*Image: 24heures, 2022*

# Canicules et dômes de chaleur : Quels risques et solutions pour la Suisse ?

Victoria Kunz, et Marc Muller,
Yverdon-les-Bains, Juillet 2023

IMPACT LIVING

# Résumé de l'étude

Le constat depuis plusieurs années est le même : la température atmosphérique mondiale augmente et la Suisse n'est pas épargnée.

Ces augmentations de températures se traduisent par des périodes caniculaires auxquelles un nouveau phénomène climatique, relativement méconnu jusque-là, peut désormais s'ajouter de plus en plus fréquemment : le dôme de chaleur.

Même sans ce phénomène relativement nouveau, les conditions climatiques suisses impacteront, chaque année d'avantage, nos modes de vies. Les températures estivales moyennes atteindront jusqu'à +10°C à la fin du 21ème siècle tandis que les températures ponctuelles pourront atteindre 40°C pendant plusieurs jours successifs dès 2040. En résumé, on peut s'attendre à des vagues de chaleur au moins deux fois plus intenses et plus fréquentes[1] qu'actuellement.

Ce réchauffement global et rapide met en péril nos modes de vie notamment en raison de l'incapacité des infrastructures techniques existantes à supporter de telles chaleurs.

En effet, les infrastructures étant dimensionnées pour supporter des températures allant ponctuellement jusqu'à 40°C maximum, celles-ci auront de grands risques de tomber en panne ou de dysfonctionner dans les prochaines années, peut-être même cette année ! Il est donc urgent de travailler à l'adaptation de nos infrastructures.

Les ingénieurs et les architectes doivent disposer de normes, de chiffres clairs et de scénarios pour travailler dans leur quotidien. Mais, il est difficile de prendre des décisions financières importantes dans le cadre de projets sans avoir un outil de décision simple. L'idée ici est précisément de poser ce contexte pour la prise de décision. Le travail d'interprétation des données dans ce rapport permet à ces professionnels ou des décideurs de comprendre les enjeux à venir et d'adapter immédiatement leur pratique à la suite de ce rapport.

Dans un premier temps, il est important de protéger les infrastructures les plus essentielles et vulnérables, que nous appelons critiques, comme les hôpitaux, les serveurs informatiques ou les installations électriques.

Les simulations réalisées pour nos clients et en parallèle à ce fascicule simplifié montrent que plusieurs infrastructures critiques sur les réseaux électriques comme dans les bâtiments peuvent atteindre des températures supérieures à leurs limites de fonctionnement déjà avec les conditions climatiques actuelles. Les températures estivales à venir mettent ainsi en péril le fonctionnement de systèmes indispensables au fonctionnement de notre société en Suisse.

Pour l'ensemble de notre environnement construit, il paraît indispensable de déployer des solutions low-tech à grande échelle comme des couvertures végétales, des enveloppes thermiques de bâtiments adaptées au chaud ou d'installer des systèmes de ventilation douce. Pour les infrastructures critiques, il est nécessaire de se prémunir dans les meilleurs délais de la surchauffe par l'installation de système de production de froid actif.

[1] Rapport CH2018

# Table des matières

**Résumé de l'étude** ..... **2**
**Introduction** ..... **4**
**Données et méthodes** ..... **5**
Détail des données à notre disposition ..... 5
Implication pour les ingénieurs et les architectes. ..... 6
**Résultats** ..... **8**
Tendances climatiques et de températures pour la Suisse ..... 8
Quel est le lien avec un dôme de chaleur ? ..... 10
Conséquences ..... 13
**Impact des données climatiques futures sur nos infrastructures** ..... **15**
Compréhension de nos systèmes techniques. ..... 16
Possibilités d'adaptation et nouveaux scénarios de référence ..... 16
**Recommandations pour les infrastructures critiques et non-critiques** ..... **17**
Infrastructures critiques ..... 17
Infrastructures non-critiques ..... 17

# Introduction

Les étés 2021 et 2022 ont été particuliers. En 2021, durant tout le mois d'août, la Grèce, la Turquie, le Portugal, la côte pacifique des Etats-Unis et du Canada et bien d'autres ont été touchées par des vagues de chaleur hors normes. Elles se sont traduites par des jours entiers à plus de 40°C, des incendies et une sécheresse exceptionnelle. A Lytton proche de Vancouver, la température a grimpé jusqu'à 49,6°C. Cette valeur a été décrite dans les médias comme la température la plus élevée jamais relevée au-dessus du 50ème parallèle nord[2]. En 2022, le schéma s'est répété en Suisse, au Portugal et dans d'autres pays avec des températures records et des incendies sans précédents.

La formule de « dôme de chaleur » est apparue dans les médias pour illustrer certains de ces évènements extrêmes. D'autres vagues de chaleur plus anciennes avaient été classées dans la catégorie du dôme de chaleur telles que Cordoue en 2003, Vérargues en 2019, Vancouver en 2021. S'il s'agit, jusqu'à aujourd'hui, d'un évènement météorologique plutôt rare, la question de l'augmentation de la fréquence de ce phénomène est cependant ouverte.

Ces évènements confirment la tendance des prévisions déjà faites par les scientifiques et les centres météorologiques et climatiques. Parmi ces prévisions, le GIEC et le rapport CH2018 du *National Centre for Climate Services* apportent les mêmes conclusions : comme la terre se réchauffe (et continuera de se réchauffer), nous serons confrontés à de plus en plus d'événements météorologiques hors normes.

L'année 2022 nous montre que ces événements concernent également la Suisse. A quoi ressembleront les prochains étés ? Quels seront les conséquences sur nos modes de vies ? Comment devrons-nous dimensionner et construire nos systèmes techniques et nos infrastructures ?

Afin de répondre à ces questions, nous avons analysé les données brutes de températures du rapport CH2018. Il s'agit du rapport le plus précis, le plus complet et le plus récent en termes de scénarios climatiques réalisés pour la Suisse. Nous avons classé et trié ces données afin d'en sortir des tendances. Puis, nous les avons transposées sur l'analyses de systèmes techniques existants (stations électriques, bâtiments, infrastructures) pour évaluer notre capacité à encaisser des phénomènes estivaux pour sévères.

Ces scénarios ont ensuite été transposés sur des cas réels d'infrastructures critiques afin d'en tester la résilience. Pour des raisons de sécurité et de confidentialité ces résultats ne peuvent être transposés dans ce document. Mais il est intéressant de relever que ces analyses ont mis en exergue de réelles vulnérabilités. Pour y faire face, des panels de solutions (low-tech ou high tech) ont été modélisées pour faire face à l'augmentation des températures que nous avons observé dans les données du rapport CH2018.

*Image 1: France Bleu, 2019*

[2] BBC Weather, juillet 2021

# Données et méthodes

Afin de comprendre les tendances climatiques de la Suisse pour les 50 prochaines années, nous nous sommes penchés non seulement sur le rapport du GIEC mais aussi sur le rapport « CH2018 » du National Centre for Climate Services.

Les données brutes de ce rapport sont accessibles au public sur demande. Nous avons sélectionné les données de températures journalières maximum, minimum et moyennes pour la période passée (1981 à 2021) et les scénarios futurs (2022 – 2099) pour l'ensemble des stations climatiques en Suisse.

## Détail des données à notre disposition

Les scenarios climatiques suisses du CH2018 sont des projections basées sur l'ensemble récent EURO-CORDEX de simulations climatiques régionales. Ces simulations projettent le climat selon trois RCP (Representative Concentration Pathway), utilisées dans les rapports du GIEC. Les RCP explorent les conséquences climatiques du forçage radiatif provoqué par l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre selon différent différents scénarios d'atténuation de nos émissions.

Les résultats énoncés dans le rapport CH2018 sont des données obtenues par le croisement de plusieurs méthodes (modèles climatiques) qui offrent des informations précises sur le changement climatique en Suisse. Ces données sont issues d'une modélisation de précision horaire pour chaque jour de chaque année de chaque scénario. Le travail effectué ci-dessous permet d'en extraire les informations pertinentes pour l'analyse de la vulnérabilité de systèmes techniques existants et le dimensionnement de solutions à venir. En raison de la grande quantité de simulations montrées dans les données du CH2018, nous avons choisi de nous focaliser sur les 2 simulations les plus complètes[3] de la station météorologique de Payerne, la station d'envergure la plus proche de Yverdon-les-Bains.

Nous avons reclassé, trié et analysé ces données climatiques dans le but d'en tirer des récurrences et des occurrences susceptibles de nous informer des tendances futures.

[3] Titres des simulations : *KNMI-RACMO-HADGEM-EUR44-RCP45* et *SMHI-RCA-HADGEM-EUR44-RCP45*

| Scénario | Scénario RCP | Caractéristiques |
|---|---|---|
| Pas d'atténuation des changements climatiques | RCP8.5 | Aucune mesure d'atténuation des changements climatiques n'est prise. Les émissions de gaz à effet de serre sont en constante augmentation. En 2100, le forçage radiatif s'élève à 8,5 $W/m^2$ par rapport à 1850. |
| Atténuation limitée des changements climatiques | RCP4.5 | Les émissions de gaz à effet de serre sont endiguées, mais leur teneur dans l'atmosphère augmente encore pendant 50 ans. L'objectif de 2°C n'est pas atteint. En 2100, le forçage radiatif s'élève à 4,5 $W/m^2$ par rapport à 1850. |
| Atténuation conséquente des changements climatiques | RCP2.6 | Des mesures d'atténuation des changements climatiques sont prises. Une baisse immédiate des émissions entraîne un arrêt de la hausse des gaz à effet de serre dans l'atmosphère d'ici 20 ans environ. Les objectifs de l'Accord de Paris de 2016 sont atteints. En 2100, le forçage radiatif s'élève à 2,6 $W/m^2$ par rapport à 1850. |

*Tableau 1: Résumé des scénarios RCP (Representative Concentration Pathway)*

Dans un second temps, nous avons récolté les données réelles à Lytton (Canada) et à Vérargues (France) lors des dômes de chaleur de 2021 afin de les comparer aux scénarios climatiques et d'en observer les points communs. Pour obtenir ces températures réelles, nous avons simplement été consulter les données météo en libre accès des organismes officiels des deux pays concernés (la France et le Canada). Nous avons enfin recherché dans la littérature des explications des phénomènes et des conditions initiales observées afin de pouvoir les comparer avec la Suisse.

La durée de vie des infrastructures étant généralement de 40 ans, nous avons spécifiquement travaillé sur les années 2022 à 2060.

Il est important de préciser que les systèmes techniques présents dans nos villes et nos infrastructures sont influencés par l'augmentation des température moyennes mais surtout par les événements hors norme. Une période courte, de quelques jours, soumise à des températures anormalement élevées, aura peu d'incidence sur les températures moyennes. Cependant, une telle variation peut générer de violentes conséquences sur les infrastructures humaines. Dans ce rapport, nous nous intéressons donc à ces données extrêmes plus qu'aux moyennes.

## Implication pour les ingénieurs et les architectes.

Même si l'interprétation de ces données montre des tendances ou des probabilités, il devient primordial d'adapter la pratique de dimensionnement au sein des bureaux techniques. Les outils de dimensionnement ou les normes se basent toujours sur l'analyse des données passées. On utilise par exemple souvent les moyennes de températures des 20 dernières années pour dimensionner un système ou calculer des données énergétiques.

Or, les 20 dernières années ne correspondront pas aux 40 années à venir. Continuer à travailler avec des données passées pourrait amener à de lourdes conséquences techniques et à des infrastructures incapables de faire face aux nouvelles situations climatiques et météorologiques. Nous recommandons de prendre les résultats ci-après comme nouvelle base de dimensionnement et de réflexion.

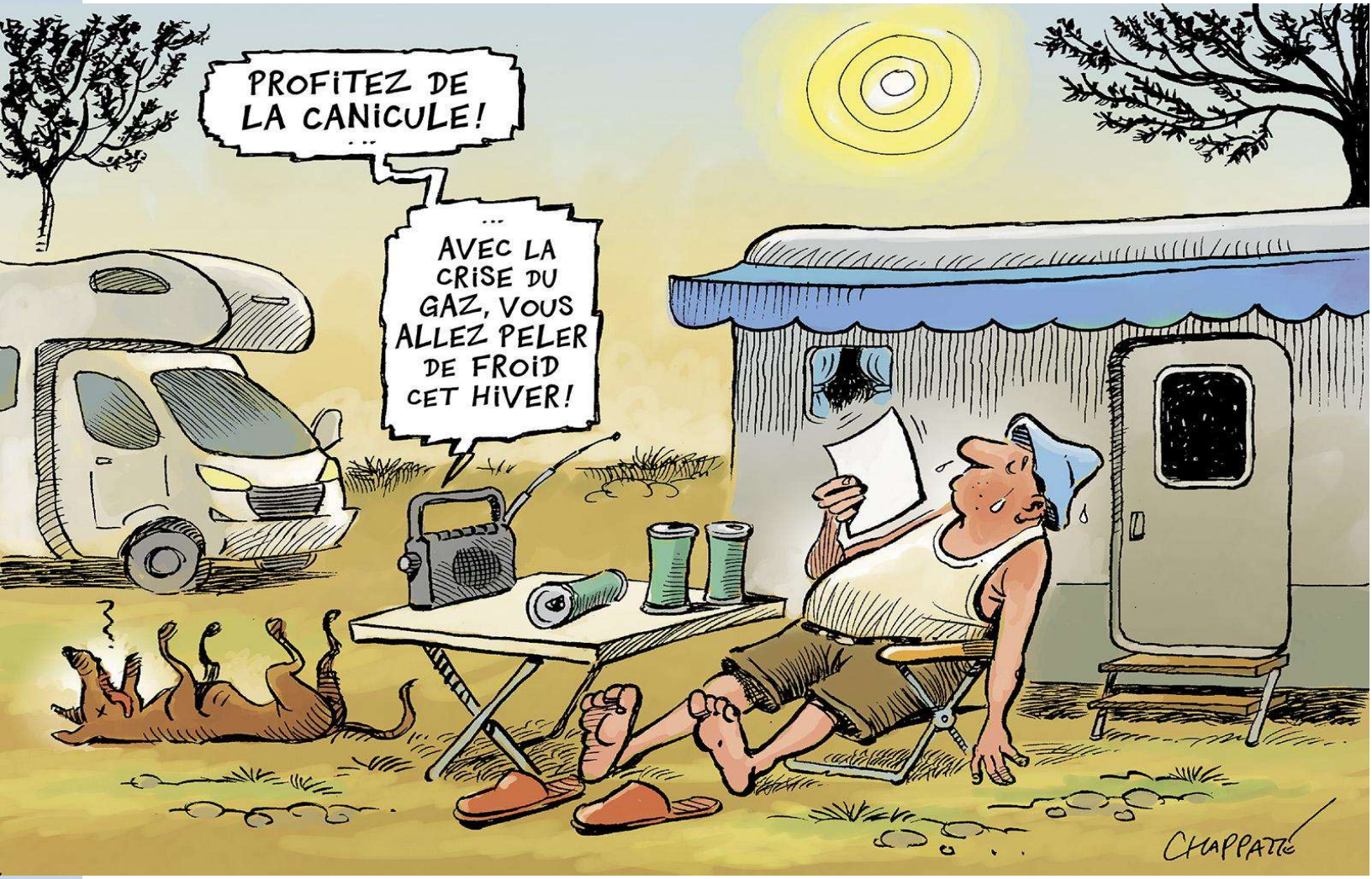



*Image 3: Chappatte*

# Résultats

Dans cette partie sont exposés les résultats obtenus suite à l'analyse des données de températures du CH2018 ainsi que des données brutes de Lytton, Vérargues et Genève dans leurs récents épisodes de grande chaleur. Elle permet également de tirer des conclusions importantes pour la compréhension de nombreuses vulnérabilités de nos infrastructures humaines.

## Tendances climatiques et de températures pour la Suisse

Les données du rapport CH2018 mettent en exergue des tendances marquées vers un réchauffement. Elles sont exprimées ici en nombre de jours d'été, de nuits tropicales et de jours de glaces.

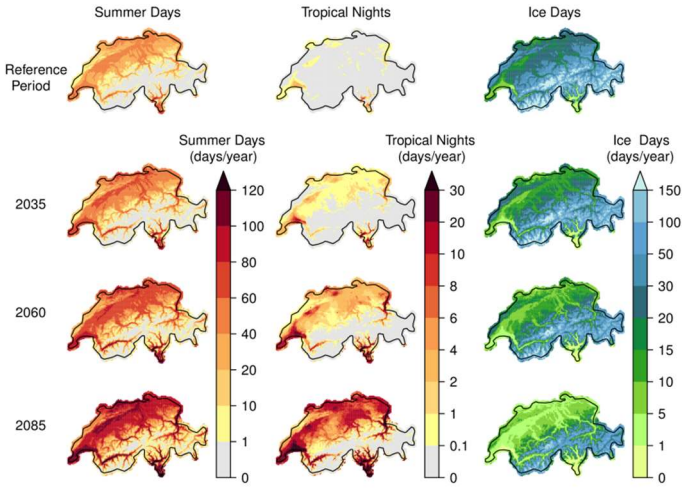



*Image 2: Futures tendances climatiques résumées : fréquences de jours d'été, de nuits tropicales et de jours de glace - Rapport CH2018. Jours d'été : journée à plus de 25°C. Nuits tropicales : température minimum de 20°C. Jours de glaces : jours entiers en dessous de 0°C.*

Outre un réchauffement global qui influencera bien entendu le chauffage ou le rafraichissement moyen des infrastructures et habitats, ce sont les phénomènes plus forts qui nous intéressent. On peut se rendre compte dans le graphique ci-dessus que les nuits tropicales passent de quasi inexistantes de nos jours à des durées de plus d'un mois dans la deuxième partie du siècle. Cela influence considérablement de nombreux risques dont nous discuterons plus loin dans ce rapport.

Le tableau ci-dessous illustre un décompte du nombre de période caniculaire, de longues périodes de chaleur et du nombre de jours à plus de 30°C dans ces périodes (tableau 2). On remarque qu'au fil des décennies, ces évènements seront de plus en plus fréquents et d'une ampleur de plus en plus importante.

| Période | Nombre de canicules probable | Nombre de périodes de plus de 15 jours successifs à plus de 30°C | Nombres de jours successifs |
|---|---|---|---|
| 2000 - 2010 | 1 | 1 | 6 |
| 2010 - 2020 | 1 | 1 | 14 |
| 2020 - 2030 | 0 | 1 | 17 |
| 2030 - 2040 | 1 | 3 | 22 |
| 2040 - 2050 | 6 | 5 | 33 |
| 2050 - 2060 | 3 | 7 | 25 |
| 2060 - 2070 | 6 | 5 | 36 |

*Tableau 2 : Résumé des observations tirées des données brutes du rapport CH2018*

A la suite du décompte du nombre d'évènement par décennie, nous avons résumé les observations suivantes :

- ⇨ Le risque de canicule augmente au fil des décennies. On passe d'une récurrence de 1/10 ans à au moins 3/10 ans dès 2060. = **3x plus**
- ⇨ Concernant les périodes de plus de 15 jours à plus de 30°C maximum, on passe de 1/10 ans à au moins 5/10 ans, donc une année sur deux dès 2040. = **5x plus**
- ⇨ L'amplitude de ces périodes de chaud est également en augmentation. On estime une augmentation de près de 10 jours tous les 10 ans, arrivant en 2060 avec des périodes pouvant durer jusqu'à plus de 30 jours consécutifs à plus de 30°C. Si la durée augmente, la température également : on passe à des moyennes plus proches +33-36°C que de +30°C sur ces jours consécutifs.
- ⇨ Des étés de plus en plus longs : dès 2030, +25°C de début mai à fin septembre de manière récurrente.
- ⇨ Dès 2040, de plus en plus de journées à plus de 38°C avec des pics à plus de 40°C, pouvant durer pendant plusieurs jours.
- ⇨ Dès 2070, la disparition des températures négatives (dès le RCP 2.6)

De plus, il est important de prendre les températures nocturnes en considération car – comme nous le verrons plus loin - ce phénomène est problématique dans la gestion des flux thermiques internes aux bâtiments et à la santé humaine. On parle de *nuits tropicales* lorsque la température ne redescend pas en-dessous de 20°. Selon Météo Suisse, « En juin 2022, Neuchâtel a connu 4 nuits tropicales. Il y en a également eu 4 en 2003, 2017 et 2019. Avant l'an 2000, Neuchâtel n'avait jamais enregistré plus d'une nuit tropicale en juin ». La récurrence de ces tendances augmente fortement, créant donc au moins 2 fois plus de périodes considérées comme très chaudes. Les canicules pouvant atteindre jusqu'à 40° pendant plusieurs jours avec des nuits successives de plus de 20°C.

Les scénarios montrent sans ambiguïté que la Suisse sera soumise à des périodes de fortes chaleurs, de plus en plus longues, de plus en plus intenses et de plus en plus fréquentes, allant même à des périodes

caniculaires[4] de plusieurs semaines dès les 30 prochaines années. Si l'été que nous avons eu en ces dernières semaines de juin et juillet 2022 est apparu comme extraordinaire, il s'agit vraisemblablement d'un été conforme aux changements en cours et aux prévisions climatiques.

## Quel est le lien avec un dôme de chaleur ?

L'appellation dôme de chaleur s'est popularisée au cours de ces dernières années. La définition qui suit est le résultat d'une compilation d'informations scientifiques sur cette thématique.

Un dôme de chaleur est une situation persistante de haute pression alimentée par un afflux d'air chaud. Ce phénomène de blocage[5] provoque des effets de compression dans la haute pression (subsidence) qui contribuent à réchauffer la masse d'air. La persistance et la puissance de ce phénomène sont les influences principales de l'intensité des vagues de chaleur[6] qui en résultent.

En Europe, elle se caractérise par une haute pression sur l'Europe centrale et une dépression quasi stationnaire au large de la péninsule Ibérique qui entraîne de l'air de plus en plus chaud vers le continent. Puisque l'afflux d'air tropical provient du Nord-Ouest de l'Afrique, les vagues de chaleurs les plus fréquentes déferlent sur l'Europe occidentale par le sud-ouest. Ceci explique en partie la raison pour laquelle des records de températures comme ceux expérimenté à Vérargues se cantonnent pour l'instant à des localisation plus au sud et à l'ouest de la Suisse (voir ci-dessous comparaison Vérargues-Genève).

La vague de chaleur que nous avons vécue en juin 2022 en Suisse, atteignant 37°C, a réuni les conditions anticycloniques typiques d'un dôme de chaleur pendant plus de 6 jours[7].

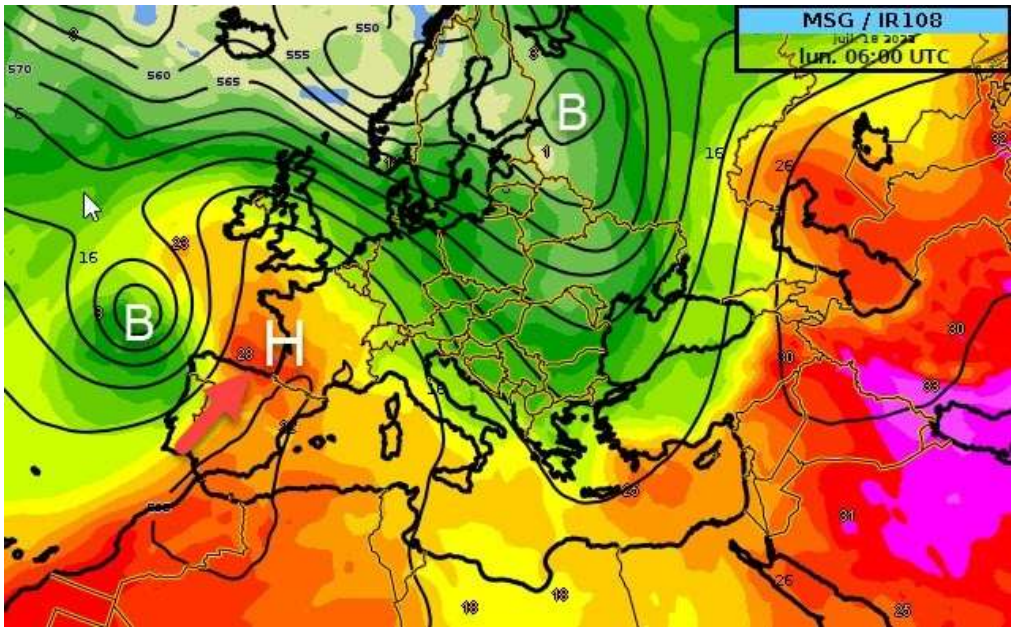



*Image 3 Situation anticyclonique typique d'un dôme de chaleur en Europe, juillet 2022. (MétéoSuisse)*

[4] Une canicule se définit en Suisse comme une période de plus d'un jour à plus de 25°C (Météo Suisse)

[5] Blocage Omega (du fait de sa ressemblance à la lettre grecque du même nom)

[6] Une vague de chaleur décrit simplement une période particulièrement chaude et sa courbe de température

[7] *MétéoSuisse*, Bulletin climatologique juin 2022

En Amérique du Nord la formation de dôme de chaleur semble être catalysée par d'autres phénomènes climatiques tels que la Niña, une anomalie thermique des eaux océaniques de surface. C'est sous ces conditions que s'est formé le dôme de chaleur qui a couvert l'ouest de l'Amérique du Nord en 2021 provoquant par la même occasion plusieurs records de températures.

Pour cet événement-là certains experts s'accordent même à dire que ce sont des pluies torrentielles en Chine qui serait à l'origine de cette réaction climatique extrême[8].

Ces hypothèses témoignent non seulement de la complexité des phénomènes météorologiques, mais surtout de la difficulté de prévoir les conséquences exactes de la perturbation systémique engendrée par le réchauffement climatique et en particulier les interactions entre différents événements extrêmes.

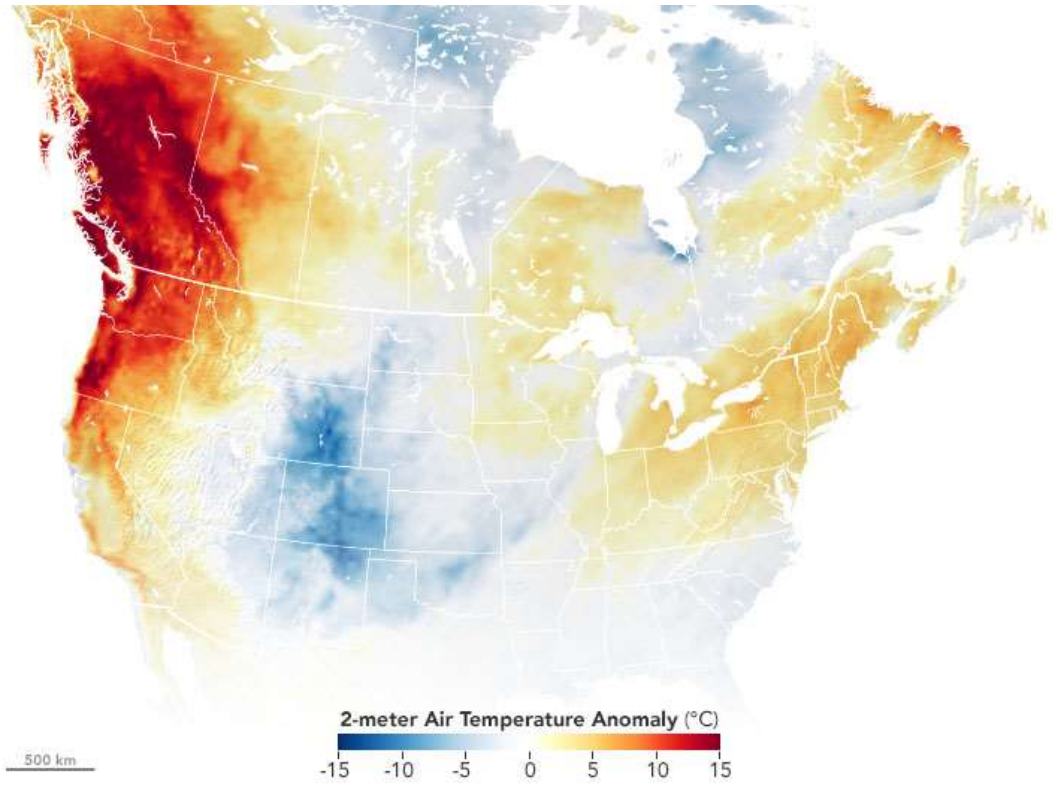
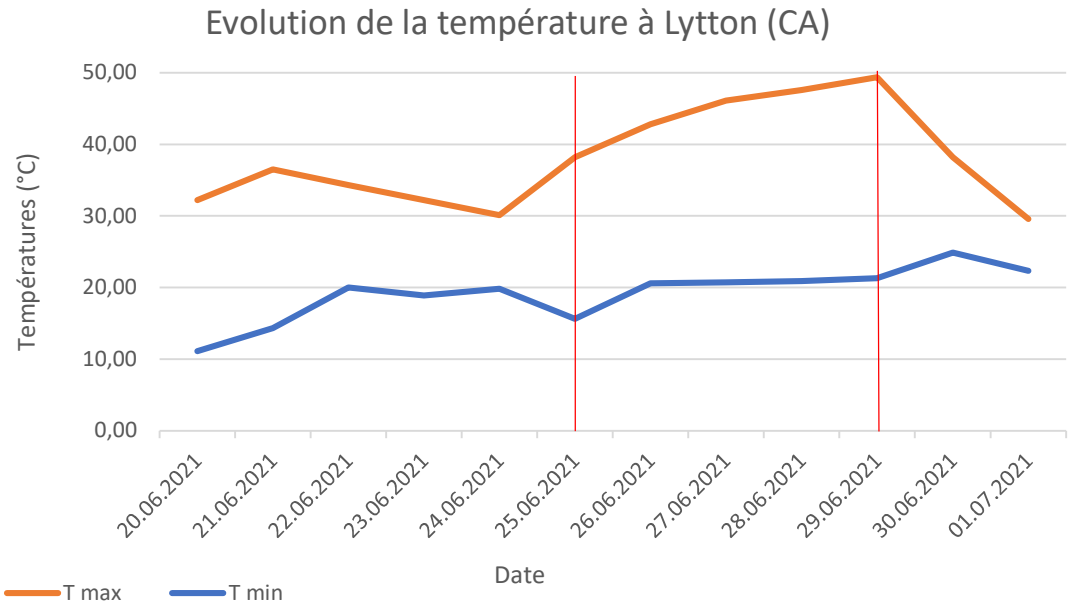


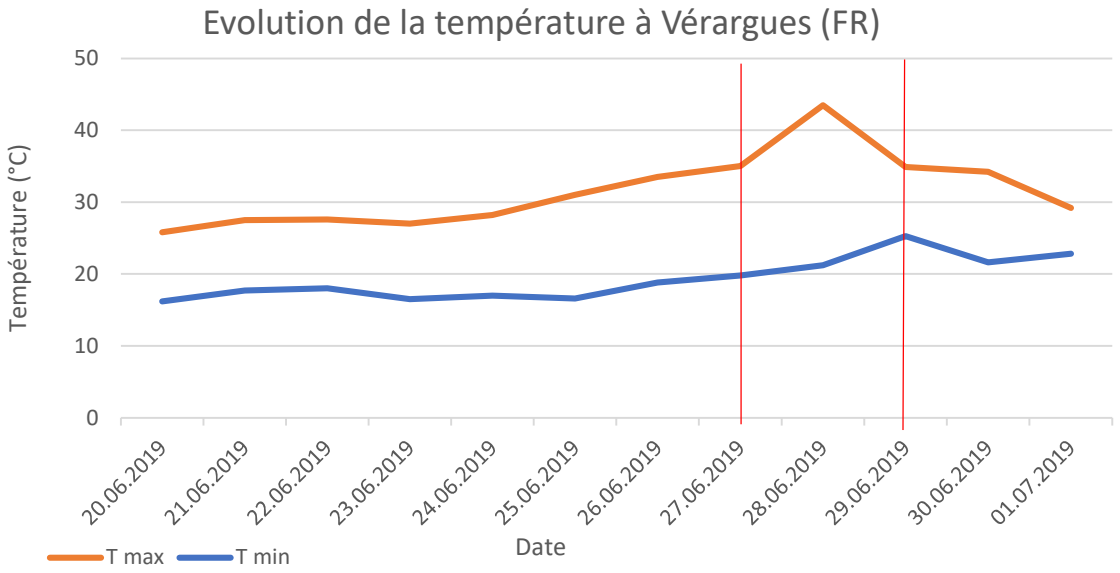

*Image 4 Anomalie de température en Amérique du Nord lors du dôme de chaleur de juin 2021 (NASA Earth Observatory)*

On retrouve ci-dessous les courbes de températures de ces trois évènements. On observe dans le cas de Lytton et Vérargues, une augmentation de la température de +10°C en maximum trois jours, sur la base d'une température déjà élevée (environ 35°C). A Genève, la température est restée plus constante, le pic étant beaucoup moins marqué que dans le cas de Lytton et Vérargues.

[8] *Bloomberg.com*, juin 2021, «Heat Dome Smashing Northwest Records Began With China Rain»



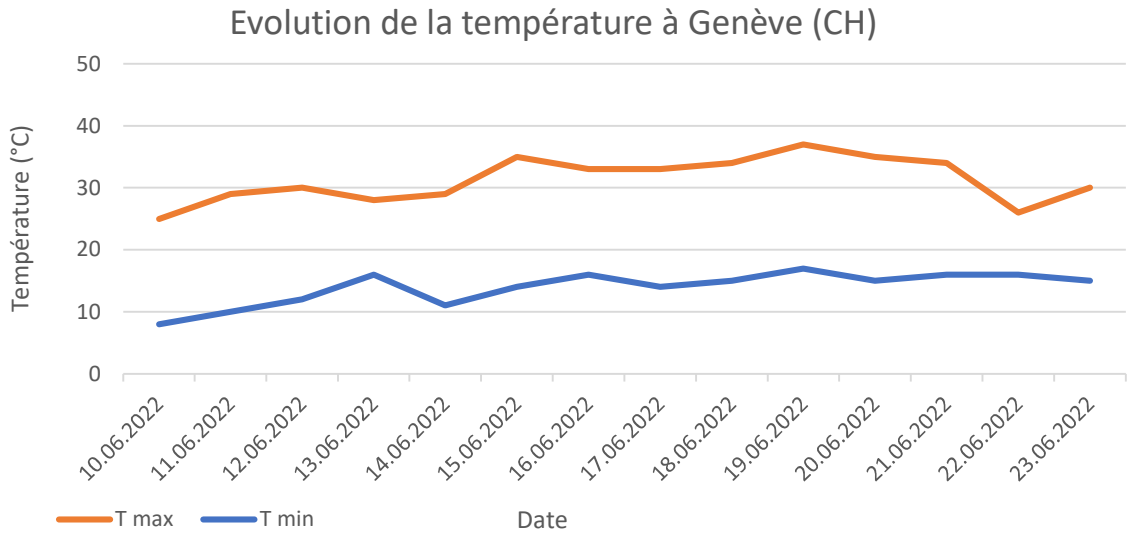

*Graphique 1: Températures à Lytton (Canada) durant le dôme de chaleur de 2021. La zone entre les barres rouges représente le dôme de chaleur.*[9]




*Graphique 2: Température à Vérargues (France) durant le dôme de chaleur.*[10]

[9] *Weather.gc.ca*, 2021, Daily temperature

[10] *Infoclimat*, archives 2019




*Graphique 3: Température à Genève durant la vague de chaleur en juin 2022*

Le pic de température maximal atteint à un certain endroit dépend de la température de départ avant l'influence du dôme et de l'intensité avec laquelle le dôme agit (puissance et persistance). À cela, s'ajoutent des caractéristiques locales propres à certains endroits (topographie, îlot de chaleur urbain, vents dominants, foehn, etc) qui peuvent propulser les pics de température à des extrêmes bien au-dessus des moyennes régionales, comme ce fut le cas à Lytton[11].

Bien que les températures enregistrées jusqu'à présent en Suisse sous l'influence de dôme de chaleur ne soient pas autant extrêmes qu'à Lytton et à Vérargues, il est important de rappeler que les dômes de chaleur sont déjà une réalité en Suisse. De plus, l'évolution future des facteurs pouvant influencer la température maximale sous ces conditions laisse présager que nous ne sommes qu'aux prémices de vagues de chaleur beaucoup plus conséquentes.

## Conséquences

Parallèlement à l'augmentation des températures moyennes estivales, il est pratiquement certain que les extrêmes de chaleur vont augmenter et devenir plus fréquents, plus intenses et plus persistants dans toutes les régions terrestres du monde. Dans le contexte européen, l'intensification des extrêmes de chaleur est plus prononcée au nord de la mer Méditerranée, y compris en France et en Suisse. La Suisse fait ainsi partie d'une région chaude qui a connu l'une des plus fortes intensifications des extrêmes de chaleur au cours des dernières décennies ; de plus, cette région devrait être l'une des zones qui connaîtra la plus forte intensification des extrêmes de chaleur à l'échelle mondiale.

Le premier rapport du GIEC expliquait déjà en 1990 que les changements dans la variabilité de la météo et la fréquence des extrêmes auront généralement plus d'impact que les changements dans le climat moyen[12]. Depuis, la compréhension des événements extrêmes et la capacité de les simuler se sont considérablement améliorées. Le rapport du GIEC le plus récent présente les extrêmes sur plus de cent pages [13].

---

[11] *Skepticalscience*, 2019. The Cool, lush Pacific Northwest roasts in Death Valley-like temperatures

[12] IPCC (1990), Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate Change. *Cambridge University Press*.

[13] IPCC (2013), Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, *Cambridge University Press*,

Le rapport CH2018 prend lui aussi en compte les extrêmes et les indices climatiques en plus des moyennes saisonnières tout en considérant la dépendance des températures locales à la topographie. Les indices décrivent statistiquement les changements dans les événements extrêmes par le dépassement d'un certain seuil significatif et sont adaptés à la vulnérabilité de certains secteurs spécifiques.

Bien que le niveau de compréhension scientifique des extrêmes de température soit considéré comme haut, les projections climatiques témoignent d'une grande dispersion des modèles quant à leurs valeurs exactes. L'incertitude du réchauffement moyen régional multiplié par les facteurs amplifiant ou amortissant spécifiquement la variabilité et les extrêmes, tels que les changements potentiels de circulation, les rétroactions de la surface terrestre, le forçage des aérosols et les changements d'irrigation et d'utilisation des terres en sont la raison. Ainsi certains modèles français avertissent de températures potentiellement supérieures à 50°C avant la fin du siècle dans l'Est de la France[14].

Ces périodes caniculaires constituent déjà, tel quel, un grand danger pour la Suisse. Effectivement, nous pouvons relever un certain nombre de conséquences qui peuvent intervenir d'ores et déjà en période caniculaire. Ces conséquences ont déjà été observées par les médias et les centres météorologiques lors de précédents dômes de chaleur.

Le stress thermique, conséquence d'une température pendant la nuit particulièrement importante empêchant le corps de se refroidir, a un impact sur la santé et le confort des personnes, particulièrement très jeunes ou âgées. C'est un phénomène déjà largement observé en période de forte chaleur et qui peut mener au décès.

De plus, les canicules vont souvent de pair avec une sécheresse importante et ce couplage sera de plus en plus fréquent comme l'indique le CH2018. Les sécheresses importantes menacent l'agriculture et la biodiversité, pouvant provoquer également des feux et un stress hydrique.

Une autre conséquence, encore peu ressentie en Suisse, se produit sur les infrastructures. Comme nous l'avons déjà mentionné, le fonctionnement d'une grande partie des infrastructures est garanti en dessous d'une certaine température limite. Cette limite est généralement fixée à 40°C[15]. De fortes chaleur peuvent amener à une panne de ces appareils.

C'est ce risque spécifique que nous détaillons dans le chapitre suivant.

---

[14] *Environmental Research Letters*, 2017. Future summer mega-heatwave and record-breaking temperatures in a warmer France climate

[15] Selon les expériences d'Impact Living et des entreprises techniques qui fournissent et installent le matériel technique.

*Image 4 : La Tribune de Genève, 2017*

## Impact des données climatiques futures sur nos infrastructures

Ces apprentissages combinés à des recommandations d'ingénierie ont été transposés sur des cas concrets d'infrastructures appartenant à nos clients. Ces données ne peuvent être transposées ici, mais les apprentissages de ces analyses de risques et de vulnérabilités nous permettent de construire des recommandations d'adaptation et surtout d'anticipation.

## Compréhension de nos systèmes techniques.

Les conditions météorologiques historiques de la Suisse nous ont poussé à construire pour nous prémunir du froid. Nous n'avons jusque-là pas eu le besoin de construire contre de fortes chaleurs.

Toutes les machines - que ce soit des climatiseurs, des moteurs électriques, de chauffage, des boilers… - qui consomment de l'énergie disposent de rendements. C'est-à-dire que ces machines ont toujours des pertes thermiques. Lorsqu'il s'agit de produire de la chaleur en période de froid, ces pertes thermiques sont plutôt les bienvenues. Au contraire, lorsqu'il s'agit de produire du froid, ces pertes thermiques posent un problème.

Si l'on prend l'exemple d'une climatisation, elle produit du chaud d'un côté (rejeté dans l'air ambiant) et du froid de l'autre (utilisé à l'intérieur d'un bâtiment). La somme des deux est une production de chaleur. Ainsi, à grande échelle, si l'on climatise de nombreux bâtiments dans un quartier, on produit en réalité de la chaleur pour tout le monde. Cela contribue à exacerber les situations de chaud.

D'autre part, les machines ont toujours des seuils de fonctionnement avec des températures maximales. Passé ces températures, soit elles s'arrêtent par sécurité, soit elles tombent en panne. Elles ne peuvent pas fonctionner à des températures supérieures car les matériaux se dilatent et bloquent les mouvements, soit car les gaz contenus dans ces machines se détendent trop, soit encore car les systèmes électroniques se détériorent.

D'une façon générale, la majorité de nos systèmes techniques sont conçus pour résister à des températures de 40°, pas plus. En tenant compte de la problématique des rendements et des pertes de chaleur, dès que les températures atteignent 36-38° durant quelques heures, les premières pannes peuvent survenir.

Nous avons déjà pu observer de tels problèmes cet été 2022 en Suisse où des pannes plus fréquentes qu'à la normale sont apparues. Les services industriels de Genève ont par exemple recensé 19 pannes électriques anormales durant les mois de juillet et août 2022.

On peut facilement imaginer de nombreux cas de figure où ces pannes peuvent paralyser totalement un système ou un service. Notamment, une climatisation dans un EMS ou un hôpital, un serveur informatique, des rails de chemin de fer qui se dilatent ou l'aiguillage qui tombe en panne, des routes dont le goudron fond… Tous ces éléments entraîneraient des conséquences humaines et économiques importantes.

## Possibilités d'adaptation et nouveaux scénarios de référence

L'analyse des données climatiques nous donnes les indications suivantes.

1) Des températures moyennes plus élevées doivent être prises en compte. Nous pouvons tabler sur le fait que des températures autour de 40° durant plusieurs semaines seront la nouvelle norme.
2) Des phénomènes météorologiques exceptionnels pourraient se greffer sur des périodes chaudes en provoquant une accélération des vagues de chaleur et en atteignant peut-être même des températures de 50°.
3) Les modèles climatiques montrent en revanche que les nuits resteront relativement fraîches, probablement toujours en-dessous de 30°.

Nous suggérons vivement que ces données soient utilisées comme nouvelle référence et le développement de futures normes. Le dimensionnement de nos infrastructures et bâtiments devrait en tenir compte afin de leur permettre de fonctionner correctement sous les futures températures. Quelques recommandations sont proposées au chapitre suivant.

# Recommandations pour les infrastructures critiques et non-critiques

## Infrastructures critiques

On compte par exemple parmi les infrastructures critiques le réseau électrique, les EMS, les hôpitaux, etc… Dès aujourd'hui, il s'agit de sécuriser ces infrastructures avec des mesures de froid actif. Les installations techniques de ces infrastructures doivent, sans délai, être dimensionnées pour des températures de 50°C. Ces dernières doivent pouvoir fonctionner – quoi qu'il arrive – dans les cas de scénarios extrêmes. Pour ces infrastructures, des mesures passives (isolation, ventilation, protections solaires, végétalisation) doivent être combinées aux mesures actives (production de froid) dont le fonctionnement doit pouvoir être garanti avec des températures extérieures de 50C°.

Comme les événements climatiques français et canadiens l'ont montré, il est important d'insister ici sur le fait que cela peut arriver dès l'été prochain. Il ne s'agit pas d'un scénario hypothétique à 30 ans. En ce sens, les responsables de ces infrastructures devraient mettre en place non-seulement une analyse des risques, mais surtout une stratégie de mise en œuvre et le développement de solutions actives pour se prémunir.

Enfin, pour les besoins de sécurité publique, il ne serait pas excessif de considérer des lieux de survie pour affronter des événements extrêmes à court terme par les administrations publiques.

## Infrastructures non-critiques

Les infrastructures non-critiques sont par exemple l'habitat, les écoles, la majorité des entreprises, les administrations publiques, etc… Pour celles-ci, il est important de considérer que des températures estivales atteignant régulièrement 40°C vont devenir la norme. Dans ce cas, si des mesures de protection contre la chaleur ne sont pas mises en œuvre, cela diminuera le confort, posera des problèmes de production, gênera les habitants ou les ouvriers. Ce n'est pas catastrophique, mais c'est ennuyant.

Un des éléments les plus intéressants pour ces infrastructures est de constater, dans les données climatiques ci-dessus, que les nuits resteront relativement fraîches à l'avenir, même lors de canicules. Il est ainsi possible de mettre en œuvre des mesures low-tech qui résolvent totalement le problème. Les solutions low-techs sont toutes les techniques simples, passives et sans utilisation d'énergie active, mais qui permettent d'offrir un service. Par exemple, en utilisant la fraîcheur nocturne pour refroidir les habitats et les infrastructures, puis en mettant en place de bonnes protections solaire la journée, les températures resteront fraîches.

Nous constatons que les infrastructures existantes n'ont malheureusement pas été préparées à ces données. Le réflexe, à court terme, est l'équipement dans l'urgence des bâtiments et des entreprises avec des climatiseurs de mauvaise qualité dès que de fortes chaleurs apparaissent. Ces appareils génèrent tout d'abord des impacts importants sur le climat du fait des mauvais gaz réfrigérants qui les composent mais également une forte augmentation de la consommation électrique sur une période courte. Or, à ce moment précis, les transformateurs et les réseaux électriques subissent les mêmes vulnérabilités ce qui peut nous entraîner dans une chaîne de conséquences négatives et d'augmentation des risques.  Il serait bon que ces solutions soient réservées uniquement pour les infrastructures critiques.

Dans la liste des techniques low-tech et efficaces, nous trouvons notamment (liste non exhaustive) :

- Développement de la couverture végétale (toitures végétalisées, plantation d'arbres, suppression des surfaces bétonnées, …) pour abaisser localement la température.
- Nouvelles techniques constructives des toitures permettant les protections contre les surchauffes (suppression des velux, double-peaux, choix des couleurs, …).
- Protections solaires passives sur les vitrages.
- Systèmes de ventilations nocturnes.
- Conception bioclimatique dès les premiers dessins architecturaux.
- Création des parcs extérieurs, zones vertes et terrasses ombragées.
- Isolation des bâtiments avec des matériaux à fort déphasage.
- Identification des pertes de chaleur des machines et réglages de celles-ci.

Ces solutions nécessitent des planifications plus sensibles, le développement de nouvelles compétences dans les métiers et parfois également d'utiliser des techniques ancestrales oubliées. Le rôle des planificateurs est largement renforcé pour la mise en œuvre correcte et efficace de ces solutions.