



International Baccalaureate®
Baccalauréat International
Bachillerato Internacional

Programme du diplôme

Guide de systèmes de l'environnement et sociétés

Premiers examens en 2010



International Baccalaureate®
Baccalauréat International
Bachillerato Internacional

Programme du diplôme

Guide de systèmes de l'environnement et sociétés

Premiers examens en 2010

A decorative graphic consisting of two curved blue lines. One is a thick, dark blue line that starts on the left, curves upwards, and then downwards towards the right. The other is a thinner, light blue line that starts on the left, curves downwards, and then upwards towards the right.

Programme du diplôme
Guide de systèmes de l'environnement et sociétés

Version française de l'ouvrage publié originalement en anglais
en janvier 2008 sous le titre *Environmental systems and societies guide*

Publié en janvier 2008

Baccalauréat International
Peterson House, Malthouse Avenue, Cardiff Gate
Cardiff, Pays de Galles GB CF23 8GL
Royaume-uni
Téléphone : +44 29 2054 7777
Télécopie : +44 29 2054 7778
Site Web : <http://www.ibo.org>

© Organisation du Baccalauréat International 2008

Le Baccalauréat International (IB) propose trois 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.

L'IB est reconnaissant d'avoir reçu l'aimable autorisation de reproduire et/ou de traduire, totalement ou partiellement, les documents protégés par des droits d'auteur utilisés dans la présente publication. Les remerciements sont inclus, le cas échéant. En outre, sur demande expresse, l'IB rectifiera dès que possible toute erreur ou omission.

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

Dans le respect de l'internationalisme 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 vous référer à <http://www.ibo.org/fr/copyright>.

Vous pouvez vous procurer les articles et les publications de l'IBO dans les langues officielles et les langues de travail de l'organisation via le magasin en ligne du BI (<http://store.ibo.org>). Toute question d'ordre général concernant les commandes doit être adressée au service des ventes et du marketing à Cardiff.

Téléphone : +44 29 2054 7746
Télécopie : +44 29 2054 7779
Courriel : sales@ibo.org

Imprimé au Royaume-Uni par Antony Rowe Ltd, Chippenham, Wiltshire

Déclaration de mission de l'IB

Le Baccalauréat International (IB) 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.

Les apprenants de l'IB s'efforcent d'être :

- | | |
|------------------------------|--|
| Des investigateurs | Ils développent leur curiosité naturelle. Ils acquièrent les compétences nécessaires à la conduite d'investigations et de recherches et font preuve d'autonomie dans leur apprentissage. Ils ont vraiment envie d'apprendre et ce plaisir d'apprendre les accompagnera tout au long de leur vie. |
| Informés et instruits | Ils explorent des concepts, des idées et des problèmes qui sont d'importance à l'échelle locale et mondiale. Ce faisant, ils acquièrent des connaissances approfondies et développent une bonne compréhension dans un éventail de disciplines vaste et équilibré. |
| Des penseurs | Ils s'exercent à appliquer leurs capacités de réflexion de façon critique et créative, afin d'identifier et d'aborder des problèmes complexes et de prendre des décisions réfléchies et éthiques. |
| Des communicateurs | Ils comprennent et expriment des idées et des connaissances avec assurance et créativité dans plus d'une langue ou d'un langage et en utilisant une variété de modes de communication. Ils collaborent efficacement et volontairement avec les autres. |
| Intègres | Ils adhèrent à des principes d'intégrité et d'honnêteté, et possèdent un sens profond de l'équité, de la justice et du respect de la dignité de chaque individu, des groupes et des communautés. Ils sont responsables de leurs actes et de leurs conséquences. |
| Ouverts d'esprit | Ils comprennent et apprécient leurs propres cultures, racines et vécus, mais n'en sont pas moins réceptifs aux points de vue, valeurs et traditions d'autres individus et communautés. Ils ont l'habitude de rechercher et d'évaluer un éventail de points de vue et sont disposés à en tirer des enrichissements. |
| Altruistes | Ils font preuve d'empathie, de compassion et de respect envers les besoins et sentiments des autres. Ils accordent une grande importance au service et ils œuvrent concrètement à l'amélioration de l'existence d'autrui et de l'état de l'environnement. |
| Audacieux | Ils abordent situations inhabituelles et incertitudes avec courage et discernement et ils ont l'indépendance d'esprit nécessaire pour explorer de nouveaux rôles, idées et stratégies. Ils sont courageux et savent défendre leurs convictions avec éloquence. |
| Équilibrés | Ils comprennent l'importance d'un bon équilibre intellectuel, physique et affectif dans l'atteinte de leur bien-être personnel et de celui des autres. |
| Réfléchis | Ils opèrent un retour sur eux-mêmes et examinent de façon critique leur propre apprentissage et leurs expériences. Ils sont capables d'évaluer et de comprendre leurs points forts et leurs limites afin d'appuyer leur apprentissage et leur développement personnel. |

Table des matières

Introduction	1
Objet de ce document	1
Le Programme du diplôme	2
Nature du cours	4
Objectifs globaux	7
Objectifs d'évaluation	8
Traitement des objectifs d'évaluation	9
Programme	10
Résumé du programme	10
Manière d'aborder l'enseignement du cours	12
Contenu du programme	14
Évaluation	55
L'évaluation au Programme du diplôme	55
Résumé de l'évaluation	56
Évaluation externe	58
Travaux pratiques et évaluation interne	59
Critères d'évaluation interne	64
Directives concernant l'utilisation des critères d'évaluation	68
Utilisation des technologies de l'information et de la communication dans de cadre de l'évaluation	72
Annexes	75
Glossaire des termes utilisés dans le cadre de l'évaluation	75
Glossaire des termes utilisés dans le cadre du cours	77

Objet de ce document

Cette publication a pour but de guider la planification, l'enseignement et l'évaluation de la matière 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. Le CPEL est le site Web à accès protégé par mot de passe conçu pour les enseignants des programmes de l'IB. Il est consultable à l'adresse <http://occ.ibo.org>. Ce guide est également en vente sur le magasin de l'IB, accessible en ligne à l'adresse <http://store.ibo.org>.

Ressources complémentaires

D'autres publications, telles que du matériel de soutien pédagogique, des rapports pédagogiques, des instructions concernant l'évaluation interne et des descripteurs de notes finales se trouvent également sur le CPEL. Par ailleurs, des spécimens d'épreuves d'examen, des épreuves de sessions précédentes ainsi que des barèmes de notation sont en vente sur le 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 fournir des informations sur des ressources qu'ils ont trouvés utiles, telles que des sites Web, des ouvrages de référence, des vidéos, des journaux ou des idées d'ordre pédagogique.

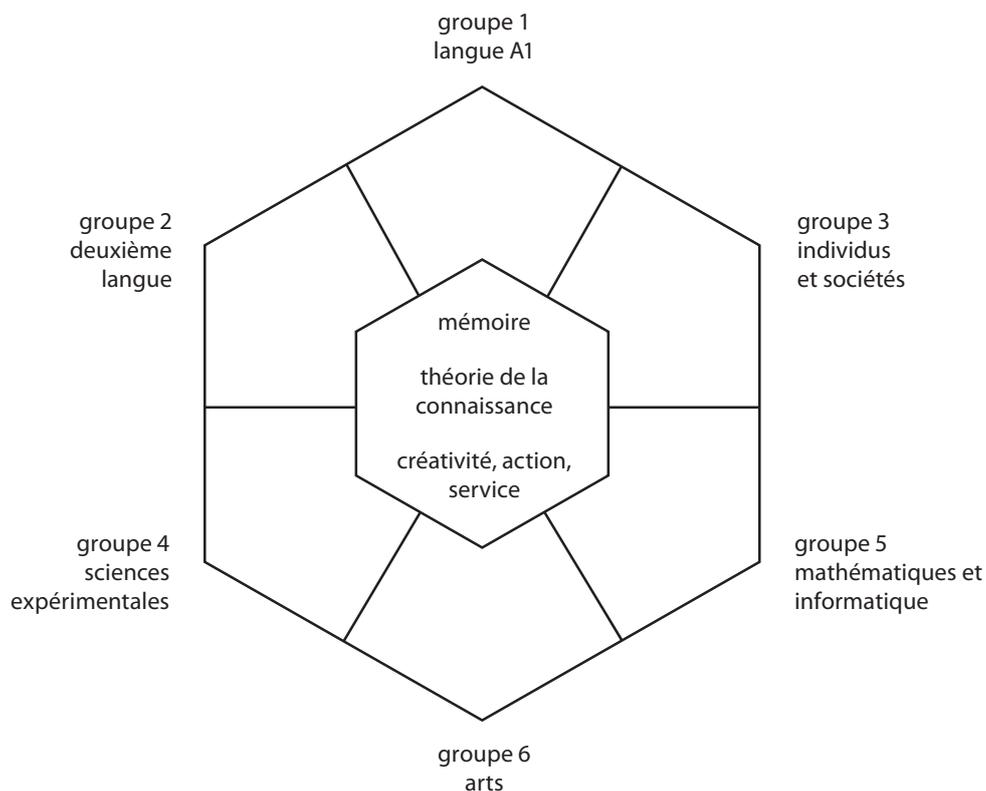
Premiers examens en 2010

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 non seulement d'encourager les élèves à développer leurs connaissances mais également à faire preuve de curiosité intellectuelle ainsi que de sensibilité 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 évaluer tout un éventail de points de vue.

La structure du Programme du diplôme

Le programme est divisé en six domaines d'études, répartis autour d'un noyau de composantes obligatoires ou tronc commun. Cette structure en hexagone 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 science expérimentale, 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 matière 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.



Choix de la bonne combinaison

Les élèves doivent choisir une matière dans chaque domaine d'études. Ils ont cependant la possibilité de choisir une deuxième matière dans les groupes 1 à 5 à la place d'une matière du groupe 6. 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 niveau supérieur, l'étude des matières est plus étendue et plus approfondie qu'au niveau moyen.

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 appréciées 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. Les élèves peuvent présenter les examens en anglais, en français ou en espagnol.

Le tronc commun du programme

Tous les élèves du Programme du diplôme prennent part aux trois composantes obligatoires qui constituent le tronc commun du programme. Le travail de réflexion attendu des élèves au cours de toutes ces activités est l'un des principes sous-tendant le Programme du diplôme.

Le cours de théorie de la connaissance invite les élèves à réfléchir sur la nature de la connaissance et sur le processus d'apprentissage de toutes les matières qu'ils étudient dans le cadre du Programme du diplôme. Il les incite également à établir des liens entre les domaines d'études. Le mémoire, quant à lui, est un important travail écrit de 4 000 mots maximum permettant aux élèves d'étudier un sujet de leur choix qui les intéresse tout particulièrement. Il les amène également à développer les compétences de recherche autonome qui seront attendues d'eux à l'université. Enfin, le programme de créativité, action, service implique les élèves dans un apprentissage expérientiel au travers d'activités artistiques, sportives, physiques et de services.

La déclaration de mission de l'IB et le profil de l'apprenant de l'IB

Le Programme du diplôme vise à développer chez les jeunes les connaissances, les compétences et les attitudes dont ils auront besoin pour atteindre les objectifs établis par l'IB, tels que définis dans la déclaration de mission de l'organisation et dans le profil de l'apprenant. Ainsi, l'enseignement et l'apprentissage au Programme du diplôme sont la concrétisation quotidienne de la philosophie pédagogique de l'organisation.

Nature du cours

Les systèmes de l'environnement et sociétés constituent une matière transdisciplinaire qui combine les techniques et les connaissances relevant du groupe 4 (sciences expérimentales) à celles du groupe 3 (individus et sociétés). Lorsqu'ils choisissent un cours transdisciplinaire de ce type pour l'obtention de leur diplôme, les élèves sont capables de répondre aux exigences des groupes 3 et 4, ce qui leur permet de choisir une autre matière dans tout autre groupe (y compris une autre matière du groupe 3 ou 4). Par conséquent, les matières transdisciplinaires confèrent une plus grande souplesse au Programme du diplôme de l'IB. Le cours de systèmes de l'environnement et sociétés n'est proposé qu'au NM.

Le principal objectif de ce cours est d'apporter aux élèves une vision cohérente des corrélations existant entre les systèmes de l'environnement et les sociétés, de façon à leur permettre d'adopter une position informée et responsable sur un grand nombre de questions importantes relatives à l'environnement, questions auxquelles ils seront inévitablement confrontés. Ainsi, il est possible d'attirer en permanence l'attention des élèves sur leur propre rapport à l'environnement et sur l'importance des choix et des décisions qu'ils sont amenés à faire dans leur vie personnelle. L'objectif est de permettre aux élèves d'acquérir une connaissance approfondie des relations mutuelles entre systèmes de l'environnement et sociétés, plutôt que d'émettre un jugement simpliste sur ces questions. La pédagogie adoptée doit donc inciter les élèves à évaluer les aspects scientifiques, éthiques et sociopolitiques des questions abordées.

Dimension internationale

Les problèmes de l'environnement ont une portée à la fois locale et mondiale. L'élément international est pris en compte tout au long du cours, mais lorsqu'il doit retenir plus particulièrement l'attention des élèves, il est mis en évidence avec certains énoncés d'évaluation (voir les notes « Dimension internationale »).

Nous vivons tous sur la même planète et pourtant, les ressources que nous utilisons sont bien supérieures en valeur à celles de notre Terre. Il est évident que cette situation ne peut être durable. Ce cours est une tentative de discussion sur les questions touchant à l'utilisation des ressources à différentes échelles – en commençant par le niveau individuel (par exemple, les attitudes à l'égard du recyclage) et en terminant par celui de la communauté mondiale (en particulier, les objectifs globaux 1, 2, 6 et 8).

Du point de vue international, le cours aborde des organisations de défense de l'environnement, gouvernementales et non gouvernementales, depuis le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUÉ) jusqu'à Greenpeace et au Fond mondial pour la nature (WWF).

Les scientifiques spécialisés dans l'environnement travaillent à tous les niveaux sur le plan international. Dans le cadre de ce cours, les élèves peuvent partager les données qu'ils ont recueillies avec les élèves d'autres établissements proposant le Programme du diplôme de l'IB et situés dans des continents différents, à l'instar des scientifiques qui mettent leurs données en commun. Les élèves ayant choisi ce cours prendront ainsi mieux conscience de la diversité des perspectives culturelles sur l'environnement (objectif global 4) et se rendront compte de la controverse que les questions de l'environnement peuvent susciter, dès lors qu'elles franchissent les frontières géographiques et culturelles (objectif global 7).

Acquis préliminaires

Les élèves ne doivent pas posséder de connaissances préalables spécifiques en sciences ou en géographie pour pouvoir suivre le cours de systèmes de l'environnement et sociétés. Toutefois, comme ce cours vise à favoriser une perspective internationale, une sensibilisation aux préoccupations écologiques sur les plans local et mondial et une compréhension de la méthode scientifique, les élèves pourront s'y préparer de manière adéquate en suivant un autre cours partageant les mêmes objectifs globaux.

Compétences mathématiques requises

Tous les élèves qui suivent le cours de systèmes de l'environnement et sociétés du Programme du diplôme doivent pouvoir :

- effectuer les opérations arithmétiques fondamentales : addition, soustraction, multiplication et division ;
- utiliser des grandeurs statistiques descriptives simples, telles que moyenne, médiane, mode, intervalle, fréquence, pourcentage, rapport, approximation et inverse ;
- utiliser la notation standard (par exemple $3,6 \times 10^6$) ;
- utiliser la proportionnalité directe et inverse ;
- interpréter les données de fréquences sous la forme de graphiques en barres, de graphiques en colonnes et d'histogrammes et interpréter les diagrammes à secteurs ;
- comprendre la signification de l'écart type d'une série de données ;
- construire et esquisser des graphiques (en utilisant les échelles et les axes appropriés) ;
- interpréter des graphiques, y compris la signification des gradients et de leurs variations, de l'interception avec les axes et des aires limitées par une courbe et les axes ;
- faire preuve de connaissances suffisantes en calcul de probabilités (par exemple, pour l'évaluation des risques d'impact sur l'environnement).

Liens avec le Programme de premier cycle secondaire

Les élèves qui ont suivi les cours de sciences expérimentales, de sciences humaines et de mathématiques du Programme de premier cycle secondaire (PPCS) sont bien préparés à l'étude des systèmes de l'environnement et sociétés. L'apprentissage global et l'ouverture interculturelle (principes fondamentaux du PPCS) sont particulièrement importants pour garantir la nature transdisciplinaire et globale de la discipline. Les aires d'interaction *homo faber* et *environnement* constituent une excellente base pour l'étude de l'activité humaine et de ses effets sur la qualité de vie des personnes, aux niveaux local et mondial. Le cours du PPCS sur les sciences humaines met également l'accent sur le temps, l'espace, le lieu, l'évolution, les systèmes et l'ouverture au monde, qui sont tous des concepts fondamentaux dans le cadre du cours de systèmes de l'environnement et sociétés. Cependant, il met aussi l'accent sur l'environnement naturel, y compris ses composantes organiques et inorganiques, ses processus, ses mécanismes de rétroaction, ainsi que leur interaction avec le comportement humain. Le cadre prévu pour les sciences dans le PPCS forme la base sur laquelle l'ensemble de ces connaissances pourra être construit.

L'approche choisie pour l'évaluation interne du cours de systèmes de l'environnement et sociétés s'appuie sur les compétences développées dans la pratique et la recherche durant les cours du PPCS consacrés aux sciences expérimentales et aux sciences humaines.

Systemes de l'environnement et sociétés et théorie de la connaissance

Le cours fournit d'excellentes occasions d'aborder des questions liées à la connaissance dans des contextes immédiats et concrets. L'approche systémique appliquée tout au long du programme soulève d'elle-même un certain nombre de points de comparaison intéressants, dans la mesure où elle contraste avec les modèles traditionnels de la méthode scientifique. Elle est essentiellement globale, plutôt que réductionniste. Bien qu'elle présente souvent les données sous une forme quantitative, elle permet par ailleurs de traiter le large éventail de données qualitatives auquel les élèves peuvent être confrontés. Nombre de contrôles et de directives permettent de garantir l'objectivité du traitement des données et de leur interprétation. Cependant, le contrôle des normes d'objectivité peut parfois être moins rigoureux que dans le cas des sciences purement physiques. De plus, comme il s'agit d'une matière interdisciplinaire, les sujets traités se situent fréquemment à la frontière de domaines souvent considérés comme clairement délimités. Lorsqu'il explore une question touchant à l'environnement et cherche à la comprendre, l'élève doit être capable d'intégrer des « faits » réels, scientifiques et quantitatifs dans des jugements de valeur qualitatifs relevant de la politique, de la sociologie et de l'éthique. Tout ceci constitue un terrain particulièrement propice aux discussions sur la théorie de la connaissance. La section intitulée « Contenu du Programme » comporte plusieurs exemples montrant comment attirer l'attention des élèves sur la théorie de la connaissance.

Objectifs globaux

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

L'approche systémique est la méthodologie de base appliquée dans le cadre de ce cours. Elle est amplifiée par d'autres sources – économique, historique, culturelle, sociopolitique et scientifique – afin de donner une perspective globale des questions de l'environnement.

Les objectifs du cours de **systèmes de l'environnement et sociétés** sont les suivants :

1. promouvoir la compréhension des processus environnementaux à diverses échelles, allant du niveau local jusqu'au niveau mondial ;
2. fournir un tronc commun de connaissances, de méthodologies et de compétences qui peuvent être utilisées pour analyser des questions environnementales aux niveaux local et mondial ;
3. permettre aux élèves d'appliquer les connaissances, méthodologies et compétences acquises ;
4. encourager une prise de conscience critique des diverses perspectives culturelles ;
5. reconnaître l'importance du rôle joué par la technologie en ce qui concerne les causes des problèmes environnementaux et les solutions à leur apporter ;
6. apprécier la valeur de la collaboration locale et internationale pour résoudre les problèmes environnementaux ;
7. comprendre que les questions environnementales peuvent être sujettes à des controverses et susciter des réponses très diverses ;
8. comprendre que la société humaine a des liens directs et indirects avec l'environnement, à différents niveaux et à diverses échelles.

Objectifs d'évaluation

Ces objectifs reflètent les parties des objectifs globaux qui feront l'objet d'une évaluation. Le cours de **systèmes de l'environnement et sociétés** cherche à permettre aux élèves d'atteindre les objectifs suivants :

1. faire preuve d'une bonne compréhension des informations, de la terminologie, des concepts, des méthodologies et des compétences concernant les questions environnementales ;
2. appliquer et utiliser les informations, la terminologie, les concepts, les méthodologies et les compétences concernant les questions environnementales ;
3. synthétiser, analyser et évaluer les questions, hypothèses et méthodes de recherche, ainsi que les explications scientifiques concernant les questions environnementales ;
4. utiliser une approche globale et émettre des jugements raisonnés et équilibrés, en s'appuyant sur des sources à caractère économique, historique, culturel, sociopolitique et scientifique appropriées ;
5. exprimer et justifier un point de vue personnel sur des questions environnementales, en l'étayant par une argumentation raisonnée, basée sur l'appréciation d'autres points de vue, y compris les visions propres à des cultures différentes ;
6. faire preuve de compétences personnelles en matière de coopération et de responsabilité, afin de mener à bien des recherches scientifiques et de résoudre efficacement des problèmes ;
7. choisir et démontrer les compétences pratiques et de recherche, compétences qui sont nécessaires pour mener à bien des recherches scientifiques avec précision.

La liste des termes utilisés dans le cadre de l'évaluation des objectifs 1 à 5 se trouve à la section « Glossaire des termes utilisés dans le cadre de l'évaluation » qui figure dans les annexes.

Traitement des objectifs d'évaluation

Objectifs d'évaluation	Dans quelle composante cet objectif est-il traité ?	Comment l'objectif est-il évalué ?
1 – 3	Épreuve 1	Questions à réponse brève et questions basées sur des données
1 – 5	Épreuve 2	Section A : étude de cas Section B : deux questions à réponse développée (parmi un choix de quatre)
1 – 7	Évaluation interne	Travaux pratiques dont certaines activités sont sélectionnées et notées selon les critères d'évaluation interne

Énoncés d'évaluation

Les énoncés d'évaluation sont numérotés et expriment en termes de résultats ce que l'on attend des élèves à la fin du cours, par exemple : « 2.1.1 Distinguer les facteurs biotiques et abiotiques (physiques) d'un écosystème ». Ces énoncés indiquent exactement aux examinateurs ce qui peut être évalué lors des épreuves écrites. Chacun d'entre eux est classé sous l'objectif 1, 2 ou 3 en fonction des termes utilisés dans le cadre de l'évaluation (voir la section « Glossaire des termes utilisés dans le cadre de l'évaluation »). La classification par objectif est importante pour les examens et permet d'équilibrer le programme d'études, tandis que les termes utilisés dans le cadre de l'évaluation indiquent la profondeur de traitement requise pour un énoncé d'évaluation donné.

Résumé du programme

Composantes d'évaluation	Heures d'enseignement
Thème 1 – Systèmes et modèles	5 h
Thème 2 – Écosystème	31 h
2.1 Structure	4 h
2.2 Mesure des facteurs abiotiques du système	1 h
2.3 Mesure des facteurs biotiques du système	4 h
2.4 Biomes	3 h
2.5 Fonctionnement	7 h
2.6 Variations	7 h
2.7 Mesure des variations du système	5 h
Thème 3 – Population humaine, capacité limite et utilisation des ressources	39 h
3.1 Dynamique des populations	5 h
3.2 Ressources et capital naturel	8 h
3.3 Sources d'énergie	4 h
3.4 Le sol	4 h
3.5 Ressources alimentaires	6 h
3.6 Ressources hydriques disponibles	3 h
3.7 Limites de la croissance	2 h 30
3.8 Demande des populations humaines sur leur environnement	6 h 30
Thème 4 – Conservation et biodiversité	15 h
4.1 Biodiversité des écosystèmes	3 h
4.2 Évaluation de la biodiversité et de la vulnérabilité	6 h
4.3 Conservation de la biodiversité	6 h

Composantes d'évaluation	Heures d'enseignement
Thème 5 – Gestion de la pollution	18 h
5.1 Nature de la pollution	1 h
5.2 Détection et contrôle de la pollution	3 h
5.3 Approches de la gestion de la pollution	2 h
5.4 Eutrophisation	3 h
5.5 Déchets ménagers solides	2 h
5.6 Déplétion de l'ozone stratosphérique	3 h
5.7 Pollution de l'air des villes	2 h
5.8 Retombées acides	2 h
Thème 6 – Réchauffement de la planète	6 h
Thème 7 – Systèmes de valeurs de l'environnement	6 h
Nombre total d'heures d'enseignement	120 h

Manière d'aborder l'enseignement du cours

Approche systémique

L'approche systémique a un rôle fondamental dans ce cours. Elle a été adoptée pour un certain nombre de raisons. La nature même des questions relatives à l'environnement exige une approche globale. En réalité, un système de l'environnement fonctionne comme un tout et l'approche scientifique traditionnellement réductrice tend inévitablement à ignorer ou, du moins, à sous-estimer cette importante caractéristique. En outre, cette approche systémique est commune à de nombreuses disciplines (par exemple, l'économie, la géographie, la politique, l'écologie). Elle met l'accent sur les similitudes entre les flux de matière, d'énergie et d'informations (non seulement dans les systèmes biologiques mais aussi dans les systèmes de transport et de communication, par exemple). Elle prend en compte les perspectives de différentes disciplines. Compte tenu de la nature intégrée de cette matière, il est crucial de souligner les liens existant entre des parties du programme d'études et d'en tenir compte dans l'organisation du cours.

Durabilité

Le concept de durabilité est fondamental pour comprendre la nature des interactions entre systèmes de l'environnement et sociétés. Les questions relatives à la gestion des ressources portent essentiellement sur la durabilité. L'attention des élèves devra être attirée sur cet aspect tout au long du cours.

Évaluation globale

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 impose aux élèves de considérer les méfaits et les avantages des activités humaines pour l'environnement et les sociétés, sur le court et le long terme. Ce faisant, les élèves parviendront à 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.

Documentation locale et mondiale

Dans le cadre de ce cours, il est demandé aux élèves d'étudier les systèmes de l'environnement et sociétés en les considérant à diverses échelles, depuis le niveau local jusqu'au niveau mondial. Cet enseignement doit cependant être solidement ancré dans l'environnement local. L'ensemble du programme comporte de nombreuses références à des « exemples locaux ». Le travail de terrain portera inévitablement sur les écosystèmes locaux. Il convient de se placer dans une perspective régionale ou nationale pour étudier certaines questions comme la gestion des ressources et la gestion de la pollution. En raison de leur nature, nombre de problèmes environnementaux ont une portée internationale, notamment l'évolution des climats et la gestion des océans. Plus généralement, ce cours incite naturellement les élèves à réfléchir sur la nature et les valeurs de la dimension internationale, étant donné que la résolution des principales questions relatives à l'environnement repose largement sur les relations et les accords internationaux.

Utilisation des technologies de l'information et de la communication

Bien qu'elle ne fasse pas l'objet d'une évaluation dans cette discipline, l'utilisation des technologies de l'information et de la communication (TIC) est fortement encouragée dans l'ensemble du cours, aussi bien dans les travaux pratiques que théoriques. La mise en œuvre des TIC fait partie intégrante des applications concrètes de cette matière, de sa compréhension et de son développement. Les enseignants doivent s'efforcer d'exposer les élèves à de multiples médias, ressources, logiciels et matériels relevant des TIC, couvrant toute une gamme de formats et différents niveaux de complexité. Le matériel concerné peut aller de la simple calculatrice scientifique, utilisée pour recueillir des données (systèmes d'acquisition de données), jusqu'au déploiement, en laboratoire et sur le terrain, d'un équipement de mesure et d'enregistrement électronique de données. Les systèmes mondiaux de localisation (GPS) permettent d'explorer les notions d'espace et de position relative. Installés dans la salle de classe, les systèmes d'information géographique (SIG) et les logiciels de télédétection permettent de faire des recherches sur un large éventail de thèmes prévus dans le programme de systèmes de l'environnement et sociétés.

Les élèves devront aussi pouvoir explorer la richesse des données, des informations et des logiciels disponibles sur le Web. Il est néanmoins impératif d'encourager les élèves à développer les compétences nécessaires à l'évaluation critique de ces données et de ces informations.

Travaux pratiques

L'étude des systèmes de l'environnement et sociétés doit faire l'objet de travaux pratiques, aussi bien en laboratoire que sur le terrain : c'est l'une des principales caractéristiques de ce cours. Non seulement le programme requiert directement l'emploi de techniques de terrain, mais de nombreux aspects du cours ne peuvent être abordés efficacement que par ce moyen. Dans cette discipline, les travaux pratiques donnent l'occasion d'acquérir et de développer des compétences et des techniques allant au-delà des exigences du modèle d'évaluation. Par conséquent, les enseignants devront totalement les intégrer dans le cours.

Conformément à l'affiche *Pratiques éthiques au Programme du diplôme*, les règles suivantes s'appliquent à tous les travaux pratiques effectués dans le cadre du Programme du diplôme.

- Aucune expérience impliquant d'autres personnes ne sera menée sans que celles-ci 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.

Contenu du programme

Thème 1 – Systèmes et modèles (5 heures)

L'approche systémique est fondamentale pour l'ensemble du cours. Cette approche identifie les éléments des systèmes et examine les relations et les processus qui réunissent ces éléments dans une entité fonctionnelle. Il est donc préférable d'étudier ce thème lors du traitement des autres thèmes plutôt que de le considérer isolément.

Dans ce thème sont identifiés certains principes sous-jacents pouvant s'appliquer aux systèmes vivants, de l'individu à l'ensemble de la biosphère. La description et l'analyse des systèmes abordés devront donc employer, autant que possible, la terminologie définie dans ce thème. L'approche systémique insiste également sur les similitudes entre systèmes de l'environnement, systèmes biologiques et entités artificielles, comme les systèmes de transport et de communication. Cette approche met l'accent sur le fait que certains concepts, certaines techniques et certains termes peuvent être transposés d'une discipline (comme l'écologie) à une autre (comme l'ingénierie).

Théorie de la connaissance : où se situe l'approche systémique par rapport à l'approche réductionniste des sciences traditionnelles ? Comment apprécier la méthodologie mise en œuvre dans ces deux approches ? Quels sont les avantages d'utiliser une approche qui soit commune à d'autres disciplines, telles que l'économie et la sociologie ?

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
1.1.1	Résumer le concept de système et ses caractéristiques.	2	L'accent sera mis sur les écosystèmes mais il sera fait référence aux systèmes sociaux, économiques et de valeurs.
1.1.2	Appliquer le concept de système à un éventail d'échelles.	2	L'éventail doit comprendre un écosystème local de petite dimension, un vaste écosystème tel qu'un biome, et Gaïa en tant qu'exemple d'écosystème global.
1.1.3	Définir les termes <i>système ouvert</i> , <i>système fermé</i> et <i>système isolé</i> .	1	<p>Ces termes sont utilisés pour qualifier des systèmes réels.</p> <ul style="list-style-type: none"> Un système ouvert échange de la matière et de l'énergie avec son environnement (exemple : un écosystème). Un système fermé échange de l'énergie, mais pas de matière. L'expérience « Biosphère II » a été une tentative de modélisation de ce type de système. Les systèmes strictement fermés n'existent pas à l'état naturel sur la Terre, mais tous les cycles globaux de matières, par exemple, les cycles de l'eau et de l'azote, s'en rapprochent.

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
			<ul style="list-style-type: none"> Un système isolé n'échange ni matière, ni énergie avec son environnement. De tels systèmes n'existent pas (à l'exception, peut-être, de l'ensemble du cosmos).
1.1.4	Décrire la façon dont les deux premiers principes de la thermodynamique s'appliquent aux systèmes de l'environnement.	2	<p>Le premier principe exprime la conservation de l'énergie. Selon le second principe, l'énergie dissipée ne peut donner lieu à la réalisation d'un travail et engendre le désordre. Le second principe s'énonce plus simplement comme suit : « Dans tout système isolé, l'entropie a tendance à s'accroître spontanément ». En d'autres termes, l'énergie et la matière évoluent d'un état structuré vers un état de dispersion (l'énergie disponible pour effectuer un travail diminue), ce qui entraîne un désordre de plus en plus important dans le système.</p> <p>Ces deux principes doivent être étudiés dans le contexte des transformations de l'énergie et du maintien d'un ordre dans les systèmes vivants.</p>
1.1.5	Expliquer la nature des équilibres.	3	<p>L'équilibre stationnaire doit être compris comme étant la caractéristique commune à la plupart des systèmes ouverts dans la nature. L'équilibre statique, c'est-à-dire qui ne présente aucun changement, doit être considéré comme l'état auquel on peut comparer les systèmes naturels. (Compte tenu des divergences rencontrées dans les ouvrages en ce qui concerne la définition de l'équilibre dynamique, ce terme doit être évité.) Les élèves doivent toutefois comprendre que certains systèmes peuvent connaître une modification à long terme de leur état d'équilibre tout en restant intégrés au système (par exemple la succession). La notion de stabilité relative de l'état d'équilibre, à savoir la tendance du système à revenir à son état d'équilibre initial après une perturbation plutôt que d'adopter un nouvel état d'équilibre, doit également être comprise.</p>
1.1.6	Définir et expliquer les principes de <i>rétroaction positive</i> et <i>rétroaction négative</i> .	3	<p>La rétroaction est le mécanisme par lequel les systèmes naturels s'autorégulent, c'est-à-dire la manière dont ils atteignent une situation d'équilibre.</p> <ul style="list-style-type: none"> La rétroaction négative est une méthode autorégulatrice de contrôle entraînant le maintien d'un état d'équilibre stationnaire en s'opposant au changement d'état du système. Les relations prédateur-proie en sont un exemple.

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
			<ul style="list-style-type: none"> La rétroaction positive augmente les transformations d'un système, accélérant le changement. La phase exponentielle de la croissance d'une population en est l'illustration. <p>Les rétroactions se produisent de façon différée.</p>
1.1.7	Décrire des processus de transfert et de transformation.	2	<p>Les transferts correspondent à un flux dans un système et impliquent un déplacement.</p> <p>Les transformations entraînent une interaction au sein d'un système et la formation d'un nouveau produit ou un changement d'état. Pour l'eau, par exemple, l'écoulement correspond à un transfert et l'évaporation à une transformation. L'arrivée de déchets organiques dans un plan d'eau correspond à un transfert. La décomposition de ces déchets est une transformation.</p>
1.1.8	Distinguer les <i>flux</i> (entrées et sorties) et les <i>stockages</i> (accumulation) en ce qui concerne les systèmes.	2	Il faut ici identifier des flux à l'intérieur de systèmes et décrire leur sens et leur intensité.
1.1.9	Construire et analyser des modèles quantitatifs faisant intervenir des flux et des stockages au sein d'un système.	3	Les stockages, les rendements et les sorties seront présentés sous la forme de diagrammes et de modèles graphiques clairs.
1.1.10	Évaluer les points forts et les limites de modèles.	3	Un modèle est une description simplifiée destinée à montrer la structure ou le fonctionnement d'un objet, d'un système ou d'un concept. Dans la pratique, certains modèles requièrent l'utilisation de méthodes d'approximation. Par exemple, des modèles prédictifs de changement climatique peuvent donner des résultats très différents. Inversement, un aquarium est un écosystème relativement simple qui permet d'illustrer de nombreux concepts écologiques.

Thème 2 – Écosystème (31 heures)

Les techniques requises pour ce thème peuvent être illustrées par des travaux pratiques menés sur des écosystèmes marins, terrestres, dulçaquicoles ou urbains ou toute association de ces écosystèmes. Les environnements seront choisis parmi les systèmes locaux accessibles aux élèves ou les systèmes les plus appropriés pour démontrer les techniques en question. Il est cependant judicieux d'utiliser les diverses techniques expérimentales de mesures pour quantifier les différents aspects d'un même écosystème, lorsque cela est possible. Ainsi, les techniques ne sont pas simplement répétées isolément mais utilisées conjointement pour construire un modèle holistique du système étudié.

Théorie de la connaissance : de quelle manière l'instrumentation permet-elle de repousser les limites de la perception ? Les mesures et les travaux de recherche effectués sur l'environnement peuvent-ils être aussi précis et aussi fiables que ceux relevant des sciences physiques ? Pourquoi et en quoi cela affecte-t-il la validité des connaissances ? L'application de normes aussi rigoureuses que celles requises en physique laisserait aux environnementalistes fort peu d'éléments qu'ils pourraient revendiquer en termes de connaissances. Mais en insistant sur de hauts degrés d'objectivité, n'omettrions-nous pas une approche utile pour la compréhension de l'environnement ? Un test de vérité portant sur le pragmatisme ou sur la correspondance est-il souhaitable dans ce domaine ?

2.1 Structure

4 heures

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
2.1.1	Distinguer les facteurs biotiques et abiotiques (physiques) d'un écosystème.	2	
2.1.2	Définir le terme <i>niveau trophique</i> .	1	
2.1.3	Identifier et expliquer les niveaux trophiques des chaînes alimentaires et des réseaux trophiques dans l'environnement local.	3	Les termes appropriés (par exemple, producteurs, consommateurs, décomposeurs, herbivores, carnivores et carnivores supérieurs) doivent être appliqués à des exemples précis et à d'autres chaînes et réseaux alimentaires locaux.
2.1.4	Expliquer les principes des pyramides des nombres, des pyramides des biomasses et des pyramides de la productivité. Construire ces pyramides à partir de données fournies.	3	<p>Les pyramides sont des représentations graphiques des différences quantitatives qui existent entre les niveaux trophiques d'un écosystème. Une pyramide des biomasses représente le stock de chaque niveau trophique mesuré en grammes de biomasse par mètre carré (g m^{-2}). La biomasse peut aussi être mesurée en unité d'énergie telle que J m^{-2}.</p> <p>Conformément au second principe de la thermodynamique, les effectifs, la biomasse et l'énergie ont tendance à décroître à mesure que l'on s'élève dans la chaîne alimentaire, de sorte que les pyramides vont en rétrécissant vers le haut. Les pyramides des nombres peuvent parfois prendre des aspects différents, par exemple lorsque les individus des niveaux trophiques inférieurs sont de taille relativement grande. De même, les pyramides des biomasses 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 y avoir des variations saisonnières importantes). Les pyramides des nombres et les pyramides des biomasses représentent des stockages.</p>

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
			<p>Les pyramides de la productivité se réfèrent aux flux d'énergie qui traversent un niveau trophique et montrent invariablement une diminution le long de la chaîne alimentaire. Par exemple, on ne peut pas comparer les chiffres d'affaires de deux commerces de détail en ne tenant compte que des stocks ; on doit aussi connaître les ventes et le taux de renouvellement des stocks. De même, une entreprise peut disposer d'un capital important mais d'une trésorerie très limitée. De la même manière, les pyramides des biomasses ne représentent qu'une image instantanée du stock, alors que les pyramides de la productivité indiquent les taux de production des stocks. Il faut faire la distinction entre la biomasse, mesurée en unités de masse ou d'énergie (par exemple g m^{-2} ou J m^{-2}), et la productivité, mesurée en unités de flux (par exemple $\text{g m}^{-2} \text{an}^{-1}$ ou $\text{J m}^{-2} \text{an}^{-1}$).</p> <p>La pyramide des énergies peut soit être représentée comme le stock sur pied (biomasse) mesuré en unités d'énergie (J m^{-2}) soit comme la productivité mesurée en unités de flux d'énergie ($\text{J m}^{-2} \text{an}^{-1}$), selon la littérature consultée. On évitera donc d'utiliser l'expression « pyramide des énergies » qui peut prêter à confusion.</p>
2.1.5	Discuter de la manière dont la structure de la pyramide affecte le fonctionnement d'un écosystème.	3	Il faut prendre en considération la concentration de toxines non biodégradables dans les chaînes alimentaires, la longueur limitée des chaînes alimentaires et la vulnérabilité des carnivores supérieurs. Les définitions des termes bioamplification, bioaccumulation et bioconcentration ne sont pas requises.
2.1.6	Définir les termes <i>espèce, population, habitat, niche, communauté</i> et <i>écosystème</i> , en faisant référence à des exemples locaux.	1	

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
2.1.7	Décrire et expliquer les interactions entre populations à l'aide d'exemples d'espèces précises.	3	<p>Il faut inclure dans l'étude la compétition, le parasitisme, le mutualisme, la prédation et le mode de vie herbivore.</p> <p>Le mutualisme est une interaction dans laquelle deux espèces trouvent un bénéfice. Les interactions doivent être comprises en tant qu'influences exercées par chaque espèce sur la dynamique des populations des autres espèces et sur la capacité limite de leur milieu. Des représentations graphiques de ces influences seront interprétées.</p>

2.2 Mesure des facteurs abiotiques du système

1 heure

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
2.2.1	Énumérer les facteurs abiotiques (physiques) les plus significatifs d'un écosystème.	1	
2.2.2	Décrire et évaluer les méthodes pour mesurer au moins trois facteurs abiotiques (physiques) dans un écosystème.	3	<p>Les élèves devront connaître les méthodes de mesures de trois facteurs abiotiques importants et leur variation dans un écosystème donné en fonction de la profondeur, du temps ou de la distance.</p> <p>Par exemple :</p> <ul style="list-style-type: none"> écosystème marin : salinité, pH, température, oxygène dissous, action des vagues ; écosystème dulçaquicole : turbidité, vitesse d'écoulement, pH, température, oxygène dissous ; écosystème terrestre : température, intensité de la lumière, vitesse du vent, taille des particules, pente, humidité du sol, drainage, contenu minéral. <p>Ces travaux peuvent être réalisés efficacement en les intégrant à l'examen des facteurs biotiques associés.</p>

2.3 Mesure des facteurs biotiques du système

4 heures

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
2.3.1	Construire des clés simples et utiliser des clés publiées pour identifier des organismes.	3	Les élèves pourront travailler avec des clés fournies puis construire leurs propres clés pour huit espèces au maximum.
2.3.2	Décrire et évaluer les méthodes d'estimation de l'abondance des organismes.	3	Ces méthodes comprennent la capture, le marquage, la libération, la recapture (indice de Lincoln) et la méthode des quadrats pour mesurer la densité de population, la fréquence en pourcentage et le pourcentage d'occupation.
2.3.3	Décrire et évaluer les méthodes d'estimation de la biomasse des niveaux trophiques d'une communauté.	3	La mesure du poids sec d'échantillons quantitatifs peut être extrapolée pour estimer la biomasse totale.
2.3.4	Définir le terme <i>diversité</i> .	1	La diversité est souvent évaluée en fonction de deux facteurs : le nombre d'espèces différentes et les effectifs relatifs de chaque espèce.
2.3.5	Appliquer l'indice de diversité de Simpson et résumer son importance.	2	$D = \frac{N(N-1)}{\sum n(n-1)}$ <p>Il n'est pas demandé aux élèves de mémoriser cette formule mais de connaître la signification des symboles :</p> <p>D = indice de diversité</p> <p>N = nombre total d'organismes de toutes les espèces trouvées</p> <p>n = nombre d'individus d'une espèce particulière</p> <p>D est une mesure de la richesse en espèces d'un milieu. Une valeur élevée de D suggère un site stable ou ancien et une valeur faible de D peut indiquer une pollution, une colonisation récente ou une gestion agricole. L'indice est normalement utilisé dans des études sur la végétation mais il peut aussi être utilisé pour des comparaisons de la diversité des animaux (ou même de toutes les espèces).</p>

2.4 Biomes

3 heures

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
2.4.1	Définir le terme <i>biome</i> .	1	Dimension internationale : les biomes ne s'arrêtent pas aux frontières des États, par exemple le Sahara, la toundra, les forêts pluvieuses tropicales.
2.4.2	Expliquer la distribution et la productivité relative des forêts pluvieuses tropicales, des déserts, des toundras et de tout autre biome.	3	Il faut faire référence au climat dominant et aux facteurs limitants. Par exemple, les forêts pluvieuses tropicales se trouvent proches de l'équateur où l'ensoleillement et les précipitations sont élevés et où la lumière et la température ne sont pas des facteurs limitants. Les autres biomes étudiés pourront être les prairies des zones tempérées ou un exemple local. La référence au climat doit se limiter à la température, aux précipitations et à l'ensoleillement.

2.5 Fonctionnement

7 heures

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
2.5.1	Expliquer le rôle des producteurs, des consommateurs et des décomposeurs dans l'écosystème.	3	
2.5.2	Décrire la photosynthèse et la respiration en termes d'apports, de productions et de transformations de l'énergie.	2	<p>Les détails biochimiques ne sont pas nécessaires. Les détails concernant les chloroplastes, les réactions dépendantes et indépendantes de la lumière, les mitochondries, les transporteurs, l'ATP et les intermédiaires biochimiques spécifiques ne sont pas requis.</p> <p>Les élèves doivent savoir que la photosynthèse nécessite du dioxyde de carbone, de l'eau, de la chlorophylle et certains rayonnements visibles pour produire de la matière organique et de l'oxygène. La transformation de l'énergie lumineuse en énergie chimique de la matière organique doit être estimée.</p>

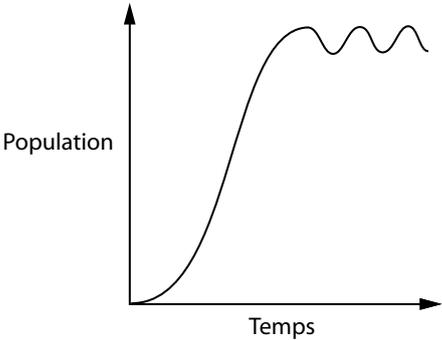
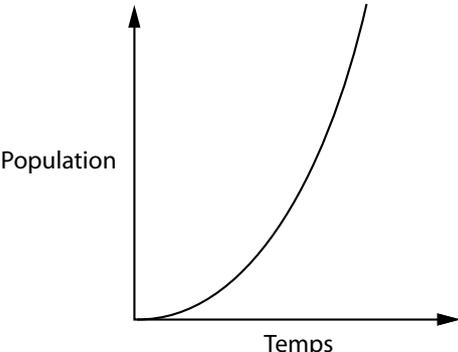
	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
			La respiration doit être reconnue comme exigeant de la matière organique et de l'oxygène pour produire du dioxyde de carbone et de l'eau. Sans oxygène, il se forme du dioxyde de carbone et d'autres produits non assimilés. L'énergie est libérée sous une forme utilisable par les organismes vivants, mais finit par se perdre en chaleur.
2.5.3	Décrire et expliquer le transfert et la transformation de l'énergie au cours de son passage à travers un écosystème.	3	<p>Il faut expliquer la distribution du rayonnement solaire incident dans l'écosystème, en particulier :</p> <ul style="list-style-type: none"> • la perte de rayonnement par réflexion et absorption ; • la conversion de la lumière en énergie chimique ; • la perte d'énergie chimique d'un niveau trophique à l'autre ; • les rendements des transferts d'énergie ; • la conversion de la lumière en énergie thermique par un écosystème ; • le renvoi d'énergie thermique dans l'atmosphère. <p>Il faut construire et analyser des diagrammes simples de transfert d'énergie illustrant le mouvement de l'énergie dans des écosystèmes, y compris la productivité de différents niveaux trophiques.</p> <p>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 $J\ m^{-2}jour^{-1}$.</p>

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
2.5.4	Décrire et expliquer les cycles de transfert et de transformation des matières dans un écosystème.	3	Les cycles de transfert et de transformation du carbone, de l'azote et de l'eau dans un écosystème doivent être décrits et la conversion des stocks de matières organiques et inorganiques doit être précisée le cas échéant. Les élèves doivent construire et analyser les diagrammes de transfert de ces cycles.
2.5.5	Définir les termes <i>productivité brute</i> , <i>productivité nette</i> , <i>productivité primaire</i> et <i>productivité secondaire</i> .	1	La productivité est la production par unité de temps.
2.5.6	Définir les termes et calculer les valeurs de la <i>productivité primaire brute</i> (PPB) et de la <i>productivité primaire nette</i> (PPN) à partir de données connues.	2	L'équation suivante doit être utilisée : $PPN = PPB - R$ où R = pertes par respiration
2.5.7	Définir les termes et calculer les valeurs de la <i>productivité secondaire brute</i> (PSB) et de la <i>productivité secondaire nette</i> (PSN) à partir de données fournies.	2	Les équations suivantes doivent être utilisées : $PSN = PSB - R$ $PSB = \text{aliments ingérés} - \text{excrétions}$ où R = pertes par respiration Le terme « assimilation » est parfois utilisé à la place de « productivité secondaire ».

2.6 Variations

7 heures

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
2.6.1	Expliquer les concepts de facteurs limitants et de capacité limite dans le contexte de croissance d'une population.	3	
2.6.2	Décrire et expliquer les courbes de croissance de populations en « S » et en « J ».	3	Il faut expliquer l'évolution des effectifs et des taux de croissance des courbes standard en S et en J de croissance d'une population. Les élèves doivent représenter, décrire, interpréter et construire les courbes de population à partir de données fournies.

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
			<p>Courbe en S :</p>  <p>Courbe en J :</p> 
2.6.3	<p>Décrire le rôle des facteurs dépendants et indépendants de la densité ainsi que des facteurs internes et externes dans la régulation des populations.</p>	2	<p>En théorie, les facteurs dépendants de la densité fonctionnent comme des mécanismes de rétroaction négative conduisant à la stabilisation ou à la régulation de la population.</p> <p>Les deux types de facteurs peuvent avoir une influence sur la population. De nombreuses espèces, en particulier les stratégies <i>r</i>, sont probablement régulées par des facteurs indépendants de la densité, parmi lesquels le climat est le plus important. Parmi les facteurs internes, on trouve, par exemple, la fertilité dépendante de la densité ou de la taille du territoire de reproduction et parmi les facteurs externes, la prédation ou la maladie.</p>
2.6.4	<p>Décrire les principes associés aux courbes de survie, y compris les stratégies <i>r</i> et <i>K</i>.</p>	2	<p>Les stratégies <i>r</i> et <i>K</i> sont des catégories idéales et beaucoup d'organismes se situent entre ces extrêmes.</p> <p>Les élèves devront être familiarisés avec l'interprétation des caractéristiques des courbes de survie, y compris les sous-échelles logarithmiques.</p>

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
2.6.5	Décrire le concept et les processus de succession dans un habitat donné.	2	Étudier des exemples d'organismes de communautés pionnières, de stades de succession écologique et de communauté climacique. Le concept de succession temporelle doit être soigneusement distingué du concept de zonation, qui se réfère à une structure spatiale.
2.6.6	Expliquer les variations des flux d'énergie, de la productivité nette et brute, de la diversité et des cycles des substances minérales au cours des différentes phases de la succession.	3	Dans les premières phases, la productivité brute est faible, en raison des conditions initiales 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. Dans les phases ultérieures, 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.
2.6.7	Décrire les facteurs affectant la nature des communautés climaciques.	2	Les facteurs climatiques et édaphiques déterminent la nature d'une communauté climacique. Les facteurs humains affectent fréquemment ce processus. Par exemple, les incendies, l'agriculture, le broutage ou la destruction d'un habitat.

2.7 Mesure des variations du système

5 heures

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
2.7.1	Décrire et évaluer des méthodes de mesure des variations des facteurs abiotiques et biotiques d'un écosystème en fonction d'un gradient environnemental.	3	

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
2.7.2	Décrire et évaluer des méthodes de mesure des variations des facteurs abiotiques et biotiques d'un écosystème dues à une activité humaine spécifique.	3	Les méthodes et les variations seront sélectionnées judicieusement selon l'activité humaine choisie. 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 ou la surexploitation. On pourra inclure des mesures répétées au sol, sur des cartes et sur des images satellites.
2.7.3	Décrire et évaluer l'utilisation des études d'impact sur l'environnement (EIE).	3	Les élèves devront pouvoir consulter une EIE réelle. Ils doivent comprendre qu'une EIE commence par une étude de référence avant toute intervention sur l'environnement, une évaluation des impacts possibles et un suivi des modifications pendant et après cette intervention.

Thème 3 – Population humaine, capacité limite et utilisation des ressources (39 heures)

Théorie de la connaissance : qu'apportent les modèles de « capital/revenu naturel » et d'« empreinte écologique » aux anciens concepts de « ressources » et de « capacité limite » ? L'un de ces deux types de modèles est-il plus objectif que l'autre ? Est-ce une bonne chose ? Concernant les termes utilisés, de quelle manière le **langage** affecte-t-il notre compréhension des concepts ? (Par exemple, on aura peut-être l'impression que le « capital naturel » doit être protégé, alors que les « ressources » sont spécifiquement destinées à être consommées par l'homme. De même, « empreinte écologique » peut évoquer la menace environnementale que représente la croissance d'une population, tandis que « capacité limite » déterminerait la taille maximale qu'une population peut atteindre.)

3.1 Dynamique des populations

5 heures

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
3.1.1	Décrire la nature d'une croissance exponentielle des populations humaines et en expliquer les implications.	3	
3.1.2	Calculer et expliquer, à partir des données fournies, le taux brut de natalité, le taux brut de mortalité, la fertilité, le temps de doublement et le taux d'accroissement naturel.	3	

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
3.1.3	Analyser les pyramides démographiques par âge et par sexe et les diagrammes montrant les modèles de transition démographique.	3	Dimension internationale : tandis que la démographie de nombreux pays plus développés économiquement (PPDE) est en déclin, celle de pays moins développés économiquement (PMDE) progresse rapidement. La position de différents pays sur le modèle de transition démographique reflète leur niveau de développement.
3.1.4	Discuter de l'utilisation de modèles prospectifs de la croissance des populations humaines.	3	On pourra se servir de simulations informatiques et/ou de tables statistiques et démographiques pour les pays moins développés et pour les pays plus développés, de pyramides par âge et par sexe et d'extrapolations graphiques des courbes démographiques.

3.2 Ressources et capital naturel

8 heures

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
3.2.1	Expliquer le concept de ressources en termes de revenu naturel.	3	Les économistes soucieux d'écologie décrivent les ressources comme un « capital naturel ». Correctement gérées, les ressources renouvelables et inépuisables sont des richesses qui produisent indéfiniment un « revenu naturel » constitué de biens et de services. Ce revenu peut prendre la forme de produits commercialisables, comme le bois d'œuvre et les céréales (biens), ou de services écologiques, comme la protection contre l'érosion et les inondations assurée par les forêts (services). Les ressources non renouvelables peuvent être comparées à un capital économique qui ne génère pas de richesses sans dissipation du capital.
3.2.2	Définir les termes <i>capital naturel renouvelable</i> , <i>capital naturel inépuisable</i> et <i>capital naturel non renouvelable</i> .	1	Il existe trois classes principales de capital naturel. <ul style="list-style-type: none"> Le capital naturel renouvelable, comme les espèces vivantes et les écosystèmes, se reproduit, se maintient et utilise l'énergie solaire et la photosynthèse. Ce capital naturel produit des biens commercialisables comme la fibre de bois, et fournit des services essentiels si on le laisse en place. Par exemple, la régulation du climat.

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
			<ul style="list-style-type: none"> Le capital naturel inépuisable, comme les eaux souterraines ou la couche d'ozone, est non vivant et dépend souvent du « moteur » solaire pour se reconstituer. Le capital naturel non renouvelable (sauf sur une échelle de temps géologique), comme les combustibles fossiles et les substances minérales, est semblable à un stock : toute utilisation entraîne une liquidation partielle du stock.
3.2.3	Expliquer la nature dynamique du concept de ressources.	3	Il faut prendre en considération la manière dont les facteurs culturels, économiques, technologiques et autres affectent l'état d'une ressource dans le temps et l'espace. Par exemple, l'uranium, en raison du développement de la technologie nucléaire, est devenu récemment une ressource de valeur.
3.2.4	Discuter du point de vue selon lequel l'environnement peut avoir une valeur intrinsèque.	3	<p>Il se peut que des organismes ou des écosystèmes qui ont une valeur pour des raisons intrinsèques ou esthétiques ne génèrent pas de biens identifiables en tant que marchandises ou services ; ils ne sont donc pas évalués, ou sont sous-évalués, d'un point de vue économique. Les organismes ou les écosystèmes ayant une valeur intrinsèque, par exemple d'un point de vue éthique, spirituel ou philosophique, ont une valeur quelle que soit leur utilisation potentielle par l'homme. On comprend dès lors que divers points de vue sous-tendent l'évaluation du capital naturel.</p> <p>Diverses tentatives sont faites pour reconnaître les diverses valeurs de la nature (par exemple, la biodiversité, le taux d'appauvrissement en ressources naturelles), de manière à les estimer plus rigoureusement par rapport à des valeurs économiques plus communes (par exemple le produit national brut ou PNB). Cependant, certains affirment que ces quantifications, ou l'attribution de valeurs économiques réalistes, sont impossibles. Il n'est pas surprenant qu'une partie du débat sur la durabilité soit axée sur l'estimation de valeurs conflictuelles dans le traitement que nous faisons du capital naturel.</p> <p>Théorie de la connaissance : comment peut-on quantifier des valeurs comme l'esthétique qui sont des valeurs qualitatives par nature ?</p>

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
3.2.5	Expliquer le concept de durabilité en termes de capital naturel et de revenu naturel.	3	Le terme « durabilité » a un sens précis dans ce programme. Les élèves doivent comprendre que toute société qui vit aux dépens des formes essentielles de capital naturel n'est pas durable. Si le bien-être de l'homme dépend des biens et des services fournis par certaines formes de capital naturel, alors les taux d'exploitation (ou de pollution) à long terme ne doivent pas excéder les taux de renouvellement du capital. « Durabilité » signifie vivre selon les moyens de la nature, sur les « intérêts » ou le revenu durable généré par le capital naturel.
3.2.6	Discuter du concept de développement durable.	3	<p>L'expression « développement durable » a été utilisée pour la première fois en 1987 dans <i>Our Common Future</i> (rapport Brundtland) et a été définie comme « un développement qui répond aux besoins actuels sans compromettre la capacité des générations futures à satisfaire leurs propres besoins. »</p> <p>La validité de cette approche est l'objet d'un grand débat et il existe aujourd'hui plusieurs définitions de l'expression « développement durable ». Ainsi, certains économistes considèrent le développement durable comme un rendement annuel stable sur investissement, quel que soit l'impact sur l'environnement, tandis que d'autres estiment qu'il correspond à un rendement stable, sans dégradation environnementale.</p> <p>Il faut prendre en considération le changement d'attitude à l'égard de la durabilité et de la croissance économique depuis le Sommet de la Terre de Rio (1992) qui a initié le programme Action 21.</p> <p>Dimension internationale : les sommets internationaux sur le développement durable ont mis la lumière sur les problèmes liés au développement économique de la planète ; les points de vue des environnementalistes et des économistes peuvent cependant diverger.</p>

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
3.2.7	Calculer et expliquer le rendement durable à partir de données fournies.	3	Le rendement durable (RD) est le taux d'accroissement du capital naturel, c'est-à-dire celui qui est exploitable sans diminution du stock d'origine ou de son potentiel de renouvellement. Ainsi, par exemple, le rendement annuel durable pour une culture donnée peut être évalué comme étant le gain annuel en biomasse ou en énergie par croissance ou recrutement. Reportez-vous aux figures 1 et 2 à ce sujet.

Figure 1

$$RD = \left(\frac{\text{biomasse totale}}{\text{énergie}} \text{ au temps } t+1 \right) - \left(\frac{\text{biomasse totale}}{\text{énergie}} \text{ au temps } t \right)$$

Figure 2

RD = (croissance et recrutement annuels) – (mort et émigration annuelles)

3.3 Sources d'énergie

4 heures

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
3.3.1	Résumer l'éventail des sources d'énergie disponibles dans notre société.	2	
3.3.2	Évaluer les avantages et les inconvénients de deux sources d'énergie différentes.	3	Il faut prendre en considération une source d'énergie non-renouvelable (combustible fossile ou nucléaire) et une source renouvelable.
3.3.3	Discuter des facteurs qui déterminent le choix des sources d'énergie adoptées par différentes sociétés.	3	Les élèves peuvent étudier, entre autres, les facteurs de disponibilité, les facteurs économiques, culturels, environnementaux et technologiques.

3.4 Le sol

4 heures

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
3.4.1	Résumer le processus par lequel les sols intègrent différents aspects des systèmes vivants.	2	<p>Il convient de mettre l'accent sur une approche systémique. Les élèves doivent élaborer des diagrammes représentant les liens entre sol, lithosphère, atmosphère et organismes vivants. Le sol, envisagé comme un système vivant, doit être étudié en référence à un profil pédologique général. L'étude de profils pédologiques particuliers, par exemple le podzol, n'est pas requise.</p> <p>Les transferts de matière (dont les dépôts) entraînent une réorganisation du sol. Les apports (le flux entrant) sont représentés par les matières organiques et la roche-mère, les précipitations, l'infiltration et l'énergie. Les sorties (le flux sortant) incluent la lixiviation, l'absorption par les végétaux et les mouvements de masse. Les transformations comprennent la décomposition, l'altération climatique et le cycle des substances nutritives.</p>
3.4.2	Comparer et opposer la structure et les propriétés des sols sableux, argileux et limoneux en précisant leur effet sur la productivité primaire.	3	La teneur en matières minérales, le drainage, la capacité de rétention d'eau, l'aération, le biote et le potentiel de rétention de la matière organique seront traités et leurs liens avec la productivité primaire seront mis en évidence.
3.4.3	Résumer les processus et les conséquences de la dégradation des sols.	2	Les activités humaines, notamment le surpâturage, la déforestation, l'agriculture non durable et l'irrigation, sont à l'origine de processus de dégradation. Parmi ces derniers, on peut citer l'érosion, l'empoisonnement et la salinisation des sols. La désertification (à savoir l'augmentation de la superficie des déserts à cause des activités humaines) est également l'une des formes de cette dégradation.
3.4.4	Résumer les mesures de conservation des sols.	2	<p>Il faut prendre en considération :</p> <ul style="list-style-type: none"> • les matériaux traitants pour le sol (chaux pour augmenter le pH, matières organiques), • les techniques de réduction du vent (brise-vent, rideau-abri, culture intercalaire étagée), • les techniques culturales (en terrasse, labour suivant les courbes de niveau), • les efforts destinés à faire cesser le labour de terres marginales.

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
3.4.5	Évaluer les stratégies de gestion des sols dans un système d'agriculture commerciale et dans un système d'agriculture de subsistance.	3	

3.5 Ressources alimentaires

6 heures

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
3.5.1	Résumer les problèmes du déséquilibre alimentaire mondial.	2	Les élèves doivent comprendre les différences de systèmes de production et de distribution des produits alimentaires à travers le monde, et notamment les influences sociopolitiques, économiques et écologiques.
3.5.2	Comparer et opposer l'efficacité des systèmes de production alimentaire terrestres et aquatiques.	3	Il faut les comparer et les opposer du point de vue de leurs niveaux trophiques et de l'efficacité de la transformation de l'énergie. Il n'est pas nécessaire de considérer chaque système de production en détail. Dans les systèmes terrestres, la plupart des aliments sont prélevés à des niveaux trophiques relativement bas (producteurs et herbivores). Toutefois, dans les systèmes aquatiques, surtout en raison des préférences gustatives des hommes, la plupart des aliments sont prélevés à des niveaux trophiques élevés, où les stocks totaux sont beaucoup plus restreints. Bien que la transformation de l'énergie soit plus efficace dans la chaîne alimentaire des systèmes aquatiques, la fixation initiale de l'énergie solaire disponible par les producteurs primaires tend à être moins efficace en raison de l'absorption et de la réflexion de la lumière par l'eau.

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
3.5.3	Comparer et opposer les apports et les productions de matières et d'énergie (rendement énergétique), comparer les caractéristiques du système et évaluer les impacts sur l'environnement pour deux systèmes de production alimentaire donnés.	3	<p>Les systèmes choisis devront être tous les deux terrestres ou tous les deux aquatiques. De plus, les apports et les productions des deux systèmes devront être différents sur les plans qualitatif et quantitatif (tous les systèmes ne seront pas différents à tous les égards). Les paires d'exemples pourraient être : l'agriculture céréalière nord-américaine et l'agriculture de subsistance de certaines parties du sud-est asiatique, la production intensive de viande bovine dans le monde développé et l'usage du bétail chez les Massaïs, les fermes d'élevage de saumon en Norvège ou en Écosse et la rizipisciculture en Thaïlande. D'autres exemples locaux ou mondiaux sont également valables.</p> <p>Les facteurs à prendre en considération sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> • les apports : engrais (artificiels et naturels), eau d'irrigation, pesticides, combustibles fossiles, distribution des aliments, travail de l'homme, semences, géniteurs ; • les caractéristiques du système : élevage sélectif, organismes génétiquement modifiés, monoculture contre polyculture, durabilité ; • facteurs socioculturels : par exemple, pour les Massaïs, le bétail est une richesse et la quantité est plus importante que la qualité ; • l'impact sur l'environnement : pollution, perte d'habitat, réduction de la biodiversité, érosion du sol ; • la production : par exemple, qualité et quantité des aliments, polluants, érosion du sol.
3.5.4	Discuter les rapports qui existent entre les systèmes sociaux et les systèmes de production alimentaire.	3	<p>Il est possible d'utiliser des exemples, tels que :</p> <ul style="list-style-type: none"> • le rapport entre des densités de population faibles, le nomadisme agricole et l'écosystème de l'agriculture itinérante sur brûlis ; • la relation entre des densités élevées de population, la culture, la fertilité du sol et l'écosystème du riz humide en Asie du Sud-Est ; • le lien entre l'économie politique d'une société urbaine moderne, le capitalisme des grandes entreprises et les écosystèmes agricoles.

3.6 Ressources hydriques disponibles

3 heures

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
3.6.1	Décrire le bilan hydrique de la Terre.	2	Seule une petite proportion (2,6 % en volume) de l'eau disponible sur la Terre est de l'eau douce. Plus de 80 % de cette eau douce est constituée par les calottes glacières et les glaciers, 0,6% par les eaux souterraines, le reste étant, par ordre décroissant de capacité, les lacs, l'eau du sol, la vapeur d'eau présente dans l'atmosphère, les cours d'eau et le biote. Les chiffres précis ne sont pas requis.
3.6.2	Décrire et évaluer la durabilité de l'utilisation des ressources en eau douce en référence à une étude de cas.	3	L'irrigation, l'industrialisation et la croissance démographique sollicitent les ressources en eau douce. Le réchauffement de la planète peut perturber le régime des précipitations et l'approvisionnement en eau. Le cycle hydrologique fournit de l'eau douce à l'être humain mais ce dernier puise davantage dans la nappe aquifère souterraine et pollue cette dernière plus rapidement qu'elle ne peut se renouveler. Il faut prendre en considération la demande accrue en eau douce, l'inégalité face à son accès et ses conséquences politiques, les méthodes d'économies et d'augmentation des sources d'approvisionnement. Une étude de cas sera explorée pour couvrir certaines de ces questions et démontrer, soit un usage durable, soit un usage non durable de l'eau.

3.7 Limites de la croissance

2 heures 30

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
3.7.1	Expliquer les difficultés à appliquer le concept de capacité limite aux populations humaines locales.	3	En examinant soigneusement les exigences d'une espèce donnée et les ressources disponibles, il est possible d'évaluer la capacité limite de l'environnement pour cette espèce. Ce n'est pas aussi facile dans le cas des populations humaines, cela pour plusieurs raisons. L'éventail des ressources utilisées par les hommes est habituellement bien plus vaste que pour toute autre espèce. De plus, lorsqu'une ressource devient un facteur limitant, les hommes déploient beaucoup d'ingéniosité à remplacer cette ressource par une autre. Les besoins en ressources

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
			varient selon les modes de vie, lesquels diffèrent d'une époque à l'autre et d'une population à l'autre. Les développements technologiques donnent lieu à une évolution continue des demandes et des disponibilités de ressources pour la consommation. Les populations humaines importent régulièrement des ressources extérieures à leur environnement immédiat, ce qui leur permet de dépasser les limites fixées par les ressources locales et d'augmenter leur capacité limite. L'importation de ressources augmente la capacité limite du milieu local mais elle n'a aucune influence sur la capacité limite globale. Toutes ces variables rendent pratiquement impossibles les estimations fiables de capacité limite des milieux pour les populations humaines.
3.7.2	Expliquer comment la réduction drastique des consommations d'énergie et de matières, la réutilisation et le recyclage peuvent affecter la capacité limite humaine.	3	La capacité limite humaine est déterminée par le taux de consommation d'énergie et de matières, le niveau de pollution et l'ampleur de l'action de l'homme sur les systèmes qui supportent la vie à l'échelle mondiale. En même temps que la réutilisation et le recyclage réduisent ces impacts, ils sont aussi susceptibles d'accroître la capacité limite humaine.

3.8 Demande des populations humaines sur leur environnement

6 heures 30

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
3.8.1	Expliquer le concept d'empreinte écologique en tant que modèle d'évaluation de la demande des populations humaines sur leur environnement.	3	L'empreinte écologique d'une population est le territoire nécessaire à une population pour lui fournir toutes les ressources dont elle a besoin et pour assimiler tous ses rejets. En tant que modèle, l'empreinte écologique peut fournir une estimation quantitative de la capacité limite. L'empreinte écologique est en fait l'inverse de la capacité limite. Elle se réfère à la superficie nécessaire pour faire vivre durablement une population donnée, tandis que la capacité limite évalue la population qu'une superficie donnée peut faire vivre durablement.

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
3.8.2	Calculer, à l'aide de données appropriées, l'empreinte écologique d'une population donnée, en faisant état des approximations et des hypothèses impliquées.	2	<p>Bien que le calcul exact d'une empreinte écologique puisse être très complexe, il est possible de faire une approximation en suivant les étapes résumées aux figures 3 et 4.</p> <p>La superficie totale requise (empreinte écologique) est la somme de ces deux demandes par individu, multipliée par la population totale.</p> <p>Ce calcul ignore délibérément le sol et l'eau requis pour fournir des ressources aquatiques et atmosphériques, assimiler les rejets autres que le dioxyde de carbone (CO₂), produire l'énergie et les apports de matières pour accroître les rendements des terres arables, remplacer la terre productive perdue par l'urbanisation, etc.</p>

Figure 3

$$\text{Superficie requise, par individu, pour la production alimentaire (ha)} = \frac{\text{Consommation alimentaire par individu (kg an}^{-1}\text{)}}{\text{Production alimentaire moyenne par hectare de terre arable locale (kg ha}^{-1}\text{ an}^{-1}\text{)}}$$

Figure 4

$$\text{Superficie requise, par individu, pour l'absorption des rejets de CO}_2\text{ provenant des combustibles fossiles (ha)} = \frac{\text{Émission de CO}_2\text{ par individu (kg de C an}^{-1}\text{)}}{\text{Fixation nette de carbone par hectare de végétation locale naturelle (kg de C ha}^{-1}\text{ an}^{-1}\text{)}}$$

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
3.8.3	Décrire et expliquer les différences entre les empreintes écologiques de deux populations humaines, l'une d'un pays moins développé économiquement (PMDE) et l'autre d'un pays plus développé économiquement (PPDE).	3	<p>Les données de consommation alimentaire sont souvent fournies en équivalent-grain, de sorte qu'une population à l'alimentation riche en protéines animales tendra à consommer un équivalent-grain plus élevé qu'une population se nourrissant directement de céréales.</p> <p>Les élèves doivent avoir conscience que dans les pays plus développés économiquement (PPDE), l'apport énergétique des produits animaux est deux fois plus important que dans les pays moins développés économiquement (PMDE). La production de céréales sera plus forte avec des stratégies d'agriculture intensive. Les populations plus dépendantes des combustibles fossiles auront des émissions de CO₂ plus élevées. La fixation du CO₂ est clairement dépendante de la zone climatique et du type de végétation. Ces facteurs, et d'autres, expliquent souvent les différences d'empreintes écologiques entre les populations des PPDE et des PMDE.</p>

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
3.8.4	Discuter de la manière dont les influences culturelles et les politiques internationales et nationales de développement affectent la dynamique et la croissance de la population humaine.	3	<p>De nombreux facteurs politiques influencent la croissance de la population humaine. Les politiques nationales et internationales de développement (qui agissent sur le taux de mortalité par le développement agricole, l'amélioration de l'hygiène et de la santé publique et une meilleure infrastructure de services) sont susceptibles de stimuler une croissance rapide de la population en abaissant la mortalité sans affecter le taux de fertilité de façon significative.</p> <p>Certains analystes pensent que les taux de natalité baisseront d'eux-mêmes à mesure que s'amélioreront les conditions économiques et que les problèmes de population seront mieux résolus par des politiques qui stimulent la croissance économique.</p> <p>La sensibilisation au contrôle des naissances encourage la régulation des naissances.</p> <p>Si les parents une fois âgés, sont à la charge des enfants, cela peut inciter à avoir beaucoup d'enfants.</p> <p>L'urbanisation peut aussi être un facteur de réduction du taux brut de natalité.</p> <p>Éduquer les femmes et leur permettre d'accéder à une plus grande indépendance personnelle et économique est probablement le meilleur moyen de réduire la pression démographique.</p>
3.8.5	Décrire et expliquer les rapports entre population, consommation de ressources et développement technologique, ainsi que leur influence sur la capacité limite et la croissance économique matérielle.	3	<p>La technologie joue un rôle si important dans la vie de l'homme que de nombreux économistes pensent que la capacité limite humaine peut se développer continuellement grâce à l'innovation technologique. Par exemple, si nous apprenons à doubler l'efficacité d'utilisation de l'énergie et des matériaux, nous pourrions doubler la population ou la consommation d'énergie sans nécessairement accroître l'impact (la charge) sur l'environnement. Toutefois, pour équilibrer la croissance prévisible de la population et la croissance économique que l'on estime nécessaire, surtout dans les pays en développement, il est suggéré d'augmenter les rendements d'un facteur de 4 à 10 pour respecter la capacité limite globale.</p>

Thème 4 – Conservation et biodiversité (15 heures)

Théorie de la connaissance : ce thème soulève certaines questions intéressantes à débattre concernant la justification morale de l'exploitation des espèces et l'obligation morale de les protéger. D'autres organismes ont-ils droit à une considération morale ? De quelle manière cela est-il justifié ? Les pandas ont-ils plus de droit que les lichens ? Que dire des droits des « animaux nuisibles » ou des organismes pathogènes ? Dans quelle mesure ces arguments sont-ils basés sur l'émotion et sur la raison ? De quelle manière cela affecte-t-il leur validité ?

4.1 Biodiversité des écosystèmes

3 heures

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
4.1.1	Définir les termes <i>biodiversité</i> , <i>diversité génétique</i> , <i>diversité des espèces</i> et <i>diversité des habitats</i> .	1	
4.1.2	Résumer le mécanisme de la sélection naturelle comme facteur possible de spéciation.	2	La spéciation résulte de l'isolement (géographique ou reproductif) de populations. Le concept d'adaptation doit être compris. La connaissance de l'histoire du développement de la théorie moderne de l'évolution n'est pas exigée, ni la connaissance approfondie de la génétique (ni la fréquence des allèles).
4.1.3	Exprimer que l'isolement peut conduire au développement de plusieurs espèces, incapables de se croiser ou de produire une descendance féconde.	1	Les élèves doivent examiner, à l'aide d'exemples, l'isolement des populations, les différences de comportements qui inhibent la reproduction et déterminent l'incapacité à produire une descendance féconde (entraînant la spéciation).
4.1.4	Expliquer comment l'activité des plaques tectoniques a exercé une influence sur l'évolution et la biodiversité.	3	Les conséquences de la tectonique des plaques sur la spéciation (à savoir, la séparation de pools géniques, l'apparition de barrières physiques et de ponts terrestres) doivent être comprises, ainsi que leurs implications sur l'évolution. Il convient également d'étudier le rôle de l'activité tectonique dans la création d'habitats nouveaux et variés et donc dans la promotion de la biodiversité. La compréhension détaillée du mécanisme de la tectonique des plaques n'est pas requise.

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
4.1.5	Expliquer les relations entre stabilité de l'écosystème, diversité, succession et habitat.	3	<p>Il faut prendre en considération la manière dont :</p> <ul style="list-style-type: none"> la diversité évolue avec la succession ; une plus grande diversité d'habitat conduit à une plus grande diversité génétique et une plus grande diversité des espèces ; un écosystème complexe, doté de filières alimentaires et énergétiques diverses, offre la stabilité ; les activités humaines modifient la succession. Par exemple, l'exploitation forestière, le broutage, le brûlage ; les activités humaines simplifient souvent les écosystèmes, les rendant instables. Par exemple, les exploitations céréalières par rapport aux prairies d'herbes hautes en Amérique du Nord ; l'aptitude d'un écosystème à survivre au changement peut dépendre de la diversité, de la résilience et de l'inertie.

4.2 Évaluation de la biodiversité et de la vulnérabilité

6 heures

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
4.2.1	Identifier les facteurs responsables d'une perte de diversité.	2	<p>Ceux-ci incluent notamment :</p> <ul style="list-style-type: none"> des catastrophes naturelles (par exemple, éruption volcanique, sécheresse, glaciation, impact météoritique) ; la dégradation de l'habitat, sa fragmentation et sa disparition ; des pratiques agraires (par exemple, monoculture, utilisation de pesticides, d'espèces génétiquement modifiées) ; l'introduction volontaire ou accidentelle d'espèces non natives ; la pollution ; la chasse, la cueillette et la récolte. <p>Dimension internationale : le taux de perte de la biodiversité peut varier d'un pays à l'autre selon les écosystèmes présents, les politiques de gestion et de protection environnementales et le niveau de développement économique.</p>

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
4.2.2	Discuter de la vulnérabilité perçue des forêts pluvieuses tropicales et de leur valeur relative dans la contribution à la biodiversité de la Terre.	3	Il faut prendre en considération : <ul style="list-style-type: none"> • la vulnérabilité d'autres systèmes ; • le taux de régénération des forêts pluvieuses tropicales ; • la superficie totale et la diversité des espèces ; • la forêt pluvieuse tropicale et la « politique verte ».
4.2.3	Discuter des estimations actuelles du nombre d'espèces et des taux passés et actuels d'extinction d'espèces.	3	Les élèves doivent examiner l'existence de fossiles indiquant les extinctions massives du passé, et comparer et opposer les causes possibles de celles-ci par rapport aux extinctions actuelles. Il faut prendre en considération la chronologie de ces périodes d'extinction.
4.2.4	Décrire et expliquer les facteurs qui prédisposent plus ou moins les espèces à l'extinction.	3	Les facteurs suivants (entre autres) affectent le risque d'extinction : effectif, degré de spécialisation, répartition, potentiel et comportement reproducteurs, et niveau trophique.
4.2.5	Résumer les facteurs déterminant l'état de conservation d'une espèce menacée (Liste rouge).	2	Les élèves doivent connaître les facteurs déterminant l'état de conservation d'une espèce et savoir que les échelles utilisées ont un caractère relatif. Les élèves doivent comprendre qu'un éventail de facteurs sert à déterminer l'état de conservation. Parmi ceux-ci : <ul style="list-style-type: none"> • la taille de la population ; • la réduction de la taille de la population ; • le nombre d'individus matures ; • le cadre géographique et le degré de fragmentation ; • la qualité de l'habitat ; • la zone d'occupation ; • la probabilité d'extinction. <p>Les définitions des catégories d'état de conservation ne sont pas requises et le terme « critère » a été évité en raison de la complexité du système de classification de la Liste rouge.</p>

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
4.2.6	Décrire l'histoire de trois espèces : une espèce éteinte, une autre actuellement menacée et une troisième dont l'état de conservation a été amélioré grâce à une intervention.	2	Les élèves doivent connaître les pressions écologiques, sociopolitiques et économiques qui ont causé ou causent l'extinction des espèces choisies. Le rôle écologique des espèces et les conséquences possibles de leur disparition doivent être compris.
4.2.7	Décrire l'histoire d'une zone naturelle d'importance biologique qui est menacée par les activités humaines.	2	Les élèves doivent connaître les pressions écologiques, sociopolitiques et économiques qui ont causé ou causent la dégradation de la zone choisie et la menace qui en résulte sur la biodiversité.

4.3 Conservation de la biodiversité

6 heures

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
4.3.1	Exprimer les arguments en faveur de la préservation des espèces et des habitats.	1	Les élèves doivent comprendre les arguments basés sur des considérations de ressources génétiques et d'ordres éthique, esthétique et commercial (y compris le coût de substitution). Ils doivent aussi comprendre les fonctions de support à la vie et de soutien aux écosystèmes.
4.3.2	Comparer et opposer le rôle et les activités des organisations intergouvernementales et non gouvernementales pour la préservation et la restauration des écosystèmes et de la biodiversité.	3	Il faut prendre en considération le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) en tant qu'organisation intergouvernementale, le Fonds mondial pour la nature (WWF) et Greenpeace en tant qu'organisations non gouvernementales. Il faut comparer et opposer le PNUE et le WWF en termes d'utilisation des médias, de promptitude de réaction, de contraintes diplomatiques et d'influence politique. Il faut également prendre en compte les récentes conventions internationales sur la biodiversité (par exemple, conventions signées au Sommet de la Terre de Rio (1992) et ses mises à jour ultérieures).
4.3.3	Exprimer et expliquer les critères utilisés pour concevoir les zones protégées.	3	Les zones protégées sont susceptibles de devenir des « îles » au sein d'un pays et de perdre de ce fait une partie de leur diversité. Les principes de la biogéographie insulaire peuvent être applicables à la conception des réserves. Les critères appropriés comprennent la taille, la forme, les effets à la marge, les corridors et la proximité.

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
4.3.4	Évaluer le succès d'une zone protégée.	3	Sans le soutien de la société, sans un financement adéquat et des recherches adaptées, le statut d'espèce ou d'écosystème protégé n'est pas une garantie de protection. Les élèves doivent s'appuyer sur un exemple local particulier.
4.3.5	Discuter et évaluer les points forts et les points faibles de l'approche de la conservation basée sur les espèces.	3	Les élèves doivent prendre en considération les points forts et les points faibles relatifs : <ul style="list-style-type: none"> • de la Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES) ; • des programmes de réintroduction et de reproduction en captivité et des zoos ; • des valeurs esthétiques relativement aux valeurs écologiques.

Thème 5 – Gestion de la pollution (18 heures)

L'objectif de ce thème est de donner une large vision de la pollution et de sa gestion en référence à des exemples de systèmes aquatiques, terrestres et atmosphériques.

Théorie de la connaissance : la majorité des cas de pollution non ponctuelle illustre bien le problème éthique insoluble de la « tragédie des biens communs ». En effet, la personne qui pollue une ressource commune souffre peu de sa propre pollution et peut même y trouver des avantages considérables. Aussi, ceux qui ne polluent pas sont doublement pénalisés : ils souffrent de la pollution et ne retirent aucun bénéfice de ne pas polluer eux-mêmes les ressources. Il y a donc un net avantage pour les personnes qui polluent. En résumé, un grand nombre de personnes adoptent l'attitude la plus avantageuse pour eux, au détriment de tous. C'est cette ambiguïté qui est à l'origine de la difficulté à gérer la pollution non ponctuelle de ressources partagées, tant au niveau local (un cours d'eau) qu'au niveau mondial (l'atmosphère). Qu'un pays puisse tirer parti du non respect des règles, en particulier quand d'autres pays s'y conforment, souligne la difficulté de conclure des accords internationaux sur les stratégies concernant la pollution. Considérer et comparer la manière dont ces approches utilitaires et déontologiques se rapportent à l'éthique pourrait susciter un débat intéressant. Par ailleurs, le rôle de la législation internationale par rapport à l'augmentation de la prise de conscience du public concernant le traitement de ce problème pourrait également alimenter un débat. Entre un système de règles et l'appel au bien commun, quel est le moyen le plus efficace pour progresser ?

5.1 Nature de la pollution

1 heure

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
5.1.1	Définir le terme <i>pollution</i> .	1	

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
5.1.2	Distinguer les termes <i>source de pollution ponctuelle</i> et <i>source de pollution non ponctuelle</i> , et résumer leurs défis respectifs en matière de gestion de la pollution.	2	Il est généralement plus aisé de gérer une source ponctuelle de pollution en raison de son impact plus localisé, ce qui facilite le contrôle des émissions, l'attribution des responsabilités et l'engagement de poursuites judiciaires.
5.1.3	Exprimer les principales sources de pollution.	1	Les sources de pollution sont la combustion des combustibles fossiles, les déchets ménagers et industriels et les systèmes industriels et agricoles.

5.2 Détection et contrôle de la pollution

3 heures

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
5.2.1	Décrire deux méthodes directes de contrôle de la pollution.	2	Les élèves doivent décrire une méthode portant l'une sur la pollution atmosphérique, l'autre sur la pollution du sol ou de l'eau.
5.2.2	Définir <i>demande biochimique en oxygène</i> (DBO) et expliquer comment cette méthode indirecte sert à mesurer les niveaux de pollution de l'eau.	3	
5.2.3	Décrire et expliquer une méthode indirecte de mesure du niveau de pollution à l'aide d'un indice biotique.	3	Cela comprend les niveaux de tolérance, de diversité et d'abondance des organismes. Le concept d'espèce indicatrice doit être compris. Il convient de faire la comparaison entre un site pollué et un site non pollué (par exemple en amont et en aval d'une source ponctuelle de pollution).

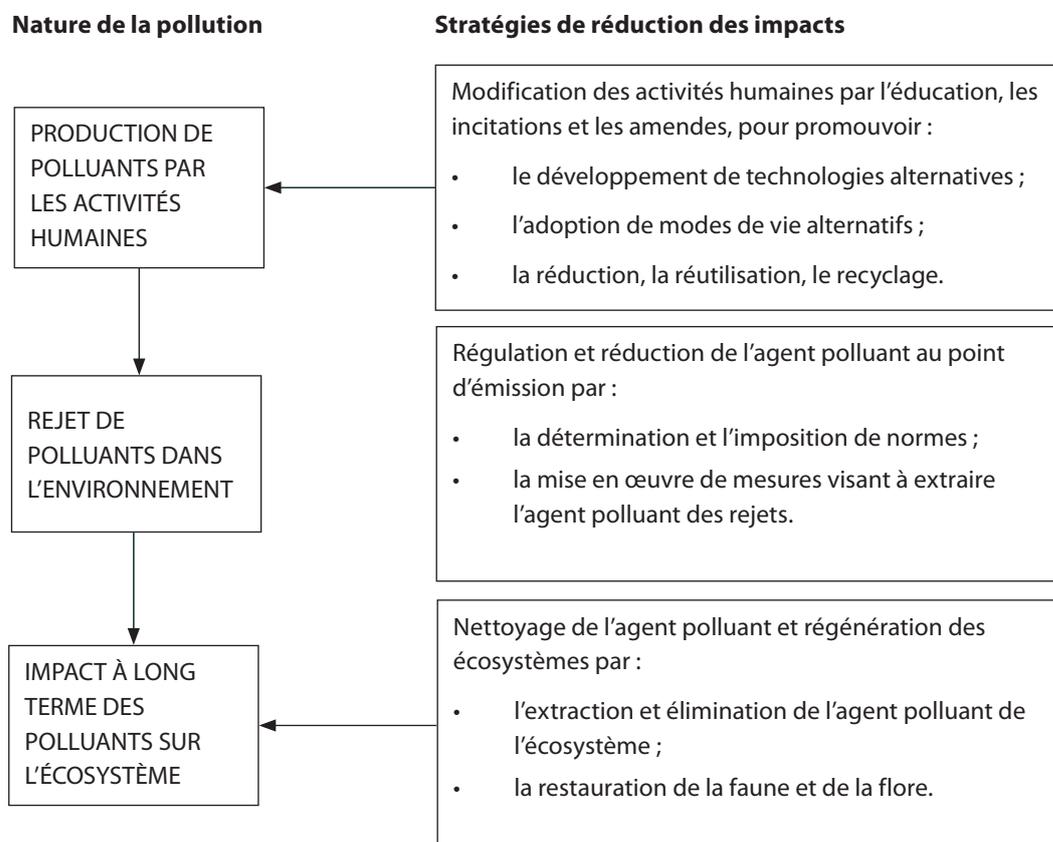
5.3 Approches de la gestion de la pollution

2 heures

	Énoncé d'évaluation	Obj. Spéc.	Notes pour les enseignants
5.3.1	Résumer les approches de gestion de la pollution en référence à la figure 5.	2	Les polluants proviennent des activités humaines et produisent des effets à long terme lorsqu'ils sont libérés dans les écosystèmes. Les stratégies permettant de réduire ces impacts peuvent être élaborées à trois niveaux du processus : modification des activités humaines, régulation et diminution des quantités de polluants libérés au point d'émission, nettoyage des polluants et régénération des écosystèmes après la survenue de la pollution.

	Énoncé d'évaluation	Obj. Spéc.	Notes pour les enseignants
			À l'aide de la figure 5, les élèves doivent être capables de montrer la valeur et les limites de chacun des trois niveaux d'intervention. Les élèves doivent aussi connaître les avantages d'utiliser les premières stratégies par rapport aux suivantes et l'importance de la collaboration pour une gestion efficace de la pollution.
5.3.2	Discuter des facteurs humains ayant un impact sur la manière d'aborder la gestion de la pollution.	3	Les valeurs culturelles ainsi que les systèmes politiques et ceux économiques influent sur le choix des stratégies de gestion de la pollution et sur l'efficacité de leur mise en place. Des exemples concrets doivent être pris en compte.
5.3.3	Évaluer les avantages et les inconvénients pour la société de l'interdiction décrétée par l'Organisation mondiale de la Santé d'utiliser le DDT, qui est un pesticide.	3	

Figure 5



5.4 Eutrophisation

3 heures

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
5.4.1	Résumer les processus d'eutrophisation.	2	Il convient d'indiquer que l'augmentation des nitrates et des phosphates entraîne une croissance rapide des algues, une accumulation de matière organique morte, un taux de décomposition élevé et un manque d'oxygène. Il convient de noter le rôle de la rétroaction positive dans ces processus.
5.4.2	Évaluer les conséquences de l'eutrophisation.	3	Il est utile de mentionner la mort des organismes aérobies, l'augmentation de la turbidité, la perte de macrophytes, le raccourcissement des chaînes alimentaires et la perte de diversité des espèces.
5.4.3	Décrire et évaluer des stratégies de gestion de la pollution dans le domaine de l'eutrophisation.	3	Les élèves doivent appliquer le modèle présenté en 5.3.1 à l'évaluation des stratégies. Par exemple : <ul style="list-style-type: none"> • La modification des activités humaines génératrices de pollution peut être illustrée par l'emploi de méthodes alternatives pour améliorer la croissance des cultures, l'usage de détergents de substitution, etc. • La régulation et la réduction des polluants au point d'émission peuvent être illustrées par des procédés de traitement des eaux usées éliminant les nitrates et les phosphates des rejets. • Le nettoyage et la régénération peuvent être illustrés par la présentation de méthodes de pompage des boues et la réintroduction d'espèces végétales et de poissons dans les lacs eutrophes.

5.5 Déchets ménagers solides

2 heures

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
5.5.1	Résumer les types de déchets ménagers solides.	2	Les élèves doivent tenir compte de leur propre production de déchets et de celle de leur communauté. Ils doivent prendre en considération les différents types de matériaux. Par exemple, le papier, le verre, le métal, les plastiques, les déchets organiques (cuisine et jardin), les emballages. Il faut également prendre en considération leur volume total.

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
5.5.2	Décrire et évaluer des stratégies de gestion de la pollution dans le domaine des déchets ménagers solides (au niveau municipal).	3	Il faut prendre en considération le recyclage, l'incinération, le compostage et les décharges.

5.6 Déplétion de l'ozone stratosphérique

3 heures

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
5.6.1	Résumer la structure générale et la composition de l'atmosphère.	2	
5.6.2	Décrire le rôle de l'ozone dans l'absorption du rayonnement ultraviolet (UV).	2	Le rayonnement ultraviolet est absorbé pendant la formation et la destruction de l'ozone à partir de l'oxygène. Les équations chimiques ne doivent pas être connues par cœur.
5.6.3	Expliquer l'interaction entre l'ozone et les dérivés halogénés organiques gazeux.	3	Les dérivés halogénés organiques gazeux sont extrêmement stables dans des conditions normales, mais ils peuvent libérer des atomes d'halogène lorsqu'ils sont exposés au rayonnement ultraviolet dans la stratosphère. En réagissant avec l'oxygène monoatomique, ces atomes ralentissent la vitesse de reformation de l'ozone. Les polluants accélèrent la destruction de l'ozone, perturbant ainsi l'équilibre du système de production de l'ozone (voir 1.1.5).
5.6.4	Exprimer les effets du rayonnement ultraviolet (UV) sur les tissus vivants et la productivité biologique.	1	Le rayonnement UV entraîne des mutations et a des conséquences sur la santé. Il nuit également aux organismes photosynthétiques et tout particulièrement au phytoplancton et à ses consommateurs, comme le zooplancton.
5.6.5	Décrire trois méthodes permettant de diminuer la fabrication et l'émission de substances responsables de la déplétion de l'ozone.	2	Par exemple, recyclage des réfrigérants, alternatives aux plastiques soufflés, aux propulseurs et au bromure de méthyle (bromométhane).

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
5.6.6	Décrire et évaluer le rôle des organisations nationales et internationales dans la réduction des émissions de substances responsables de la déplétion de l'ozone.	3	<p>Le rôle du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) dans l'élaboration d'accords internationaux (par exemple, le protocole de Montréal et ses mises à jour) régissant l'utilisation des substances destructrices de l'ozone doit être examiné.</p> <p>L'efficacité relative de ces accords et les difficultés liées à leur mise en œuvre et à leur respect doivent être étudiées. Les élèves devront de plus se familiariser avec les mesures prises par les gouvernements pour se conformer à ces accords.</p>

5.7 Pollution de l'air des villes

2 heures

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
5.7.1	Exprimer l'origine de l'ozone troposphérique et résumer son rôle.	2	<p>Lors de la combustion de combustibles fossiles, deux des types de polluants libérés sont, d'une part des hydrocarbures (provenant de la partie non brûlée du combustible) et d'autre part, du monoxyde d'azote (NO).</p> <p>La réaction entre le monoxyde d'azote et l'oxygène donne du dioxyde d'azote (NO₂), un gaz de couleur brune qui contribue à la brume de pollution des grandes villes. En absorbant le rayonnement solaire, le dioxyde d'azote peut aussi se décomposer et libérer des atomes d'oxygène. Ces derniers s'associent à l'oxygène de l'atmosphère pour former de l'ozone.</p> <p>L'ozone est un gaz toxique et un oxydant. Il endommage les récoltes et les forêts, irrite les yeux, peut entraîner des difficultés respiratoires et augmenter la sensibilité aux infections chez l'être humain. Il s'agit d'un oxydant très réactif, capable d'attaquer les textiles et le caoutchouc.</p>

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
5.7.2	Résumer la formation du smog photochimique.	2	<p>Le smog photochimique est un mélange d'une centaine de polluants primaires et secondaires, issus de réactions chimiques se produisant sous l'effet du rayonnement solaire. L'ozone constitue le principal polluant du smog photochimique.</p> <p>La fréquence et l'importance du smog photochimique dans une zone donnée dépend de la topographie de cette zone, du climat, de la densité de population et de la quantité de combustibles fossiles consommée. Les précipitations nettoient l'atmosphère et les vents dispersent le smog. Les inversions thermiques piègent les nuages polluants dans les vallées (par exemple, Los Angeles, Santiago, Mexico, Rio de Janeiro, Sao Paulo, Pékin) et les concentrations de polluants atmosphériques peuvent atteindre des niveaux dangereux, voire mortels.</p>
5.7.3	Décrire et évaluer des stratégies de gestion de la pollution dans le domaine de la pollution de l'air des villes.	3	<p>Les mesures permettant de réduire la combustion des combustibles fossiles doivent être prises en compte. Par exemple, la réduction de la consommation électrique et de la circulation automobile, ainsi que le recours à des énergies renouvelables. Il faut mentionner des mesures d'assainissement, telles que, par exemple, l'usage de pots catalytiques.</p>

5.8 Retombées acides

2 heures

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
5.8.1	Résumer les réactions chimiques entraînant la formation de pluies acides.	2	<p>Il faut expliquer la conversion du dioxyde de soufre et du dioxyde d'azote (NO_x) en sulfates et en nitrates (dépôts secs) et en acides sulfurique et nitrique (dépôts humides). Il n'est pas requis de connaître les équations chimiques.</p>
5.8.2	Décrire trois effets possibles des retombées acides sur le sol, l'eau et les organismes vivants.	2	<p>Les points suivants doivent être inclus :</p> <ul style="list-style-type: none"> • un effet direct, par exemple l'acide sur les organismes aquatiques et les forêts de conifères ; • un effet toxique, par exemple les ions aluminium sur le poisson ; • un effet sur les substances nutritives, par exemple la lixiviation du calcium.

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
5.8.3	Expliquer pourquoi les retombées acides ont un impact régional plutôt que mondial.	3	Il faut expliquer que les régions situées sous le vent des grandes zones industrielles sont exposées aux pluies acides et relier ce phénomène aux sources d'émission de dioxyde de soufre et de dioxyde d'azote. L'effet tampon des roches et du sol sur l'acidité de l'eau doit être pris en compte.
5.8.4	Décrire et évaluer des stratégies de gestion de la pollution dans le domaine des retombées acides.	3	Il faut prendre en considération les mesures permettant de réduire la combustion des combustibles fossiles. Par exemple la diminution de la consommation électrique et de la circulation automobile, ainsi que le recours à des énergies renouvelables. Les mesures de lutte contre la pollution « au point de rejet » (au point de départ des émissions) doivent être évoquées. Il faut prendre en compte le rôle des accords internationaux dans la mise en application des changements. Le rapport coût-efficacité de l'épandage de chaux broyée dans les lacs suédois au début des années 1980 constitue une étude de cas intéressante.

Thème 6 – Réchauffement de la planète (6 heures)

Ce thème permet d'approfondir l'étude de cette question mondiale controversée. Les points de vue à ce sujet sont divisés dans les communautés politiques et scientifiques et les élèves doivent être encouragés à développer une opinion personnelle après avoir pris connaissance des arguments en présence.

Théorie de la connaissance : ce thème remet en question directement et utilement l'idée populaire selon laquelle la science est infaillible. Si la communauté scientifique se sent si infaillible, comment peut-elle être si publiquement divisée sur ce thème ? Quel est l'effet d'un contexte politique hautement sensible sur l'objectivité ? Les hommes politiques peuvent-ils exploiter dans leur propre intérêt l'ambiguïté des conclusions émises par la communauté scientifique ?

Dimension internationale : ce thème implique que la communauté internationale travaille en synergie sur la recherche et sur la réduction des effets du réchauffement de la planète.

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
6.1.1	Décrire le rôle des gaz à effet de serre dans le maintien d'une température moyenne à l'échelle de la planète.	2	L'effet de serre est une condition normale et nécessaire au maintien de la vie sur la Terre. Les niveaux de dioxyde de carbone (CO ₂) aux différentes époques géologiques doivent être pris en compte.

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
6.1.2	Décrire comment les activités humaines ont augmenté la quantité de gaz à effet de serre.	2	L'eau, le CO ₂ , le méthane et les chlorofluorocarbures (CFC) sont les principaux gaz à effet de serre. Les activités humaines entraînent une élévation des taux de CO ₂ , de méthane et de CFC dans l'atmosphère, ce qui peut conduire au réchauffement de la planète.
6.1.3	Discuter au plan qualitatif les effets potentiels de l'élévation de la température moyenne de la planète.	3	Les effets potentiels sur la distribution des biomes, l'agriculture mondiale et les sociétés humaines doivent être pris en compte. Les élèves devront comprendre que ces effets pourraient être négatifs ou bénéfiques. Par exemple : <ul style="list-style-type: none"> • déplacement des biomes ; • changement de l'emplacement des zones cultivables ; • changement de la saisonnalité du climat ; • inondation côtière (due à l'expansion thermique des océans et à la fonte des calottes glaciaires polaires) ; • santé humaine (propagation des maladies tropicales).
6.1.4	Discuter des mécanismes de rétroaction qui seraient liés à une élévation de la température moyenne de la planète.	3	Par exemple : <ul style="list-style-type: none"> • Rétroaction négative : augmentation de l'évaporation sous les tropiques entraînant une augmentation des chutes de neige sur les calottes glaciaires polaires, ce qui diminue la température moyenne de la planète. • Rétroaction positive : augmentation de la fonte du permafrost libérant des quantités importantes de méthane, ce qui élève la température moyenne de la planète. <p>Les mécanismes de rétroaction liés au réchauffement de la planète peuvent agir de façon très différée.</p>

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
6.1.5	Décrire et évaluer des stratégies de gestion de la pollution pour lutter contre le réchauffement de la planète.	3	<p>Les élèves doivent envisager les stratégies suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Au niveau mondial : accords intergouvernementaux et internationaux (par exemple, l'accord de Kyoto et ses mises à jour subséquentes), taxe sur le carbone et échange de crédits de carbone, sources énergétiques de substitution. • Au niveau local : demander aux élèves d'examiner les émissions de gaz à effet de serre induites par leur propre mode de vie, dans le cadre local des émissions de gaz à effet de serre. • Actions préventives et réactives. <p>Les élèves doivent évaluer ces stratégies en fonction de leur efficacité et des implications de la réduction des émissions de CO₂ pour les PPDE et les PMDE, en termes de croissance économique et de développement national.</p>
6.1.6	Résumer les arguments concernant le réchauffement de la planète.	2	<p>Les élèves doivent connaître la diversité des arguments parfois conflictuels concernant cette question. Il convient de noter la complexité du problème et l'incertitude des modèles climatiques mondiaux. Les élèves doivent connaître le concept d'obscurcissement planétaire dû à l'augmentation du niveau de pollution atmosphérique.</p>
6.1.7	Évaluer les différentes perceptions des hommes à l'égard des questions de réchauffement de la planète.	3	<p>Les élèves doivent explorer les différents points de vue par rapport au leur.</p>

Thème 7 – Systèmes de valeurs de l’environnement (6 heures)

Comprendre les systèmes de valeurs de l’environnement est un thème central de ce cours. Il doit donc y être fait référence en permanence pour analyser les questions environnementales et il sera enseigné en tant qu’unité à part entière.

Théorie de la connaissance : ce thème, dans sa globalité, peut être considéré comme une composante d’un cours de théorie de la connaissance et conduit les élèves à évaluer leur point de vue personnel. Tous les savoirs, y compris ceux acquis pendant ce cours, une fois utilisés dans des discussions ou dans des applications pratiques, ont tendance à s’imprégner des valeurs liées au contexte. Même si les données elles-mêmes sont hautement objectives, leur choix est rarement libre de toute valeur. De plus, accorder plus de valeur à l’objectivité qu’à la subjectivité peut être considéré comme étant une valeur en soi.

Dimension internationale : notre savoir est teinté d’axiomes et d’hypothèses, de valeurs et de croyances, de perspectives et de visions du monde. Ce thème explore certains de ces aspects et invite les élèves à identifier, évaluer et justifier leur propre position.

	Énoncé d’évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
7.1.1	Exprimer ce que l’on entend par système de valeurs de l’environnement.	1	<p>Il s’agit d’une vision du monde particulière ou d’un ensemble de paradigmes qui façonnent la manière dont une personne ou un groupe de personnes perçoivent et évaluent les questions d’environnement. Cette vision est influencée par le contexte culturel (y compris religieux), économique et sociopolitique.</p> <p>Un système de valeurs de l’environnement constitue un système en soi, dans la mesure où il reçoit des éléments entrants (éducation, influences culturelles, doctrines religieuses, médias) et émet des éléments sortants (décisions, perspectives, actions) qui résultent du traitement des éléments entrants.</p> <p>Dimension internationale : les écosystèmes ne s’arrêtant pas aux frontières nationales, des conflits peuvent naître de l’incompatibilité entre les différents systèmes de valeurs concernant l’exploitation des ressources (par exemple, la pêche océanique et la chasse à la baleine.)</p>
7.1.2	Résumer l’éventail des philosophies environnementales en référence à la figure 6.	2	

	Énoncé d'évaluation	Obj. spéc.	Notes pour les enseignants
7.1.3	Discuter de la manière dont ces philosophies influencent le processus de prise de décision concernant les questions environnementales abordées dans ce cours.	3	
7.1.4	Résumer les influences historiques majeures sur le développement du mouvement environnemental moderne.	2	Les événements majeurs (Minamata, <i>Silent Spring</i> de Rachel Carson, Bhopal, la chasse à la baleine – Sauvez les baleines –, Tchernobyl) ayant suscité la création de groupes de pression environnementaux locaux et mondiaux, le concept de protection et de gestion (<i>stewardship</i>) de l'environnement et une médiatisation qui élève le niveau de conscience du public.
7.1.5	Comparer et opposer les systèmes de valeurs environnementales de deux sociétés choisies.	3	Les sociétés choisies devront présenter des différences significatives. Par exemple : <ul style="list-style-type: none"> • Les Amérindiens et les pionniers européens pratiquant une économie d'avant-poste et exploitant des ressources apparemment sans limites. • Les sociétés bouddhiste et judéo-chrétienne. • Les sociétés communiste et capitaliste.
7.1.6	Justifier votre point de vue personnel sur les questions d'environnement.	3	Les élèves sont invités à réfléchir sur leur position par rapport aux philosophies environnementales concernant des aspects spécifiques du programme, par exemple : le contrôle démographique, l'exploitation des ressources, le développement durable, etc. Dimension internationale : le point de vue d'une personne, ou d'une communauté, sur l'environnement (voir 7.1.1), dépendra forcément du contexte culturel, économique et sociopolitique. Les élèves doivent en avoir conscience et accepter que d'autres aient des points de vue également valables (objectifs 4 et 7).

L'évaluation au Programme du diplôme

Généralités

L'évaluation fait partie intégrante de l'enseignement et de l'apprentissage. Au Programme du diplôme, elle a avant tout pour but de soutenir les objectifs pédagogiques fixés et d'encourager un bon apprentissage des élèves. L'évaluation externe et l'évaluation interne sont toutes deux utilisées au Programme du diplôme. Les examinateurs de l'IB notent ainsi les travaux produits pour l'évaluation externe, tandis que ceux produits pour l'évaluation interne sont notés par des enseignants avant de faire l'objet d'une révision de notation externe par l'IB.

Deux types d'évaluation sont identifiés par l'IB :

- l'évaluation formative oriente l'enseignement et l'apprentissage. Elle fournit aux élèves et aux enseignants une rétroaction utile et précise d'une part, sur le type d'apprentissage prenant place et, d'autre part, sur la nature des points forts et des points faibles des élèves, et ce, dans le but 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 vers l'atteinte des objectifs du cours ;
- l'évaluation sommative donne une vue d'ensemble des connaissances acquises avant le cours et permet d'évaluer les accomplissements des élèves.

L'évaluation au Programme du diplôme est essentiellement de nature sommative et est utilisée afin de mesurer les accomplissements 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 par ailleurs 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 informations sont fournies dans le document 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 d'informations sur l'évaluation au 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 CPEL ou en vente sur le magasin de l'IB (<http://store.ibo.org>). Du matériel de soutien pédagogique, des rapports pédagogiques, des instructions concernant l'évaluation interne, des descripteurs de notes finales et des ressources fournies par d'autres enseignants se trouvent également sur le CPEL. Par ailleurs, des spécimens d'épreuves d'examen, des épreuves de sessions précédentes ainsi que des barèmes de notation sont en vente sur le 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 différer 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'accomplissement 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

Cette expression générique fait référence aux barèmes de notation analytiques qui sont élaborés pour des épreuves d'examen spécifiques. Les barèmes de notation analytiques sont conçus pour les questions d'examen pour lesquelles un certain type de réponse et/ou une réponse spécifique est attendue 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. Les barèmes de notation peuvent comprendre des indications du contenu attendu dans les réponses aux questions ou peuvent être constitués de pistes de notation donnant des conseils quant à l'utilisation des critères d'évaluation.

Résumé de l'évaluation

Premiers examens en 2010

Composantes d'évaluation	Pondération
Évaluation externe (épreuves écrites) : 3 heures	80 %
Épreuve 1 – 1 heure 45 points	30 %
Épreuve 2 – 2 heures 65 points	50 %
Évaluation interne : 30 heures 42 points	20 %

Remarque : le cours de systèmes de l'environnement et sociétés n'est proposé qu'au NM. Aucune option n'est disponible pour le NS.

Évaluation externe

Deux méthodes différentes sont utilisées pour évaluer les élèves :

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

Les bandes de notation ne sont pas publiées dans ce guide.

Les bandes de notation se rapportent aux objectifs d'évaluation et aux descripteurs de notes finales établis pour le cours de systèmes de l'environnement et sociétés. Les descripteurs de notes finales, qui sont disponibles sur le CPEL, précisent le degré de satisfaction des objectifs d'évaluation à atteindre pour chaque niveau de note finale. Les barèmes de notation sont spécifiques à chaque examen.

Description détaillée de l'évaluation externe

L'évaluation externe se compose de deux épreuves écrites et représente 80 % de l'évaluation finale.

Une calculatrice est nécessaire pour ces deux épreuves. Les calculatrices programmables à écran graphique sont autorisées.

Épreuve 1

L'épreuve 1 est constituée de questions à réponse brève et de questions basées sur des données.

Épreuve 2

L'épreuve 2 comporte une section A et une section B.

Dans la section A, une série de données présentées sous différentes formes et se rapportant à l'étude de cas spécifique est fournie aux élèves. Les élèves doivent élaborer des jugements raisonnés et équilibrés lorsqu'ils analysent ces données.

Dans la section B, les élèves doivent répondre à deux questions à réponse structurée, parmi un choix de quatre questions.

Remarque : dans la mesure du possible, les enseignants utiliseront et encourageront les élèves à utiliser le Système international d'unités (unités du SI).

Travaux pratiques et évaluation interne

But de l'évaluation interne

L'évaluation interne fait partie intégrante du cours et est obligatoire pour tous les élèves. Elle leur permet de prouver leurs compétences et leurs connaissances, et de s'attacher à des domaines qui les intéressent, sans les contraintes de temps et restrictions associées aux épreuves écrites d'examen. 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.

L'évaluation interne du cours de systèmes de l'environnement et sociétés consiste en une série de travaux pratiques et de travaux sur le terrain, menés dans le cadre du programme de travaux pratiques. Le niveau d'accomplissement des élèves pour l'évaluation interne est jugé à l'aide de quatre critères d'évaluation. Le modèle de l'évaluation interne traite tous les objectifs d'évaluation, en particulier les objectifs 6 et 7.

Fondement des travaux pratiques

Bien que les modalités de l'évaluation interne se concentrent principalement sur l'évaluation des compétences pratiques et de recherche, les divers types de travaux expérimentaux que les élèves entreprendront ont également d'autres fonctions, y compris :

- illustrer, enseigner et renforcer des concepts théoriques ;
- développer une appréciation de la nature pratique du travail de terrain ;
- développer une appréciation des avantages et des limites d'une série de méthodologies de recherche.

Il est dès lors peut-être justifié que les enseignants organisent plus de travaux expérimentaux que le minimum requis pour le programme d'évaluation interne.

Programme de travaux pratiques

Le programme de travaux pratiques (PTP) est le cours pratique prévu par l'enseignant et il consiste en un résumé de toutes les activités de recherche effectuées par un élève. Le meilleur programme de travaux pratiques est celui qui consiste à s'orienter vers une modélisation holistique de milieux particuliers plutôt que celui qui repose sur un ensemble d'exercices d'écologie isolés. Si l'on emploie plusieurs techniques pour mesurer différents éléments d'un seul écosystème, les corrélations entre ces éléments peuvent être examinées et aboutir à un modèle holistique plus intégré.

Programme couvert

L'éventail des travaux de recherche effectués doit refléter l'étendue et la profondeur du programme d'études, mais il n'est pas nécessaire d'effectuer un travail de recherche sur chaque thème du programme. Idéalement, les travaux pratiques doivent cependant porter en grande partie sur le contenu du cours. Il n'y a pas de nombre minimal imposé de travaux de recherche à effectuer.

Sélection des thèmes de recherche

Les enseignants ont la liberté d'élaborer leur propre programme de travaux pratiques et de choisir des activités de terrain et des travaux de recherche selon les modalités mentionnées. Ils effectueront leur choix en fonction :

- des besoins de leurs élèves ;
- des ressources disponibles ;
- de leurs méthodes d'enseignement.

Chaque programme de travaux pratiques doit comprendre des travaux de recherche complexes d'une plus grande exigence conceptuelle pour les élèves. Compte tenu des objectifs de ce cours, les élèves devront avoir la possibilité d'effectuer des recherches permettant de démontrer les corrélations existant entre des systèmes de l'environnement et des systèmes sociaux. Un programme de travaux pratiques consistant exclusivement en expériences simples durant lesquelles les élèves n'auraient, par exemple, qu'à cocher des cases ou à remplir des tableaux ne constituera pas une gamme adéquate de travaux pratiques.

Les enseignants sont encouragés à se rendre sur le site du Centre pédagogique en ligne (où ils pourront partager des idées de travaux de recherche possibles en prenant part aux forums de discussions et en ajoutant des ressources sur la page d'accueil du cours de systèmes de l'environnement et sociétés.

Remarque : toute activité de recherche qui sera utilisée dans sa totalité ou en partie pour évaluer les élèves devra être conçue spécifiquement pour correspondre aux critères d'évaluation pertinents.

Flexibilité

De par sa flexibilité, le modèle de l'évaluation interne permet d'entreprendre une grande variété de travaux de recherche, tels que :

- de brefs travaux pratiques en laboratoire effectués durant une ou deux leçons, des travaux pratiques de plus longue durée ou des projets s'étendant sur plusieurs semaines ;
- des simulations informatiques ;
- des exercices de recueil de données tels que des questionnaires et des sondages d'opinion ;
- des exercices d'analyse de données ;
- des travaux généraux en laboratoire et sur le terrain.

Il est néanmoins crucial que l'ensemble des tâches réalisées par les élèves reflète la nature transdisciplinaire du cours. Un programme de travaux pratiques équilibré et varié doit permettre aux élèves d'expérimenter des tâches axées sur les activités de laboratoire et de terrain, de même que sur des recherches portant plus particulièrement sur les valeurs.

Documentation des travaux pratiques

Le contenu du programme de travaux pratiques d'un élève est repris sur le **formulaire ES/PSOW** qui se trouve dans le *Manuel de procédures pour le Programme du diplôme*. Une version électronique de ce formulaire peut être utilisée pour autant qu'elle reprenne toutes les informations nécessaires. De plus, les travaux de recherche correspondant aux deux meilleures notes obtenues par chaque élève lors de l'évaluation selon les trois critères d'évaluation interne (organisation, recueil et traitement des données ainsi que discussion, évaluation et conclusion) et les instructions données par l'enseignant pour ces travaux doivent être conservés pour être éventuellement inclus dans l'échantillonnage de travaux envoyé au réviseur de notation de l'évaluation interne.

Travail en groupe

Afin de satisfaire au critère *compétences personnelles*, les élèves doivent effectuer un travail en groupe, qui est un élément essentiel du programme de travaux pratiques. Toutefois, tout travail évalué à l'aide d'un autre critère doit être la réalisation personnelle de l'élève, ce qui peut poser certains problèmes d'ordre logistique aux enseignants. Veuillez consulter la section « Directives concernant l'utilisation des critères d'évaluation » pour obtenir des précisions sur l'évaluation des travaux effectués en groupe.

Temps consacré aux travaux pratiques

L'évaluation interne fait partie intégrante du cours de systèmes de l'environnement et sociétés ; elle correspond à 20 % 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 le travail requis.

Il est recommandé d'allouer environ 30 heures pour les travaux pratiques (sans compter le temps passé à rédiger le travail). Ce volume horaire doit comprendre :

- le temps nécessaire à l'enseignant pour expliquer aux élèves les modalités de l'évaluation interne ;
- les directives en matière d'éthique relatives à cette matière ;
- les heures de cours nécessaires pour permettre aux élèves de travailler sur la composante de l'évaluation interne ;
- le temps nécessaire à chaque élève pour consulter son enseignant ;
- du temps pour mesurer les progrès effectués et vérifier l'authenticité du travail.

Le temps réservé à ces activités doit être réparti sur la plus grande partie du cours et non pas confiné à quelques semaines au début, au milieu ou à la fin de l'année scolaire.

Seule une partie des 30 heures prévues pour les travaux pratiques sera consacrée aux travaux pratiques évalués à l'aide des critères d'évaluation interne. Les enseignants choisiront normalement la dernière partie du cours pour effectuer cette évaluation lorsque les élèves auront une meilleure connaissance des critères et pourront être évalués pour des travaux pratiques complexes.

Direction des travaux et authenticité

Les travaux pratiques remis pour l'évaluation interne doivent être le 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 la planification du travail que durant l'exécution du travail de l'évaluation interne. L'enseignant est tenu de s'assurer que les élèves connaissent :

- les exigences concernant le type de travail qui sera remis pour l'évaluation interne ;
- les directives éthiques du cours de systèmes de l'environnement et sociétés ;
- les critères d'évaluation – les élèves doivent comprendre que le travail qu'ils remettront doit répondre aux critères de manière adéquate.

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. Toutefois, si un élève ne peut terminer son travail sans l'aide substantielle de l'enseignant, cela doit être mentionné sur le formulaire prévu à cet effet disponible dans le *Manuel de procédures pour le Programme du diplôme*.

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

Dans le cadre du processus d'apprentissage, les enseignants peuvent donner des conseils aux élèves sur le premier brouillon du travail évalué en interne. Ces conseils doivent porter sur la façon dont le travail pourrait être amélioré, mais l'enseignant ne doit pas annoter ou réviser en profondeur ce brouillon. La version remise à l'enseignant après ce premier brouillon doit être la version finale.

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 fraude présumée ou confirmée. Chaque élève doit signer la page de couverture de l'évaluation interne afin de confirmer que son travail est authentique et qu'il s'agit de la version finale de ce travail. Une fois qu'un élève a remis la version finale de son travail à l'enseignant (ou au coordonnateur) pour évaluation interne ainsi que la page de couverture signée, il ne peut plus se rétracter.

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

- le projet initial de l'élève ;
- le premier brouillon du travail écrit ;
- les références citées ;
- le style d'écriture, en comparaison avec d'autres travaux de l'élève.

Une page de couverture pour l'évaluation interne signée par l'enseignant et l'élève doit accompagner le travail de chaque élève, et non pas uniquement les travaux envoyés comme échantillons à un examinateur pour révision de notation. Si l'enseignant et le candidat signent une page de couverture, mais que cette dernière comporte une remarque expliquant que le travail du candidat est susceptible de ne pas être authentique, aucune note ne sera décernée au candidat pour cette composante et aucune note finale ne sera attribuée. Pour obtenir de plus amples renseignements, veuillez vous reporter à la publication *Intégrité en milieu scolaire : conseils à l'intention des établissements scolaires* ainsi qu'aux articles pertinents du *Règlement général du Programme du diplôme*.

Un même travail ne peut être remis pour satisfaire aux exigences de l'évaluation interne et du mémoire.

Sécurité

Bien que les enseignants soient responsables du respect des directives nationales ou locales qui peuvent varier d'un pays à l'autre, ils prêteront également attention à la déclaration de mission qui fut développée par le comité de sécurité de l'*International Council of Associations for Science Education* (ICASE, conseil international des associations pour l'enseignement des sciences) et dont une traduction figure ci-après.

Comité de sécurité de l'ICASE

Déclaration de mission

Le comité de sécurité de l'ICASE a pour mission de promouvoir une pratique des sciences de bonne qualité, à la fois stimulante pour les élèves et motivante pour les enseignants et ce, dans un environnement pédagogique sûr et sain. De cette façon, [il s'efforcera d'assurer que] toutes les personnes (enseignants, élèves, assistants de laboratoire, superviseurs et visiteurs) impliquées dans l'enseignement des sciences ont le droit de travailler dans les conditions pratiques les plus sûres possibles en classe et en laboratoires de sciences. [Il encouragera] les administrateurs [à prendre] toutes les mesures raisonnables afin de fournir et de maintenir un environnement pédagogique sain et sûr, et afin de mettre en place et d'exiger des méthodes et pratiques sûres à tout moment. [Il veillera à ce que] des règles et directives en matière de sécurité soient développées et appliquées afin de protéger toutes les personnes effectuant leurs activités dans des salles de classe et laboratoires de sciences et lors d'expériences sur le terrain. Il encouragera le recours à d'autres activités scientifiques lorsque les conditions de sécurité sont insuffisantes.

Toutes les personnes impliquées auront la responsabilité primaire de s'assurer que la santé et la sécurité feront l'objet d'un engagement permanent. Tous les conseils donnés dans ce domaine prendront en compte le besoin de respecter le contexte local, les diverses traditions éducationnelles et culturelles, les contraintes financières et les systèmes législatifs de divers pays.

Critères d'évaluation interne

Utilisation des critères d'évaluation interne

L'évaluation interne se base sur un certain nombre de critères d'évaluation. Chaque critère d'évaluation comprend des descripteurs définissant des niveaux d'accomplissement spécifiques auxquels correspond une gamme de points. 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. Le modèle de meilleur ajustement consiste à effectuer un jugement lorsqu'un travail satisfait à des aspects de la bande de notation à des niveaux différents. Les points attribués doivent 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 remplis pour que les points correspondants soient attribués.
- 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 points, l'enseignant doit donner les points les plus élevés si le travail de l'élève démontre les qualités décrites dans une large mesure. Il doit accorder une note plus basse du descripteur si le travail démontre les qualités décrites dans une moindre mesure.
- Seuls les nombres entiers seront retenus. Les notes partielles telles que 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 inférieur pour un critère donné n'implique pas nécessairement que le travail atteindra un niveau inférieur pour les autres critères. Les enseignants ne doivent pas s'attendre à voir l'évaluation de l'ensemble des élèves suivre une distribution particulière de notes.
- Il est recommandé de mettre les critères d'évaluation à la disposition des élèves.

Critères et aspects

Quatre critères d'évaluation sont utilisés pour évaluer le travail des élèves :

- Organisation (Org)
- Recueil et traitement des données (RTD)
- Discussion, évaluation et conclusion (DÉC)
- Compétences personnelles (CP)

Au moins deux notes seront attribuées pour chacun des critères suivants : *organisation, recueil et traitement des données, et discussion, évaluation et conclusion.*

Le critère *compétences personnelles* est évalué une seule fois à la fin du cours, de façon **sommative**. La note attribuée pour ce critère ne doit pas être la moyenne des résultats obtenus par l'élève sur l'ensemble du programme de travaux pratiques, mais doit refléter les efforts soutenus qu'il a fourni pour améliorer son niveau.

Chaque critère d'évaluation peut être divisé en trois **aspects** comme indiqué dans les sections suivantes. Vous y trouverez des descriptions de ce qui est attendu des élèves pour qu'ils satisfassent **complètement (c)** ou **partiellement (p)** aux exigences des aspects d'un critère donné. Vous y trouverez également une description des circonstances dans lesquelles ces exigences n'ont été **aucunement (a)** satisfaites.

On attribue deux points si les deux exigences sont satisfaites « **complètement** », un point si elles sont satisfaites « **partiellement** » et zéro point si elles ne sont « **aucunement** » satisfaites.

La note maximale pour chaque critère est de 6 (représentant trois aspects « complètement » satisfaits).

Org × 2 = 12

RTD × 2 = 12

DÉC × 2 = 12

CP × 1 = 6

Chaque élève obtiendra donc une note totale sur 42 points.

Les notes obtenues par critère seront additionnées et conduiront à une note totale sur 42 points pour la composante de l'évaluation interne. L'IB ramènera alors cette note à un total représentant 20% de la note finale pour la matière en question.

Le règlement général et les procédures relatives à l'évaluation interne sont publiés dans le *Manuel de procédures pour le Programme du diplôme* pour l'année au cours de laquelle l'évaluation interne a lieu.

Organisation

Niveaux (points)	Aspect 1	Aspect 2	Aspect 3
	Définition du problème et sélection des variables	Contrôle des variables	Développement d'une méthode pour le recueil des données
Complètement (2)	Présente un problème délimité / une question de recherche délimitée et identifie les variables pertinentes.	Conçoit une méthode efficace de contrôle des variables.	Décrit une méthode permettant le recueil de données pertinentes en quantité suffisante.
Partiellement (1)	Présente un problème incomplet / une question de recherche incomplète ou n'identifie que quelques variables pertinentes.	Conçoit une méthode qui tente de contrôler les variables.	Décrit une méthode ne permettant pas le recueil de données pertinentes en quantité suffisante.
Aucunement (0)	Ne présente pas un problème / une question de recherche et n'identifie aucune variable pertinente.	Conçoit une méthode ne permettant pas le contrôle des variables.	Décrit une méthode ne permettant le recueil d'aucune donnée pertinente.

Recueil et traitement des données

Niveaux (points)	Aspect 1	Aspect 2	Aspect 3
	Enregistrement des données	Traitement des données	Présentation des données traitées
Complètement (2)	Enregistre systématiquement des données ^(*) qualitatives et/ou quantitatives appropriées, y compris des unités.	Traite correctement les données primaires et/ou secondaires.	Présente des données traitées de façon adéquate et efficace pour soutenir l'analyse.
Partiellement (1)	Enregistre des données quantitatives et/ou qualitatives appropriées, mais en commettant quelques fautes et/ou omissions.	Traite des données primaires et/ou secondaires, mais en commettant quelques fautes et/ou omissions.	Présente des données traitées de façon adéquate, mais avec un certain manque de clarté ou en commettant quelques fautes et/ou omissions.
Aucunement (0)	N'enregistre aucune donnée ou les données enregistrées sont incompréhensibles.	Aucun traitement de données n'a lieu ou de graves fautes sont commises lors du traitement.	Présente les données traitées de façon inadéquate ou incompréhensible.

^(*) Il peut s'agir de données brutes primaires ou secondaires.

Discussion, évaluation et conclusion

Niveaux (points)	Aspect 1	Aspect 2	Aspect 3
	Discussion et réexamen	Évaluation de la ou des procédures et suggestions d'améliorations	Conclusion
Complètement (2)	La discussion est claire et bien raisonnée, montrant une grande compréhension du contexte et des implications des résultats.	Identifie les points faibles et les limites et suggère des améliorations réalistes.	Présente une conclusion raisonnable, avec une explication correcte basée sur les données.
Partiellement (1)	La discussion est adéquate, montrant une certaine compréhension du contexte et des implications des résultats.	Identifie des points faibles et des limites, mais omet certaines erreurs évidentes. Ne suggère que des améliorations superficielles.	Présente une conclusion raisonnable ou donne une explication correcte basée sur les données.
Aucunement (0)	La discussion est inadéquate, montrant que le contexte et les implications des résultats ont été peu compris.	Les points faibles et les limites ne sont pas pertinents ou sont absents. Suggère des améliorations irréalistes.	Présente une conclusion déraisonnable ou ne présente aucune conclusion.

Compétences personnelles (critère évalué sommativement)

Niveaux (points)	Aspect 1	Aspect 2	Aspect 3
	Emploi des techniques	Travail en équipe	Travail conforme à la sécurité et à l'éthique
Complètement (2)	Est pleinement compétent et méthodique dans son emploi de techniques et d'équipement variés.	Collabore et communique régulièrement au sein d'une équipe, et tient compte du point de vue des autres.	Est toujours attentif aux questions de sécurité, se montre très concerné par les conséquences que ses actions ont sur son environnement et par l'intégrité dont il fait preuve dans son travail.
Partiellement (1)	Est habituellement compétent et méthodique dans son emploi de techniques et d'équipement variés.	Collabore et communique occasionnellement au sein d'une équipe.	Est habituellement attentif aux questions de sécurité, se montre relativement concerné par les conséquences que ses actions ont sur son environnement et par l'intégrité dont il fait preuve dans son travail.
Aucunement (0)	Est rarement compétent et méthodique dans son emploi de techniques et d'équipement variés.	Fait peu ou pas d'effort pour collaborer au sein d'une équipe.	Est peu attentif aux questions de sécurité, se montre peu concerné par les conséquences que ses actions ont sur son environnement et par l'intégrité dont il fait preuve dans son travail.

Un formulaire d'autoévaluation de l'élève peut aider à l'évaluation, mais son utilisation n'est pas exigée.

Évaluation d'une recherche

Pour illustrer la notation d'un critère particulier, considérons l'exemple suivant. Le travail d'un élève est évalué en fonction du critère *organisation*. L'enseignant estime que ce travail satisfait complètement le premier aspect relatif à la définition du problème et au choix des variables, mais qu'il ne satisfait que partiellement les deuxième et troisième aspects, qui portent sur le contrôle des variables et le développement d'une méthode pour le recueil de données. Cela se traduit par un niveau 4.

Directives concernant l'utilisation des critères d'évaluation

En ce qui concerne les travaux pratiques, les critères ne doivent pas nécessairement être utilisés pour chaque recherche. En revanche, en cas d'évaluation, il est essentiel que l'enseignant ne dispense pas trop de conseils, car cela pourrait faire baisser les notes des élèves lors du processus de révision de notation. Les paragraphes suivants précisent les limites à respecter pour donner des conseils lorsque les travaux font l'objet d'une évaluation.

Organisation

Pour évaluer ce critère, il est essentiel que les élèves effectuent une recherche sur un problème ouvert. Bien que l'enseignant puisse indiquer un objectif général ou fixer un contexte, il appartient à chaque élève d'identifier par lui-même un problème ou une question de recherche. À titre d'exemple, l'enseignant peut suggérer aux élèves de sélectionner un modèle de distribution dans un écosystème déterminé et de faire des recherches sur ce modèle. Les élèves peuvent décider de faire des recherches sur une espèce, d'identifier un modèle particulier, de formuler une question de recherche pertinente, d'identifier les variables pouvant être responsables de ce modèle et de concevoir une méthode pour le recueil des données.

Aspect 1 : définition du problème et sélection des variables

L'élève doit exposer en toute clarté le problème ou la question de recherche, éventuellement sous la forme d'une hypothèse. Il doit également exprimer clairement les variables pertinentes pour ses recherches, y compris celles qu'il conviendra de mesurer ou de contrôler.

Aspect 2 : contrôle des variables

Il est reconnu que toutes les variables ne peuvent pas être contrôlées, en particulier en ce qui concerne le travail de terrain. L'élève devra néanmoins identifier clairement des variables de ce type et s'efforcer d'en minimiser l'influence autant que possible.

Aspect 3 : développement d'une méthode pour le recueil des données

La méthode doit permettre de recueillir suffisamment de données pertinentes pour répondre à la question de recherche. Ce que l'on considère comme « suffisant » dépendra toutefois de la nature de la recherche et du temps dont l'élève dispose.

Pour le critère *organisation*, il n'est pas nécessaire que l'élève effectue réellement le travail de recherche ; des comptes rendus écrits seront suffisants pour prouver que tous les aspects auront été traités. Idéalement, il est toutefois préférable que les recherches organisées par les élèves soient effectivement réalisées, plutôt que traitées sous forme d'exercice théorique.

Recueil et traitement des données

Le recueil, l'enregistrement et le traitement des données de l'environnement primaire et secondaire font partie intégrante de l'objectif visant à renforcer chez l'élève la compréhension de l'interaction entre société et environnement. Les recherches basées sur des données primaires ou secondaires peuvent être évaluées dans ce cadre.

Aspect 1 : enregistrement des données

Dans les cas où le recueil de données s'effectue en groupe, l'enregistrement et le traitement des données devront s'effectuer de façon indépendante si ce critère doit être évalué. L'enregistrement de données d'une classe ou d'un groupe n'est approprié pour l'évaluation que si la méthode de partage des données ne propose pas de format de présentation aux élèves.

Les données peuvent être quantitatives ou qualitatives et consister en des mesures numériques, des observations, des dessins, des cartes, des photographies, des résultats de questionnaires ou des interviews.

Des données primaires peuvent être obtenues à partir d'un travail de terrain, de recherches en laboratoire ou d'enquêtes. L'utilisation de données secondaires peut représenter le seul moyen de faire des recherches efficaces sur certains thèmes. En pareil cas, **il est essentiel que les élèves sélectionnent par eux-mêmes** les données pertinentes dans un éventail de sources secondaires, fournies ou non par l'enseignant. Si les données sont sélectionnées pour le compte des élèves, aucun point ne pourra leur être attribué pour cet aspect du critère.

Un élève qui recueille de façon systématique des données pertinentes et les enregistre clairement (par exemple, dans un tableau bien conçu avec des unités correctes et des chiffres significatifs cohérents) aura complètement satisfait à cet aspect. Un élève qui recueille des données pertinentes, mais utilise des unités incorrectes, omet des unités ou utilise des chiffres significatifs de manière inappropriée ou incohérente aura partiellement satisfait à cet aspect. Un élève qui recueille peu ou pas de données et dont les résultats sont difficiles ou impossibles à comprendre en raison de leur présentation n'aura aucunement satisfait à cet aspect.

Aspect 2 : traitement des données

Le traitement de données se rapporte à la manipulation de données brutes avant leur présentation finale. Pour pouvoir évaluer ce critère, il est important que l'élève fasse une recherche exigeant de traiter des données. Cette recherche peut impliquer le groupement d'éléments de données brutes, le calcul de moyennes, de pourcentages, d'indices, ou des tests statistiques. Par exemple, les élèves peuvent recueillir des données brutes sur des communautés situées le long d'une coupe transversale et les traiter afin d'obtenir pour chaque point des indices de diversité, qu'ils représenteront ensuite sur un graphique. Une autre possibilité consiste à regrouper en éléments communs les résultats d'un questionnaire ouvert portant sur les différentes perceptions du réchauffement de la planète, ce qui permet de calculer les pourcentages pour chaque groupe.

Lors de l'évaluation de ce critère, il est important **de donner l'occasion aux élèves de sélectionner leurs propres méthodes de traitement des données**. Le compte rendu écrit doit contenir la preuve que ce traitement a été effectué, par exemple des calculs de l'indice de diversité ou un tableau reprenant les données d'un questionnaire ouvert prêtes à être représentées sur un graphique.

Aspect 3 : présentation des données traitées

L'accent est mis sur la sélection d'une méthode de présentation qui permette d'afficher les données traitées avec la plus grande lisibilité possible et facilite leur interprétation. La présentation des données peut revêtir différentes formes, y compris des modèles graphiques, tels que des diagrammes en cerf volant, des cartes, des graphiques, des organigrammes ou des dessins annotés.

Une présentation sera d'autant plus parlante qu'elle sera réalisée avec beaucoup de soin et une grande précision, qu'elle utilisera des conventions scientifiques et comportera des légendes et des titres non ambigus.

Il n'est pas approprié de présenter le même jeu de données en le répétant inutilement sous des formats variés.

Discussion, évaluation et conclusion

Une fois les données traitées et présentées sous un format convenable, les résultats sont discutés et réexaminés, les procédures sont évaluées et des conclusions sont tirées. Ce critère est censé refléter l'approche holistique qui est au cœur de l'éthique caractérisant ce cours. Ainsi, lorsqu'il procède au réexamen, à l'évaluation et à la conclusion, l'élève devra démontrer sa capacité à mener une discussion cohérente sur la signification plus large de ses résultats.

Bien que les enseignants puissent diriger en classe des discussions sur des projets de groupe, **les élèves doivent être capables de produire des discussions, évaluations et conclusions d'une manière indépendante pour pouvoir être évalués.**

Aspect 1 : discussion et réexamen

Lors de la discussion, les élèves devront réexaminer et analyser leurs résultats et les considérer en les plaçant dans le contexte de la littérature pertinente, de la compréhension ou des modèles scientifiques acceptés et des discussions menées en classe, selon le cas. Ce faisant, ils pourront identifier des tendances, des structures et/ou des anomalies en accord ou en désaccord avec la théorie établie. L'évaluation de cet aspect exige que la nature de la recherche permette une discussion dans de tels contextes.

Aspect 2 : évaluation de la ou des procédures et suggestions d'améliorations

Les élèves devront évaluer leur travail de recherche d'une manière constructive et réfléchie, en reconnaissant les points forts mais aussi en tirant parti des points faibles et de leurs limites pour suggérer des améliorations réalistes. Ils peuvent prendre en considération des procédures, le manque d'équipements ou l'utilisation de ces derniers, la gestion du temps, l'organisation des recherches dans le temps, la qualité des données (exactitude et précision) et leur pertinence.

Aspect 3 : conclusion

On attend des élèves qu'ils fournissent une conclusion claire et concise, dont le bien fondé sera prouvé par les données et leur discussion.

Compétences personnelles

Ce critère n'est évalué qu'une seule fois, de manière **sommative**, au terme du cours.

Aspect 1 : emploi des techniques

Les élèves doivent être capables d'employer une série de techniques avec compétence, de suivre des instructions ainsi que d'assembler et d'utiliser des équipements avec précision et exactitude.

Aspect 2 : travail en équipe

Il y a travail en équipe lorsque deux ou plusieurs élèves exécutent une tâche en collaboration. Un travail en équipe est efficace lorsque chacun reconnaît la contribution des autres. On s'attend à ce que chaque membre de l'équipe apporte sa contribution et soit encouragé à le faire par tous les autres. Cela sera démontré à travers l'échange d'opinions et une aptitude à intégrer des idées dans la prise de décision.

Aspect 3 : travail conforme à la sécurité et à l'éthique

Les élèves doivent observer des pratiques de travail sûres et conformes à l'éthique, en démontrant de l'intégrité dans leur travail, par exemple, en citant correctement des sources secondaires, en ne falsifiant pas de données et en évitant le plagiat. L'attention portée à l'impact sur l'environnement peut se manifester de diverses manières, telles que la non-production de déchets, l'utilisation de procédures sûres pour leur traitement et la réduction des dommages causés à l'environnement local lors d'expériences.

Utilisation des technologies de l'information et de la communication dans le cadre de l'évaluation

L'utilisation des technologies de l'information et de la communication (TIC) dans les travaux pratiques est encouragée tout au long du cours, que les recherches soient évaluées à l'aide des critères d'évaluation interne ou qu'elles le soient d'une autre façon. Veuillez vous reporter à la section « Manière d'aborder l'enseignement du cours ».

Des logiciels d'acquisition de données peuvent être utilisés dans les expériences ou recherches évaluées à l'aide des critères d'évaluation interne, à condition que le principe ci-après soit respecté.

La contribution de l'élève à l'expérience doit être évidente, de sorte qu'elle seule soit évaluée par l'enseignant. Cette contribution peut se traduire par le choix des paramètres de l'équipement de représentation graphique et d'acquisition de données, ou peut être démontrée dans des étapes ultérieures de l'expérience.

(Si un équipement d'acquisition de données est utilisé, les données brutes sont définies comme étant toutes celles produites par le logiciel et extraites des tableaux ou graphiques par l'élève qui les traite ensuite.)

Les catégories d'expériences qui suivent illustrent l'application de ce principe.

1. Acquisition de données dans une tâche délimitée

Un logiciel d'acquisition de données peut être utilisé pour effectuer une expérience traditionnelle d'une nouvelle façon.

L'utilisation d'un logiciel d'acquisition de données est compatible avec l'évaluation si l'élève décide et saisit lui-même la majeure partie des paramètres appropriés du logiciel. Par exemple, on peut mettre au point une expérience utilisant des détecteurs d'oxygène dissous connectés à un logiciel d'acquisition de données, pour suivre l'évolution des quantités d'oxygène dissous dans des échantillons d'eau prélevés à différentes sources et ayant des niveaux de pollution variables (et donc des demandes biochimiques en oxygène différentes).

L'utilisation d'un logiciel d'acquisition de données qui détermine automatiquement les divers paramètres et produit les tableaux de données et les graphiques n'est pas compatible avec l'évaluation car il ne reste alors à l'élève que peu de choses à faire pour effectuer sa recherche.

Si l'expérience convient à l'évaluation, il faut suivre les directives suivantes pour le critère *recueil et traitement des données*.

Recueil et traitement des données : aspect 1

Les élèves peuvent présenter des données brutes recueillies à l'aide d'un logiciel d'acquisition de données à condition qu'ils entrent la majorité des paramètres du logiciel. Les données brutes numériques peuvent être présentées dans un tableau ou, si de très nombreuses données ont été générées, sous forme de représentation graphique. Par exemple, l'élève doit déterminer la durée et le rythme de l'échantillonnage et peut télécharger dans un tableur les données générées sous forme de listes de mesures par la calculatrice ou l'ordinateur. Les élèves doivent organiser les données correctement, par exemple, en donnant des titres aux tableaux ou aux graphiques, des unités aux colonnes ou aux axes des graphiques, des observations qualitatives associées, etc.

Le nombre de décimales dans les données enregistrées ne doit pas excéder la sensibilité de l'instrument de mesure utilisé. Dans le cas de sondes électroniques utilisées pour l'acquisition de données, les élèves doivent indiquer la sensibilité de l'instrument.

Recueil et traitement des données : aspects 2 et 3

L'utilisation de logiciels pour tracer les courbes est appropriée à condition que l'élève prenne la plupart des décisions, entre autres :

- ce qu'il faut porter sur le graphique ;
- le choix des grandeurs pour les axes ;
- les unités appropriées ;
- le titre du graphique ;
- l'échelle appropriée ;
- la façon de tracer le graphique : par exemple, un graphique linéaire et non un graphique en nuage de points.

Remarque : une pente calculée par ordinateur est acceptable.

Dans l'exemple de la recherche relative à l'étude des demandes biochimiques en oxygène, l'élève peut traiter les données en dessinant un graphique à l'aide de la fonction correspondante du tableur. Le taux de variation de l'oxygène dissous dans les échantillons pourra être calculé en consultant les données du graphique ou du tableur.

Les analyses statistiques effectuées à l'aide de calculatrices ou les calculs au moyen de tableurs sont acceptables, à condition que l'élève choisisse les données à traiter et la méthode de traitement. Dans les deux cas, l'élève doit présenter un exemple dans le texte qu'il rédige. Par exemple, l'élève doit mentionner la formule utilisée ou saisie dans la calculatrice et définir les termes employés, ou il doit écrire la formule utilisée dans un tableur, s'il ne s'agit pas d'une partie standard du menu des fonctions du programme (par exemple, la moyenne, l'écart type).

2. Acquisition de données durant une recherche ouverte

Un logiciel d'acquisition de données peut faciliter le recueil des données et transformer le genre de recherches possibles. Dans un tel cas, un logiciel d'acquisition de données totalement automatisé est approprié par rapport à l'évaluation **s'il** est utilisé pour permettre une recherche complexe et plus étendue, au cours de laquelle les élèves ont la possibilité de développer une variété de réponses donnant lieu à une prise de décision indépendante. Par exemple, une tâche d'organisation peut être élaborée pour étudier un facteur qui influe sur le taux de transpiration. Le travail de l'élève pourrait être évalué selon les critères *organisation* et *recueil et traitement des données*, comme décrit ci-après.

Organisation : aspect 1

L'élève doit exprimer une question ou un problème de recherche déterminé. Par exemple : « Quelles différences présentent les taux de transpiration de l'*Acacia cavens* et de la *Lithrea caustica*, deux espèces d'arbres originaires du centre du Chili, quand elles sont soumises à l'action d'un ventilateur fonctionnant à différentes vitesses ? »

Des variables pertinentes doivent également être identifiées.

Par exemple :

- variable indépendante : les espèces de plantes ;
- variable dépendante : le taux de transpiration ;
- variables contrôlées : la température, la masse de la plante, l'aire de la surface des feuilles, le temps, la vitesse du vent.

Organisation : aspect 2

L'élève doit concevoir une méthode pour surveiller et contrôler les variables, par exemple en utilisant une balance électronique pour déterminer la masse des plantes, et en utilisant le même ventilateur pour contrôler la vitesse du vent.

Organisation : aspect 3

L'élève doit concevoir la méthode pour recueillir de façon appropriée des données brutes en quantité suffisante. Il peut par exemple sélectionner les espèces de plantes à utiliser et mesurer les taux de transpiration à l'aide d'une sonde de pression pour gaz biologiques. Il doit également s'assurer que le tube est fixé hermétiquement sur la tige de la feuille à tester et sélectionner les vitesses du ventilateur ainsi que le nombre de répétitions des expériences.

Recueil et traitement des données : aspect 1

Les taux de transpiration déterminés à partir des représentations graphiques des essais expérimentaux générés par le programme pilotant la sonde de pression pour gaz biologiques constituent des données brutes appropriées. Ces taux de transpiration peuvent être calculés par l'élève manuellement ou en utilisant une fonction du programme qui analyse les représentations graphiques. Cela doit être fait sans incitation de la part de l'enseignant. Les données déduites pour les taux de transpiration peuvent être annotées sur une série de représentations graphiques ou présentées dans un tableau comprenant un titre, des en-têtes de colonne et des unités appropriés.

Recueil et traitement des données : aspect 2

Les représentations graphiques qui montrent les variations de la pression du gaz ne sont pas évaluées car elles ont été générées automatiquement par le logiciel préprogrammé fonctionnant sur l'interface d'acquisition de données, sans contribution de l'élève. Cependant, l'élève peut tracer la courbe des taux de transpiration obtenus à partir de ces représentations graphiques en fonction de la vitesse du vent pour chaque espèce à l'aide d'un logiciel, à condition qu'il choisisse le type de représentation graphique, les axes x et y, l'intervalle et l'échelle.

Recueil et traitement des données : aspect 3

L'élève peut produire des représentations graphiques des taux de transpiration pour chaque espèce en fonction de la vitesse du vent. Ces représentations graphiques comporteront des titres clairs, des axes correctement annotés, une légende pour les données des différentes espèces de plantes et des courbes de tendance.

Glossaire des termes utilisés dans le cadre de l'évaluation

Les termes utilisés dans les examens indiquent la profondeur du traitement requis pour un énoncé d'évaluation donné et se rapportent aux objectifs du cours, définis dans la section « Objectifs d'évaluation ». Les objectifs 1 et 2 correspondent à des compétences d'ordre inférieur et les objectifs 3, 4 et 5 se réfèrent à des compétences d'ordre supérieur. Ces termes seront utilisés lors des épreuves d'examen. Il est donc impératif que les élèves se familiarisent avec leur définition.

Objectif 1

Définir	Donner la signification précise d'un mot, d'un concept ou d'une grandeur physique.
Dessiner	Représenter à l'aide d'un diagramme ou d'une représentation graphique précise et légendée, en utilisant un crayon. Une règle doit être utilisée pour dessiner les droites. Les diagrammes doivent être dessinés à l'échelle. Les points des graphes doivent être placés correctement (si nécessaire) et joints par des segments de droite ou par une ligne courbe.
Énumérer	Donner une série de réponses brèves sans explication.
Exprimer	Donner un nom spécifique, une valeur ou toute autre réponse brève sans explication ni calcul.
Légender	Ajouter des légendes à un diagramme.
Mesurer	Obtenir la valeur d'une grandeur.

Objectif 2

Annoter	Ajouter des notes brèves sur un diagramme ou un graphique.
Appliquer	Utiliser une idée, une équation, un principe, une théorie ou une loi dans le contexte d'un problème ou d'une question donnée.
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	Obtenir une valeur approchée.
Identifier	Fournir la bonne réponse à partir de plusieurs possibilités.
Résumer	Exposer brièvement ou donner une idée générale.

Objectifs 3, 4 et 5

Analyser	Décomposer de manière à exposer les éléments essentiels ou la structure.
Commenter	Fournir un jugement basé sur un énoncé ou sur le résultat d'un calcul donné.
Comparer et opposer	Exposer les similarités et les différences qui existent entre deux ou plusieurs éléments ou situations et se référer à ces éléments ou situations tout du long.
Construire	Exposer des informations sous forme schématique ou logique.
Déduire	Arriver à une conclusion à partir des informations fournies.
	ou
	Manipuler une relation mathématique afin d'établir une nouvelle équation ou relation.
Déterminer	Obtenir la seule réponse possible.
Discuter	Proposer une critique équilibrée et réfléchie s'appuyant sur différents arguments, facteurs ou hypothèses. Les opinions et conclusions doivent être présentées clairement et étayées par des 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.
Justifier	Donner des raisons ou des preuves valables pour étayer une réponse ou une conclusion.
Prédire	Donner un résultat attendu.
Résoudre	Obtenir la ou les réponses, en utilisant des méthodes algébriques, numériques et/ou graphiques.
Suggérer	Proposer une solution, une hypothèse ou une autre réponse possible.

Glossaire des termes utilisés dans le cadre du cours

Biodégradable	Capable d'être dégradé par des processus biologiques naturels, par exemple grâce à l'activité des organismes décomposeurs.
Biodiversité	Ensemble des diversités biologiques ou vivantes par unité de surface. Cela inclut les concepts de diversité des espèces, diversité des habitats et diversité génétique.
Biomasse	Masse de matière organique d'une population ou d'un écosystème, exprimée généralement par unité de surface. Le terme « biomasse sèche » peut être utilisé lorsque la masse est mesurée après élimination de l'eau. L'eau n'est pas de la matière organique et la masse de la matière inorganique est généralement négligeable.
Biome	Ensemble d'écosystèmes présentant des conditions climatiques similaires. Par exemple : toundra, forêt pluvieuse tropicale, désert.
Biosphère	Partie habitée de la Terre, c'est-à-dire la zone étroite (quelques kilomètres d'épaisseur) dans laquelle vivent les plantes et les animaux. Elle s'étend de la limite supérieure de l'atmosphère (où l'on trouve des oiseaux, des insectes et du pollen en suspension) à la profondeur limite jusqu'à laquelle on peut trouver des organismes vivants dans la croûte terrestre.
Capacité limite	Nombre maximum d'individus d'une espèce, ou « charge maximale », que peut supporter durablement un milieu donné.
Capital naturel	Terme parfois utilisé par les économistes pour des ressources naturelles qui, si elles sont bien gérées, peuvent produire un « revenu naturel » de biens et de services. Le capital naturel d'une forêt peut produire en continu du bois d'œuvre, des jeux, de l'eau et des divertissements.
Capital naturel inépuisable	Ressources naturelles d'origine non biologique dont le remplacement dépend de l'énergie solaire, telles les eaux souterraines.
Capital naturel non renouvelable	Ressources naturelles, telles que les hydrocarbures fossiles, ne pouvant pas être prélevées dans l'environnement et remplacées à des échelles de temps du même ordre.
Capital naturel renouvelable	Ressources naturelles associées à une récolte ou à un rendement durable égal ou inférieur à leur productivité naturelle ; c'est le cas des cultures alimentaires et du bois d'œuvre.
Communauté	Groupe de populations cohabitant et interagissant dans un habitat commun.
Communauté climacique	Communauté plus ou moins stable d'organismes, en équilibre avec les conditions environnementales naturelles, telles que le climat. Phase ultime d'une succession écologique.

Compétition	Demande commune à deux individus ou plus envers une ressource limitée. Par exemple : nourriture, eau, lumière, espace, accouplements, sites de nidification. Elle peut être intraspécifique ou interspécifique.
Corrélation	Mesure de l'association entre deux variables. Si deux variables ont tendance à augmenter ou à diminuer ensemble, elles sont dites corrélées positivement. Si elles ont tendance à varier dans des sens opposés, elles sont dites corrélées négativement.
Demande biochimique en oxygène (DBO)	Quantité d'oxygène dissous nécessaire à la décomposition biologique aérobie de la matière organique présente dans un volume d'eau donné.
Dérivés halogénés organiques gazeux	Gaz parfois désignés sous l'appellation d'halocarbures. Initialement reconnus comme étant des gaz participant à la destruction de la couche d'ozone stratosphérique. On sait aujourd'hui qu'ils contribuent de manière importante à l'effet de serre. Les plus connus sont les chlorofluorocarbures (CFC).
Diversité	Terme générique pour l'hétérogénéité. Le sens scientifique de la diversité dépend du contexte dans lequel ce terme est utilisé ; il peut signifier l'hétérogénéité des espèces ou des habitats, ou l'hétérogénéité génétique.
Diversité des espèces	Variété d'espèces par unité de surface. Cette diversité prend en compte le nombre d'espèces ainsi que leurs abondances relatives.
Diversité des habitats	Éventail des différents habitats ou des niches écologiques par unité de surface dans un écosystème, une communauté ou un biome. La conservation de la diversité des habitats permet généralement la conservation de la diversité des espèces et de la diversité génétique.
Diversité génétique	Polymorphisme du matériel génétique (allèles) d'un pool de gènes ou d'une population donnée d'une espèce.
Durabilité	Utilisation des ressources de la planète à un rythme permettant la régénération naturelle et la réduction des dommages causés à l'environnement. Par exemple, un système d'exploitation de ressources renouvelables à un rythme qui permet leur remplacement par la croissance naturelle pourra être considéré comme durable.
Écosystème	Ensemble composé d'une communauté d'espèces interdépendantes et de l'environnement physique qu'elles occupent.
Empreinte écologique	Superficies de sol et d'eau nécessaires à une population humaine d'un niveau de vie donné. Cette mesure tient compte de la superficie nécessaire à la production des ressources indispensables à cette population et à l'assimilation des déchets. (Une méthode de calcul est fournie en 3.8.2).
Entropie	Mesure de la quantité de désordre, de chaos et de hasard dans un système ; plus le désordre est grand, plus l'entropie est élevée.
Équilibre	État de compensation entre les composantes d'un système.
Équilibre stable	État vers lequel un système va avoir tendance à revenir s'il en est écarté.
Équilibre stationnaire	État d'un système ouvert ne présentant pas de variation à long terme, mais pouvant subir des oscillations à très court terme. Ce système échange continuellement de la matière et de l'énergie avec le milieu extérieur, mais reste dans son ensemble à un état constant (c'est le cas, par exemple, des communautés climaciques).

Espèce	Groupe d'organismes interféconds et ayant une descendance féconde.
Eutrophisation	Enrichissement naturel ou artificiel d'une étendue d'eau, notamment en nitrates et en phosphates, entraînant un appauvrissement de l'eau en oxygène. L'eutrophisation est accélérée par les activités humaines qui déversent des détergents, des eaux usées ou des engrais agricoles dans les cours d'eau.
Évaluation de l'impact sur l'environnement (EIE)	Étude détaillée, requise dans de nombreux pays, préliminaire à des travaux d'aménagement. Elle doit normalement être effectuée par un organisme indépendant mais être à charge du promoteur. Une telle étude doit estimer les conditions environnementales initiales et identifier les zones et espèces à protéger. Cet examen mène à l'élaboration d'un rapport d'impact sur l'environnement (RIE) ou d'une étude de gestion du patrimoine écologique dans certains pays. De plus, il doit y avoir un suivi écologique après les travaux.
Évolution	Ensemble des modifications graduelles et cumulables des caractéristiques génétiques survenues au cours des générations successives d'une espèce ou d'une race d'un organisme, menant à l'apparition d'espèces ou de races distinctes de l'ancêtre commun. L'évolution reflète les changements de la composition génétique d'une population au cours du temps.
Facteur abiotique	Facteur physique relevant du non-vivant, comme la température, l'éclairement, le pH, la salinité ou les précipitations, pouvant avoir un effet sur un organisme ou un écosystème.
Facteur biotique	Facteur d'origine biologique, tel que la prédation, le parasitisme, les maladies ou la compétition, pouvant avoir un effet sur un organisme ou un écosystème.
Fertilité	Dans le cas des populations humaines, la fertilité représente le potentiel reproducteur d'une population. Elle peut être estimée par le taux de fertilité, qui correspond au nombre de naissances pour mille femmes en âge de procréer. Elle peut aussi être estimée par la fertilité totale, qui correspond au nombre moyen d'enfants qu'une femme met au monde au cours de sa vie.
Gaïa	L'hypothèse Gaïa (développée par James Lovelock et baptisée d'après le nom de la déesse grecque de la Terre) compare la Terre à un organisme vivant que les mécanismes de rétroaction maintiennent en équilibre.
Gaz à effet de serre	Gaz atmosphériques absorbant le rayonnement infrarouge et entraînant l'élévation des températures terrestres. Ce processus est parfois appelé « piégeage des rayonnements ». L'effet de serre naturel est principalement dû à la vapeur d'eau et au dioxyde de carbone. Les activités humaines ont engendré une augmentation des quantités de dioxyde de carbone, de méthane et d'oxyde nitreux (hémioxyde d'azote, N ₂ O) dans l'atmosphère et l'on peut craindre que cela mène à un réchauffement de la planète .
Habitat	Environnement dans lequel vit normalement une espèce donnée.
Indice de diversité	Valeur numérique de la diversité des espèces, calculée à partir du nombre d'espèces (variété) et des abondances relatives de ces espèces.

Isolement	Mécanisme de séparation de deux populations résultant de facteurs géographiques, comportementaux, reproductifs ou génétiques. Si le flux de gènes entre les deux sous-populations est interrompu, des espèces nouvelles peuvent évoluer. Voir le terme évolution .
Latitude	Distance angulaire, mesurée au centre de la Terre, entre l'équateur et un lieu donné (dans l'hémisphère nord ou sud), et exprimée généralement en degrés.
Modèle	Description simplifiée, destinée à montrer la structure ou le fonctionnement d'un objet, d'un système ou d'un concept.
Mutualisme	Relation s'établissant entre individus de deux espèces ou plus et permettant à chacun d'en tirer profit sans subir d'inconvénients. (Le terme « symbiose » ne sera pas utilisé.)
Niche	Place d'une espèce dans un habitat et par rapport aux ressources qui lui sont associées. La niche écologique d'un organisme ne dépend pas seulement de son lieu de vie, mais aussi de ce qu'il y fait.
Niveau trophique	Position qu'occupe un organisme dans une chaîne alimentaire ou un groupe, dont les organismes, au sein de la communauté, occupent la même position dans les chaînes alimentaires.
P.M.D.E.	Pays moins développé économiquement : pays dont le développement industriel et le PNB par habitant sont faibles à modérés.
P.P.D.E.	Pays plus développé économiquement : pays fortement industrialisé avec un PNB moyen élevé par habitant.
Parasitisme	Relation entre deux espèces où l'une (le parasite) vit à la surface ou à l'intérieur de l'autre (l'hôte), et lui prélève tout ou une partie (dans le cas d'un parasitisme partiel) de la nourriture dont il a besoin.
PNB	Produit national brut, correspondant à la valeur totale annuelle des biens et des services créés par un pays.
Pollution	Rejet dans l'environnement d'une substance ou d'un agent (comme la chaleur) produit par des activités humaines en quantité trop importante pour être neutralisé par l'environnement et ayant un effet notable sur les espèces du milieu.
Population	Groupe d'individus d'une même espèce vivant simultanément en un lieu commun et capables de se reproduire entre eux.
Productivité brute (PB)	Gain total en énergie ou en biomasse, par unités de temps et de surface, obtenu soit par photosynthèse chez les producteurs primaires, soit par absorption chez les consommateurs.
Productivité nette (PN)	Gain en énergie et biomasse, par unités de temps et de surface, restant après pertes par respiration (R). D'autres pertes métaboliques peuvent se produire, mais elles sont négligeables dans le calcul et la définition de la productivité nette dans le cadre de ce cours.
Productivité primaire	Énergie ou biomasse accumulée par les producteurs par unités de temps et de surface. Ce terme peut se rapporter à la productivité brute ou à la productivité nette primaire.
Productivité primaire brute (PPB)	Gain total en énergie ou biomasse, par unités de temps et de surface, fixé par photosynthèse dans les plantes vertes.

Productivité primaire nette (PPN)	Gain en énergie et biomasse par les producteurs, par unités de temps et de surface, restant après pertes par respiration (R). Potentiellement disponible pour les consommateurs d'un écosystème.
Productivité secondaire	Biomasse accumulée par les organismes hétérotrophes par l'alimentation et l'absorption, exprimée en unités de masse ou d'énergie par unités de temps et de surface.
Productivité secondaire brute (PSB)	Gain total en énergie ou biomasse, par unités de temps et de surface, absorbé par les consommateurs.
Productivité secondaire nette (PPN)	Énergie ou biomasse accumulée par les consommateurs, par unités de temps et de surface, restant après pertes par respiration (R).
Profil d'un sol	Section verticale dans un sol, de sa surface à la roche mère, montrant ainsi ses diverses couches successives ou horizons.
Réchauffement de la planète	Élévation de la température atmosphérique moyenne de la Terre.
Récolte sur pied	Voir biomasse .
Rétroaction (feedback)	Retour d'une partie de la production d'un système sous forme d'apport, de manière à affecter les productions ultérieures.
Rétroaction négative (feedback négatif)	Rétroaction qui tend à minimiser, neutraliser ou contrer toute déviation à partir d'un équilibre, de manière à renforcer la stabilité.
Rétroaction positive (feedback positif)	Rétroaction qui amplifie ou accroît un changement ; cela conduit à une déviation exponentielle à partir d'un équilibre.
Série (sère)	Ensemble des communautés consécutives d'une succession en un lieu donné.
Smog	Terme étendu à toute brume causée par des polluants atmosphériques. Le smog photochimique est produit par l'action des rayonnements ultraviolets sur les gaz d'échappement des moteurs à combustion interne. Il peut contenir de l'ozone et est nocif pour l'homme (atteintes de l'appareil respiratoire et des yeux).
Société	Groupe arbitraire d'individus partageant des caractéristiques communes, telles que : lieu géographique, contexte culturel, cadre historique et temporel, considérations religieuses, système de valeurs, etc.
Sol	Couche d'un mélange de matières minérales et organiques recouvrant la roche mère et dans laquelle les plantes terrestres se développent.
Source de pollution non ponctuelle	Rejet de polluants à partir de différents sites dispersés, tels que les gaz d'échappement des véhicules.
Source de pollution ponctuelle	Rejet de polluants à partir d'un site unique, clairement identifiable, tel qu'une cheminée d'usine ou une conduite d'évacuation des déchets d'une usine dans une rivière.
Spéciation	Processus de formation de nouvelles espèces. Voir aussi évolution .
Stratégies K	Espèces qui concentrent habituellement leurs ressources reproductives à l'entretien d'une descendance réduite, ce qui augmente leur taux de survie et permet leur adaptation à la vie dans des communautés climatiques stables.

Stratégies r	Espèces qui ont tendance à consacrer la majorité de leurs ressources reproductives à l'entretien d'un grand nombre de descendants. Elles sont donc adaptées à la colonisation rapide de nouveaux habitats et à l'utilisation de ressources éphémères.
Succession	Ensemble des modifications successives survenues au cours du temps au sein d'une communauté. Les variations au sein d'une communauté d'organismes engendrent souvent des modifications de l'environnement physique, ce qui permet l'installation d'une autre communauté pouvant alors remplacer la première par un phénomène de compétition. Les communautés d'une telle série ou sère sont souvent, mais pas toujours, plus complexes que celles qui les ont précédées.
Système	Ensemble des éléments et des interactions que ces éléments entretiennent entre eux, constituant une entité ou un tout.
Système fermé (système clos)	Système échangeant de l'énergie, mais pas de matière, avec l'environnement extérieur.
Système isolé	Système n'échangeant ni matière ni énergie avec le milieu extérieur.
Système ouvert	Système pouvant échanger de la matière et de l'énergie avec le milieu extérieur. C'est le cas des écosystèmes naturels.
Taux brut de mortalité	Nombre de morts par an pour mille individus d'une population.
Taux brut de natalité	Nombre de naissances par an pour mille individus d'une population.
Taux d'accroissement naturel	Formule généralement utilisée pour exprimer les taux de croissance des populations humaines. $\frac{\text{taux brut de natalité} - \text{taux brut de mortalité}}{10}$
	L'immigration et l'émigration sont négligées.
Tectonique des plaques	Ensemble des mouvements des huit plaques principales et des nombreuses petites plaques rigides de la lithosphère entre elles et par rapport à l'asthénosphère, couche sous-jacente, partiellement mobile.
Temps de doublement	Nombre d'années pour que l'effectif d'une population double, calculé avec son taux d'accroissement actuel. Un taux d'accroissement naturel de 1 % peut permettre le doublement d'une population humaine en 70 ans. Le temps de doublement d'une population peut ensuite être calculé proportionnellement à l'exemple donné, à savoir : le temps de doublement d'une population humaine est égal au quotient de 70 par le taux d'accroissement naturel de la population.
Transition démographique	Modèle général décrivant l'évolution temporelle de la natalité et de la mortalité dans une population humaine. Ce modèle a été élaboré suite à la transition observée lors de l'industrialisation et de l'urbanisation des pays développés (par exemple, les pays d'Amérique du Nord, d'Europe et d'Australasie).
Zonation	Disposition de communautés végétales ou d'écosystèmes en bandes parallèles ou subparallèles, en fonction de la variation d'un facteur environnemental le long d'un axe. Les principaux biomes présentent une zonation selon la latitude et le climat. Les communautés végétales présentent aussi une zonation, selon l'altitude en montagne ou selon l'humidité du sol sur le bord d'un étang.