'enseignant doit donner les notes les plus basses si le travail de l'élève démontre les qualités décrites dans une moindre mesure ; la qualité du travail est alors très proche du niveau inférieur.
- Seuls des nombres entiers peuvent être utilisés ; les notes partielles, c'est-à-dire les fractions et les décimales, ne sont pas acceptées.
- Les enseignants ne doivent pas penser en termes de réussite ou d'échec mais plutôt chercher à déterminer le descripteur adéquat pour chaque critère d'évaluation.
- Les descripteurs les plus élevés ne correspondent pas nécessairement à un travail parfait et doivent être à la portée des élèves. Les enseignants ne doivent pas hésiter à choisir les extrêmes s'ils décrivent adéquatement le niveau du travail évalué.
- Un élève qui a atteint un niveau élevé pour un critère donné n'atteindra pas nécessairement un niveau élevé pour les autres critères. De même, l'atteinte d'un niveau bas pour un critère donné n'implique pas nécessairement que le travail atteindra un niveau bas pour les autres critères. Les enseignants ne doivent pas s'attendre à voir l'évaluation de l'ensemble des élèves suivre une distribution particulière des notes.
- Il est recommandé de mettre les critères d'évaluation à la disposition des élèves.

## Description détaillée de l'évaluation interne

**Durée : 10 heures**

**Pondération : 25 %**

- Recherche individuelle
- La recherche couvre les objectifs d'évaluation 1, 2, 3 et 4.

La recherche individuelle est une tâche unique prenant environ 10 heures. Cette durée comprend le temps de consultation avec l'enseignant afin de discuter de la question de recherche avant d'entamer la recherche en elle-même, ainsi que le temps consacré au développement d'une méthodologie et au recueil de

données. Pendant la phase de consultation, il convient de noter que l'enseignant fournit des conseils pour soutenir l'élève mais ne doit pas lui indiquer sur quoi fonder sa recherche ni comment la réaliser. Avant la soumission du travail définitif, les enseignants doivent également fournir un retour d'information aux élèves sur la version préliminaire du rapport écrit.

L'objectif de la recherche évaluée en interne est de se concentrer sur un aspect particulier du cours de systèmes de l'environnement et sociétés et d'en appliquer les résultats à un contexte environnemental et/ou sociétal plus large. La recherche doit être consignée dans un rapport écrit de 1 500 à 2 250 mots.

Les élèves doivent être avertis que les réviseurs de notation externes ne liront pas au-delà de ces 2 250 mots et que les enseignants doivent noter la recherche jusqu'à cette limite uniquement.

La recherche évaluée en interne consiste :

- à identifier un problème lié aux systèmes de l'environnement et sociétés et à se concentrer sur l'un de ses aspects spécifiques ;
- à développer des méthodologies permettant de générer des données qui seront analysées pour acquérir des connaissances sur l'aspect ciblé et aider à le comprendre ;
- à utiliser les résultats de la recherche pour fournir une compréhension ou des solutions dans le contexte plus large du cours de systèmes de l'environnement et sociétés.

Il est important de souligner que la question de recherche ciblée doit émerger d'un domaine d'intérêt plus large sur le plan environnemental (contexte), de façon à ce qu'en plus d'évaluer le processus de recherche et les résultats obtenus, les élèves soient capables de discuter dans quelle mesure leur étude s'applique au problème environnemental qui les intéresse au niveau local, régional ou mondial (application). Il n'est pas nécessaire que cette discussion de plus grande envergure soit en lien direct avec leurs résultats, la qualité des données recueillies n'étant pas toujours suffisamment bonne pour une telle application ; cela ne doit donc pas faire partie des attentes pour cette tâche. Toutefois, cette discussion doit amener les élèves à développer une pensée créative et des solutions innovantes ou à guider des décisions actuelles en matière de politique et de gestion liées au problème. Par exemple, si un élève réalise une étude sur l'impact d'éoliennes érigées à proximité de son établissement scolaire, il peut, à partir de ses conclusions, suggérer des solutions pour l'installation d'éoliennes dans d'autres zones.

Ce style de recherche reflète la nature interdisciplinaire de la tâche.

La recherche doit être équivalente au niveau du cours et peut s'appuyer sur des méthodologies et des techniques analytiques utilisées dans l'étude des sciences expérimentales ou des sciences humaines.

## Méthodologies

- Enquêtes ou questionnaires sur les valeurs et les attitudes
- Entretiens
- Recherches portant sur des problèmes afin d'éclairer la prise de décision
- Travail de terrain d'observation (expériences naturelles)
- Expériences de manipulation sur le terrain
- Modélisation de l'écosystème (notamment des mésocosmes ou des expériences en flacon)
- Travail de laboratoire
- Modèles de durabilité
- Utilisation de diagrammes systémiques ou d'autres approches de modélisation globale valides
- Évaluations d'éléments ayant un impact environnemental

- Données secondaires démographiques, développementales et environnementales
- Recueil de données qualitatives comme quantitatives

## Techniques analytiques

- Estimations de la production primaire nette / production primaire brute ou de la production secondaire nette / production secondaire brute
- Application de statistiques descriptives (mesure de dispersion et moyenne)
- Application de statistiques déductives (mise à l'essai d'hypothèses nulles)
- Autres calculs complexes
- Analyse cartographique
- Utilisation de feuilles de calcul ou de base de données
- Calcul détaillé des empreintes (y compris écologiques, carbone et eau)

Les recherches peuvent comprendre des travaux qualitatifs ou des travaux quantitatifs pertinents. Dans certains cas, ce sont des approches descriptives pouvant impliquer le recueil de données qualitatives considérables. Dans d'autres cas, il est possible d'établir une cause et un effet au moyen d'une analyse statistique déductive (approche scientifique). Les enseignants trouveront davantage d'exemples pour les guider dans la publication *Matériel de soutien pédagogique de systèmes de l'environnement et sociétés*.

## Critères d'évaluation interne

Les critères d'évaluation ci-après seront utilisés pour l'évaluation interne.

Identification du contexte (CXT)	Planification (PLA)	Résultats, analyse et conclusion (RAC)	Discussion et évaluation (DEV)	Applications (APP)	Communication (COM)	Total au NS
6 (20 %)	6 (20 %)	6 (20 %)	6 (20 %)	3 (10 %)	3 (10 %)	30 (100 %)

Les niveaux d'accomplissement sont décrits à l'aide de plusieurs indicateurs dans chaque niveau. Dans bon nombre de cas, les indicateurs d'un niveau donné se présentent simultanément, mais cela n'est pas toujours le cas. De même, tous les indicateurs ne sont pas toujours présents. Cela signifie que la performance d'un candidat peut correspondre à différents niveaux. Afin de tenir compte de cette possibilité, les modèles d'évaluation de l'IB utilisent des descripteurs de niveaux et conseillent aux examinateurs et enseignants d'employer le **modèle de meilleur ajustement** lorsqu'ils décident de la note qu'il convient d'attribuer dans un critère.

Il est recommandé aux enseignants de lire les directives sur l'utilisation des critères d'évaluation fournis dans la section « Utilisation des critères d'évaluation interne » avant de commencer leur notation. Il est également essentiel qu'ils prennent bien connaissance des exemples de travaux évalués, présentés dans le matériel de soutien pédagogique, afin de se familiariser avec la notation. Des définitions précises des mots-consignes

utilisés dans les critères d'évaluation sont fournies dans la section « Glossaire des mots-consignes » figurant à la fin de ce guide pédagogique.

## Identification du contexte (CXT) (6 points)

Ce critère vise à évaluer la mesure dans laquelle l'élève a établi et exploré un problème environnemental (que ce soit au niveau local ou mondial) dans le cadre de sa recherche et l'a développé pour exprimer une question de recherche pertinente et ciblée.

Niveaux	Descripteurs
0	Le rapport de l'élève n'atteint pas l'un des niveaux décrits ci-dessous.
1 – 2	Dans son rapport, l'élève : <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>exprime</b> une question de recherche qui n'est toutefois pas assez ciblée ;</li> <li>• <b>résume</b> un problème environnemental (local ou mondial) en lien avec la question de recherche ;</li> <li>• <b>énumère</b> des liens entre le problème environnemental (local ou mondial) et la question de recherche mais il commet d'importantes omissions.</li> </ul>
3 – 4	Dans son rapport, l'élève : <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>exprime</b> une question de recherche pertinente ;</li> <li>• <b>résume</b> un problème environnemental (local ou mondial) qui fournit le contexte de la question de recherche ;</li> <li>• <b>décrit</b> des liens entre le problème environnemental (local ou mondial) et la question de recherche mais il commet des omissions.</li> </ul>
5 – 6	Dans son rapport, l'élève : <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>exprime</b> une question de recherche pertinente, cohérente et ciblée ;</li> <li>• <b>discute</b> d'un problème environnemental pertinent (local ou mondial) qui fournit le contexte de la question de recherche ;</li> <li>• <b>explique</b> des liens entre le problème environnemental (local ou mondial) et la question de recherche.</li> </ul>

## Planification (PLA) (6 points)

Ce critère sert à évaluer dans quelle mesure l'élève a développé des méthodes appropriées pour recueillir des données pertinentes par rapport à la question de recherche. Il peut s'agir de données primaires ou secondaires, qualitatives ou quantitatives et l'élève peut utiliser des techniques associées à des méthodes de recherche de sciences expérimentales ou sociales. La planification comprend une évaluation de la sécurité et des considérations environnementales et éthiques, le cas échéant.

Niveaux	Descripteurs
0	Le rapport de l'élève n'atteint pas l'un des niveaux décrits ci-dessous.
1 – 2	Dans son rapport, l'élève : <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>élabore</b> une méthode inappropriée car elle ne permet pas le recueil de données pertinentes ;</li> <li>• <b>résume</b> le choix d'une stratégie d'échantillonnage mais commet certaines erreurs et omissions ;</li> <li>• <b>énumère</b> certains risques et considérations éthiques, le cas échéant.</li> </ul>
3 – 4	Dans son rapport, l'élève : <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>élabore</b> une méthode reproductible* pertinente par rapport à la question de recherche mais qui ne permet pas le recueil de données pertinentes suffisantes ;</li> <li>• <b>décrit</b> le choix d'une stratégie d'échantillonnage ;</li> <li>• <b>résume</b> l'évaluation des risques et les considérations éthiques, le cas échéant.</li> </ul>
5 – 6	Dans son rapport, l'élève : <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>élabore</b> une méthode reproductible* pertinente par rapport à la question de recherche qui permet le recueil de données pertinentes suffisantes ;</li> <li>• <b>justifie</b> le choix de la stratégie d'échantillonnage utilisée ;</li> <li>• <b>décrit</b> l'évaluation des risques et les considérations éthiques, le cas échéant.</li> </ul>

\* Reproductible, dans ce contexte, signifie que suffisamment d'informations sont fournies au lecteur afin qu'il puisse reproduire le recueil de données dans un autre environnement ou dans une autre société. Reproductible ici ne signifie **pas** nécessairement la capacité de reproduire la méthode dans des conditions de laboratoire pour obtenir un certain nombre d'exécutions ou de répétitions dont les variables de contrôle sont strictement identiques.

## Résultats, analyse et conclusion (RAC) (6 points)

Ce critère sert à évaluer la mesure dans laquelle l'élève a recueilli, consigné, traité et interprété les données de façon pertinente par rapport à la question de recherche. Les schémas observés à partir des données sont correctement interprétés de façon à parvenir à une conclusion valide.

Niveaux	Descripteurs
0	Le rapport de l'élève n'atteint pas l'un des niveaux décrits ci-dessous.
1 – 2	Dans son rapport, l'élève : <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>construit</b> quelques diagrammes, tableaux ou graphiques de données quantitatives et/ou qualitatives mais il commet d'importantes erreurs ou omissions ;</li> <li>• <b>analyse</b> quelques données mais il commet d'importantes erreurs et/ou omissions ;</li> <li>• <b>exprime</b> une conclusion qui ne s'appuie pas sur les données.</li> </ul>
3 – 4	Dans son rapport, l'élève : <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>construit</b> des diagrammes, des tableaux ou des graphiques de données quantitatives et/ou qualitatives appropriés mais il commet quelques omissions ;</li> <li>• <b>analyse</b> les données correctement mais l'analyse est incomplète ;</li> <li>• <b>interprète</b> certaines tendances, certains schémas ou certaines relations à partir des données de façon à déduire une conclusion valide dans une certaine mesure.</li> </ul>
5 – 6	Dans son rapport, l'élève : <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>construit</b> de façon appropriée des diagrammes, des tableaux ou des graphiques de toutes les données quantitatives et/ou qualitatives pertinentes ;</li> <li>• <b>analyse</b> les données correctement et de façon exhaustive de façon à présenter tous les schémas pertinents ;</li> <li>• <b>interprète</b> les tendances, schémas ou relations à partir des données de façon à déduire une conclusion valide pour la question de recherche.</li> </ul>

## Discussion et évaluation (DEV) (6 points)

Ce critère évalue la mesure dans laquelle l'élève aborde la conclusion dans le contexte du problème environnemental et évalue la recherche.

Niveaux	Descripteurs
0	Le rapport de l'élève n'atteint pas l'un des niveaux décrits ci-dessous.
1 – 2	Dans son rapport, l'élève : <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>décrit</b> en quoi certains aspects de la conclusion sont liés au problème environnemental ;</li> <li>• <b>identifie</b> certains points forts et points faibles ainsi que certaines limites de la méthode ;</li> <li>• <b>suggère</b> des modifications et/ou d'autres domaines de recherche superficiels.</li> </ul>
3 – 4	Dans son rapport, l'élève : <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>évalue</b> la conclusion dans le contexte du problème environnemental mais il commet des omissions ;</li> <li>• <b>décrit</b> certains points forts, points faibles et limites au sein de la méthode utilisée ;</li> <li>• <b>suggère</b> des modifications et d'autres domaines de recherche.</li> </ul>
5 – 6	Dans son rapport, l'élève : <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>évalue</b> la conclusion dans le contexte du problème environnemental ;</li> <li>• <b>discute</b> des points forts, points faibles et limites au sein de la méthode utilisée ;</li> <li>• <b>suggère</b> des modifications afin de remédier à un ou plusieurs points faibles importants et ayant un effet notable, ainsi que d'autres domaines de recherche.</li> </ul>

## Applications (APP) (3 points)

Ce critère évalue la mesure dans laquelle l'élève identifie et évalue une façon d'appliquer les résultats de la recherche au problème environnemental plus large identifié au début du projet.

Niveaux	Descripteurs
0	Le rapport de l'élève n'atteint pas l'un des niveaux décrits ci-dessous.
1	Dans son rapport, l'élève : <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>exprime</b> une application et/ou une solution potentielle(s) au problème environnemental qui a été discutée en contexte ;</li> <li>• <b>décrit</b> certains points forts, points faibles et limites de cette solution.</li> </ul>
2	Dans son rapport, l'élève : <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>décrit</b> une application et/ou une solution potentielle(s) au problème environnemental qui a été discutée en contexte et qui se fonde sur les résultats de l'étude, mais la justification est faible ou absente ;</li> <li>• <b>évalue</b> certains points forts, points faibles et limites pertinents de cette solution.</li> </ul>
3	Dans son rapport, l'élève : <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>justifie</b> une application et/ou une solution potentielle(s) au problème environnemental qui a été discutée en contexte et qui se fonde sur les résultats de l'étude ;</li> <li>• <b>évalue</b> des points forts, des points faibles et des limites pertinents de cette solution.</li> </ul>

## Communication (COM) (3 points)

Ce critère sert à évaluer si la présentation du rapport permet une communication efficace de par sa structure, sa cohérence et sa clarté. L'objectif, le processus et les résultats du rapport sont tous bien présentés.

Niveaux	Descripteurs
0	Le rapport de l'élève n'atteint pas l'un des niveaux décrits ci-dessous.
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>La recherche présente une structure et une organisation limitées.</li> <li>Le rapport montre une utilisation limitée de la terminologie appropriée et n'est pas concis.</li> <li>La présentation du rapport limite la compréhension du lecteur.</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le rapport est structuré et organisé mais cette structure et cette organisation ne sont pas soutenues tout du long.</li> <li>Le rapport montre l'utilisation d'une terminologie appropriée ou bien est concis.</li> <li>Le rapport est en grande partie logique et cohérent mais certaines parties sont difficiles à suivre.</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Le rapport est bien structuré et organisé.</li> <li>Le rapport montre tout du long l'utilisation d'une terminologie appropriée et est concis.</li> <li>Le rapport est logique et cohérent.</li> </ul>

Remarque : bien qu'il soit attendu des élèves qu'ils réfèrent correctement leurs sources dans leur rapport, ces derniers ne devront pas être pénalisés dans ce critère pour un manque de bibliographie ou d'autres moyens de citations. Ces omissions seront fort probablement traitées dans le cadre de la politique de l'IB en matière d'intégrité intellectuelle.

## Fondement des travaux pratiques

Si les exigences de l'évaluation interne sont axées sur la recherche, les élèves doivent toutefois participer à des travaux pratiques qui représentent 20 heures de temps de cours outre les 10 heures obligatoires à la tâche d'évaluation interne. Les divers types de travaux pratiques entrepris par les élèves ont des fins variées, y compris :

- illustrer, enseigner et renforcer la compréhension des concepts théoriques ;
- développer une meilleure compréhension de la nature essentiellement pratique des travaux en laboratoire et de terrain ;
- développer une meilleure compréhension de l'utilisation des données secondaires issues de bases de données ;
- développer une meilleure compréhension de l'utilisation de la modélisation ;
- développer une meilleure compréhension des avantages et des limites de toute une gamme de méthodologies de recherche.

## Programme de travaux pratiques

Le programme de travaux pratiques (PTP) est la partie pratique du cours prévue par l'enseignant et il consiste en un résumé de toutes les activités de recherche effectuées par une classe.

### Traitement du programme

La gamme de travaux pratiques doit refléter l'étendue et la profondeur du programme d'études de la matière, mais il n'est pas nécessaire d'effectuer un travail de recherche pour chaque thème du programme. Tous les élèves doivent cependant prendre part à la recherche évaluée en interne.

### Planification du programme de travaux pratiques

Les enseignants sont libres d'élaborer leur propre programme de travaux pratiques en choisissant les travaux pratiques selon les exigences présentées dans le présent guide. Leurs choix doivent être basés sur :

- les besoins de leurs élèves ;
- les ressources disponibles ;
- leur style d'enseignement.

Chaque programme de travaux pratiques doit comprendre quelques tâches complexes qui exigent une plus grande compréhension conceptuelle de la part des élèves. Étant donné les objectifs globaux et les objectifs d'évaluation de ce cours, les élèves doivent avoir la possibilité de mener des recherches démontrant l'interdépendance entre les systèmes de l'environnement et les systèmes sociétaux. Un programme composé uniquement d'expériences simples, au cours desquelles les élèves doivent, par exemple, cocher des cases ou remplir des tableaux, ne propose pas une gamme adéquate de travaux pratiques aux élèves.

Les enseignants sont invités à se rendre sur la page du CPEL consacrée à leur matière où ils pourront échanger leurs idées de travaux pratiques en prenant part aux discussions sur les forums et en ajoutant des ressources pédagogiques.

## Flexibilité

Le programme de travaux pratiques est suffisamment flexible pour permettre la réalisation d'une grande variété d'activités pratiques, telles que :

- des travaux pratiques de courte durée ou des projets s'étendant sur plusieurs semaines ;
- des simulations informatiques ;
- l'utilisation de bases de données pour les données secondaires ;
- l'élaboration et l'utilisation de modèles ;
- des exercices de recueil de données (par exemple, questionnaires, essais auprès des utilisateurs et sondages) ;
- des exercices d'analyse des données ;
- un travail sur le terrain.

Il est crucial, cependant, que l'éventail des tâches entreprises reflète la nature interdisciplinaire de cette matière. Un programme de travaux pratiques varié et équilibré doit permettre aux élèves d'expérimenter des tâches représentatives des travaux de laboratoire ou de terrain ainsi que des recherches s'appuyant davantage sur des valeurs.

## Documentation relative aux travaux pratiques

Le contenu du programme de travaux pratiques doit être consigné sur le *Formulaire ES&S/PSOW* disponible dans la section « Formulaires et pages de couverture » du *Manuel de procédures pour le Programme du diplôme*. Un exemplaire du *Formulaire ES&S/PSOW* rempli pour la classe doit être joint à tout échantillon envoyé pour la révision de notation. Un modèle de ce formulaire est disponible sur le CPEL (**Programme du diplôme > Sciences > Systèmes de l'environnement et sociétés > Exemples de formulaires**).

## Temps alloué aux travaux pratiques

Le nombre d'heures d'enseignement recommandé pour tous les cours du Programme du diplôme est de 150 au NM. Les élèves du cours de systèmes de l'environnement et sociétés doivent consacrer un minimum de 30 heures aux travaux pratiques (outre le temps passé à la rédaction). Cette durée comprend les 10 heures allouées à la recherche individuelle, réalisée dans le cadre de l'évaluation interne. Seules 2 à 3 heures de travail de recherche peuvent être effectuées après la date limite pour l'envoi des travaux au réviseur de notation et encore être prises en compte dans le nombre total d'heures consacrées au programme de travaux pratiques.

## Glossaire des mots-consignes

### Mots-consignes pour le cours de systèmes de l'environnement et sociétés

Les mots-consignes présentés ci-après sont des termes et formules clés utilisés dans les questions d'examen. Les élèves doivent les connaître et les comprendre dans le sens des définitions données. Bien que ces mots-consignes soient ceux qui reviennent le plus souvent dans les questions d'examen, il est possible que d'autres termes soient parfois utilisés pour amener les élèves à présenter leur argumentation d'une autre façon.

#### Objectif d'évaluation 1

Définir	Donner la signification précise d'un mot, d'une expression, d'un concept ou d'une grandeur physique.
Dessiner	Représenter à l'aide d'un schéma ou d'une représentation graphique précise et légendée, en utilisant un crayon. Une règle (ou une latte graduée) doit être utilisée pour dessiner les droites. Les schémas doivent être dessinés à l'échelle. Les points des graphiques doivent être placés correctement (si nécessaire) et reliés par des droites ou des courbes.
Exprimer	Donner un nom spécifique, une valeur ou toute autre réponse brève sans explication ni calcul.
Légender	Ajouter des légendes à un schéma.
Énumérer	Fournir une liste de réponses brèves sans explication.
Mesurer	Obtenir une valeur pour une quantité.

#### Objectif d'évaluation 2

Annoter	Ajouter des notes brèves à un schéma ou à un graphique.
Appliquer	Utiliser une idée, une équation, un principe, une théorie ou une loi en relation avec un problème ou une question donnés.
Calculer	Obtenir une réponse numérique en montrant les étapes pertinentes du raisonnement.
Décrire	Exposer de façon détaillée.
Distinguer	Clarifier les différences qui existent entre deux ou plusieurs concepts ou éléments.

Estimer	Donner une valeur approximative.
Identifier	Fournir la bonne réponse à partir de plusieurs possibilités.
Interpréter	Utiliser ses connaissances et sa compréhension pour reconnaître les tendances et tirer des conclusions à partir des informations données.
Résumer	Présenter brièvement ou donner une idée générale.

## Objectifs d'évaluation 3 et 4

Analyser	Décomposer de manière à exposer les éléments essentiels ou la structure.
Commenter	Formuler un jugement basé sur un énoncé ou un résultat d'un calcul donné.
Comparer et opposer	Exposer les similitudes et les différences qui existent entre deux ou plusieurs éléments ou situations et se référer constamment à ces deux ou à tous ces éléments.
Construire	Présenter les informations de manière schématique ou logique.
Dans quelle mesure	Prendre en compte les mérites ou autres d'un argument ou d'un concept. Les opinions et conclusions doivent être présentées clairement et étayées par des données appropriées et une argumentation solide.
Déduire	Parvenir à une conclusion à partir des informations fournies.
Démontrer	Établir de manière évidente, par un raisonnement ou des éléments de preuve, en illustrant à l'aide d'exemples ou d'applications.
Dériver	Manipuler une relation mathématique pour donner une nouvelle équation ou relation.
Déterminer	Trouver la seule réponse possible.
Discuter	Présenter une critique équilibrée et réfléchie s'appuyant sur différents arguments, facteurs ou hypothèses. Les opinions et conclusions doivent être présentées clairement et étayées de preuves adéquates.
Élaborer	Produire un plan, une simulation ou un modèle.
Évaluer	Émettre un jugement en pesant les points forts et les points faibles.
Expliquer	Donner un compte rendu détaillé incluant les raisons ou les causes.
Examiner	Aborder un argument ou un concept de façon à faire la lumière sur ses postulats et ses corrélations.
Justifier	Fournir des preuves pour soutenir ou défendre un choix, une décision, une stratégie ou une ligne de conduite.
Esquisser	Représenter à l'aide d'un diagramme ou d'une représentation graphique (légendé de manière appropriée). Une esquisse doit donner une idée générale de la forme ou de la relation à représenter et comporter des caractéristiques principales.
Prédire	Donner un résultat attendu.
Suggérer	Proposer une solution, une hypothèse ou une autre réponse possible.

# Bibliographie

Cette bibliographie recense les principaux ouvrages qui ont été utilisés pour la révision du programme. Elle ne constitue pas une liste exhaustive de tous les ouvrages existants dans ce domaine : une sélection judicieuse a été effectuée afin de fournir les meilleurs conseils aux enseignants. Cette bibliographie ne doit pas être perçue comme une liste de manuels recommandés.

ADAMS, W. M. *The Future of Sustainability: Re-thinking Environment and Development in the Twenty-first Century* [en ligne]. IUCN (The World Conservation Union). 2006. Disponible sur Internet : [http://cmsdata.iucn.org/downloads/iucn\\_future\\_of\\_sustainability.pdf](http://cmsdata.iucn.org/downloads/iucn_future_of_sustainability.pdf).

ADAMS, W. M. et JEANRENAUD, S. J. 2008. *Transition to Sustainability: Towards a Humane and Diverse World*. Châtelaine, Suisse : SRO-Kundig.

ANDEREGG, W. R. L. *et al.* Juillet 2010. Expert credibility in climate change. *PNAS*. Vol. 107, numéro 27, p. 12 107 à 12 109.

ANDERSON, E. F. 1993. *Plants and People of the Golden Triangle: Ethnobotany of the Hill Tribes of Northern Thailand*. Portland, Oregon, États-Unis : Dioscorides Press.

ASSESSMENT REFORM GROUP. 2002. *Assessment for Learning: 10 principles—Research-based Principles To Guide Classroom Practice*. Londres, Royaume-Uni : Assessment Reform Group.

BEGON, M., TOWNSEND, C. R. et HARPER, J. L. 2006. *Ecology: From Individuals to Ecosystems* (quatrième édition). Oxford, Royaume-Uni : Blackwell Publishing Ltd.

BELL, M. *et al.* 1990. *Block A: Ecosystems, Unit 3: Decomposition and Mineral Cycling*. Milton Keynes, Royaume-Uni : Open University Press.

BROOM, C. Janvier 2011. From tragedy to comedy: reframing contemporary discourses. *International Journal of Environmental & Science Education*. Vol. 6, numéro 1, p. 123 à 138.

CARSON, R. 1963. *Silent Spring*. Boston, Massachusetts, États-Unis : Houghton Mifflin.

CHALMERS, N. et PARKER, P. 1986. *The OU Project Guide: Fieldwork and Statistics for Ecological Projects*. Dorchester, Royaume-Uni : Field Studies Council.

CHAPMAN, D. J. Janvier 2011. Environmental education and the politics of curriculum: A national case study. *Journal of Environmental Education*. Vol. 42, numéro 3, p. 193 à 202.

CHEJ (Center for Health, Environment and Justice). *Love Canal: Fact Pack* [en ligne]. Falls Church, Virginie, États-Unis : Center for Health, Environment and Justice, 2010. Disponible sur Internet : [http://www.chej.org/wp-content/uploads/Documents/love\\_canal\\_factpack.pdf](http://www.chej.org/wp-content/uploads/Documents/love_canal_factpack.pdf).

COHEN, J. E. 1995. *How Many People Can the Earth Support?*. New York, États-Unis : WW Norton & Company.

COMMISSION MONDIALE SUR LES BARRAGES. 2000. *The Pak Mun Dam, Mekong River Basin, Thailand*. Cape Town, Afrique du Sud : Secrétariat de la Commission mondiale sur les barrages.

COVITT, B. A., GUNCKEL, K. L. et ANDERSON, C. W. 2009. Students' developing understanding of water in environmental systems. *Journal of Environmental Education*. Vol. 40, numéro 3, p. 37 à 51.

- DUNLAP, R. E. 2008. The new environmental paradigm scale: From marginality to worldwide use. *The Journal of Environmental Education*. Vol. 40, numéro 1, p. 3 à 18.
- ERWIN, T. L. 1988. The tropical forest canopy: The heart of biotic diversity. In WILSON, E.O. *Biodiversity*. Washington, DC, États-Unis : National Academies Press, p. 123 à 129.
- FAHN, J. D. 2003. *A Land on Fire: The Environmental Consequences of the Southeast Asian Boom*. Chiang Mai, Thaïlande : Silkworm Books.
- FORSYTH, T. et WALKER, A. 2008. *Forest Guardians, Forest Destroyers: The Politics of Environmental Knowledge in Northern Thailand*. Seattle, Washington, États-Unis : University of Washington Press.
- FOWLES, J. 1992. *The Tree*. St. Albans, Royaume-Uni : Sumach Press.
- GLASSON, G. E. et al. Janvier 2010. Sustainability science education in Africa: Negotiating indigenous ways of living with nature in the third space. *International Journal of Science Education*. Vol. 32, numéro 1, p. 125 à 141.
- GCP (GLOBAL CARBON PROJECT). *GCP: Global Carbon Project* [en ligne]. 2014. Disponible sur Internet : <http://www.globalcarbonproject.org>.
- GLOBAL FOOTPRINT NETWORK. *Data and Results* [en ligne]. 2014. Disponible sur Internet : [http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/footprint\\_data\\_and\\_results/](http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/footprint_data_and_results/).
- GORE, A. Foreword: The coming 'environment decade. In GORE, A. *Earth in the balance: Ecology and the Human Spirit*. 1992. P. xxii. New York, États-Unis : Rodale Press.
- GRAHAM, M. Its fate may foreshadow our own. *Bangkok Post*. 15 décembre 1998.
- HILL, J. L. et NELSON, A. New technology, new pedagogy? Employing video podcasts in learning and teaching about exotic ecosystems. *Environmental Education Research*. Mai 2011, vol. 17, numéro 3, p. 393 à 408.
- HUCKLE, J. Realizing Sustainability in Changing Times. In HUCKLE, J. et S STERLING, (éd.). *Education for Sustainability*. 1996. P. 3 à 17. Londres, Royaume-Uni : Earthscan Publications Limited.
- HUTCHINSON, G. E. 1957. Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*. Vol. 22, numéro 22, p. 415 à 427.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). 2007. *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. New York, États-Unis : Cambridge University Press.
- JÓHANNESSON, I. A. et al. Curriculum analysis and education for sustainable development in Iceland. *Environmental Education Research*. Juin 2011, vol. 17, numéro 3, p. 375 à 391.
- KILINÇ, A. Can project-based learning close the gap? Turkish student teachers and proenvironmental behaviours. *International Journal of Environmental & Science Education*. Octobre 2010, vol. 5, numéro 5, p. 495 à 509.
- KUMLER, L. M. Students of action? A comparative investigation of secondary science and social science students' action repertoires in a land use context. *The Journal of Environmental Education*. Janvier 2010, vol. 42, numéro 1, p. 14 à 29.
- KUNDSTADTER, P. CHAPMAN, E. C. et SABHASRI, S. (éd.). 1978. *Farmers in the Forest: Economic Development and Marginal Agriculture in Northern Thailand*. Honolulu, Hawaii, États-Unis : University Press of Hawaii.
- KUNZIG, R. Population 7 billion. *National Geographic Magazine*. Janvier 2011, vol. 219, numéro 1, p. 32 à 69.

- LEISEROWITZ, A. MAIBACH, E. et ROSER-RENOUF, C. 2010. *Climate Change in the American Mind: Americans' Global Warming Beliefs and Attitudes in January 2010*. New Haven, Connecticut, États-Unis : Yale University et George Mason University.
- LOVELOCK, J. 1988. *The Ages of Gaia: A Biography of Our Living Earth*. Oxford, Royaume-Uni : Oxford University Press.
- LYNAS, M. 2007. *Six Degrees: Our Future on a Hotter Planet*. Londres, Royaume-Uni : Fourth Estate.
- MATSUMOTO, S. et FUKUDA, K. 2002. *Thailand: Bor Nok Coal Plant FAQ*. Tokyo, Japon : Mekong Watch Japan.
- MAXWELL, J. F. A synopsis of the vegetation of Thailand. *The Natural History Journal of Chulalongkorn University*. Octobre 2004, vol. 4, numéro 2, p. 19 à 29.
- METCALFE, L. *International Statistics: Compare Countries On Just About Anything* [en ligne]. 2014. Disponible sur Internet : <http://www.nationmaster.com>.
- MILLAIS, C. Greenpeace solutions campaigns: Closing the implementation gap. *ECOS: Journal of the British Association of Nature Conservationists*. 1996, vol. 17, numéro 2, p. 50 à 58.
- MONBIOT, G. Dear Stewart Brand: If we can't trust your claims on DDT, why should we trust you on anything else? *George Monbiot's Blog* [en ligne]. Novembre 2010. Disponible sur Internet : <http://www.guardian.co.uk/environment/georgemonbiot/2010/nov/10/ddt-monbiot-stewart-brand>.
- MONBIOT, G. 2006. *Heat: How to Stop the Planet Burning*. Londres, Royaume-Uni : Penguin Books Ltd.
- NATIONS, J. D. Deep ecology meets the developing world. In WILSON, EO. *Biodiversity*. 1988, p. 79 à 82. Washington, DC, États-Unis : National Academies Press.
- NEWBY, H. 1987. *Country Life: A Social History of Rural England*. Londres, Royaume-Uni : Weidenfeld & Nicolson.
- ODUM, H. T. Trophic structure and productivity of silver springs, Florida. *Ecological Monographs*. Janvier 1957, vol. 27, numéro 1, p. 55 à 112.
- ORESKE, N. Beyond the ivory tower: The scientific consensus on climate change. *Science*. Décembre 2004, vol. 306, numéro 5702, p. 1 686.
- ORGANISATION DES NATIONS UNIES. 1987. *Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future* [en ligne]. Annexe du document des Nations Unies disponibles sur Internet : A/42/427. [http://conspect.nl/pdf/Our\\_Common\\_Future-Brundtland\\_Report\\_1987.pdf](http://conspect.nl/pdf/Our_Common_Future-Brundtland_Report_1987.pdf).
- ORGANISATION DES NATIONS UNIES : Département des affaires économiques et sociales (DAES), Division de la population. 2008. *World Population Prospects: The 2008 Revision* [en ligne]. Points phares, document de travail n° ESA/P/WP.210. Disponible sur Internet : [http://www.un.org/esa/population/publications/wpp2008/wpp2008\\_highlights.pdf](http://www.un.org/esa/population/publications/wpp2008/wpp2008_highlights.pdf).
- O'RIORDAN, T. 1981. *Environmentalism* (deuxième édition). Londres, Royaume-Uni : Pion Limited.
- PARSONS BRINCKERHOFF, LTD. Combe Down Stone Mines Stabilisation Programme. *Environmental Statement of Proposed Stabilisation Scheme*. Décembre 2002, volume 2. Rapport principal.
- PEARCE, D., MARKANDYA, A. et BARBIER, E. 1989. *Blueprint for a Green Economy*. Londres, Royaume-Uni : Earthscan Publications Limited.
- PEARCE, F. 2002. *Global Warming: A Beginner's Guide to our Changing Climate*. Londres, Royaume-Uni : Dorling Kindersley.
- PETERSON DEL MAR, D. 2006. *Environmentalism*. Harlow, Royaume-Uni : Pearson Education Limited.

- PONGSAK, T. B. *Hilltribes and the destruction of watershed forests in northern Thailand: An interview with Ajahn Pongsak on 3 December 1991*. 3 décembre 1991. Traduit en anglais par Project for Ecological Recovery.
- RAUP, D. Diversity crises in the geological past. In WILSON, E.O. *Biodiversity*. 1988. P. 51 à 57. Washington, DC, États-Unis : National Academies Press.
- REDCLIFT, M. 1987. *Sustainable Development: Exploring the Contradictions*. Londres, Royaume-Uni : Methuen & Co Ltd.
- Reid, A. Exploring values in sustainable development. *Teaching Geography*. Octobre 1996, vol. 21, numéro 4, p. 168 à 172.
- RHOTON, J. 2010 *Science Education Leadership: Best Practices for the New Century*. Arlington, Virginie, États-Unis : National Science Teachers Association Press.
- RIEBSAME, W. E. Sustainability of the Great Plains in an uncertain climate. *Great Plains Research: A Journal of Natural and Social Sciences*. 1991, vol. 1, numéro 1, p. 133 à 151.
- ROYAL SOCIETY OF LONDON AND US NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. Février 1992. *Population Growth, Resource Consumption and a Sustainable World*. Londres, Royaume-Uni : Royal Society of London.
- SAIPUNKAEW, W. *et al.* Epiphytic macrolichens as indicators of environmental alteration in northern Thailand. *Environmental Pollution*. Mars 2007, vol. 146, numéro 2, p. 366 à 374.
- SCHNEIDER, S. H. The science of climate-modelling and a perspective on the global warming debate. In LEGGETT, J. *Global Warming: The Greenpeace Report*. 1990, p. 44 à 67. Oxford, Royaume-Uni : Oxford University Press.
- SMITH, R. L. et SMITH, T. M. 2000. *Ecology & Field Biology* (sixième édition). San Francisco (Californie), États-Unis : Benjamin Cummings.
- SOUTHWARD, A. Marine life and the Amoco Cadiz. *New Scientist*. Juillet 1978, vol. 79, numéro 1 112, p. 174 à 176.
- SPENCE, A. *et al.* 2010. *Public Perceptions of Climate Change and Energy Futures in Britain: Summary Findings of a Survey Conducted in January to March 2010*. Cardiff, Royaume-Uni : Cardiff University, School of Psychology.
- STERN, S. N. *et al.* 2006. *Stern Review: The Economics of Climate Change*. London, Royaume-Uni : HM Treasury.
- TOLLEFSON, J. An erosion of trust?. *Nature*. juillet 2010, vol. 466, p. 24 à 26.
- TUDGE, C. 2002. *Food for the Future*. Londres, Royaume-Uni : Dorling Kindersley.
- WEBSTER, K. et JOHNSON, C. 2010. *Sense & Sustainability: Educating for a Circular Economy* (deuxième édition). Londres, Royaume-Uni : TerraPreta 2010 en association avec l'Ellen MacArthur Foundation et l'InterfaceFLOR.
- WILSON, E. O. 1992. *The Diversity of Life*. Cambridge (Massachusetts), États-Unis : The Belknap Press of Harvard University Press.
- WORLDWATCH INSTITUTE. 2004. *State of the World 2004: A Worldwatch Institute Report on Progress Toward a Sustainable Society*. New York, États-Unis : WW Norton & Company.
- WORLDWATCH INSTITUTE. 2009. *State of the world 2009: Into a Warming World*. New York, États-Unis : WW Norton & Company.
- WRIGHT, R. T. et NEBEL, B. J. 2002. *Environmental Science: Toward a Sustainable Future* (huitième édition). Londres, Royaume-Uni : Prentice Hall International.

## Publications de l'IB

ORGANISATION DU BACCALAURÉAT INTERNATIONAL : Programme du diplôme. *Guide de biologie*. Février 2014, version mise à jour en août 2015.

ORGANISATION DU BACCALAURÉAT INTERNATIONAL : Programme du diplôme. *Guide de chimie*. Février 2014, version mise à jour en février 2015.

ORGANISATION DU BACCALAURÉAT INTERNATIONAL : Programme du diplôme. *Design technology guide*. Mars 2014.

ORGANISATION DU BACCALAURÉAT INTERNATIONAL : Programme du diplôme. *Guide d'économie*. Novembre 2010, version mise à jour en novembre 2011.

ORGANISATION DU BACCALAURÉAT INTERNATIONAL : Programme du diplôme. *Guide de géographie*. Février 2009.

ORGANISATION DU BACCALAURÉAT INTERNATIONAL : Programme du diplôme. *Guide de physique*. Février 2014.

ORGANISATION DU BACCALAURÉAT INTERNATIONAL : Programme du diplôme. *Social and cultural anthropology guide*. Février 2008, version mise à jour en novembre 2010.

ORGANISATION DU BACCALAURÉAT INTERNATIONAL : Programme du diplôme. *Guide de science du sport, de l'exercice et de la santé*. Mars 2012.