

# teach with space

## → Le thermomètre spatial

Mesurer la température depuis l'espace et identifier les îlots de chaleur urbains

Activité 3 Identifier les îlots de chaleur urbains



©gettyimages



Activité 1: La température des villes page 3

Activité 2: Mesurer la température depuis l'espace page 4

Activité 3: Identifier les îlots de chaleur urbains page 7



## → ACTIVITÉ 1 : LA TEMPÉRATURE DES VILLES

## Le saviez-vous ?

La mesure de la température fait aujourd'hui partie de notre quotidien. Que ce soit pour l'air, l'eau ou même la nourriture, connaître la température des choses est essentiel pour nos activités comme aller à l'école, manger, se laver. Cependant, nous confondons souvent la notion de température avec la notion de chaleur. En effet, si la météo annonce une température extérieure de 20°C, il fait probablement assez chaud pour sortir en t-shirt. Grosse erreur, car la météo annonce également de la pluie et, une fois vos vêtements trempés, vous aurez beaucoup plus froid. C'est pourtant la même température que s'il y avait du soleil. La sensation de chaleur ne va donc pas dépendre uniquement de la température mais surtout de la capacité d'une chose à prendre ou donner de la chaleur. Par exemple, si vous touchez un gâteau qui sort du four, il ne vous brûlera pas alors que le plat sera extrêmement chaud. Ils sont pourtant à la même température mais le plat en métal va transmettre sa chaleur beaucoup plus vite que le gâteau.

## Équipement

- Thermomètre

## Exercices

1. Comment mesure-t-on la température et à quoi correspond-t-elle ?

La température se mesure à l'aide d'un thermomètre. Il en existe différents types. Les plus courants étant les thermomètres à alcool et les thermomètres infrarouges. La température mesurée correspond à l'agitation des molécules de l'air ou de la surface dont on veut mesurer la température. Plus la température est élevée, plus les molécules bougent vite et inversement lorsqu'il fait froid. La température se mesure généralement en °C.

2. Mesurez la température de l'air à l'ombre dans les différents environnements présents autour de vous (de préférence un jour avec du soleil). Si vous en avez la possibilité, faite la même chose de nuit. Rentrez les valeurs trouvées dans le tableau ci-dessous.

Lieu	Température de jour (°C)	Température de nuit (°C)
Cours de récréation		
Rue goudronnée		
Rue arborée		
Terrain en herbe		
Point d'eau		



3. La température de l'air est-elle la même partout ? D'où peuvent provenir les différences observées ?

L'eau et les surfaces végétales ont une température moins élevée que les surfaces artificialisées sans végétation. Cela est dû notamment au fait que les surfaces végétales sont plus humides. Comme l'eau absorbe moins vite la chaleur que le béton, la brique ou encore le métal, les zones végétalisées vont se réchauffer moins vite. De plus, les surfaces sombres absorbent plus de chaleur que les surfaces claires. On appelle ce phénomène l'albédo. Une route peinte en blanc chauffera donc moins vite qu'une route peinte en noir. La différence de température est encore plus importante la nuit après une journée très chaude. En effet, les surfaces artificialisées stockent une grande quantité de chaleur qu'elles relâchent la nuit. Même sans soleil, les rues bétonnées vont donc rester très chaudes contrairement à un parc ou à un point d'eau. C'est pourquoi, il faut généralement plus chaud au cœur des villes qu'à la campagne lors des épisodes de canicules. On appelle ce phénomène les îlots de chaleur urbains.



# → ACTIVITÉ 2 : MESURER LA TEMPÉRATURE DEPUIS L'ESPACE

Si les mesures de température au sol nous donnent une idée des variations à l'échelle d'un quartier, voire d'une ville, il est intéressant de comparer ces résultats avec les observations faites depuis l'espace avec des satellites. Ces mesures permettent ainsi d'étudier les variations de température à grande échelle (ville, région, pays) et de voir si les observations faites dans l'**activité 1** peuvent être validées.

Dans cette activité, nous allons utiliser les cartes de température de surface et d'occupation des sols disponibles avec l'outil [EduSCO](#). Ces cartes sont basées sur les mesures de températures obtenues avec l'instrument MODIS installé sur le satellite Terra et sur la base de données d'occupation des sols « Corinne Land Cover ».

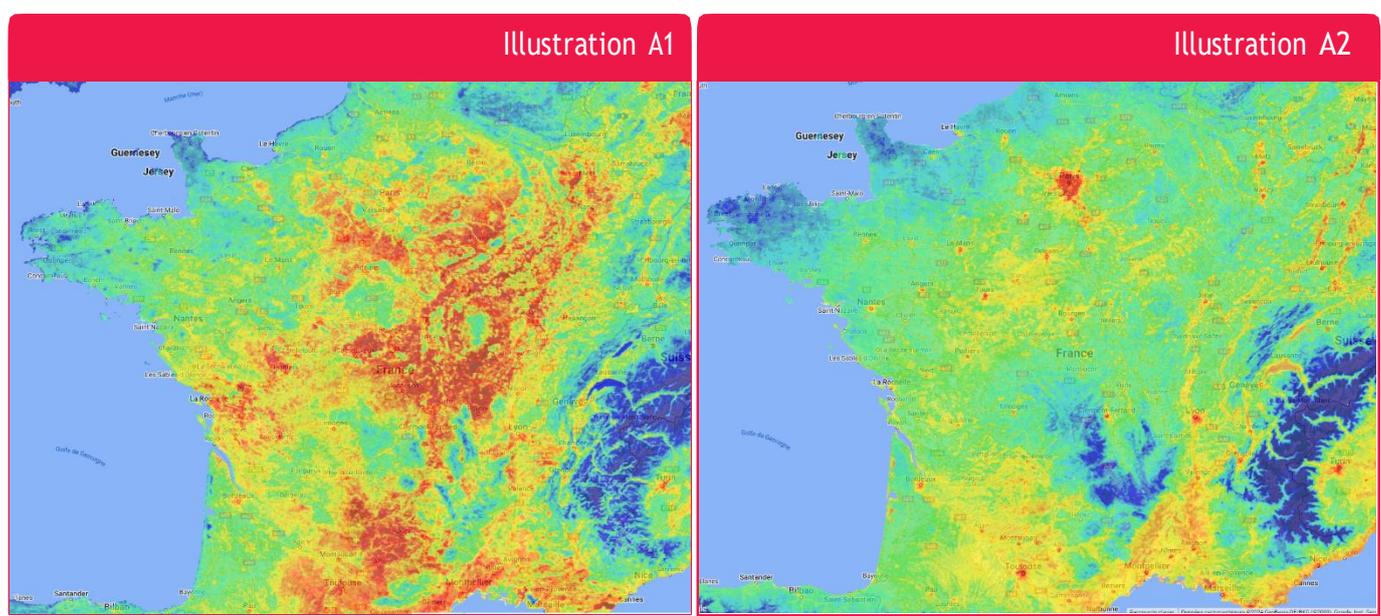
## Équipement

a. Photos imprimées (en option)

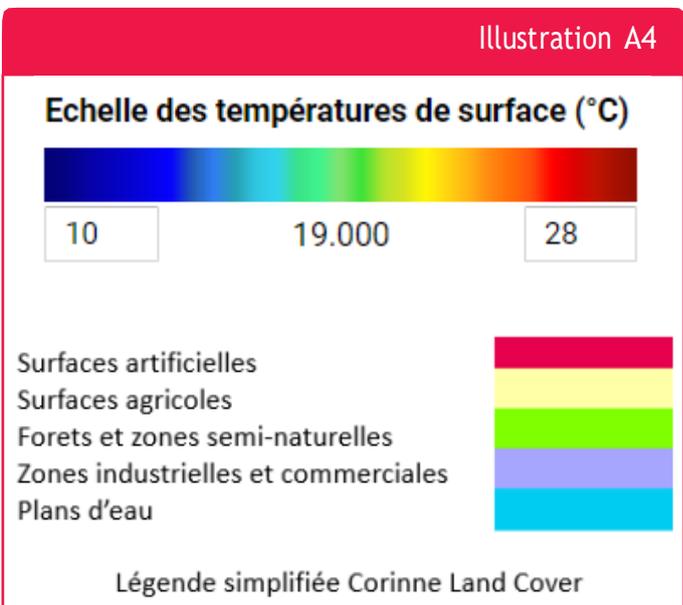
## Exercices

Avec le réchauffement climatique, la France connaît de plus en plus d'épisodes de fortes chaleurs. Si les années 2022 et 2023 ont battu de nombreux records de températures, la canicule la plus marquante de ces dernières années reste celle d'août 2003.

Les **images A1, A2 et A3** ci-dessous montrent respectivement la carte des températures de jour, de nuit et la carte d'occupation des sols du 3 août 2003. L'illustration **A4** montre l'échelle de température des images **A1** et **A2** et la légende de couleur pour l'image **A3**.



↑ A1 : Carte des températures de jour en France (03/08/2003) ↑ A2 : Carte des températures de nuit en France (03/08/2003)



↑ A3 : Carte d'occupation des sols en France

↑ A4 : Haut : Échelle des températures (A1 et A2)  
Bas : Légende de la carte A3

1. En étudiant les images **A1** et **A2**, déterminez si les écarts de températures sont plus importants la nuit ou le jour ?

On observe en journée que les températures élevées sont réparties un peu partout en France avec des températures qui dépassent les 25°C un peu partout sur le territoire. Par contre, la nuit, on observe plus de zones aillant une température en dessous de 15°C, mais on conserve des zones avec des températures supérieures à 25°C. Ces zones sont beaucoup plus petites la nuit que le jour.

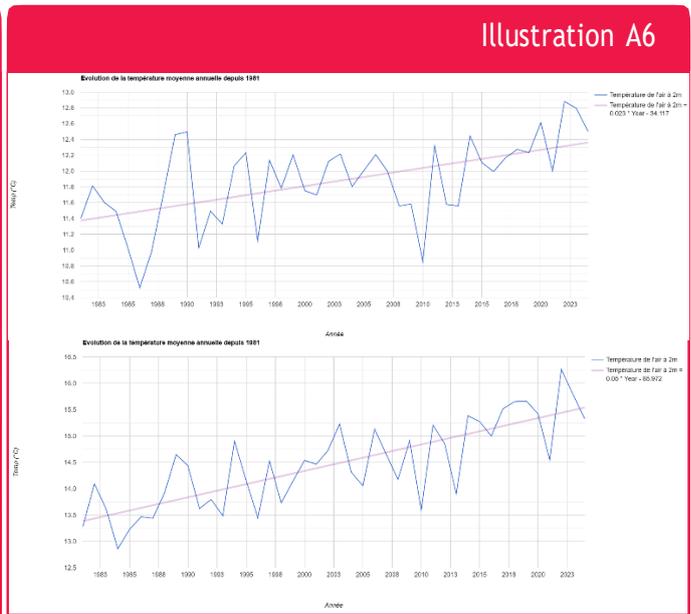
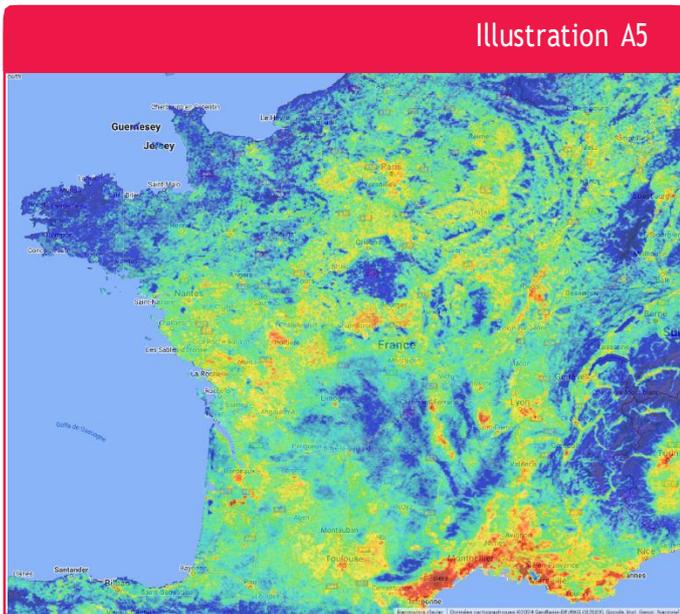
2. En comparant ces images avec la carte **A3**, proposez une explication à ces différences importantes de température en France lors des épisodes de fortes chaleurs. Est-ce cohérent avec ce que vous avez observé lors de l'activité 1 ?

La nuit, les zones les plus chaudes correspondent aux grandes villes françaises dont l'occupation des sols est essentiellement artificielle. Comme vu précédemment, les zones artificielles vont stocker beaucoup de chaleur que les zones agricoles ou naturelles. Cette chaleur sera ensuite relâchée la nuit en augmentant la température. Ces différences sont donc dues aux phénomènes d'îlots de chaleur urbains, comme vu dans l'activité 1.

3. Comment pourrait-on lutter contre ces phénomènes que l'on nomme « Ilots de Chaleur Urbains » ?

La solution principale pour lutter contre le phénomène des îlots de chaleur urbains serait de revégétaliser les centres-villes et de limiter les surfaces artificielles sombres. En bonus, il est important de favoriser la circulation du vent dans les rues et de limiter l'utilisation de la climatisation.

4. Malgré l'augmentation du nombre de canicules qui frappent la France chaque année, on observe que toutes les régions ne sont pas atteintes de la même façon. Il est en effet possible d'observer des différences importantes de températures sur la carte A5, représentant les températures mesurées de jour lors de la canicule du 10 juillet 2023.



↑ A5 : Carte des températures de jour en France (10/07/2023) ↑ A6 : Évolution des températures moyennes estivales à Brest (Haut) et à Avignon (bas)

En étudiant la carte A5, quelles sont, selon vous, les régions qui vous semblent les plus et les moins touchées par les canicules ?

En observant la carte A5, on note que les zones les plus touchées sont les régions proches de la méditerranée ainsi que celles situées dans les terres. A l'inverse, les zones montagneuses et le nord-ouest de la France, par exemple la Bretagne et la Normandie semblent moins impactées par cet épisode de canicule.

5. L'illustration A6 montre l'évolution de la température moyenne en été à Brest (Bretagne) et à Avignon (PACA) entre 1981 et 2024. Est-ce que ces mesures confirment vos hypothèses précédentes ? D'après vous, d'où proviennent ces différences ?

Sur les graphiques A6, on observe des températures moyennes plus élevées à Avignon qu'à Brest. On note aussi

que l'augmentation est plus rapide à Avignon avec une augmentation de 0,05°C/an contre 0,023°C/an à Brest.

Ces résultats semblent confirmer les observations précédentes. Cela pourrait s'expliquer par la présence de la Mer Méditerranée d'un côté et de la manche de l'autre. En effet, la méditerranée est presque fermée ce qui n'est pas le cas des océans comme l'océan atlantique. L'eau va donc très peu circuler et va alors chauffer beaucoup vite. En s'évaporant, la mer va ensuite réchauffer les terres qui sont autour. À l'inverse, les grands courants de l'atlantique amènent des masses d'eau et d'air plus froides qui limite l'augmentation de la température. Ces zones restent malgré tout impactées par le réchauffement climatique.

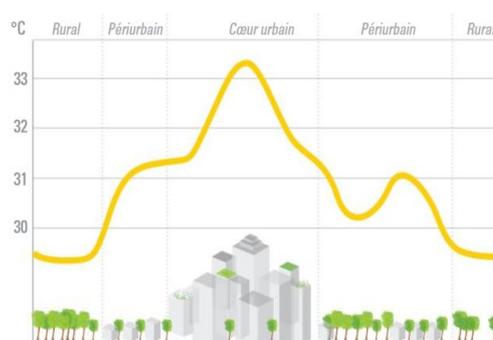
## → ACTIVITÉ 3 : Les îlots de chaleur urbains

Lors des événements de fortes chaleurs, les villes sont généralement plus impactées que les campagnes par la hausse des températures. Il est en effet possible, dans certains cas, d'observer des différences de températures pouvant atteindre 10°C entre un environnement urbain et rural. Cette différence est d'ailleurs plus marquée la nuit que la journée, car la ville stocke plus de chaleur que la campagne. Cette chaleur est rétrodiffusée la nuit, ce qui ralentit fortement le refroidissement de l'air en milieu urbain. On appelle ce phénomène un **Îlot de Chaleur Urbain (ICU)**.

Les ICU dépendent principalement de la façon dont a été construite la ville, toutes ne sont pas impactées de la même manière par ce phénomène. Aujourd'hui, une des villes françaises subissant le plus les ICU est Strasbourg (Grand Est).

### Le saviez-vous ?

Le phénomène des îlots de chaleur urbain fût découvert pour la première fois en 1820, à Londres, par le chimiste et météorologue amateur britannique Luke Howard. Dans son livre, intitulé « the climate of London », il a notamment observé que, lors des épisodes caniculaires, les températures nocturnes au centre de Londres étaient en moyenne 3,7 °C supérieure à celle de la campagne environnante (+0,19 °C le jour).



Dans cette activité, nous allons étudier les ICU grâce aux données disponibles sur le site [COPERNICUS-Browser](#), qui rassemble des images de la terre obtenues avec le satellite de l'ESA « Sentinel-2 » et grâce aux mesures de température publiées sur le site [Infoclimat](#).

### Équipement

- 5 verres
- Une petite quantité (l'équivalent d'un demi-verre) d'eau, d'herbe, de copeaux de bois, de petits cailloux et de petits morceaux de métal.
- Thermomètre
- Photos imprimées (optionnel)

### Exercices

Les différents types de surfaces n'absorbent pas la lumière du Soleil de la même façon. Certaines vont stocker la chaleur beaucoup plus rapidement que d'autres, puis vont la libérer la nuit. On appelle cela l'inertie thermique d'un matériau. Le type de surface qui compose une ville va donc avoir un impact sur son refroidissement la nuit, ou non.

1. Afin de déterminer la capacité d'un matériau à stocker la chaleur, vous allez réaliser l'expérience suivante :

- Remplissez à moitié un 1<sup>er</sup> verre avec de l'eau, un 2<sup>nd</sup> avec de l'herbe, un 3<sup>e</sup> avec des feuilles, un 4<sup>e</sup> avec des petits cailloux et un 5<sup>e</sup> avec des petits morceaux de métal.
- Laissez-les au soleil pendant 10 min.
- Au bout de 10 min, relevez la température de chaque matériau à l'aide du thermomètre et notez les valeurs dans le tableau ci-dessous.
- Placez ensuite les verres à l'ombre durant 10 min supplémentaires.
- Au bout des 10 min, relevez à nouveau la température des verres et notez-la dans le tableau.

Matériau	Température au Soleil (°C)	Température à l'ombre (°C)
Eau		
Herbe		
Bois		
Cailloux		
Métal		

2. D'après vos résultats, quels sont les matériaux responsables principalement des ICU ?

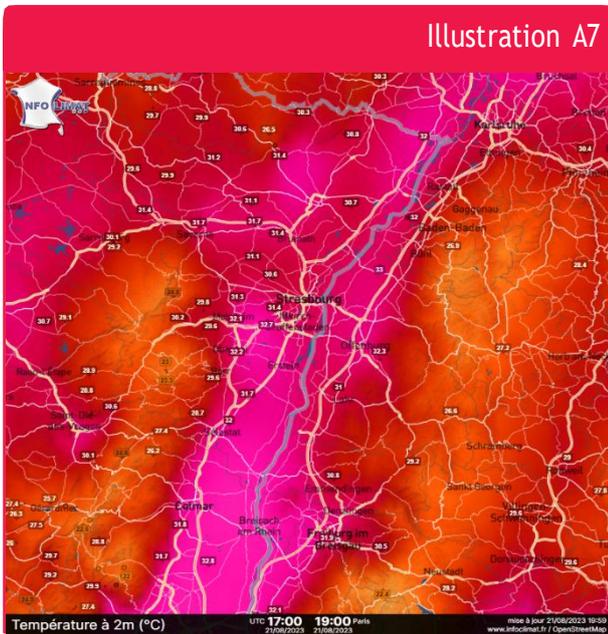
On observe que les cailloux et le métal se réchauffent plus vite que les autres matériaux. Ils vont donc stocker une plus grande quantité de chaleur durant la journée qui sera ensuite réémise la nuit.

3. À l'inverse, quels matériaux pourraient permettre de limiter ce phénomène ?

À l'inverse, les matières végétales et l'eau se réchauffent beaucoup moins vite et peuvent limiter les ICU. De plus, la couleur d'un matériau peut jouer sur sa capacité à emmagasiner la chaleur. Une surface rocheuse blanche devrait donc être moins impactante qu'une surface grise ou noire.

4. Les images **A7** et **A8** montrent les températures mesurées à Strasbourg ainsi que la couverture végétale de la ville et de ces environs. Que constatez-vous en comparant les deux images ?

En comparant ces deux images, on remarque que les zones les plus chaudes de Strasbourg le 21 août 2023 correspondent aux zones les moins végétalisées. On observe également que les zones apparaissant en vert foncé sur la carte A8, et donc les plus végétalisées, sont les zones les moins chaudes.



↑ **A7** : Carte des températures de Strasbourg le 21/08/2023 à 19h. Les zones roses correspondent aux zones les plus chaudes et les zones oranges aux zones les plus froides.



↑ **A8** : Carte de l'indice de végétation de Strasbourg en août 2023. Plus le vert est foncé, plus la zone observée est végétalisée.

5. Ces observations sont-elles en accord avec les résultats obtenus précédemment ?

Ces observations correspondent parfaitement aux résultats obtenus précédemment. En effet, on observe des maximums de température dans les zones avec le moins de végétation et inversement des minimums de température dans les zones les plus végétalisées.

6. Quelles solutions proposez-vous pour réduire le phénomène des ICU ?

Comme évoqué précédemment, une solution pour réduire le phénomène des ICU serait d'augmenter la quantité de végétation dans les centres-villes en limitant l'utilisation de matériaux capables de stocker une grande quantité de chaleur.

## Bonus

Le Space for Climate Observatory (SCO) a lancé en 2020 le projet [Thermocity](#) visant à étudier les îlots de chaleur urbains à partir d'observations satellites. L'objectif étant de localiser les zones les plus sensibles aux ICU afin d'améliorer l'aménagement des villes et ainsi mieux lutter contre le changement climatique. Pour le moment, ce projet a été testé dans seulement cinq villes françaises : Paris, Toulouse, Marseille, Montpellier et Strasbourg. Si vous le souhaitez, vous pouvez regarder sur le site les rapports qui ont été obtenus par le SCO afin de les comparer à vos propres conclusions. Vous pouvez également regarder la vidéo pédagogique du projet au lien suivant :

[EDUCSCO | Des questions de jeunes aux experts du SCO | ESERO France, toujours plus d'espace pour les professeurs et leurs élèves](#)

teach with space – Le thermomètre spatial  
esero.fr

ESERO France welcomes feedback and comments at [esero.france@cnes.fr](mailto:esero.france@cnes.fr)

A CNES/ESERO France production

Copyright © CNES/ESERO France/European Space Agency 2025