

Albédo Défi scientifique

Physique, SVT / Changement climatique Collège / Lycée



Mise en garde: Nous insistons sur le fait que cette ressource pédagogique est proposée dans le but d'être relue et testée dans un contexte de classe. Ce n'est pas la version définitive qui apparaîtra sur le site de la Fondation *La main à la pâte*. Suite à votre test, merci de nous faire part de vos remarques en nous retournant la fiche d'observation* complétée. Nous vous demandons également de ne pas diffuser ce document pour un autre usage que le test lui-même.

disponible en téléchargement dans l'espace « Participez / Testez nos nouvelles ressources ! » du site*

Durée d'un défi	55 minutes	
Matériel	 Téléphone ou tablette (sous Android) avec l'application FizziQ, Lampe puissante (60W – type lampe de bureau), Thermomètres, Matériaux de couleurs différentes : pâte à modeler, sable – sucre - sel colorés en blanc et noir, aluminium gris et noir 	
Phénomènes ou notions approchés	Albédo, absorption d'énergie et température, effet de serre et changement climatique	
Lexique	Albédo, luminance	

Défis lancés aux élèves

« Pourquoi fait-il plus chaud dans une voiture noire qu'une voiture blanche exposée en plein soleil l'été ? »

Ce défi peut être l'introduction à la notion d'albédo et notamment à l'impact de la couleur d'un matériau sur sa température lorsqu'il est exposé à une source lumineuse rayonnante.

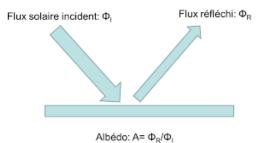
« Comment montrer l'impact de la diminution de l'albédo sur le changement climatique ? »

Ce défi permet de réinvestir la notion d'albédo si elle a été abordée en amont avec les élèves et de faire le lien avec les notions de changement climatique et d'impact des activités humaines sur celui-ci.

Eclairage scientifique

L'albédo est une grandeur utilisée en astronomie ou climatologie sans dimension caractéristique du pouvoir réfléchissant d'un matériau. En dehors de ces domaines on parlera davantage de réflectance.

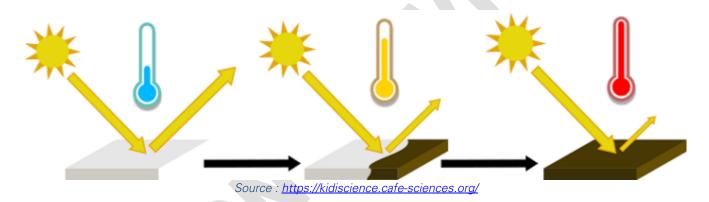
L'albédo correspond au rapport du flux énergétique lumineux réfléchi au flux énergétique lumineux incident et est donc une grandeur sans dimension comprise entre 1 et 0.



Plus la valeur se rapproche de 1, plus le matériau réfléchi les rayonnements incidents (miroir, neige, glace...). Plus la valeur se rapproche de 0 (corps noir idéal, surface de la mer, terre noire...), plus le matériau absorbe ce rayonnement.

Lorsqu'un matériau absorbe un rayonnement lumineux, plutôt que de le réfléchir, il absorbe de l'énergie. Cette énergie incidente absorbée va se convertir en chaleur au sein du matériau : dès lors, on observe une élévation de la température.

Selon la couleur des matériaux, la réflectance ou albédo ne sont pas les mêmes : une couleur sombre absorbe davantage d'énergie qu'une couleur claire. Ainsi, la température d'un objet sombre (noir, marron) sera plus élevée que celle d'un objet de même composition clair (blanc) s'ils sont exposés à la même source de lumière dans les mêmes conditions (distance, inclinaison, orientation...).



Réalisation des défis

Avant de répondre aux défis

Vous pouvez laisser une dizaine de minutes aux élèves pour qu'ils explorent l'application (individuellement ou en groupe selon le nombre de téléphones ou tablettes à disposition), à l'aide de la fiche en annexe si les élèves ne sont pas déjà familiers avec l'utilisation de l'application.

Le défi sélectionné dépend de la maîtrise des notions liées à l'albédo et à l'énergie des élèves. Un groupe en pleine exploration de ces notions sera invité à réaliser le premier défi « Pourquoi fait-il plus chaud dans une voiture noire qu'une voiture blanche l'été ? ». Une fois réalisé, ce défi pourrait être l'introduction au lien qu'il existe entre albédo et changement climatique, notamment à travers une étude des évolutions de la surface du globe et de l'impact que ceci peut avoir sur l'albédo terrestre moyen.

Le second défi « Comment montrer l'impact de la diminution de l'albédo sur le changement climatique ? » nécessite une maitrise en amont des notions de changement climatique mais aussi de la mécanique

reliant température moyenne terrestre et albédo. Ces notions auront pu être abordées en amont, le défi tiendra alors place de vérification expérimentale ou d'approfondissement de cette étude.

Les objectifs des programmes impliquent que les élèves sachent répondre à ce type de question « à la main », en faisant eux-mêmes les mesures et en assimilant le lien qu'il existe entre albédo et température. Cette activité peut être l'occasion d'amener l'élève à se questionner sur la mise en place d'un protocole et notamment sur la comparaison de plusieurs mesures. Ici on amènera l'élève à réfléchir sur la nécessité de ne faire varier qu'un seul paramètre à la fois : soit « couleur » soit « matériau » de l'objet, distance et inclinaison de l'objet par rapport à la source lumineuse.

L'application FizziQ permet ici de mesurer l'albédo ou réflectance par l'intermédiaire de la mesure de la luminance ponctuelle et donc le flux lumineux réfléchi par les objets qui sont dans son champ sans tenir compte de la surface de l'objet, il est donc simplement nécessaire de pointer l'objet à l'aide de la caméra de l'appareil utilisé pour réaliser une mesure. Il faudra calibrer l'appareil de mesure (voir description du protocole) en début de manipulation sur la source de lumière utilisée afin de prendre pour référence 100% la lumière incidente reçue par l'objet étudié et ainsi pouvoir ensuite mesurer le flux lumineux réfléchi par le matériau par rapport au flux lumineux reçu.

Points de vigilance :

- Attention, les téléphones et tablettes de la marque Apple (sous iOS) ne permettent pas la mesure de la luminance ponctuelle (recommandée, ici), seulement de la luminance moyenne.
- Attention à utiliser une source lumineuse suffisamment puissante pour que celle-ci rayonne suffisamment et réchauffe donc les objets étudiés. Une préférence est portée vers les lampes halogènes. Eviter les LED.
- Porter une attention particulière sur la disposition des objets dont on mesure la température et la luminance ponctuelle : distance et inclinaison sont des facteurs qui influencent directement les mesures réalisées.
- Calibrer le luxmètre lors de la mesure de la luminance ponctuelle en prenant pour référence de 100% la lumière émise directement par l'ampoule. Ainsi on pourra établir une valeur approchée de l'albédo en considérant que 100% du flux incident est issu de la lampe. En pointant ensuite le capteur vers l'objet dont on désire mesurer l'albédo on aura une estimation du flux lumineux réfléchi.
- Il faudra limiter les perturbations lumineuses externes à la manipulation étant donné que l'on calibre notre appareil de mesure par rapport à la source lumineuse. Il est donc nécessaire de ne pas ajouter de lumières incidentes parasites à notre mesure.

Exemples de mesures

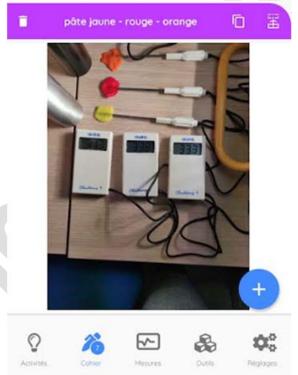
Les exemples de mesures présentés ci-dessous correspondent aux mesures réalisables pour les 2 défis proposés. C'est l'analyse qui en découle qui différera selon les connaissances initiales des élèves :

- Le premier défi permet de découvrir le lien qu'il existe entre l'albédo et température ;
- Le second défi permet d'approfondir cette notion et de l'étendre au réchauffement climatique.

On a choisi ici de ne faire varier que la couleur des matériaux pour mettre en évidence le lien direct qu'il existe entre la variation de l'albédo et celle de la température. D'autres activités peuvent être réalisées notamment en étudiant l'impact du matériau d'une surface sur la température de l'objet ou le lien entre distance de l'objet et température (température des astres dans le système solaire).

Quelques exemples de mesures liant albédo et température ont été réalisées sur de la pâte à modeler : jaune, rouge et orange, ainsi que des bouteilles en aluminium grise et noire remplies d'eau.





Photos du dispositif expérimental (en haut) et capture d'écran du cahier d'expérience (en bas)

Les mesures peuvent être réalisées sur différents matériaux mais il sera nécessaire de veiller à installer le thermomètre de la même manière au cours des différents tests réalisés. Cette expérience est envisageable avec des matériaux très divers qu'il est simple de se procurer : sel ou sucre blanc et sel coloré (encre), pâte à modeler, farine, aluminium gris ou peint en noir...

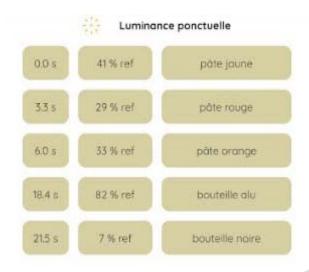


Exemples de captures d'écran du cahier d'expérience dans lequel ont été ajoutées des photos des thermomètres (en haut) mesurant la température des bouteilles en alu et noire, au début de l'expérience (à gauche) et après 10min (à droite). La température passe de 25,7°C à 26,7°C pour la bouteille en alu et de 28,3°C à 30,6°C pour la bouteille noire. Des tableaux rassemblant les mesures de température pour tous les matériaux sont également créés et complétés dans le cahier d'expérience (en bas).

Vous trouverez en annexe un « guide » qui permet de suivre les grandes étapes de réalisation de la mesure de l'albédo avec FizziQ et qui peut être distribué aux élèves, si besoin.

Lors du calibrage de l'appareil, la référence 100% a été sélectionnée en pointant le capteur directement sur la source lumineuse : ainsi l'appareil de mesure considère que la lumière émise par la lampe correspond au flux d'énergie incident sur l'objet, soit 100%.

Ensuite, les différentes mesures de luminance ont été réalisées en pointant à la même distance et avec la même inclinaison, le capteur sur l'objet. L'appareil de mesure a alors permis de mesurer le flux d'énergie réfléchi par l'objet et réalise donc le rapport en pourcentage du flux d'énergie réfléchi sur le flux d'énergie incident.

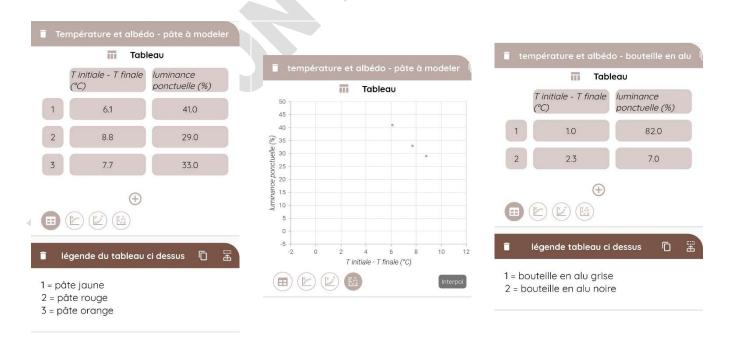


Mesures de la luminance ponctuelle pour les différents matériaux testés. Ce tableau est inclu dans le cahier d'expérience de FizziQ.

Note pédagogique :

 Les mesures réalisées au cours de ces défis ne déterminent pas avec précision l'albédo ou réflectance des différents objets mais permettent de démontrer le lien avec la température de l'objet. Il sera donc difficile d'obtenir les valeurs des références que l'ont pu trouver pour différents matériaux mais il sera aisé d'obtenir des différences relatives.

En comparant les mesures de la luminance ponctuelle (qui donne une indication de l'albédo des matériaux) et le gain de température des matériaux (T_{initiale} – T_{finale}), les élèves constatent facilement que les objets dont l'albédo est le plus faible (pâte à modeler rouge et bouteille en aluminium noir), sont ceux dont la température est la plus élevée après quelques minutes sous la lampe. Ils en concluent que moins l'objet réfléchie la lumière, plus il absorbe d'énergie et donc plus il se réchauffe.



Un tableau à deux entrées est créé dans le cahier d'expérience de FizziQ, pour la pâte à modeler (à gauche) et pour les bouteilles en alu (à droite) : une colonne correspond à la différence de températures mesurée, l'autre à la mesure de luminance ponctuelle (« l'albédo ») pour les différents matériaux.

Ce tableau peut aussi être affiché sous forme de graphique (au centre).

Note pédagogique :

La nature des matériaux et des objets utilisés a aussi une influence sur le gain de température.
 Avant la phase d'expérimentation, l'enseignant pourra discuter avec les élèves du choix des paramètres à tester lorsqu'on établit un protocole afin qu'ils prennent conscience de la nécessité de n'en isoler qu'un seul (ici, la couleur par exemple). C'est pourquoi ci-dessus, nous avons choisi de présenter les résultats pour les différentes pâtes à modeler et les bouteilles dans deux tableaux distincts.

Quelques idées pour la transposition vers la classe

 « Pourquoi fait-il plus chaud dans une voiture noire qu'une voiture blanche exposée en plein soleil l'été? »

Ce défi permet d'introduire la notion d'albédo et notamment à l'impact de la couleur d'un matériau sur sa température lorsqu'il est exposé à une source lumineuse rayonnante à travers un exemple du quotidien facilement transposable et compréhensible pour les élèves.

D'autres cas similaires peuvent être étudiés : vêtements clairs et sombres, bâtiments méditerranéen (maisons blanches grecques), peinture blanche sur les routes de Los Angeles...





Ce défi permet par l'intermédiaire de cette question d'amorcer l'étude de nombreuses notions de sciences (albédo, énergie, température) ainsi que sur la pratique des sciences (paramètres de mesure, démarche d'investigation...). Il est donc possible de lui donner de nombreuses formes en laissant un degré de liberté plus ou moins grand aux élèves. Il est par ailleurs l'occasion de différencier les pratiques en accompagnant les élèves selon leurs besoins et en proposant différentes ressources supplémentaires.

• « Comment montrer l'impact de la diminution de l'albédo sur le changement climatique ? »

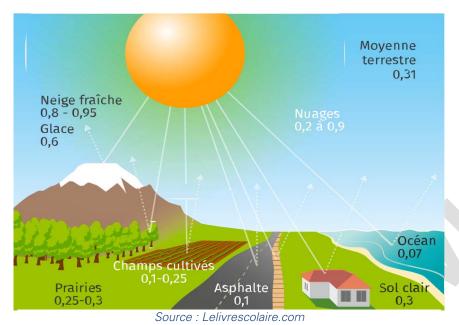
Ce défi, plus complexe, permet le lien avec le changement climatique en portant un regard sur l'évolution de certains territoires au niveau de la surface du globe.

L'exemple classique est celui de la fonte des glaciers et neiges qui entraîne une diminution de l'albédo et donc une augmentation de la température moyenne terrestre. Mais d'autres exemples moins répandus peuvent être abordés :

- La déforestation massive qui, en plus des autres aspects nocifs que nous connaissons, entraîne une diminution de l'albédo lorsque le sol est davantage foncé que la canopée ;
- Le dépôt de suies sombres au niveau des glaciers et neiges de l'Antarctique ;

- Etude de la période de Würm, période glaciaire du Pléistocène dans les Alpes, où une augmentation de l'albédo moyen avait entraîné une chute des températures moyennes terrestres de 5,5°C;
- Etude de la théorie de la Terre « boule de neige » (en anglais, snowball Earth) ...

Il sera certainement nécessaire de fournir aux élèves un tableau recensant les différents albédos des différents matériaux que l'on retrouve à la surface du globe.



Type de surface	Albédo (0 à 1)
Surface de lac	0,02 à 0,04
Forêt de conifères	0,05 à 0,15
Surface de la mer	0,05 à 0,15
Sol sombre	0,05 à 0,15
Cultures	0,15 à 0,25
Sable léger et sec	0,25 à 0,45
Calcaire ¹	environ 0,40
Glace	environ 0,60
Neige tassée	0,40 à 0,70
Neige fraîche	0,75 à 0,90
Miroir parfait	1

luelles mesures ou quelles idées pourraient amener à contrer ce phénomène de diminution d'albédo moyen terrestre.

Un jeu de rôle pourrait alors prendre en place en leur demandant d'inventer une entreprise au sein de laquelle ils doivent commercialiser une méthode pour lutter contre la diminution de l'albédo : toiture claire, bâtiments et infrastructures claires, « couvertures » à neige... Ce jeu de rôle serait alors l'occasion de réinvestir cette notion en demandant aux élèves de défendre leur projet en démontrant son efficacité, mesure à l'appui. Il s'agira alors de transposer et adapter les mesures réalisées dans cette ressource vers un protocole réalisé par les élèves eux-mêmes, tout en conservant une échelle bien évidemment locale lors des mesures.

Conclusion

Au cours de la séance, l'enseignant rappellera aux élèves qu'ils doivent documenter leur démarche expérimentale en consignant leur hypothèse, leur protocole et leurs observations dans le cahier d'expériences. Ils devront y insérer des photos du dispositif expérimental qu'ils mettent en place, des commentaires et une conclusion. A l'issue du cours, les élèves pourront éventuellement partager ce document avec l'enseignant, sous la forme d'un PDF.

Quel que soit le défi ou la forme choisie, l'enseignant veillera en fin de séance à la mise en commun des résultats de chaque groupe d'élèves et à faire une synthèse des notions abordées (cf ci-dessous).

Message à emporter

L'albédo est la propriété d'un matériau à réfléchir la lumière incidente et correspond donc au rapport du flux d'énergie réfléchie par le flux d'énergie reçue. L'albédo d'un matériau se trouve donc entre 1 et 0, 1 correspondant à un matériau dont la totalité de l'énergie reçue est renvoyée et 0 étant un matériau absorbant la totalité de l'énergie.

Plus un corps absorbe de l'énergie, plus sa température est élevée. Dès lors, si un matériau dont l'albédo est faible est éclairé par une source lumineuse, celui-ci verra sa température augmentée.

C'est ce phénomène qui est en partie responsable de l'amplification du changement climatique. En effet, la fonte des glaciers, neiges et glaces diminue l'albédo terrestre moyen et participe donc à l'augmentation de la température terrestre moyenne.

Prolongements possibles

- Défi « C'est jaune, c'est moche... » disponible sur le site https://www.fizziq.org/s
- Etude du phénomène des saisons sur Terre avec mesure de la luminance selon l'inclinaison face à la source lumineuse

Programme

Sciences de la vie et de la Terre et Physique Chimie :

- Changement climatique et évolution de la température terrestre moyenne : diminution de l'albédo terrestre.
- Etude du bilan radiatif terrestre.
- Interaction rayonnement matière.

Aides

Ces aides sont à destination des enseignants ou des élèves. Vous pouvez envisager différentes manières de vous en servir :

- Les « lire » aux élèves (en les reformulant éventuellement) au fur et à mesure de leur expérimentation.
- Les imprimer, les découper et les distribuer selon le besoin (par groupe par exemple).

Lien avec les sciences

Précisions des mesures en sciences

Le résultat d'une mesure est forcément un peu différent de la vraie valeur car une mesure n'est jamais parfaite. Elle dépend non seulement de la personne qui a fait les mesures mais surtout de l'appareil de mesure lui-même (vous pouvez le constater en comparant les mesures prises avec différents appareils). Répétée, la même mesure donne des valeurs proches mais différentes.

Pour s'approcher de la vraie valeur, on calcule souvent la valeur moyenne.

• Mathématiques : Représenter les histogrammes des mesures prises par les élèves.

Analyse des paramètres des mesures en sciences

Lors de la réalisation d'une démarche d'investigation il est nécessaire de limiter les variables mesurées simultanément. Il est toujours préférable de faire varier une caractéristique ou un paramètre de la mesure pour analyser son impact sur les résultats de l'expérience puis de confronter ces résultats pour affiner les mesures et obtenir une analyse plus fine d'un phénomène. Faire varier plusieurs paramètres simultanément peut amener à une analyse erronée du phénomène étudié.

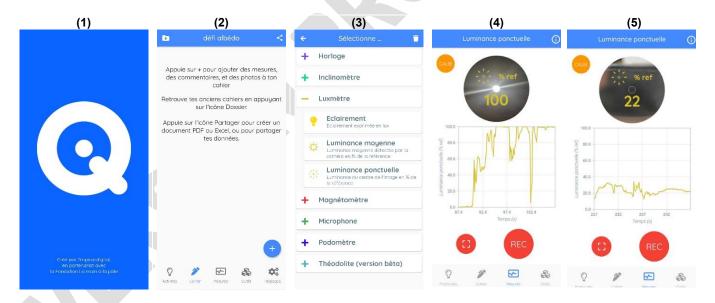
• Sciences expérimentales : Mettre en place un protocole expérimental.

Liens vers quelques sites utiles et notices

- https://fondation-lamap.org/preparez-votre-classe/themes-pedagogiques-seconddegre/application-fizziq: vous retrouverez ici les différents documents pédagogiques proposés en lien avec l'utilisation de l'application FizziQ, notamment des défis pour les élèves que vous pouvez adapter en fonction de vos objectifs et de vos classes.
- https://www.fizziq.org/: vous y retrouverez notamment des protocoles dont vous pouvez vous inspirer pour créer vos propres protocoles.

Guidage pour les élèves (selon besoin)

Ce guidage « pas à pas » pourra être distribué aux élèves pour gagner du temps s'ils sont bloqués, s'ils ne sont pas à l'aise avec l'application et pour les aider à tirer des conclusions et répondre au défi.



- Ouvrir FizziQ (1).
- Créer un cahier et le renommer (2) puis dans « Mesures », choisir « Luxmètre » (3) puis « Luminance ponctuelle ».
- Calibrer alors l'appareil en cliquant sur « CALIB » lorsque vous pointez la caméra vers la source lumineuse (4).
- Diriger ensuite le capteur vers les objets dont vous désirez déterminer l'albédo (5): en mesurant la luminance ponctuelle de l'objet par rapport à la luminance ponctuelle de la source, vous obtenez une valeur proche de celle de l'albédo de l'objet.

Auteurs

Antoine HUPELIER, Pauline BACLE

Remerciements

Aline CHAILLOU

Cette ressource a été produite avec le soutien de CGI et de la Fondation Sciences Éducation Solidarité





En partenariat avec Trapèze.digital



Date de publication

[En cours d'écriture]

Licence

Ce document a été publié par la Fondation *La main à la pâte* sous la licence Creative Commons suivante : Attribution + Pas d'Utilisation Commerciale + Partage dans les mêmes conditions.



Le titulaire des droits autorise l'exploitation de l'œuvre originale à des fins non commerciales, ainsi que la création d'œuvres dérivées, à condition qu'elles soient distribuées sous une licence identique à celle qui régit l'œuvre originale.

Fondation La main à la pâte

43 rue de Rennes 75 006 Paris 01 85 08 71 79 contact@fondation-lamap.org

Site: www.fondation-lamap.org

