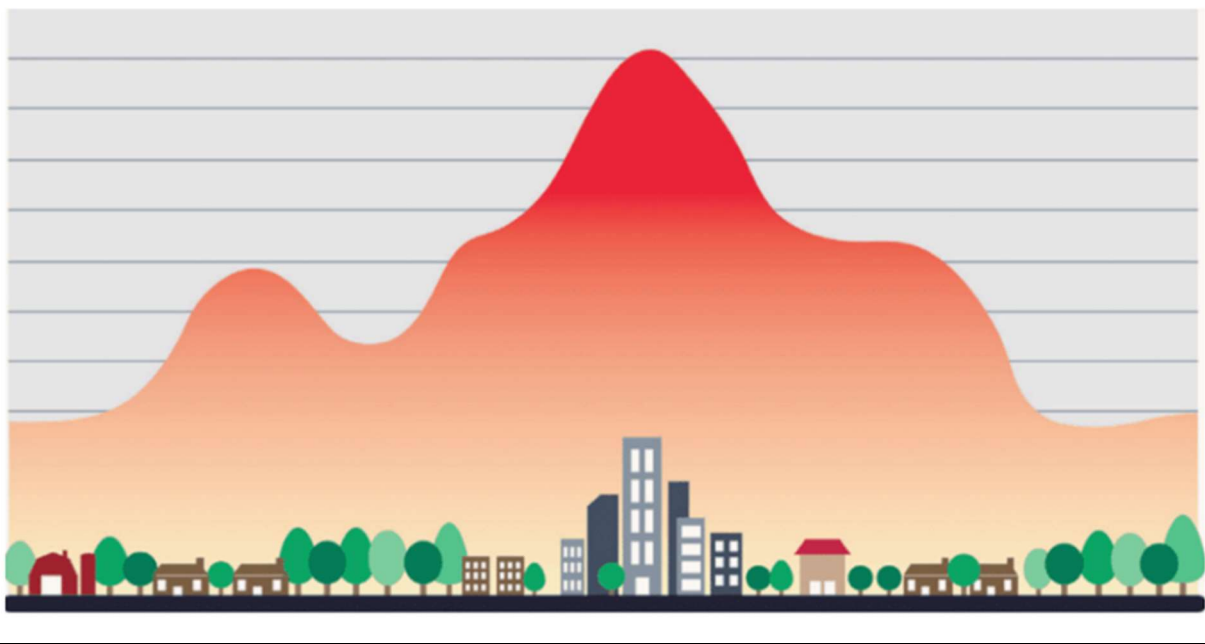


# Ilot de Chaleur Urbain (ICU)

Du réchauffement urbain au réchauffement global



*« On devrait construire les villes à la campagne car l'air y est plus pur. » (Alphonse ALLAIS)*

## Sommaire

<u>ILOT DE CHALEUR URBAIN (ICU)</u>	<u>Page 3</u>
Historique	3
Le constat	
• Californie, Japon, croissance urbaine	
Les causes du phénomène	6
• Accumulateurs, activité humaine, aération, évaporation, aérosols	
Les effets	9
• Météorologiques, sanitaires, – records de chaleur – réchauffement global	
Comment atténuer le phénomène ?	9
• Aménagement du territoire – de la ville – du bâtiment	
<u>DU RECHAUFFEMENT URBAIN au RECHAUFFEMENT GLOBAL</u>	<u>Page 11</u>
Réchauffement global	11
Mesure de la température terrestre	11
○ Instruments, répartition, précision, méthode	
Mesures satellitaires	15
○ MSU, LANDSAT, précision	
Part de l'ICU dans le réchauffement global	18
<u>RESUME et CONCLUSION</u>	<u>Page 19</u>
<u>SOURCES ET REFERENCES</u>	<u>Page 20</u>

## Légende

« Les citations et les extraits de différentes sources sont en noir comme cet alinéa. Les principales sources utilisées sont listées et codées en dernière page. Le code est rappelé à la fin de chaque citation » (CODE)

Les commentaires sont en bleu.

# Ilot de Chaleur Urbain (ICU)

## Historique

« Luke Howard publia en 1815-1820, « *The climate of London* » en deux volumes. L'ouvrage contenait des observations quotidiennes sur la direction du vent, la pression atmosphérique, la température maximale et les précipitations. Howard fut l'un des premiers à noter explicitement « l'effet d'îlot de chaleur urbain » démontrant que les températures de la capitale britannique étaient plus élevées que celles des zones rurales environnantes. Ses explications sur la cause du réchauffement urbain se révélèrent en grand partie exactes. » (JDH)

Il note : entre le centre de Londres et sa campagne, une différence des températures diurnes de 0.19° et une différence des températures nocturnes de 3.7°. La moyenne est donc d'environ 2°.

L'étude de l'effet urbain, « s'est surtout développée à partir de la fin des années 1960, principalement au Japon et en Amérique du Nord avec la mise en place de capteurs pour comprendre les échanges de chaleur entre les villes et l'atmosphère. » (CNRS)

**Le phénomène est aujourd'hui nommé « Ilot de Chaleur Urbain » ou « ICU » en abrégé.**

## Le constat

Toute ville, petite ou grande, est plus chaude que les campagnes environnantes. Cela peut aller de 2° à 10°.

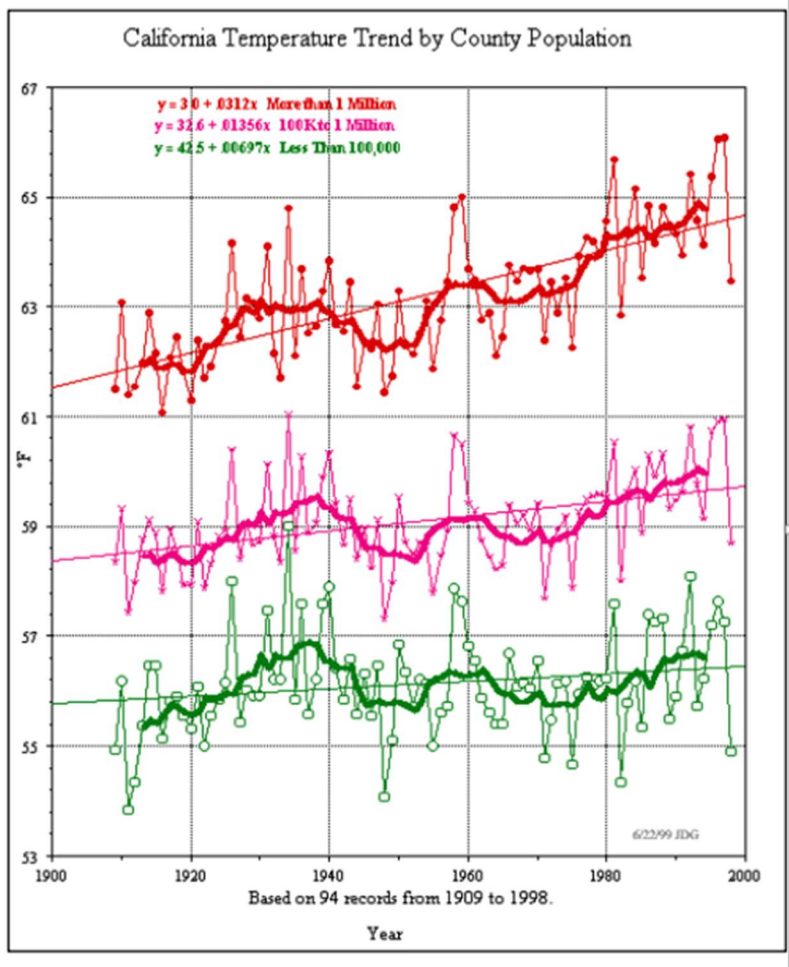
**Plus la ville est grande, plus l'effet est important**

### Exemple 1 – La Californie

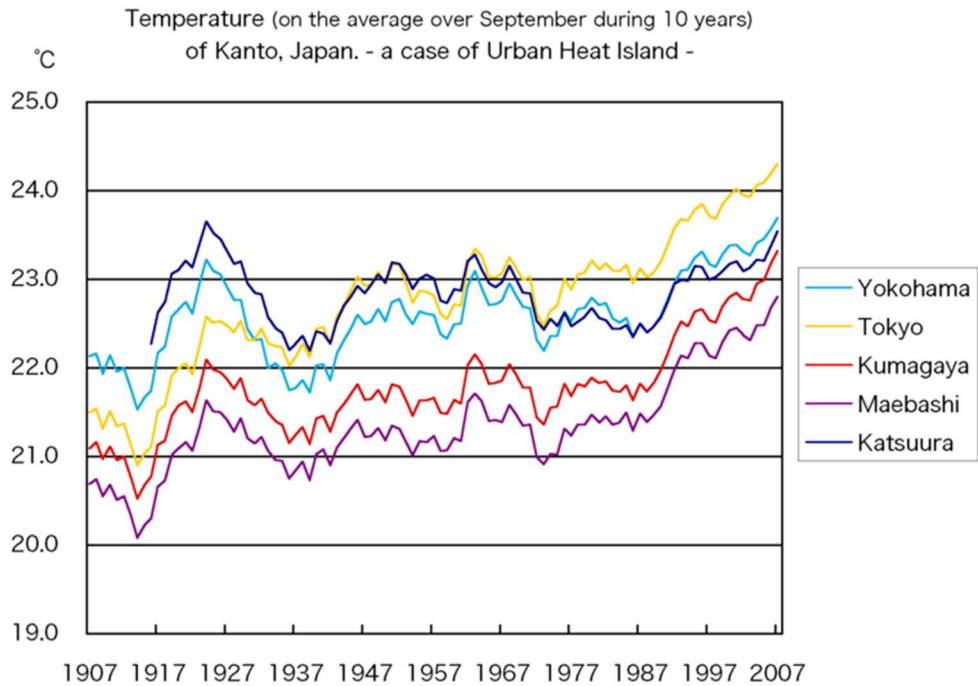
Le graphique suivant (page 4) montre le niveau de température et l'élévation de température pour différents comtés de Californie de 1910 à 1996 (Goodridge – 1996). La courbe verte correspond à 27 stations de mesure dans des comtés de moins de 100 000 habitants, au-dessus la courbe rose est pour 51 stations dans des comtés ayant entre 100 000 et 1 million d'habitants et enfin la courbe rouge est pour 29 stations dans des comtés ayant plus d'un million d'habitants. Nous pouvons constater que plus la population est importante, plus la température est élevée et plus la croissance de la température est importante.

Sur la base des droites de régression linéaire du graphique et traduit en °C :

- En l'an 2000, l'écart de température entre les comtés moyens et les petits comtés est de 1.5° et l'écart entre les grands comtés et les petits comtés est de 3.5°.
- De 1900 à 2000 le réchauffement est 0.3° pour les petits comtés, de 0.7° pour les comtés moyens et de 1.3° pour les grands comtés.



## Exemple 2 – Le Japon



Source: Data from Japan Meteorological Agency  
<http://www.data.jma.go.jp/>

Cet exemple est plus complexe car il inclut des cas atypiques comme Katsuura (22000 habitants). Prenons les deux cas extrêmes :

- Tokyo 14 millions d'habitants (courbe jaune) 24° en 2017 et environ + 3° sur le siècle
- Maebashi 0.3 millions d'habitants (courbe mauve) 22.8° et + 2° sur le siècle

### Exemple 3 – La France

Je n'ai pas trouvé d'étude historique comparable aux deux premiers exemples pour la France, seulement quelques données ponctuelles :

« A Paris la différence peut parfois dépasser les 10 °C à l'échelle journalière entre le centre de la ville et la campagne la plus froide comme ce fut le cas le 30 septembre 1997 où l'on a repéré une différence de 11,4 °C. » (NP)

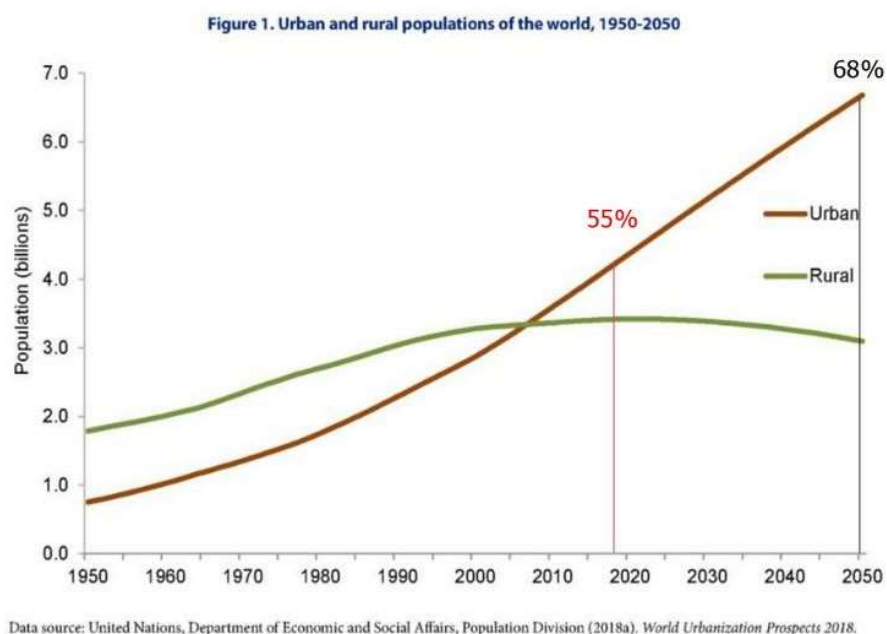
« Un jour de forte chaleur en Loire-Atlantique, l'écart mesuré des températures entre les surfaces les plus chaudes et les surfaces les plus fraîches à l'échelle du département est de +/- 14°C. » (RN)

### **De plus en plus de villes importantes**

Dans les deux premiers exemples, la population des comtés ou des villes a augmenté progressivement au cours du siècle. La croissance de la population mondiale se fait principalement dans les villes. Cela signifie des villes plus grandes et donc plus chaudes avec pour conséquences des records de température dans les villes et une augmentation globale des températures terrestres toutes choses égales par ailleurs.

La population concernée est de plus en plus importante. En 1936, 50 % des français vivaient dans les villes, c'est 75 % en 2010.

Selon l'ONU, au niveau mondial, c'est 55 % aujourd'hui et environ 70 % en 2050. (Graphique ci-dessous)



« Selon une étude publiée en mars 2018 dans *Physical Review Letters*, aux États-Unis, le phénomène d'îlot de chaleur urbain concerne plus de 80 % de la population vivant dans les zones urbaines. » (NP)

L'îlot de chaleur urbain (ICU) est donc un phénomène primordial car il est la source d'un réchauffement important, indiscutable et croissant et qui concerne une part de plus en plus importante de la population mondiale.

## Les causes du phénomène

### Le phénomène

« De même, l'intensité des îlots de chaleur varie selon une base saisonnière (période estivale avec des épisodes de canicules plus ou moins élevés) mais également selon une base journalière avec, généralement, une intensité des îlots de chaleurs plus forte la nuit que le jour notamment lors des minima de températures de fin de nuit renforçant ainsi les effets de pics de canicules. » (RN)

« L'îlot de chaleur urbain commence à croître en fin d'après-midi et augmente au coucher du soleil pour atteindre son maximum au milieu de la nuit. Par nuit calme, il se crée alors une sorte de « bulle de chaleur » sur la ville. En effet, « En ville, l'énergie solaire est au contraire emmagasinée dans les matériaux des bâtiments et le bitume des routes et des parkings, des surfaces imperméables empêchant l'évaporation de l'eau des sols. Lorsque la nuit arrive, cette énergie est restituée à l'atmosphère urbaine. La nuit, l'air au-dessus de la ville se refroidit donc moins vite qu'à la campagne » explique Météo-France (Source : [meteofrance.fr](http://meteofrance.fr)). » (RN)

### Les « accumulateurs » – sols et bâtiments

« La journée, des matières comme la pierre, la brique ou le béton captent facilement la chaleur. La hauteur et la densité des murs augmentent considérablement cette surface d'échange par rapport à un milieu peu bâti. La nuit, la chaleur emmagasinée est libérée dans l'atmosphère et empêche l'air de se refroidir aussi vite qu'à la campagne. Or, les transferts d'énergie dans l'atmosphère varient déjà naturellement au fil des heures : la nuit, l'air est brassé jusqu'à une altitude cinq fois moindre qu'en plein jour. (CNRS- Valéry Masson)

Les sols (pavés des rues, bitume des routes et parkings), les murs, les terrasses comme tous les « corps noirs » reçoivent les rayons solaires et émettent ensuite de l'infra-rouge qui réchauffe l'air urbain.

Pour Valéry Masson ces « accumulateurs » de chaleur sont la source principale du réchauffement urbain : « Le soleil de midi émet 800 watts par mètre carré, la moitié de cette énergie est stockée, puis libérée, par des surfaces telles que le béton. En comparaison, les

*émissions humaines correspondent à quelques dizaines de watts par mètre carré. Sur les nuits de métropoles comme Tokyo, cela peut tout de même représenter un degré supplémentaire. »*

Avec le temps, comme les villes s'étendent et s'élèvent, le phénomène s'accroît. Les maisons individuelles sont remplacées par des immeubles qui, ensuite, sont remplacés par des tours.

## Activités humaines

Il s'agit d'abord de la concentration de plus en plus forte des activités humaines. Elles **produisent des calories**. C'est bien sur le chauffage en hiver, quel que soit le mode de chauffage (fuel, gaz, électricité). L'été (et même l'hiver), les bureaux, surfaces commerciales et les immeubles sont de plus en plus souvent climatisés ce qui génère de la fraîcheur à l'intérieur mais autant de chaleur à l'extérieur.

Tous les moyens de transport motorisés génèrent des calories y compris quand la motorisation est électrique. La dispersion entre les zones de travail, les zones d'habitat et les zones commerciales multiplie les kilomètres à parcourir et donc les sources de calories, quels que soient les moyens de transport utilisés.

Dans les plus grandes villes, les aéroports qui avaient été construits en dehors de la ville se retrouvent aujourd'hui dans l'agglomération. Les avions, surtout au décollage, émettent beaucoup de calories.

Les immeubles ont de plus en plus de surfaces vitrées, transformant les bâtiments en serre qui demandent d'autant plus de climatisation. Ils sont de plus en plus hauts, les ascenseurs sont indispensables.

Les nombreux appareils électriques de chaque foyer, des bureaux, commerces et ateliers participent à ces émissions. Ajoutons l'éclairage, jour et nuit, des villes modernes.

Les usines sont de moins en moins nombreuses dans les villes, mais c'est compensé par des chantiers perpétuels utilisant des engins les plus divers.

Nous pouvons même ajouter que des millions de personnes à 37° émettent aussi de la chaleur !

## La circulation de l'air

*« L'îlot de chaleur urbain dépend également des vents. Un vent fort va favoriser la circulation de l'air et donc diminuer le réchauffement de la ville par un air chaud. A l'inverse, un vent faible entraîne une stagnation des masses d'air qui ont alors le temps de réchauffer le bâti : ainsi, plus le temps est calme et dégagé, plus l'îlot de chaleur urbain est intense. De plus, la forme urbaine joue sur le régime des vents : une rue étroite et encaissée, formant un canyon, empêche les vents de circuler et fait alors stagner les masses d'air. » (RN)*

## L'évaporation

*« Par évaporation et évapotranspiration, l'eau et la végétation rafraîchissent l'air dans la journée. Cependant, en milieu urbain, l'eau ruisselle généralement rapidement vers les émissaires artificiels (réseaux d'assainissements) à cause de l'imperméabilité du sol et n'a pratiquement pas le temps de s'évaporer. Or c'est l'évaporation qui entraîne un rafraîchissement de l'air.*

*La végétation « transpire », évaporant l'eau présente en profondeur dans le sol. Grâce à cette évapotranspiration, végétaux et sols n'accumulent pas l'énergie solaire reçue au cours de la journée.» (RN)*

## Les aérosols

Au XIX<sup>ème</sup> siècle, l'énergie primaire principale était le charbon. Il était utilisé pour les machines à vapeur, le chauffage, mais aussi pour générer le « gaz de ville ». La combustion du charbon générait une abondante quantité d'aérosols qui diminuait le rayonnement solaire reçu et donc réduisait le réchauffement. La disparition progressive de cette utilisation du charbon et donc des aérosols correspondants a très heureusement diminué la pollution des villes mais aussi, indirectement, accentué le réchauffement

## Les effets

### Effet météorologique

*« Les îlots de chaleur sont à leur tour à l'origine de transformations de phénomènes météorologiques. Ainsi, ils font diminuer l'humidité relative, le nombre de jour de gel et les brouillards. De plus, ils modifient le régime des pluies en faisant diminuer les perturbations en hiver lorsque le temps est stable, mais, lorsque le temps est instable, l'îlot de chaleur urbain provoque une augmentation de l'intensité des précipitations provoquant parfois de violents orages car "la ville perturbe principalement la circulation convective des masses d'air. Son influence est ainsi marquée sur les phénomènes violents comme les fortes averses, les orages ou encore les chutes de grêle. Les journées d'orage peuvent ainsi augmenter de 20 à 30 % (Duchêne-Marullaz, 1980)". » (NP)*

*« Les ICU perturbent le relevé des moyennes des températures régionales et locales et donc les prévisions météorologiques, car beaucoup de stations météorologiques ont été entourées au cours du XX<sup>e</sup> siècle par un tissu urbain de plus en plus dense et « chaud ». (NP)*

### Effet sanitaire

*« Les îlots de chaleur urbains augmentent ainsi le nombre de nuits tropicales, où la température minimale reste supérieure à 20 degrés. Elles empêchent le corps de récupérer de la chaleur de la journée, ce qui, sur plusieurs jours, entraîne des répercussions médicales. » (CNRS)*



« Ils peuvent se révéler graves, notamment en termes d'allergies, de problèmes respiratoires et cardiovasculaires qui peuvent se traduire par une surmortalité significative en période de canicule, notamment dans les grandes agglomérations » (WIKI)

## Records de chaleur

« **Notons enfin que si les îlots de chaleur urbains ne sont ni une cause, ni une conséquence du changement climatique**, les effets de l'un sur l'autre aggravent les impacts de chacun. Ainsi, le changement climatique qui prévoit une augmentation des températures générales rendra l'îlot de chaleur urbain encore plus intense. De même, dans une bien moindre mesure toutefois, les dynamiques qui président à la formation des îlots de chaleur urbains et leurs conséquences (consommations d'énergie pour se réchauffer ou se rafraîchir, pollutions...) contribuent au changement climatique. » (NP)

Les zones urbaines étant plus chaudes que les zones environnantes, c'est là que nous avons les records de chaleur. Comme nous l'avons vu précédemment, l'effet ICU augmente avec la croissance urbaine donc réciproquement la croissance urbaine actuelle entraîne de nouveaux records de chaleur !

## Réchauffement global

De fait, l'ICU participe au réchauffement global. Comme nous le verrons plus loin (page 11), nous n'avons pas une idée précise de la part de l'effet ICU dans le réchauffement actuel. Pour les uns, c'est quelques centièmes de degré, pour les autres c'est près d'un degré. Le GIEC ayant choisi le CO<sub>2</sub> comme seul coupable a décidé d'étudier l'évolution du climat hors effet ICU !

## Comment atténuer le phénomène ?

Atténuer le phénomène n'est pas l'objet de notre étude qui se concentre sur les aspects climatiques. Elle n'a pas la prétention de présenter un plan de réduction du réchauffement urbain à court, moyen ou long terme pour les villes existantes ou pour les villes à créer.

L'énoncé des causes suggère des solutions. La liste ci-dessous donne les pistes les plus souvent citées dans les articles référencés. Les inclure dans cette liste ne préjuge pas de leur faisabilité ou de leur efficacité.

- Création de villes nouvelles afin de minimiser la croissance des mégapoles existantes
- Orienter les rues pour profiter des vents dominants ou de la brise de mer
- Développer le télétravail permettant de vivre à la campagne et de réduire les transports quotidiens
  
- Création ou extension des parcs et jardins
- Prévoir des gazons en pleine terre plutôt que des dalles
- Percer de larges boulevards bordés d'arbres
- Végétaliser les murs et les terrasses
  
- Création ou extension des plans d'eau, bassins, miroirs d'eau,

- Récupération de l'eau de pluie pour les alimenter
- Arrosage des surfaces et brumisation pendant les pics de chaleur
- Préférer les couleurs claires pour les chaussées, les murs et les terrasses ou des matériaux réfléchissants.
- Développer les transports souterrains plutôt qu'en surface.
- Préférer les parkings en sous-sol aux parkings en surface.
- Bonne isolation des bâtiments limitant les besoins de climatisation avec rejet de la chaleur à l'extérieur.
- Eviter l'effet de serre interne des bâtiments aux grandes façades vitrées
- Utiliser la climatisation passive (Exemple : récupération de la fraîcheur souterraine par la technique du « puits canadien »)
- Etc.....

Les mesures et les analyses de l'ICU sont de plus en plus fréquentes. Par contre, à ce stade, je n'ai pas trouvé d'exemple de ville, de région ou d'état ayant étudié et développé un plan ambitieux pour réduire les effets.

Paradoxalement ces problèmes étaient bien mieux pris en compte au XIXème siècle qu'aujourd'hui, même si les objectifs pouvaient être sanitaires, sécuritaires, utilitaires (circulation) et non écologiques au sens d'aujourd'hui (exemple de la transformation de Paris sous Napoléon III) !

Notons que l'effet ICU est indésirable lorsqu'il s'ajoute à une canicule mais éventuellement bénéfique en hiver ! Il peut être indésirable pour les pays méditerranéens mais bénéfique pour les pays scandinaves ?

# Du réchauffement urbain au réchauffement global

## Le réchauffement global ?

Le réchauffement global de la planète a plusieurs composantes possibles. Nous pouvons distinguer l'atmosphère et les océans. Pour les océans cela peut être à différentes profondeurs et pour l'atmosphère cela peut être à la surface ou à différentes altitudes. Ici nous nous intéressons principalement aux températures terrestres à la surface.

Les changements climatiques correspondants dépendent de facteurs naturels (notre distance au soleil, l'activité solaire, l'activité volcanique, etc.) ou de facteurs anthropiques (une partie des GES, l'ICU, albédo des sols, etc.)

Nos mesures de surface terrestres, au sol ou satellitaires ne distinguent pas ces facteurs. Distinguer les effets selon les facteurs, suppose de connaître l'évolution de l'ensemble des facteurs et d'établir les équations ad hoc entre ces facteurs et l'effet thermique résultant. C'est la modélisation.

Certains organismes ne s'intéressent qu'aux facteurs anthropiques mais en excluant l'ICU ! D'autres s'intéressent aux facteurs naturels et veulent donc aussi exclure l'ICU qui est indiscutablement anthropique.

## Mesure de la température terrestre

### **Evolution des instruments de mesure**

Du 19<sup>ème</sup> siècle à nos jours nous pouvons distinguer trois phases :

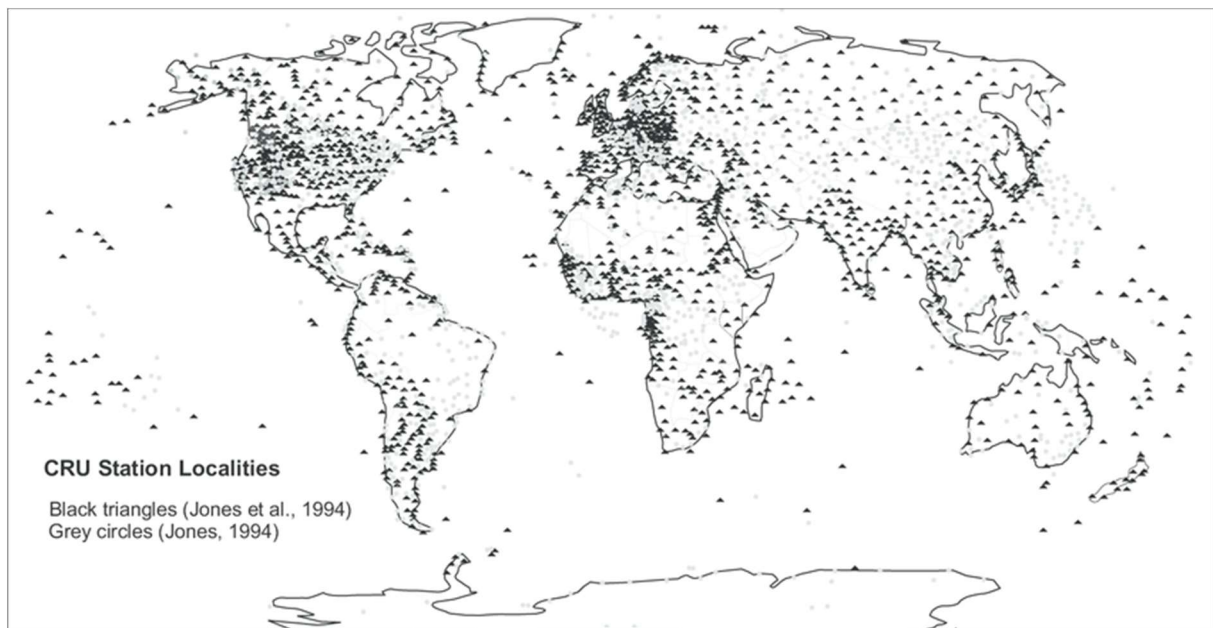
1 - Le thermomètre est inventé au XVII<sup>ème</sup> siècle mais l'étalonnage n'a été standardisé qu'en 1950. Le départ des changements de température global annoncés par le GIEC est l'année 1850. Les enregistrements faits entre 1850 et 1950 sont fatalement peu précis !

2 – Ensuite apparaissent les thermomètres à résistance électrique (thermistances). La transmission des données deviendra automatique et leur traitement deviendra informatique.

3 – Enfin depuis 1979, les satellites apportent une estimation véritablement globale à différentes altitudes. Les satellites ne mesurent pas directement la température, mais des effets physiques qui résultent de la température. Les mesures sont ensuite traitées selon des algorithmes pour donner finalement des températures.

L'étalonnage et le raccordement entre ces différents types de mesure est particulièrement complexe. Les précisions annoncées sont souvent les précisions actuelles mais ne valent rien pour un historique qui utilise différentes technologies. Nous n'avons qu'une estimation incertaine des températures en 1850, année de départ du réchauffement de + 1.5° / 2° annoncé pour 2100 par le GIEC.

## Mauvaise répartition des points de mesure de surface



La vue ci-dessus montre que les stations de mesure sont très inégalement réparties sur la planète. Il y a très peu de stations sur les océans (bateaux, bouées, îlots) qui couvrent 71 % de la surface de la planète. L'Europe et l'Amérique du Nord sont largement couvertes alors que d'autres continents ont très peu de stations.

Cette situation oblige à pondérer chaque point de mesure en fonction de son aire spécifique pour calculer la température globale. De plus certaines stations peuvent être abandonnées (ex. : en Sibérie) ou déplacées. Ceci oblige à modifier régulièrement les pondérations.

L'extension des villes et des infrastructures peuvent modifier l'environnement des stations. Les organismes chargés de ces mesures considèrent que les îlots de chaleur urbains sont un effet parasite qu'ils neutralisent avec des correctifs supposés ad hoc.

En pratique l'évolution de ces pondérations et correctifs est peu transparente. Beaucoup d'experts protestent car ils considèrent qu'il y a une part de manipulation.

### Qu'est-ce qu'une bonne station météo terrestre?

Je reproduis ici des extraits d'une Etude de Joël CAMBRE de 2014 intitulée :

**« Une grande partie des stations météo terrestres sont victimes de l'effet de chaleur urbain. »**

« Un document de la NOAA le définit dans le standard officiel « Climate reference Network, Site information handbook ».

5 classes (indice CRN de 1 à 5) y sont définies par rapport à une station de référence idéale définie ici:

- La classe 1 (la meilleure): - Sol plat (pente < 19°) et dégagé. - Végétation au sol pas plus haute que 10 centimètres. - Pas à moins de 100 mètres de toute surface chauffante ou

réfléchissante. - Loin de surfaces d'eau, sauf si elles sont naturelles et en tout cas à au moins 100 mètres. - Pas d'ombre pour une élévation du soleil supérieure à 3°

- La classe 2: Idem classe 1, sauf l'épaisseur de végétation ( $e < 25 \text{ cm}$ ), la distance des sources de chaleur ( $30\text{m} < d < 100 \text{ m}$ ) et l'ombre (élévation  $> 5^\circ$ )



Exemple de station Classe 1



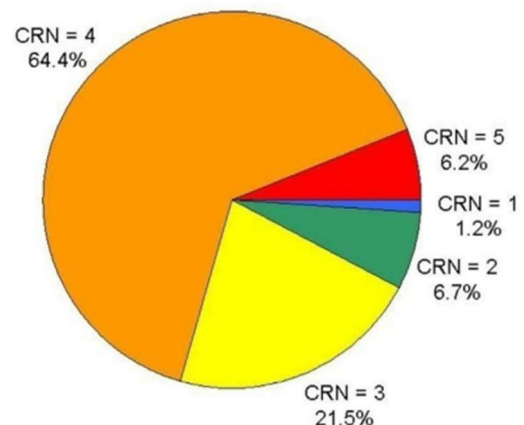
Exemple de station Classe 5

- Les classes 3, 4 et 5 donnent des erreurs de mesure, respectivement de 1°, 2° et 5°. Ce qui est inacceptable. Ces stations sont trop proches de sources de chaleur urbaine.

## Audit des stations

Depuis la mi-2007, sous l'impulsion de M. Antony Watts, météorologiste chef à la radio KPAYAM, un groupe de bénévoles poursuit un effort sans précédent dont le but est d'auditer la totalité des stations météo terrestres des USA (1221 au total)

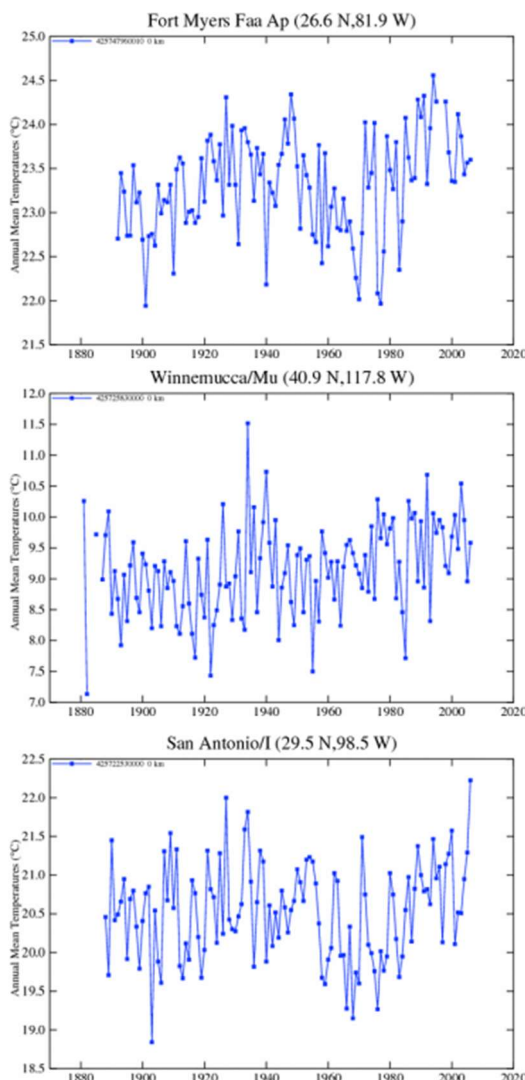
Au 07/30/2012, 1007 stations ont été auditées sur 1221, soit 82,5%. Voici la synthèse des résultats par classe de stations de 1 à 5. Ils sont **catastrophiques: on trouve 91% de stations de classe 3, 4 et 5, toutes inaptes à mesurer des**



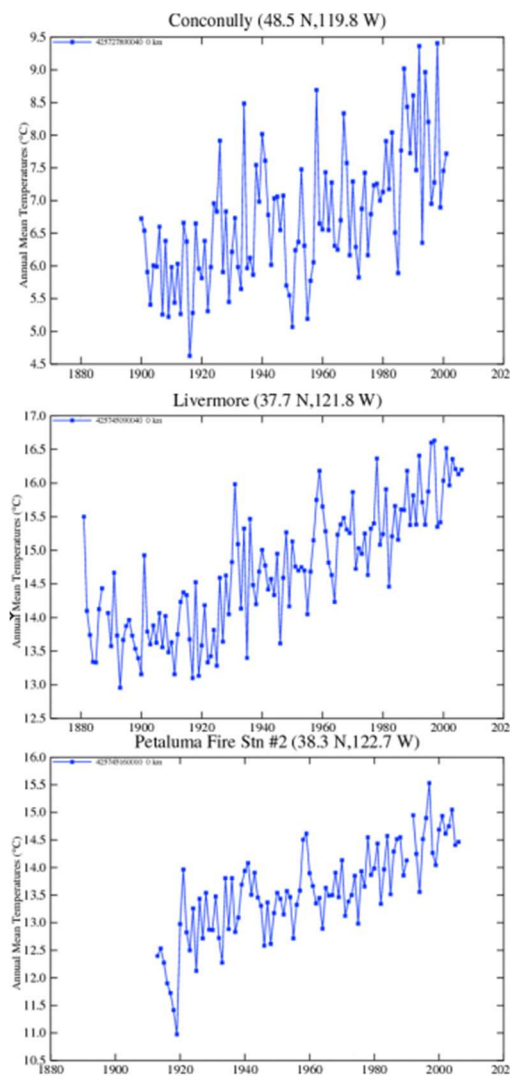
**variations de températures de l'ordre de celles qui sont en débat pour le réchauffement climatique.**

### Comparaison des résultats :

#### Stations Classe 1



#### Stations Classe 4/5



#### Stations Classe 1

*Ex: Voici les stations de Fort-Myers, Winnemucca et San Antonio, (toutes de classe 1):*

*Distantes de plus de 2000 km l'une de l'autre, les trois stations n'ont aucun autre point commun que de respecter les règles d'installation. Les graphes de ces stations montrent une augmentation modérée des températures, voire aucune*

#### Stations classe 4 ou 5

*Ex: Voici les stations météo de Conconully (classe 4), Livermore et Petaluma, (classe 5)*

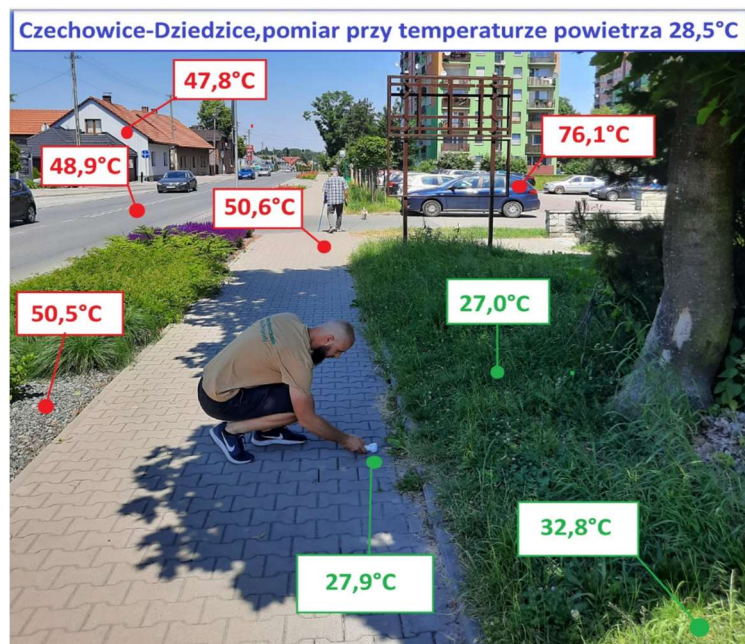
*Le point commun de ces stations est de ne pas respecter les impératifs d'implantation et ainsi de faire la part belle au phénomène de « l'îlot de chaleur urbain ». Or les graphes de ces stations montrent une augmentation continue et considérable (3°C à 4°C) de la température en moins d'un siècle.*

## Mesure directe de l'effet urbain

Les stations urbaines montrent des réchauffements très élevés mais avec une grande imprécision. En fait nous n'avons pas de méthode normalisée pour mesurer l'effet urbain. Au sein d'une ville voire même dans une rue nous pouvons avoir de très gros écarts de température.

L'exemple polonais ci-dessous montre que le même jour à la même heure dans une zone urbaine restreinte la température ponctuelle peut aller de 27.0° C à 76.1°C.

En pratique l'effet urbain est mesuré dans les zones urbaines ou à la verticale des zones urbaines. L'air chaud issu de ces zones monte dans l'atmosphère et est diffusé par les vents !



« Mesures de températures sur différents substrats dans la commune polonaise de Tchèque-Dziedzice, samedi 19 juin 2021 vers 11 h 30. La température de l'air était alors de 28,5°C. »

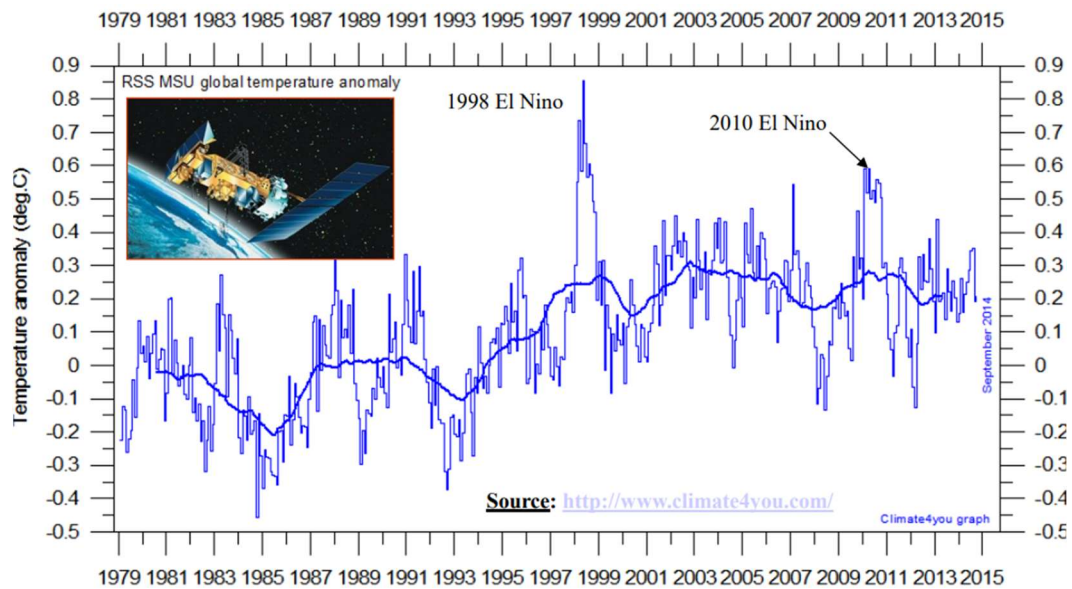
## Les mesures satellitaires

Il faut distinguer deux technologies : la méthode MSU et la méthode LANDSAT. La première a pour objectif la mesure globale des températures du globe terrestre, la deuxième permet d'analyser les températures d'une zone précise.

**Les températures de la basse atmosphère sont mesurées grâce à des satellites selon la méthode MSU (Microwave Sounding Unit)**

« Les micro-ondes (fréquences entre 1 et 300 GHz), sont utilisées par les satellites pour mesurer les températures à travers les couches nuageuses. Les satellites ne mesurent pas directement la température, mais les intensités d'émission électromagnétique de l'oxygène atmosphérique pour certaines bandes de fréquence micro-ondes. Les résultats sont ensuite traités selon des algorithmes précis, pour donner finalement des valeurs de température. Car on a montré que

*l'intensité de ces émissions de l'oxygène dans la bande des micro-ondes était proportionnelle à la température des couches atmosphériques concernées. » (JC)*



La courbe médiane correspond à la moyenne sur 3 ans.

Ce sont des mesures de la basse atmosphère et non des mesures de surface au sens strict du terme. C'est différent des mesures de surface des stations terrestres. Il faut donc procéder à un raccordement empirique et complexe avec les mesures terrestre avant ou après 1979.

L'avantage est que la surface couverte comprend les océans et que la couverture est égale pour l'ensemble du globe terrestre.

Ces mesures globales incluent toutes les causes donc l'ICU. Le GIEC et autres organismes souhaitent avoir les températures hors ICU. Il faut donc que les algorithmes corrigent les mesures prises au-dessus des espaces urbains.

Le graphique ci-dessus est « hors ICU ». On peut noter que de 1997 à 2014, hors effets « El Nino », la moyenne trisannuelle varie très peu.

### **La télédétection et l'analyse des données LANSDAT (RN)**

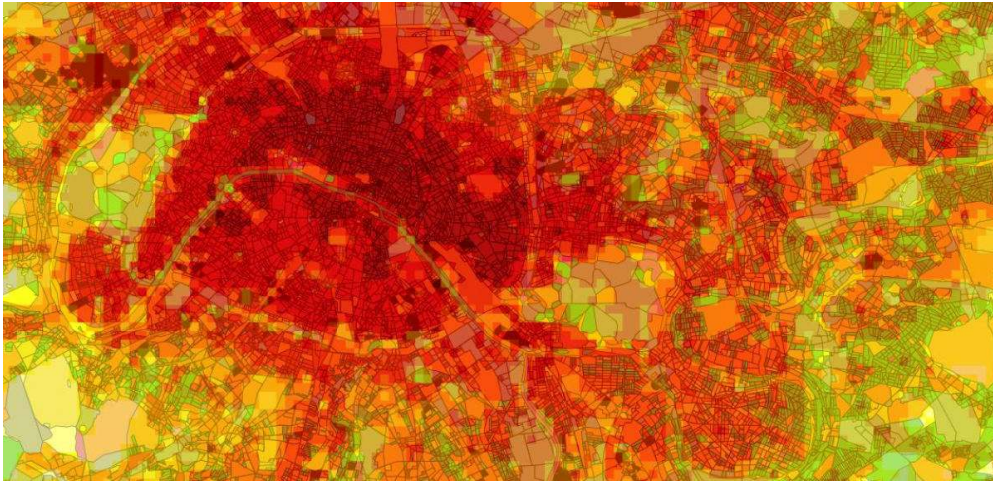
*« Dans le principe, la bande thermique infra-rouge de cette image satellitaire Landsat 8 est transformée en données de température. Elle permet de mesurer la chaleur émise par la surface, sans prendre en compte les facteurs perturbants (gaz d'échappement, vent, ...). On obtient ainsi des nuances de températures de surface sur le territoire que l'on compare avec l'occupation du sol actuelle. On observe alors des écarts selon l'occupation des sols des espaces urbanisés ou naturels et des écarts par rapport à la température annoncée ce jour-là par Météo France. » (RN)*

*« Dans le cadre du travail d'analyse des images satellite, un traitement radiométrique incluant la correction atmosphérique semble indispensable. En effet, la correction atmosphérique vise à soustraire du signal mesuré au capteur, celui induit par les effets de l'atmosphère en termes de processus d'absorption et de diffusion dus aux gaz comme l'ozone, la vapeur d'eau et les*



aérosols. Elle permet de réduire les perturbations induites sur le signal électromagnétique et ainsi d'affiner les résultats et l'analyse, elle rehausse systématiquement les températures de surface des images Landsat. Cette correction a d'autant plus d'intérêt que l'on travaille sur des images séparées dans le temps. Au final on obtient une information à la précision d'un pixel de  $900m^2$  (30mX30m). » (RN)

Exemple : Paris et sa banlieue le 14-09-2021



Les zones claires sont les plus fraîches. On distingue nettement le Bois de Boulogne et le Bois de Vincennes (zones boisées), le tracé de la Seine (zone humide), mais aussi le périphérique. Ceci laisse supposer que la circulation automobile n'est pas un facteur important pour l'ICU.

### Imprécision des mesures

Le sixième rapport du GIEC indique que, faute de mesures d'atténuation appropriées, la température en 2100 serait de + 2° par rapport à 1850. La progression annuelle moyenne serait donc de 2°/250 ans soit **0.008°/an**. Aucun des systèmes de mesure examinés n'a cette précision.

Le GIEC et les organismes mesurant le « réchauffement » procèdent à différents ajustements.

- Ajustement d'urbanisation : correction des effets de l'ICU
- Ajustement du biais d'observation : correction selon l'heure de la journée où les mesures sont prises
- Ajustement de couverture : correction pour tenir compte de l'élimination ou de la création de stations terrestres de mesure

Chaque organisme à ses méthodes d'ajustement relativement opaques et qui, de plus, évoluent dans le temps !

La précision des mesures des températures terrestres globales est toute relative. La mesure de l'ICU est sans procédure précise à ce jour. Déterminer les températures terrestres sans l'effet ICU ressemble donc à la quadrature du cercle.

## Part de l'ICU dans le réchauffement global ?

1 – « Le GIEC, sur la base d'une Lettre à Nature de 1990, a conclu dans son troisième rapport, que leur effet ne pouvait excéder 0,05 degré Celsius au niveau mondial. » (WIKI)

Ce résultat avait été très contesté car l'analyse des listes montre que la liste URBAINE comprend de nombreux sites ruraux et que la liste RURALE comprend de nombreux sites urbains

De fait, ce point n'est pas repris dans les rapports suivants.

- **Le GIEC considérait l'ICU négligeable.**

2 – François GERVAIS précise : « Les océans et les terres se réchauffaient de façon parallèle de 1900 à 1980. Toutefois pas avec la même amplitude car la capacité calorifique de l'eau est supérieure à celle des sols et des roches, minimisant le réchauffement des océans. Après 1980, les températures de surface des terres ont augmenté relativement plus vite, suggérant que près de la moitié de l'augmentation de température des terres n'est pas climatique à proprement parlé. »

- **« 25 à 45% du réchauffement de 1945 à 2020 apparait artificiel, non climatique, même s'il est anthropique puisqu'il est du à l'urbanisation. » (FG)**

3 - Roy SPENCER a étudié les tendances aux Etats-Unis de 1973 à 1981. Il confirme la corrélation entre le réchauffement et la densité de population (Nombre de personnes par kilomètre carré).

« De façon significative, si l'on extrapole vers une densité de population nulle on n'obtient pratiquement aucun réchauffement aux Etats unis entre 1973 et 2011.....Je ne prétends pas savoir à quel point il y a (ou il n'y a pas) de réchauffement. Je dis simplement que je reste très méfiant à l'égard des ensembles de données officiels sur la température des terres. » (Hors ICU)

- **Il est possible que l'essentiel du réchauffement terrestre résulte de l'ICU**

4 - Selon PASTEAU (2014)

« L'effet « ICU » est sous-estimé par le GIEC. Son importance est pourtant corroborée par les faits suivants :

*Le réchauffement récent est plus marqué sur les continents que sur les océans. Il est particulièrement marqué dans les régions peuplées connaissant un fort développement industriel (Chine, Inde, etc.). Il est plus marqué la nuit que le jour, or le contraste thermique ville/campagne est également plus marqué la nuit que le jour... Le réchauffement récent mesuré en altitude est moindre que le réchauffement en surface.*

Ce débat peut sembler académique mais il permet de fixer les bonnes priorités pour les efforts d'atténuation. Réduire les effets de l'ICU est possible et utile. Cela devrait être une priorité.

# Résumé et conclusion

1 - Le phénomène Ilot de Chaleur Urbain (ICU) a été identifié et observé dès le 19<sup>ème</sup> siècle. Il a été étudié tout au long du 20<sup>ème</sup> siècle mais principalement aux USA et au Japon. La température des centres urbains est sensiblement plus élevée que les campagnes environnantes. L'effet croît avec l'importance de la ville. La croissance de la population mondiale étant surtout urbaine, l'ICU est de plus en plus important et concerne de plus en plus de monde.

Les sols et bâtiments accumulent de la chaleur le jour et la restituent la nuit. S'ajoute à cet effet principal, les calories émises par l'ensemble des activités humaines au sein de la ville. Au contraire, par évaporation et évapotranspiration, l'eau et la végétation rafraichissent l'air dans la journée. Dans les pays où le charbon est encore utilisé, les aérosols diminuent le rayonnement solaire reçu et donc réduisent le réchauffement.

Les îlots de chaleur sont à l'origine de phénomènes météorologiques locaux. Ils accentuent les records de températures. Ils participent au réchauffement global de la planète. En cas de canicule, ils aggravent les conséquences médicales.

L'aménagement du territoire, l'urbanisme et la conception des bâtiments peuvent permettre d'atténuer l'ICU.

2 – Les stations terrestres de mesure de la température sont très inégalement réparties à la surface du globe. Les conditions pour qu'elles soient fiables et précises sont inapplicables en zone urbaine. Les règles de la mesure de l'ICU restent donc à préciser.

Les mesures satellitaires ont débuté en 1979. Elles permettront de mieux mesurer et mieux comprendre l'évolution de la température terrestre mais en aucune façon d'établir l'historique à partir de 1850 !

La part de l'ICU dans le réchauffement global est en débat. Le GIEC, en 1990, l'avait déclaré négligeable. Des études plus récentes estiment que l'ICU est une part significative du réchauffement global.

3 - Le climat a évolué sans l'homme et continuera de le faire. Il est très difficile d'estimer la part anthropique de l'évolution en cours puisque nous n'évaluons pas la part naturelle. Il reste invraisemblable d'attribuer l'essentiel de cette hausse à la dose homéopathique de CO<sub>2</sub> anthropique (5% du CO<sub>2</sub> total).

Il y a toutefois un cas où le facteur anthropique est évident, c'est l'ICU. Son effet global est incertain mais son effet local est certain et il concerne déjà la majorité de la population mondiale et bientôt 70% de l'humanité.

Les possibilités d'atténuation des effets de l'ICU, ou d'adaptation, sont nombreuses. C'est pourtant ignoré du GIEC, peu développé dans les médias et surtout hors du champ politique actuel !

## Sources et Références

<b>Code</b>	<b>Source</b>
(AP)	A.PASTEAU – Science et climats / Etat des lieux - 2009
(AWAC)	Agence Wallonne de l'air et du Climat- Réduire l'effet d'îlot de chaleur urbain (ICU) - 2017
(BM)	BANQUE MONDIALE – Développement urbain – 2020
(CNRS)	CNRS – Comprendre les îlots de chaleur urbains – 2021
(CR)	CLIMATO-REALISTES – Dans quelle mesure les îlots de chaleur urbaine peuvent expliquer le réchauffement récent aux Etats-Unis
(FG)	François GERVAIS –Impasses climatiques - 2022
(JDH)	Joanna D. HAIGH – 50 composantes essentielles du climat – 2019
(JC)	Joël CAMBRE – Le changement climatique est-il d'origine humaine - 2014
(NP)	NOTRE PLANETE – Ilot de Chaleur Urbain : définition et conséquences - 22 juin 2021
(RN)	AURAN (Agence d'Urbanisme de la Région Nantaise) – Qu'est-ce qu'un îlot de chaleur ? - 2022
(WIKI)	Wikipédia – Ilot de chaleur urbain – 17-07-2022