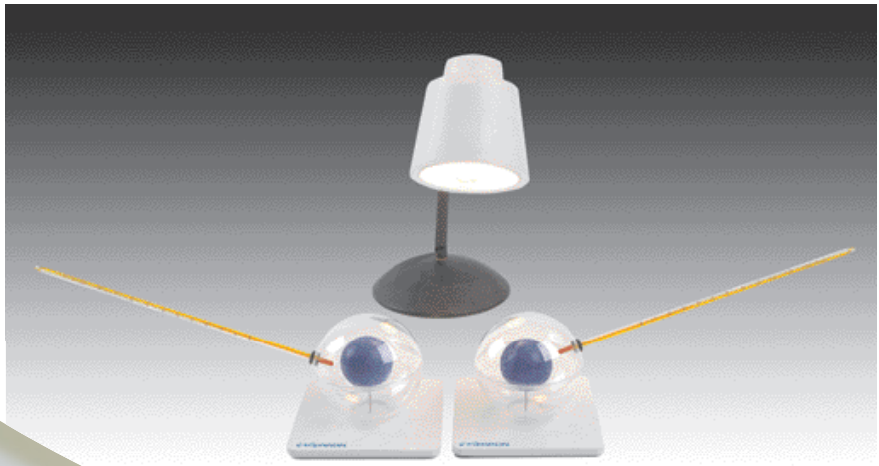
Modèle analogique effet de serre

15538

NOTICE



Retrouvez l'ensemble de nos gammes sur : www.pierron.fr

PIERRON
ÉQUIPEMENT PÉDAGOGIQUE SCIENTIFIQUE

PIERRON - ASCO & CELDA • CS 80609 • 57206 SARREGUEMINES Cedex • France
Tél. : 03 87 95 14 77 • **Fax :** 03 87 98 45 91
E-mail : education-france@pierron.fr

Présentation

1 - Introduction

L'effet de serre est un mécanisme naturel qui permet à la Terre de maintenir une température moyenne compatible avec la vie. Les activités humaines, en rejetant de grandes quantités de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, perturbent ce processus et sont à l'origine du changement climatique observé aujourd'hui.

2 - Contenu de l'emballage

- 2 supports avec tiges ;
- 2 boules de polystyrène bleues simulant la Terre ;
- 4 demi-sphères en plexiglas simulant l'atmosphère et percées pour la prise de température.

Rappels théoriques

Le mécanisme de l'effet de serre

Lorsque le rayonnement solaire atteint l'atmosphère terrestre, une partie (environ 30%) est directement réfléchie, c'est-à-dire renvoyée vers l'espace, par l'air, les nuages blancs et les surfaces claires de la Terre.

On pense évidemment aux régions blanches et glacées comme l'Arctique et l'Antarctique, mais il ne faut pas en surestimer le rôle : leur position aux pôles fait qu'elles reçoivent peu d'énergie solaire.

L'albédo qui correspond à la fraction de l'énergie solaire réfléchie vers l'espace est la mesure de cet effet miroir. Sa valeur est comprise entre 0 et 1. Plus une surface est réfléchissante, plus son albédo est élevé.

Les rayons incidents qui n'ont pas été réfléchis vers l'espace sont absorbés par l'atmosphère (20%) et la surface terrestre (50%). Cette dernière partie du rayonnement absorbée par la surface du sol lui apporte de la chaleur qu'elle restitue à son tour, de jour comme de nuit, en direction de l'atmosphère. Le transfert de chaleur entre la Terre et l'atmosphère se fait par convection (réchauffement et humidification de l'air au contact du sol puis ascension de cet air et libération de la chaleur latente de la vapeur d'eau lorsqu'elle se condense en nuages) et sous forme de rayonnements infrarouges lointains.

Ces rayonnements seront en partie absorbés par les gaz à effet de serre, ce qui contribue à réchauffer l'atmosphère.

Dans un troisième temps la chaleur contenue par l'atmosphère est réémise dans toutes les directions : une partie s'échappe vers l'espace, mais une autre partie retourne vers la Terre et vient en déduction de l'apport de chaleur de la surface vers l'atmosphère, s'opposant ainsi au refroidissement de la surface.
Sans effet de serre (ce qui implique notamment sans vapeur d'eau et sans nuages) et à albédo constant, la température moyenne sur Terre chuterait à -18°C.

Une analogie trompeuse

Le terme d'« effet de serre » est employé par analogie avec ce qui se passe dans les serres des horticulteurs. L'atmosphère piège les infrarouges thermiques rayonnés par le sol de la même façon qu'une plaque de verre piège le rayonnement infrarouge émis par le sol et les plantes, augmentant ainsi la température sous la serre. Mais cette analogie est trompeuse : dans une serre, le réchauffement s'explique essentiellement par un blocage des échanges convectifs entre l'intérieur et l'extérieur (l'air chaud ne peut pas sortir) et non par l'absorption des radiations infrarouges. L'expression « effet de serre » a néanmoins été conservée dans l'usage courant.

Les gaz à effet de serre (GES)

Les gaz à effet de serre sont des composants gazeux de l'atmosphère qui contribuent à l'effet de serre (sans perdre de vue cependant que l'atmosphère contient d'autres composants non gazeux qui participent eux aussi à l'effet de serre, comme les gouttes d'eau des nuages par exemple). Ces gaz ont pour caractéristique commune d'absorber une partie des infrarouges émis par la surface de la Terre, bloquant ainsi leur réémission vers l'espace. Les principaux gaz à effet de serre sont la **vapeur d'eau** (60% des GES), le **dioxyde de carbone** (26%), l'**ozone** (8%), le **méthane** et le **protoxyde d'azote** (6 %). Les gaz à effet de serre industriels incluent aussi des hydrocarbures halogénés (ou halocarbures) comme les chlorofluorocarbures (ou CFC), les hydrofluorocarbures (ou HFC) comme le HCFC-22 (un fréon), le tétrafluorométhane CF4 et l'hexafluorure de soufre SF6.

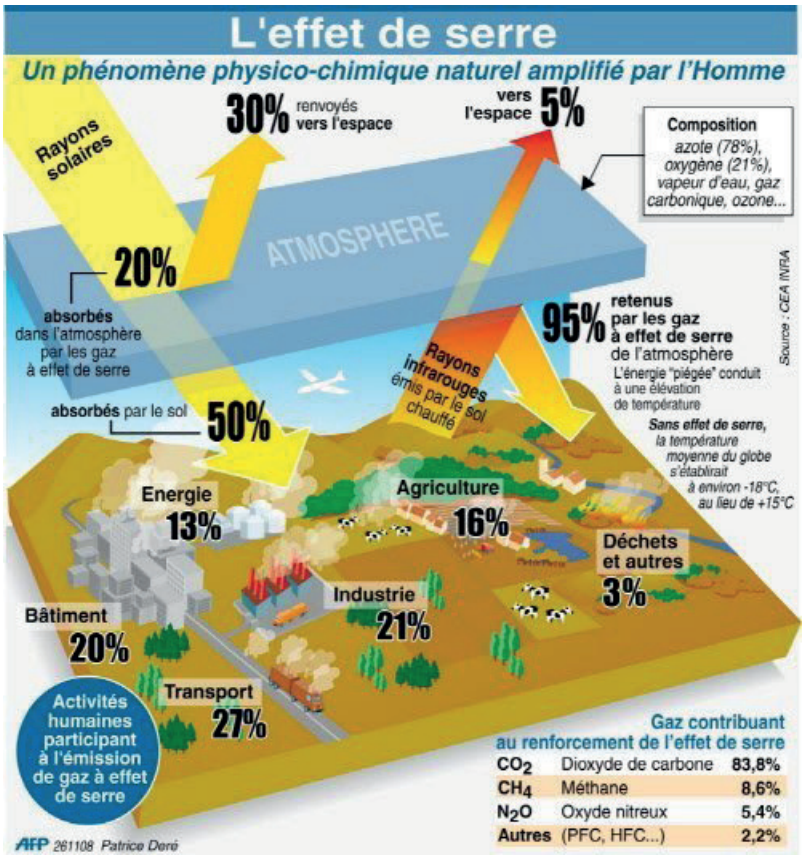
L'effet des nuages (= microgouttelettes d'eau liquide en suspension, « en équilibre » avec de la vapeur d'eau) est double. Le premier est négatif car les nuages diminuent l'énergie absorbée par effet « parasol » (augmentation de l'albédo), le deuxième est positif puisqu'il traduit un effet de serre. Globalement l'effet d'albédo l'emporte et l'effet résultant des nuages est de refroidir la planète.

La plupart des gaz à effet de serre sont d'origine naturelle. Certains d'entre eux cependant sont uniquement dus à l'activité humaine ou bien voient leur concentration dans l'atmosphère augmenter en raison de cette activité. C'est en particulier le cas de l'ozone (O_3), du dioxyde de carbone (CO_2) et du méthane (CH_4).
L'ozone est un gaz dont l'effet varie suivant la couche atmosphérique dans laquelle il se situe. Lorsqu'il est situé dans la couche atmosphérique la plus basse, il joue le rôle de gaz à effet de serre. A ce niveau, il est nocif pour l'organisme. C'est de cet ozone-là dont il est question lorsqu'on parle des pics de pollution à l'ozone. Lorsque l'ozone est situé dans une couche atmosphérique supérieure, c'est un constituant essentiel qui filtre les rayons ultraviolets du soleil. C'est la fameuse « couche d'ozone », menacée au niveau des pôles en cas d'usage excessif d'aérosols.

Le CO_2 est produit par la combustion des énergies fossiles telles que le charbon, le gaz naturel et le pétrole, ainsi que par celle de toutes les matières organiques en général. Des quantités significatives de CO_2 sont par ailleurs rejetées par les volcans et autres phénomènes géothermiques tels que les geysers.

Le dioxyde de carbone est actuellement présent dans l'atmosphère terrestre à une concentration de 0,04% en volume, soit 400 ppmv (parties par million en volume). En 2009, cette concentration était de 386 ppmv, contre seulement 283,4 ppmv en 1839, soit une augmentation globale de 36,2% en 170 ans.
Cette augmentation serait en partie responsable du réchauffement climatique constaté à l'échelle de notre planète depuis les dernières décennies. L'acidification des océans résultant de la dissolution du dioxyde de carbone atmosphérique pourrait en outre compromettre, avant la fin du XXIe siècle, la survie de nombreux organismes marins, notamment tous ceux à exosquelette calcifié tels que les coraux et les coquillages.

Le méthane est à 60% émis par l'élevage intensif des bovins, par certaines cultures (comme celle du riz), lors de l'extraction du charbon, du gaz et du pétrole ainsi que dans les milieux humides, compacts et mal drainés (boues d'eaux usées, sites d'enfouissement des déchets…). 40% des émissions de méthane sont imputables à des processus naturels tels ceux liés aux terres humides (marécages, tourbières…). Le méthane possède un pouvoir de réchauffement environ 20 fois plus élevé par unité de poids que celui du CO_2. Bien que sa concentration dans l'atmosphère soit très inférieure à celle du CO_2, il contribue à environ 19% de l'effet de serre global.

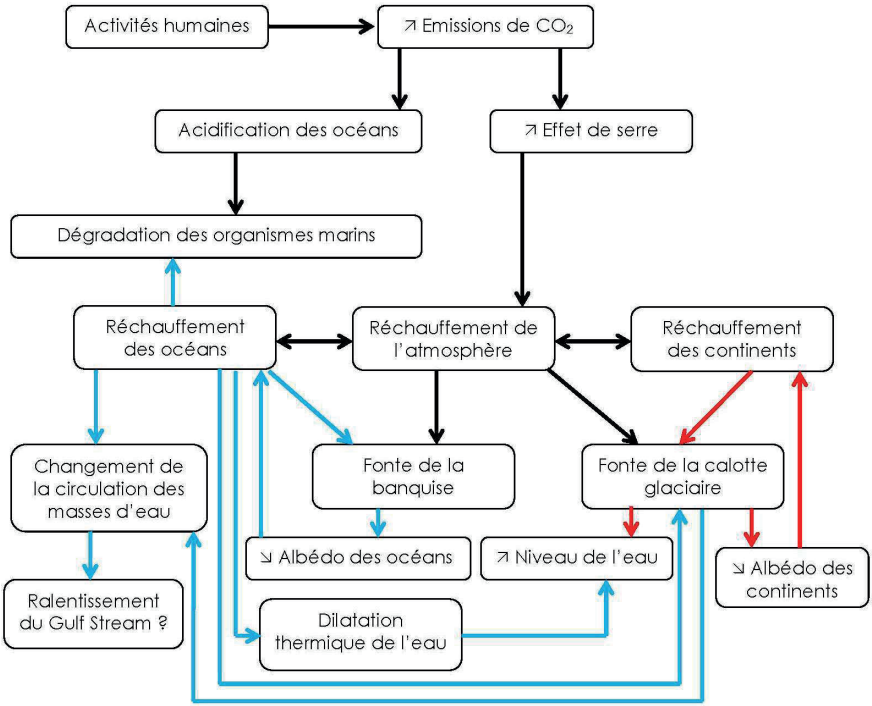


Conséquences pour l'environnement

L'effet de serre en soi n'est pas nocif pour les écosystèmes ; sans lui, la Terre ne serait qu'une boule de glace où la vie serait impossible, car il n'y aurait pas d'eau liquide. Le danger pour les écosystèmes réside plutôt dans la variation trop rapide et trop importante des conditions climatiques pour que la plupart des espèces dites « évoluées » puissent s'adapter. Des écosystèmes marins et littoraux pourraient également être touchés par une hausse du niveau de la mer et par des modifications des courants marins et des conditions physico-chimiques de l'eau de mer (acidité, taux de gaz dissous…).

Les populations humaines seraient évidemment elles aussi lourdement impactées par le réchauffement climatique :

- Augmentation du nombre de périodes de forte chaleur ;
- Réduction des réserves d'eau douce ;
- Augmentation de la fréquence et de l'intensité des événements extrêmes (inondations, tempêtes…) ;
- Développement de maladies tropicales en Europe et en Amérique du Nord dû à la hausse des températures et de l'humidité, favorables aux moustiques.



Le module pédagogique poursuivra les objectifs suivants :

Connaissance

L'effet de serre est un mécanisme naturel qui permet à la Terre de maintenir une température moyenne compatible avec la vie. Les activités humaines, en rejetant de grandes quantités de gaz à effet de serre dans l'atmosphère, perturbent ce processus et sont à l'origine du changement climatique observé aujourd'hui.

Compétences
Être capable :
- De pratiquer une démarche expérimentale ;
- De relier des connaissances acquises en sciences et technologie à des questions de santé, de sécurité et d'environnement.

Progression pédagogique

1 - Résumé du module pédagogique

Avant d'orienter les élèves vers les activités expérimentales proprement dites, on recueille leurs représentations initiales au sujet du changement climatique. A l'issue de ce « remue méninges », une carte mentale est élaborée collectivement, permettant à chacun d'avoir une vision d'ensemble des causes et des conséquences du changement climatique à l'échelle de la planète.

2 - Séquence 1 : causes et conséquences du changement climatique

Matériel (pour la classe)

- Un extrait vidéo de sensibilisation au changement climatique ou un diaporama rassemblant des images en lien avec les causes et les conséquences du changement climatique (déforestation, pollution, agriculture intensive… / fonte des glaces, inondations, désertification, disparition des coraux…)
  https://www.youtube.com/watch?v=xeMYa1fu0ul

- Une vidéo présentant de façon simplifiée le mécanisme de l'effet de serre
  https://www.youtube.com/watch?v=T4LVXCCmIKA
  (« Comprendre le réchauffement climatique en 4 minutes »)

- Un ou plusieurs schémas montrant le mécanisme de l'effet de serre, à projeter sur grand écran

Des documents supplémentaires au format papier (ex. articles de journaux locaux relatifs au changement climatique) ou des pages internet pourront constituer des compléments d'information, susceptibles d'être réemployés plus loin dans la progression.

Déroulement

Il s'agit dans un premier temps de recueillir les représentations initiales des élèves au sujet du changement climatique. L'enseignant sélectionne une situation de départ susceptible d'éveiller leur curiosité et de susciter le questionnement. Différents supports sont envisageables (cf. « Matériel »). Il invite les élèves à s'exprimer à tour de rôle sur les images de la séquence vidéo ou sur celles du diaporama.
« Comment se manifeste le changement climatique que connaît actuellement la Terre ? » [extrait vidéo 0' à 1'26"]
« À quoi est-il dû ? » [extrait vidéo 1'26" à 3'35"]

Selon les cas, les élèves évoqueront d'abord la pollution, la déforestation, etc (sans pour autant faire le lien avec l'augmentation du rejet des GES) ou parleront directement de l'effet de serre (sans pour autant en comprendre clairement le mécanisme).

Si les élèves n'évoquent pas spontanément l'effet de serre, l'enseignant introduira lui-même cette notion : « Si je vous dit effet de serre, à quoi pensez-vous ? »

Au fur et à mesure des interventions, l'enseignant complète au tableau une carte mentale en notant sous forme de symboles et/ou de mots-clés les propositions des élèves concernant les conséquences et les causes du changement climatique ; chaque élève fait de même dans son cahier/classeur de sciences.
En s'appuyant au besoin sur une courte séquence vidéo, l'enseignant apporte les connaissances manquantes pour établir un lien entre les branches « causes » et « conséquences » de la carte mentale (noms des GES, évolution de la concentration en CO2 et de la température terrestre depuis la révolution industrielle, schéma simplifié de l'effet de serre, etc).

La représentation simplifiée de l'effet de serre pourra être réalisée à partir du visionnage de la vidéo, d'abord individuellement (« Schématisez ce que vous avez compris ») puis collectivement. Différentes questions pourront être posées afin de s'assurer que les élèves ont bien compris le mécanisme de l'effet de serre :
« Que se passerait-t-il sur Terre si il n'y avait pas d'effet de serre ? » [faire l'analogie avec les fleurs que l'horticulteur met sous serre pour les protéger du gel…]
« Lorsque nous considérons la planète Terre comme une gigantesque serre, quelle partie joue le rôle de la vitre ? » [l'atmosphère]
« À quelle période la température terrestre a-t-elle fortement augmentée ? Pourquoi ? » [1800/1900 = début de la révolution industrielle : apparition des machines à vapeur puis du moteur à explosion et de toute l'industrie basée sur le pétrole…]

« Pourquoi les activités humaines émettent-elles de plus en plus de GES ? » [utilisation des énergies fossiles + population]

Bien expliquer aux élèves que l'analogie serre / effet de serre a ses limites. En effet la serre est un milieu clos entouré de parois alors que dans l'atmosphère il n'y a pas de boîte pour retenir les gaz, y compris les GES : c'est la gravité qui s'en charge. La serre n'est donc qu'un modèle imparfait de ce qui se passe à l'échelle de la planète.

L'enseignant conclut la séance en guidant la classe vers la rédaction dans le cahier / classeur de sciences d'une trace écrite collective.

L'effet de serre est un phénomène naturel qui permet à la Terre de conserver une température moyenne clémente (15 degrés). En rejetant des gaz à effet de serre* dans l'atmosphère, les activités humaines perturbent ce mécanisme et sont à l'origine du changement climatique observé aujourd'hui.
* CO_2, CH_4, N_2O

Mots-clés : effet de serre, GES, atmosphère, dioxyde de carbone

Il se peut que certains élèves confondent l'effet de serre et le problème de la couche d'ozone. Explorer la différence entre les deux phénomènes dans une démarche d'investigation prendrait beaucoup de temps. Il est préférable que l'enseignant explique lui-même cette différence (cf. « Rappels théoriques ») ou qu'il oriente les élèves vers une recherche documentaire.

3 - Séquence 2 : CO_2 et effet de serre

Certains gaz atmosphériques peuvent absorber le rayonnement infrarouge émis par la surface terrestre. Ils en retiennent une partie et renvoient de l'énergie vers la surface terrestre, réchauffant ainsi la planète. Ce mécanisme a été comparé aux vitres d'une serre qui « piègent » la chaleur résultant du rayonnement du sol (se reporter aux rappels théoriques pour plus de détails).
On se propose dans cette séquence d'utiliser un modèle analogique pour mettre en évidence le rôle du CO_2 dans l'effet de serre.

Matériel (pour la classe)

- Des pailles

Matériel (par groupe)

- 4 demi-sphères en plexiglas transparent
- 2 boules bleues « Terre »
- 2 supports
- 1 source lumineuse halogène (40 W minimum)
- 2 thermomètres digitaux à liquide
- 1 chronomètre
- 1 marqueur effaçable à sec

Cette séquence suppose que les élèves maîtrisent l'utilisation des thermomètres. Les relevés étant effectués simultanément sur une sphère témoin et sur une sphère test, il est conseillé d'utiliser des thermomètres identiques pour faciliter l'étalonnage. Pour des raisons de sensibilité et d'inertie thermique on choisira de préférence des thermomètres digitaux avec sonde de préférence à des thermomètres à liquide.

Déroulement

- Question initiale : « Comment montrer que le dioxyde de carbone joue un rôle dans le réchauffement climatique ? »

Selon le degré d'autonomie de ses élèves, l'enseignant pourra décider de les laisser établir eux-mêmes le protocole expérimental à partir du matériel mis à leur disposition.

- Principe de l'expérience

On compare l'augmentation de température dans une sphère témoin et dans une sphère test remplie de CO_2 lorsqu'elles sont chauffées par une lampe.

- Expérimentation

- Positionner les boules « Terre » sur leurs supports respectifs ; clipper les demi-sphères transparentes autour de chaque montage.

On signalera aux élèves que le modèle analogique utilisé n'est qu'un modèle imparfait de l'effet de serre : dans l'atmosphère il n'y a pas de parois en plastique pour retenir les gaz, y compris les GES (c'est la gravité qui s'en charge).

- Placer les deux montages à équidistance d'une source lumineuse (à environ 20 cm pour une lampe de 40 W).
- Identifier la sphère test au marqueur (« + CO_2 ») puis injecter du CO_2 en positionnant la paille dans l'orifice prévu à cet effet et en soufflant
- Immédiatement après, introduire les thermomètres dans chacune des deux sphères en les enfonçant à mi-chemin entre la paroi de la sphère et la boule centrale.
- Avant de commencer l'expérience, noter la température : ce sera le temps 0 de l'expérience. À la fin de l'expérience, on mesurera une amplitude de température, il n'est donc pas nécessaire que les 2 thermomètres indiquent la même température, au début de l'expérience.
- Allumer la lampe et relever les températures toutes les minutes pendant 10-15 minutes.
- Reporter les résultats obtenus dans un tableau.

Avant de commencer à prendre les mesures on pourra proposer aux élèves de réfléchir au mode de présentation des résultats obtenus (tableau).

- À à la fin de l'expérience, éteindre la lampe.

- <u>Résultats attendus et compte-rendu</u> :

On constate que les températures sont plus élevées dans la sphère dont « l'atmosphère » est enrichie en CO_2 (selon la puissance de la lampe, l'écart de température entre les deux sphères au bout de 10-15 minutes est d'environ 2 à 3 °C).
On pourra demander aux élèves de :
- Réaliser deux schémas annotés du dispositif expérimental : un à l'état initial (températures identiques), l'autre à l'état final (températures différentes) ;
- Tracer les courbes montrant pour chaque sphère l'évolution de la température en fonction du temps ;
- Faire un résumé de leurs observations et conclure sur la capacité du CO_2 à réchauffer l'atmosphère.

L'enseignant conclut la séance en guidant la classe vers la rédaction dans le cahier/classeur de sciences d'une trace écrite collective.

Plus l'atmosphère contient de CO_2, plus elle se réchauffe. Le dioxyde de carbone est donc bien un gaz à effet de serre.
Mots-clés : GES, dioxyde de carbone

Prolongements envisageables

Effectuer un diagnostic des solutions à mettre en oeuvre pour limiter la production de GES à plus grande échelle (au niveau de l'établissement ou d'un quartier).

Pistes d'évaluation

· Utiliser un modèle analogique (pratiquer des démarches scientifiques)
· Utiliser différents modes de représentation formalisés : schéma, tableau, graphique, texte… (pratiquer des langages)
· Proposer des solutions pour réduire ses émissions de GES (pratiquer des langages)
· Construire une carte mentale (pratiquer des langages)
· Choisir et s'engager à appliquer des gestes éco-citoyens (adopter un comportement éthique et responsable)

Garantie

Les matériels livrés par PIERRON sont garantis, à compter de leur livraison, contre tous défauts ou vices cachés du matériel vendu. Cette garantie est valable pour une durée de 2 ans après livraison et se limite à la réparation ou au remplacement du matériel défectueux. La garantie ne pourra être accordée en cas d'avarie résultant d'une utilisation incorrecte du matériel.
Sont exclus de cette garantie : la verrerie de laboratoire, les lampes, fusibles, tubes à vide, produits, pièces d'usure, matériel informatique et multimédia.
Certains matériels peuvent avoir une garantie inférieure à 2 ans, dans ce cas, la garantie spécifique est indiquée sur le catalogue ou document publicitaire.
Le retour de matériel sous garantie doit avoir notre accord écrit.
Vices apparents : nous ne pourrons admettre de réclamation qui ne nous serait pas parvenue dans un délai de quinze jours après livraison au maximum. A l'export, ce délai est porté à un mois.
La garantie ne s'appliquera pas lorsqu'une réparation ou intervention par une personne extérieure à notre Société aura été constatée.

PIERRON
ÉQUIPEMENT PÉDAGOGIQUE SCIENTIFIQUE

PIERRON - ASCO & CELDA
CS 80609 • 57206 SARREGUEMINES Cedex • France
Tél. : 03 87 95 14 77
Fax : 03 87 98 45 91
E-mail : education-france@pierron.fr