



COSTIC

Comité Scientifique et Technique
des Industries Climatiques



| Le conforté d'été, un sujet brûlant

Rencontre nationale CARTE

09 Novembre 2023

Cédric BEAUMONT
Directeur technique
c.beaumont@costic.com

www.costic.com



QUI SOMMES-NOUS ?

Une association au service des professionnels du CVC

Formations

- Continue et initiale
- Environ 2000 pro formés / an

- Etudes techniques
- Suivis instrumentés
- Guides
- Outils de calcul
- ...

Etudes et recherche



Prestations Techniques

- Audits techniques
- Audits énergétiques
- Assistance technique
- ...

En 2022, **59 %** des Françaises et des Français déclaraient
avoir souffert de la chaleur dans leur logement
pendant au moins 24 heures (+8 points par rapport à 2020)

Source : Médiateur de l'énergie, Baromètre énergie-info, 2022, cité dans « Précarité énergétique d'été – Une nouvelle forme de mal logement » Fondation Abbé Pierre - 2023

DE QUOI ALLONS-NOUS PARLER AUJOURD'HUI ?

- Il fait chaud dedans parce qu'il fait chaud dehors
- « Il fait trop chaud », ça veut dire quoi ?
- Le chaud, il rentre par où ?
- Je rénove = Je rafraichis ?
- Rafraichir sans clim

Il fait chaud dedans parce qu'il fait chaud dehors

Caractérisation et évolution du climat

T_{max} annuel

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
LILLE	34.2	34.5	34.7	34.2	33.4	35.1	35.3	34.4	37.6	41.5	38.2	30.4	39.1	32.4
PARIS	35.1	36.8	38.4	35.5	35.8	39.7	36.6	36.9	37.4	42.6	39.3	33.3	40.5	34.2
NANTES	33.9	36.0	35.8	35.2	34.9	37.1	36.6	36.5	35.3	38.8	39.6	33.7	42.0	35.1
STRASBOURG	36.1	35.1	34.3	36.4	37.0	38.7	36.0	35.3	36.4	38.9	36.7	34.3	38.4	36.5
LYON	36.3	37.9	38.0	35.9	35.2	39.2	34.9	37.9	37.0	40.4	39.9	35.4	38.9	41.4
MARSEILLE	34.7	34.9	35.8	36.3	35.2	36.0	35.1	39.2	37.9	39.6	37.9	37.9	39.1	37.7

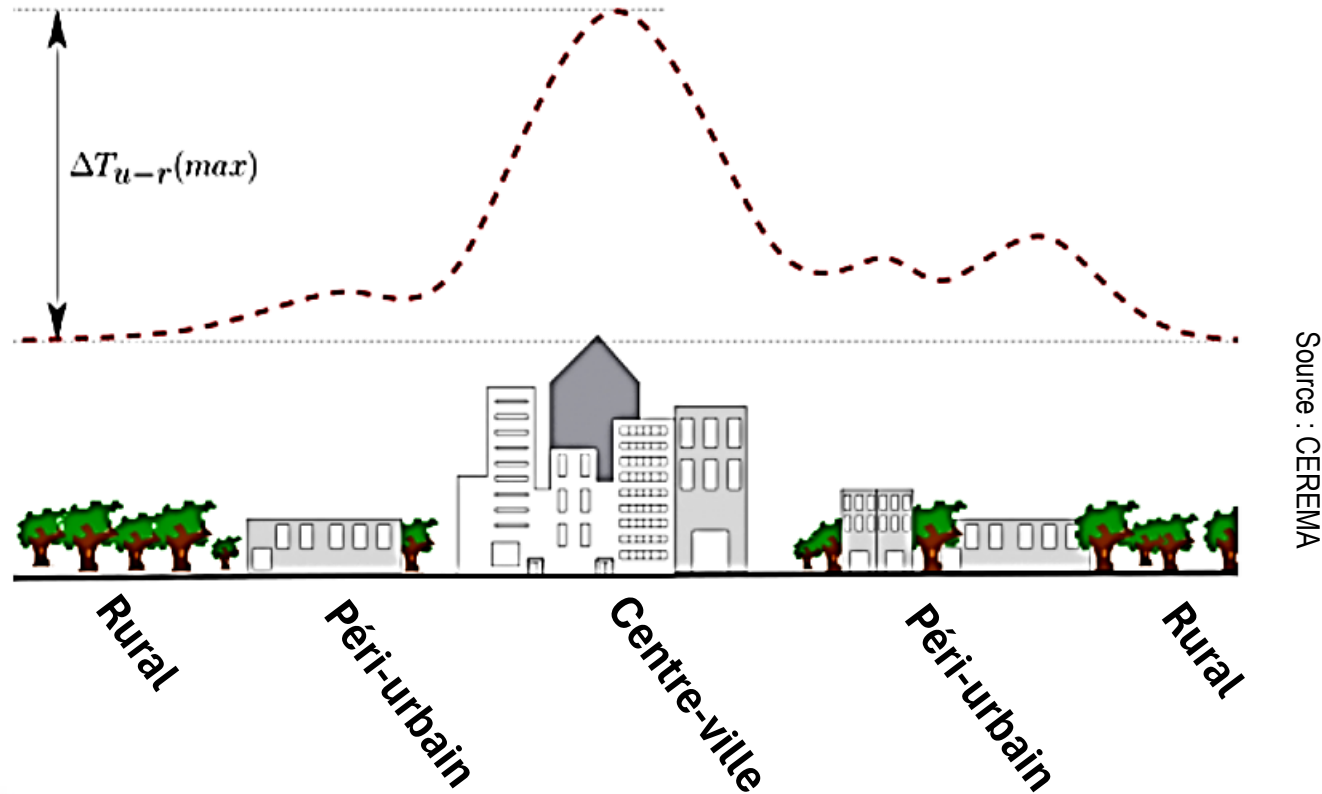
Nombre de jours où T_{max} ≥ 30°C entre le 01/04 et le 30/09 (soit 183 j)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
LILLE	9	4	6	6	4	7	9	12	18	15	17	1	16	15
PARIS	18	10	14	21	7	28	16	20	30	26	23	14	32	30
MARSEILLE	51	48	65	58	44	60	71	72	79	80	76	64	98	75

Nombre de jours où T_{min} ≥ 21°C entre le 01/04 et le 30/09 (soit 183 j)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
LILLE	0	1	0	0	0	1	1	2	3	3	5	0	2	1
PARIS	5	2	2	3	2	5	7	6	10	9	9	0	7	9
MARSEILLE	29	8	24	21	16	32	29	35	40	38	33	30	63	48

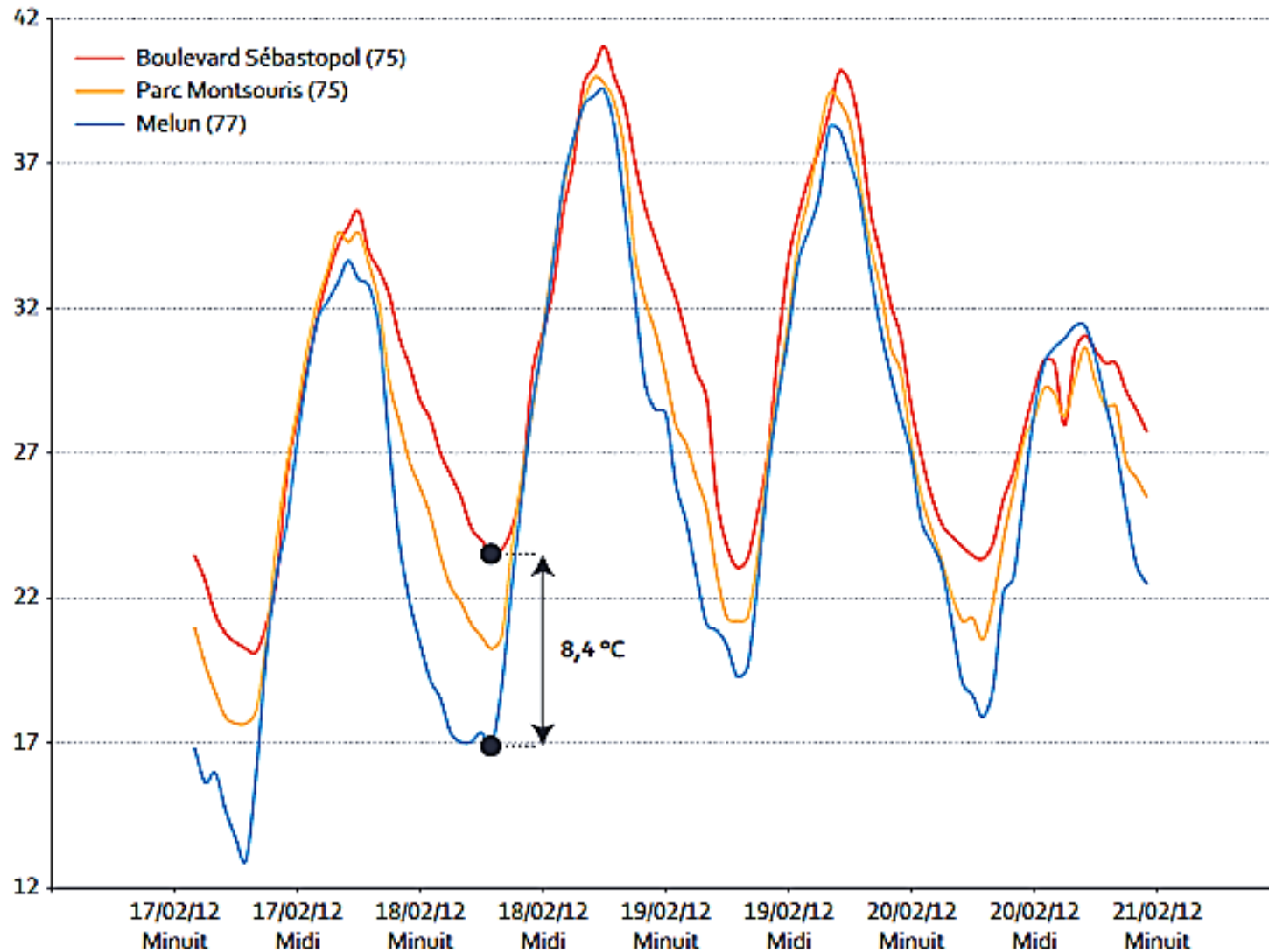
Source : Service DJU COSTIC



- Evolution en 2050
- Phénomène d'îlot de chaleur urbain

Les îlots de chaleur urbain

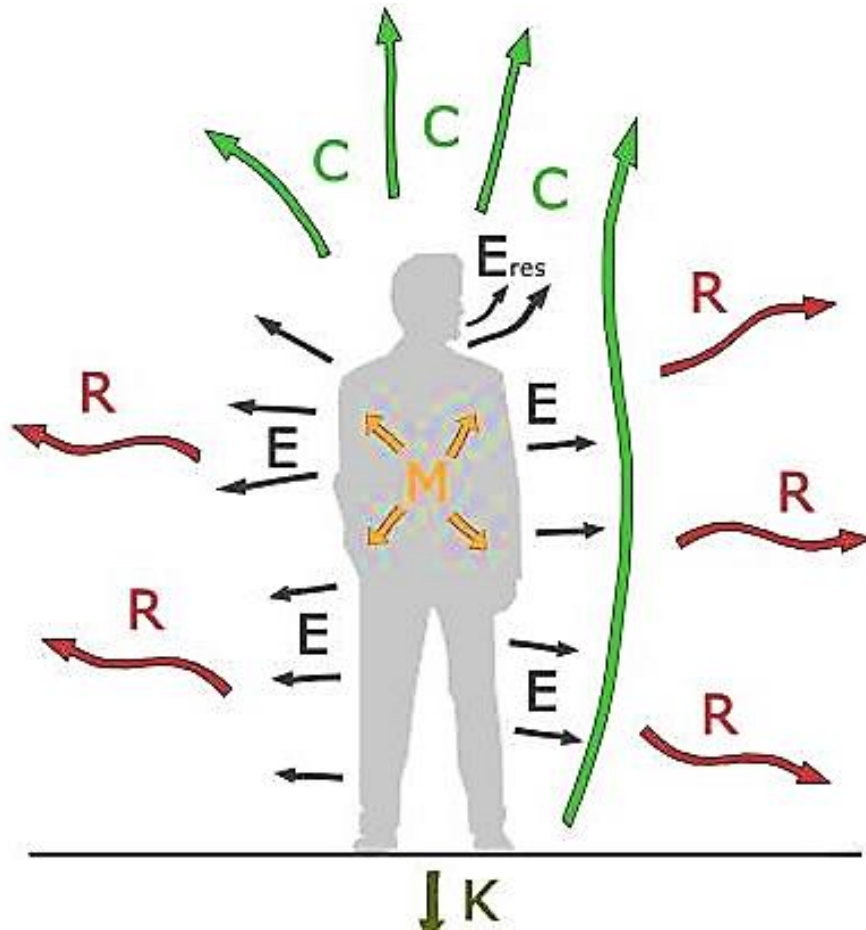
Figure 5 – Températures relevées du 18 au 20 août 2012, sur les stations du boulevard Sébastopol (75 001), parc Montsouris (75 014) et de Melun (77)



Source : « les îlots de chaleur urbain à Paris » - APUR

« Il fait trop chaud », ça veut dire quoi ?

Indicateurs de confort d'été

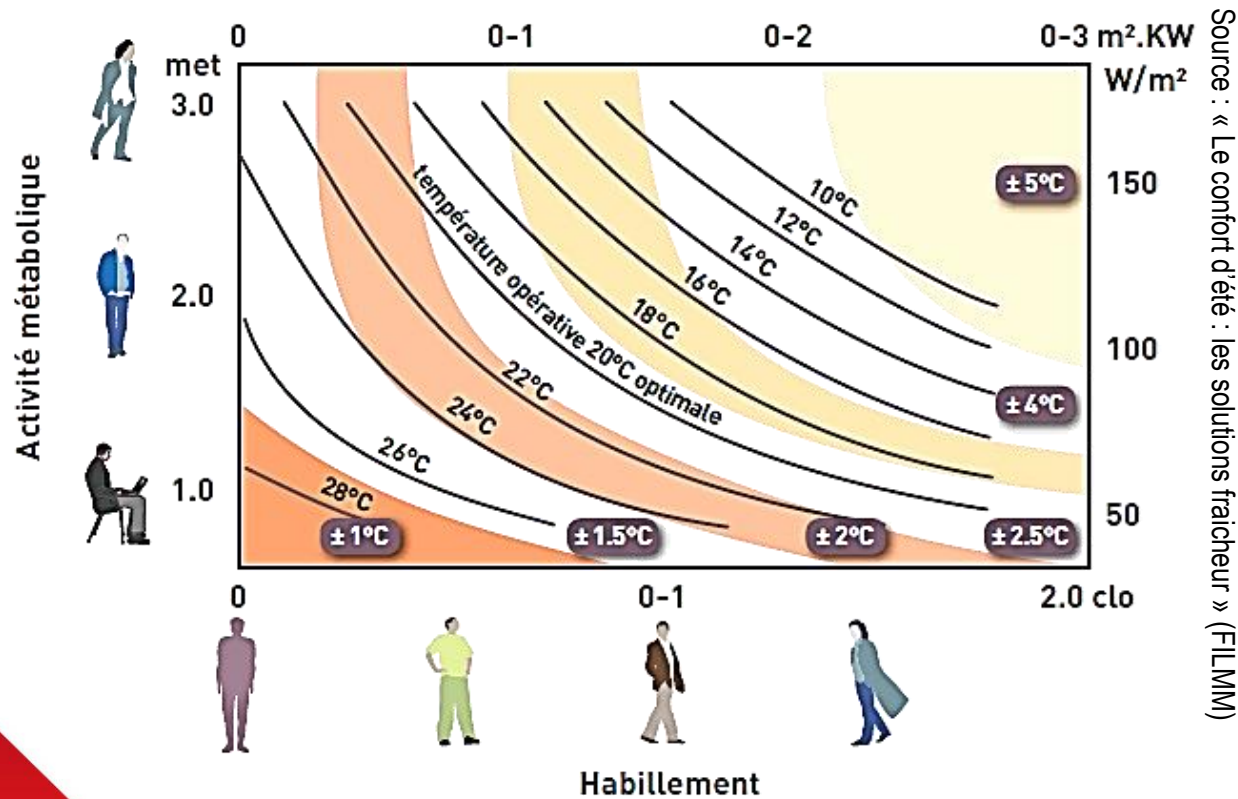


Source : « Climatisation douce » (COSTIC)

- Convection
- Rayonnement
- Notion de température résultante
- Notion de température ressentie
- Influence de la température de l'air
- Influence de l'humidité
- Influence de la vitesse d'air

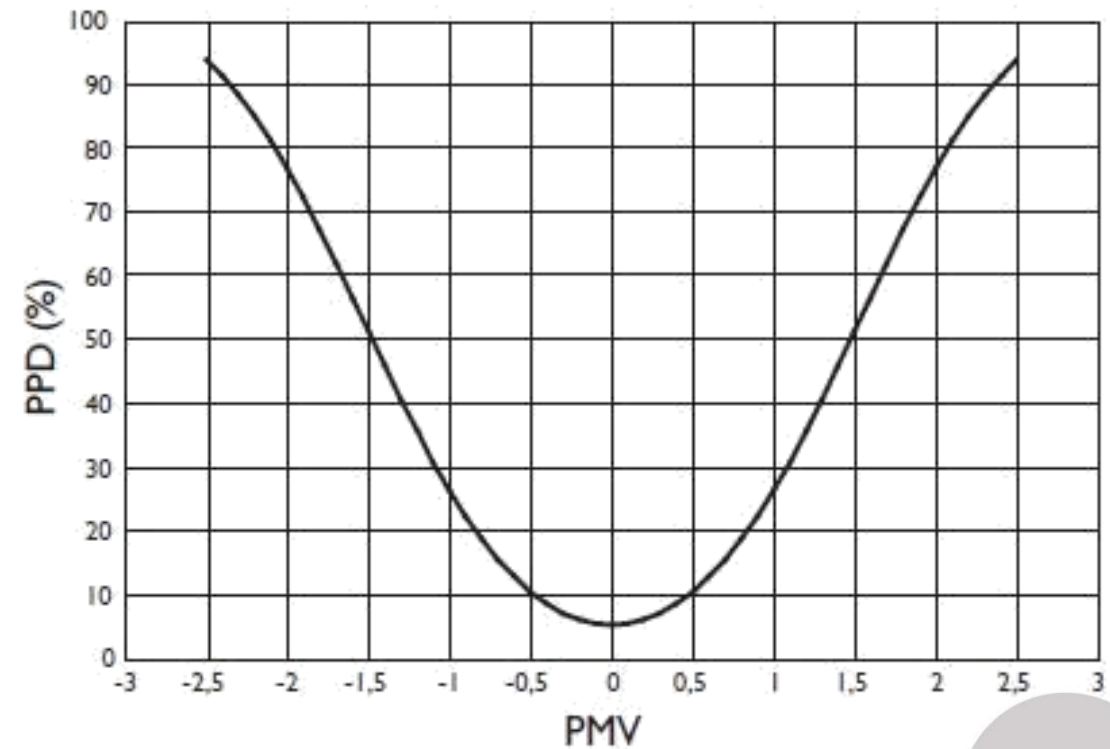
INDICATEURS DE CONFORT

La norme NF EN ISO 7730



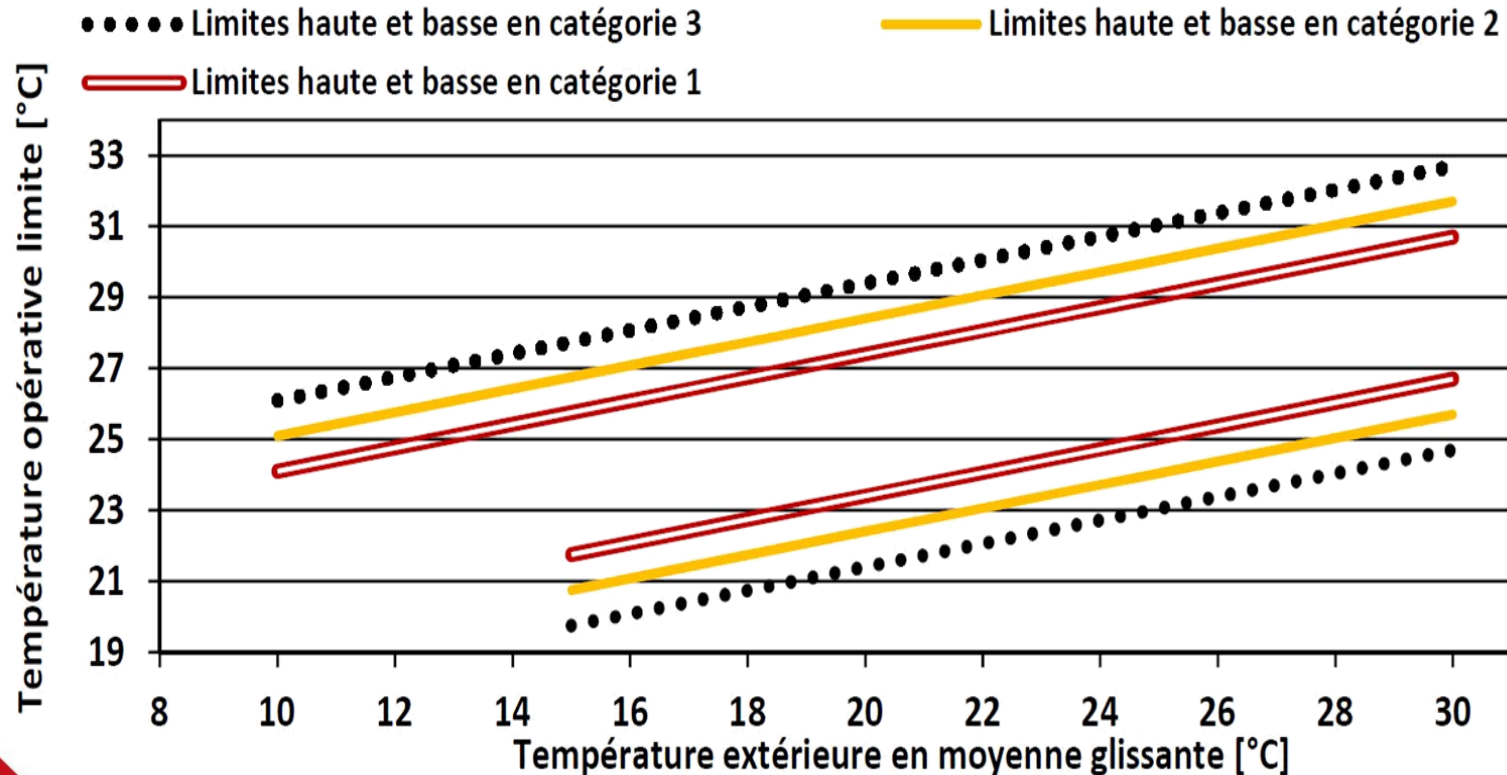
- Approche statistique (PMV, PPD)

- Température seuil pour des conditions données



INDICATEURS DE CONFORT

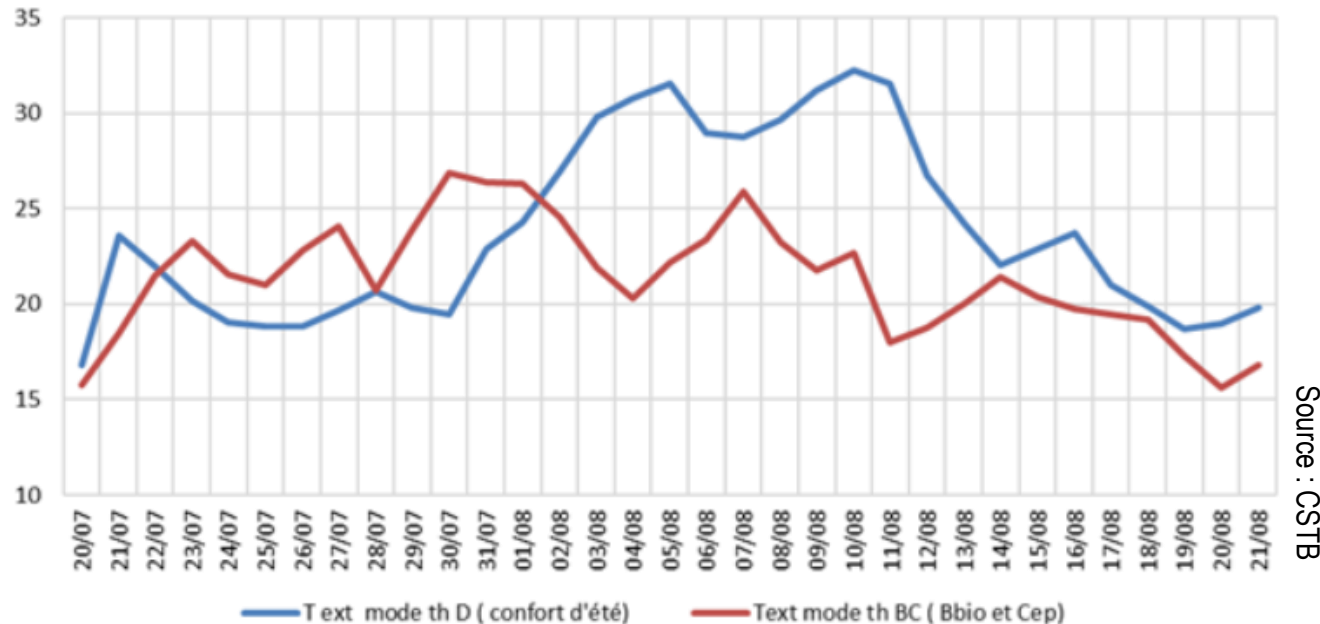
La norme NF EN 15 521



- Notion de « confort adaptatif »
- Pour les bâtiments non climatisés
- Remplacée en 2020 par la NF EN 16798-1

Les degrés heures d'inconfort dans la RE2020

Evolution journalière de la température extérieure
en zone H1a du 20 juillet au 27 août

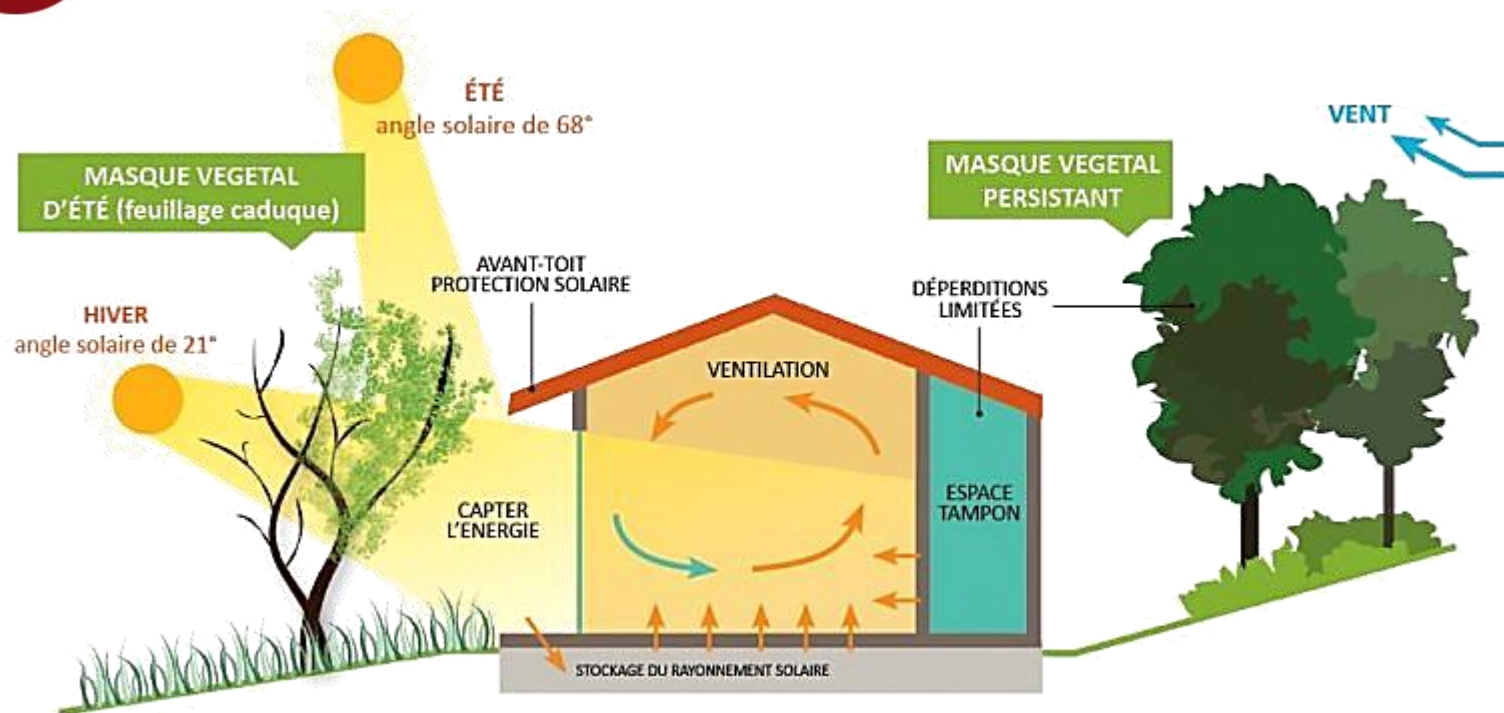


- Utilisation d'une séquence caniculaire pour le fichier météo
- Température haute entre 26°C et 28°C par une approche adaptative
- $DH = \sum_i (T_{op_i} - T_{lim_i})$

Le chaud, il rentre par où ?

Bilan thermique

BILAN THERMIQUE DES BÂTIMENTS



- Température extérieure
- Apports solaires
- Apports internes
- Isolation thermique
- Inertie
- Renouvellement d'air

- Orientation
 - Environnement
 - Nature et répartition des baies vitrées
 - Compromis Apports gratuits / Confort d'été
 - Rendre possible la ventilation traversante
 - Protections solaires
 - Choix de l'isolation
 - Inertie
 - de la structure
 - intérieure
 - Conception et isolation de la toiture
 - Solution de ventilation / rafraichissement
 - Choix des équipements (éclairage, bureautique,...)
- ⇐
- Température extérieure
 - Apports solaires
 - Apports internes
 - Isolation thermique
 - Inertie
 - Renouvellement d'air

Je rénove = Je rafraichis ?

Rénovation et confort d'été

- ~~Orientation~~
 - ~~Environnement~~
 - **Nature et répartition des baies vitrées**
 - Compromis Apports gratuits / Confort d'été
 - ~~— Rendre possible la ventilation traversante~~
 - **Protections solaires**
 - **Choix de l'isolant**
 - ~~Inertie~~
 - ~~— de la structure~~
 - ~~— intérieure~~
 - ~~Conception~~ et isolation de la toiture
 - **Solution de ventilation / rafraichissement**
 - **Choix des équipements (éclairage, bureautique,...)**
 - **Comportement des utilisateurs**
- ⇐
- **Température extérieure**
 - **Apports solaires**
 - **Apports internes**
 - **Isolation thermique**
 - **Inertie**
 - **Renouvellement d'air**

- Dispositifs d'aides à la rénovation basés sur un objectif énergétique
- Confort d'été rarement étudié dans les audits énergétiques
- L'amélioration de l'isolation sans autres dispositions peut amener à la dégradation du confort d'été
- Pour la maison individuelle, il existe peu d'outils d'évaluation simplifiée

Rafrachir sans clim

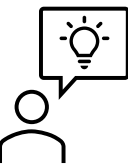
Solutions de rafraichissement

- **Rafrachir vs Climatiser**
- **Capacités de rafraichissement limitées mais performances énergétiques élevées**
- **Quelles sources de fraîcheur valoriser ?**
 - L'air extérieur la nuit
 - Le sol
 - La température humide de l'air
 - La voûte céleste
 - L'eau (nappes, lacs, rivière, mers)
- **Quels vecteurs pour apporter cette fraîcheur au bâtiment ?**
 - Souffler de l'air
 - Faire circuler de l'eau dans des émetteurs (plafonds)

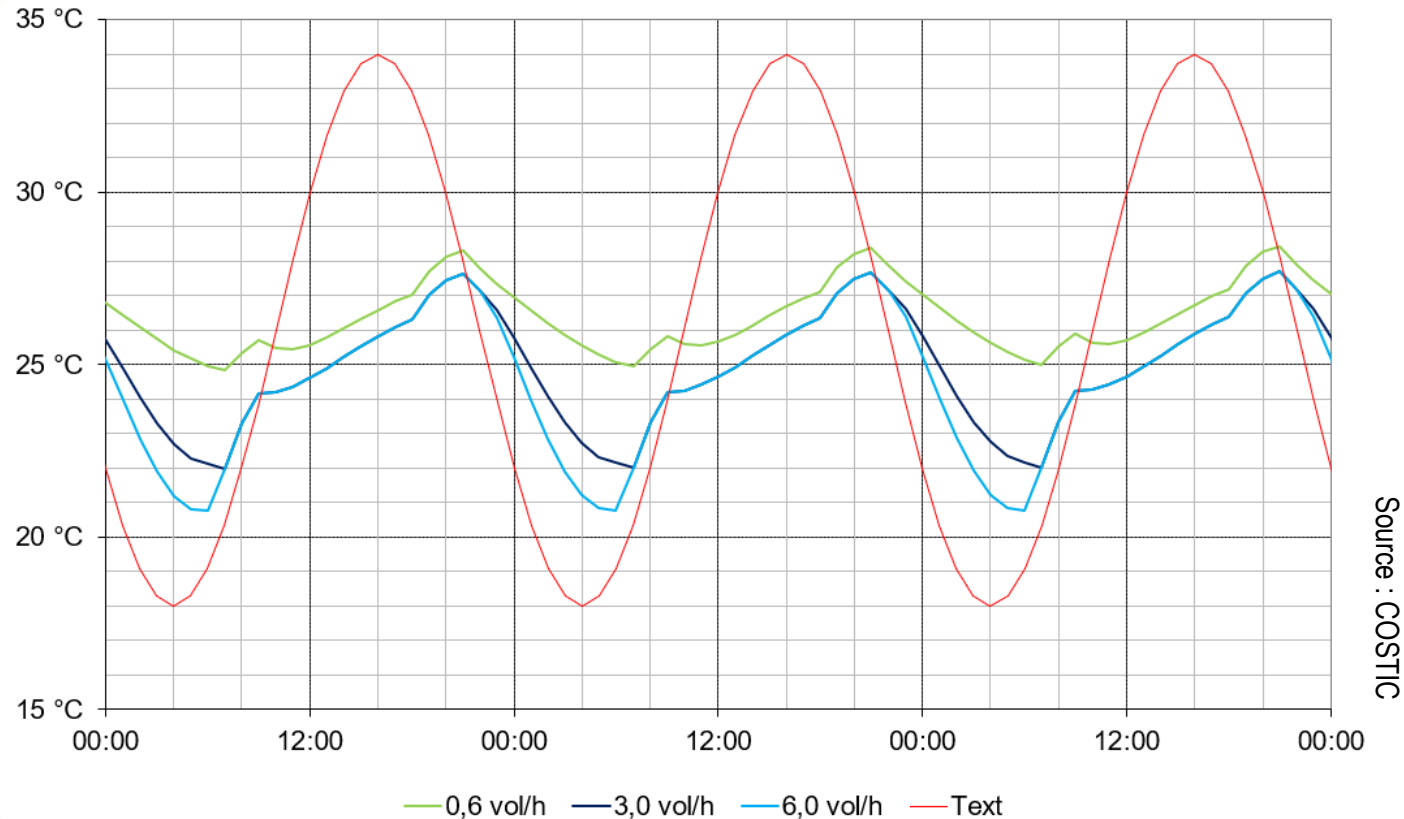
Principales solutions

	Source froide				Vecteur		Application	
	Air nocturne	Air humide	Sol	Voute céleste	Air	Eau	MI	Tertiaire
Sur-ventilation nocturne	x				x		x	x
Rafrachissement adiabatique		x			x	x	(x)	x
Puits climatiques			x		x		x	x
Géo-cooling			x			x		x
Sky-cooling				x		x		x

Source : COSTIC

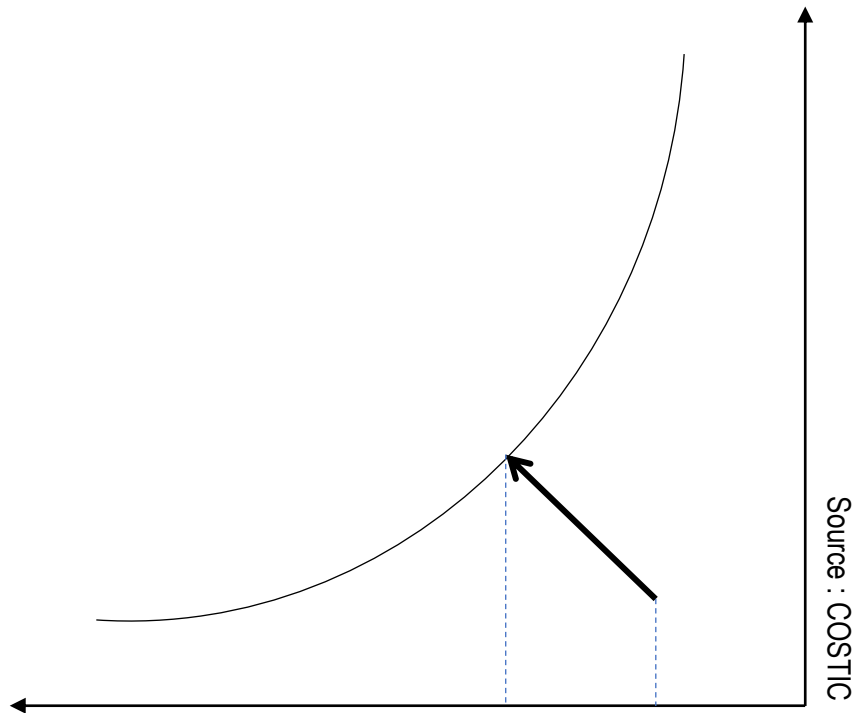


La sur-ventilation nocturne



- **Naturelle** (par ouverture d'ouvrants) ou **Mécanisée**
- **Capacité de rafraîchissement** directement dépendante des conditions extérieures et du débit
- **Objectif : 3 à 6 vol/h**
- **Application : Tertiaire et MI**

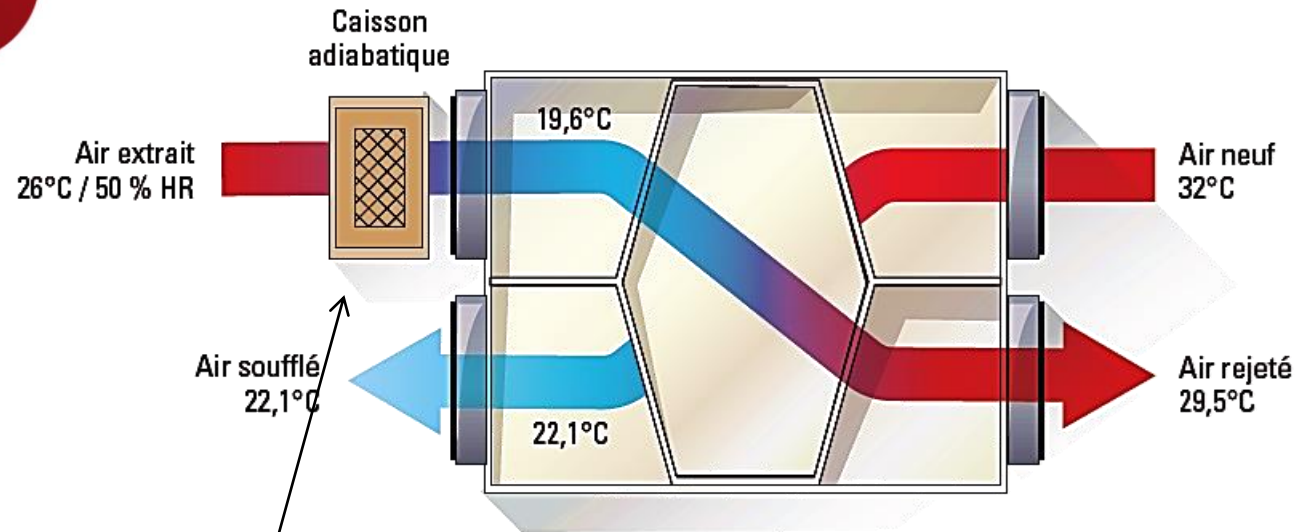
Le rafraîchissement adiabatique



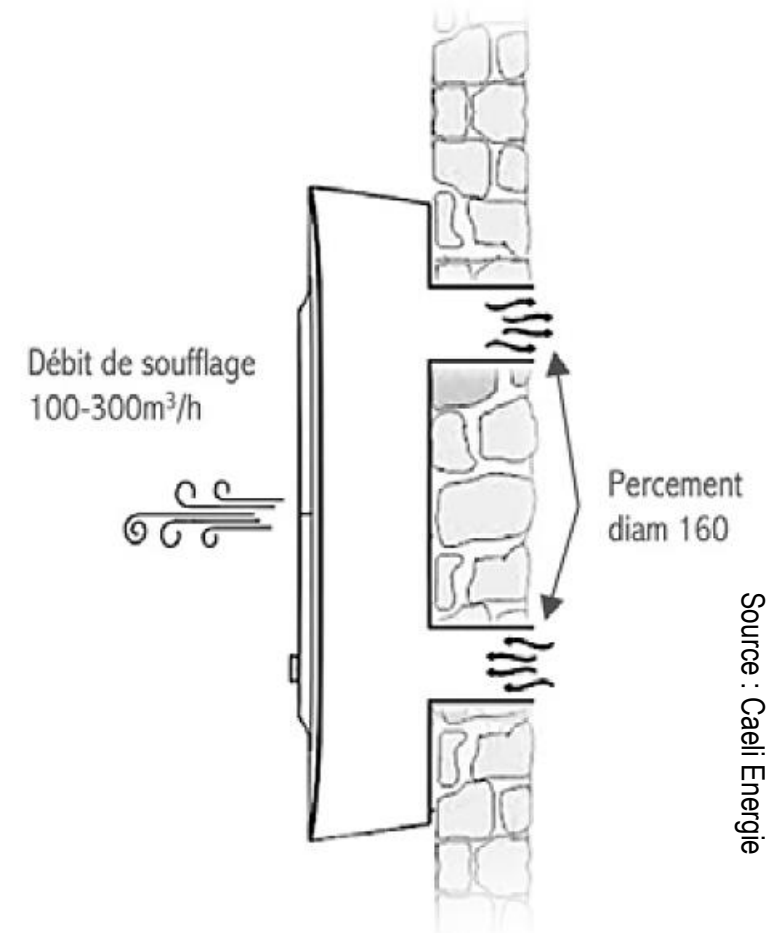
- L'eau prélève de l'énergie en s'évaporant
- Modules directs ou indirects
- Modules autonomes ou associés à des CTA
- Ruissellement sur un média ou pulvérisation
- EER de 10 à 20
- Adexi, ETT, France Air, Seeley, Caeli Energie,...

RAFRAICHISSEMENT BASSE CONSOMMATION

Le rafraichissement adiabatique

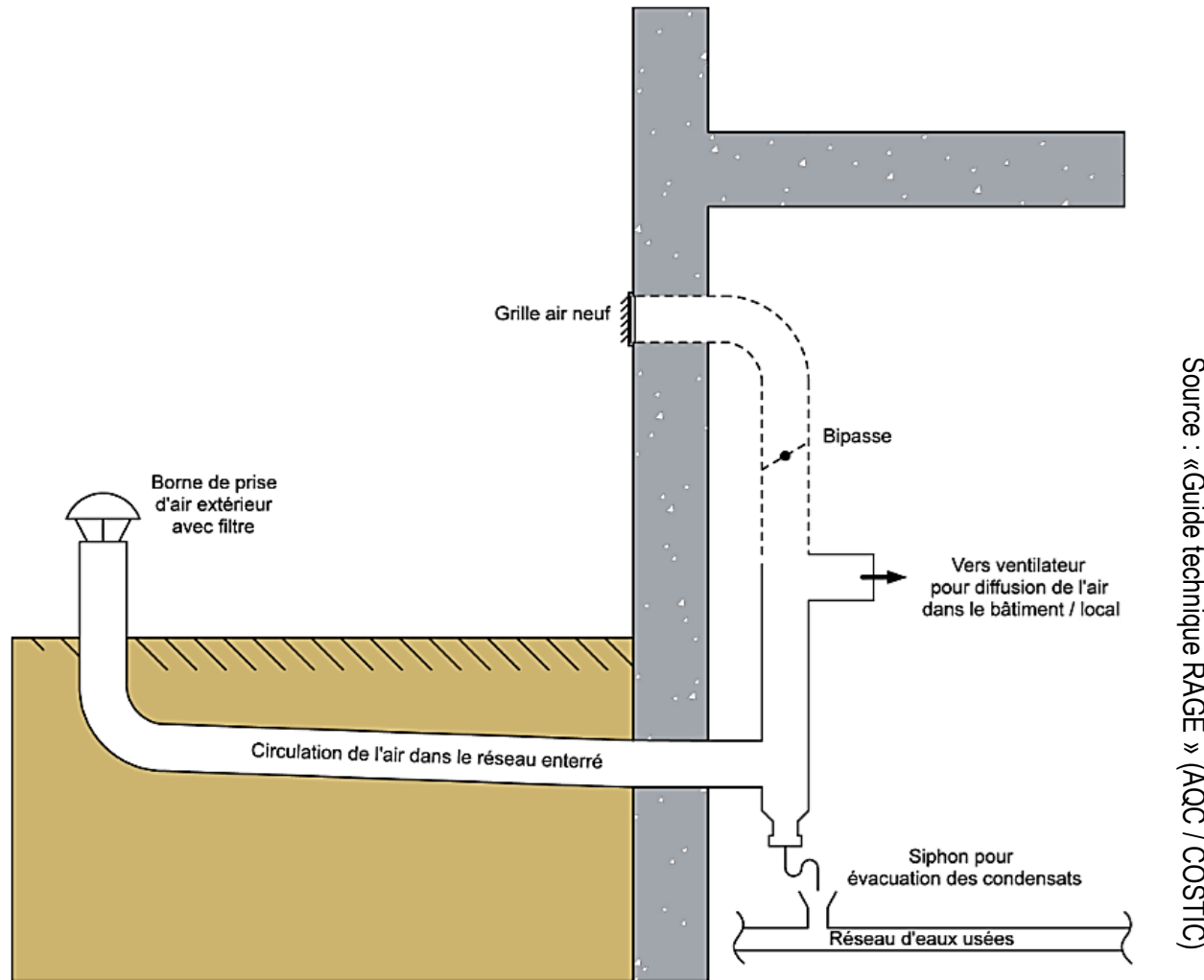


**Rafraichissement adiabatique
indirect sur air extrait
couplé à une CTA**



**Solution décentralisée de
rafraichissement adiabatique
indirect sur air neuf**

Les puits climatiques



Source : « Guide technique RAGE » (AQC / COSTIC)

- Sol à température constante
- $T^{\circ}_{\text{sol}} \approx T^{\circ}_{\text{air}}$ moyen annuel
- Le dimensionnement doit faire tendre la T°_{air} en sortie de puits vers la T° du sol
- Attention à la mise en œuvre (étanchéité, pente, traversée de paroi)
- Interface Terrassement / Génie climatique
- Application : Tertiaire et MI
- Faisabilité restreinte en réno



En synthèse

- Le changement climatique va accroître la fréquence, l'intensité des problèmes de confort d'été dans les bâtiments, ainsi que le nombre de bâtiments concernés
- Si l'on veut éviter l'écueil d'une généralisation de climatisations « sauvages » peu performantes, il est nécessaire de mieux considérer cette problématique dans la conception des bâtiments et plus encore dans leur rénovation
- L'amélioration du parc existant est d'autant plus complexe que plusieurs paramètres impactants peuvent difficilement être modifiés et qu'un certain nombre de solutions de rafraîchissement sont difficilement envisageables dans ce contexte
- De plus, les dispositifs d'aides (et en conséquence les approches techniques qui y répondent) ne traitent pas aujourd'hui de cette problématique

● Confort d'été

- « Améliorer le confort d'été dans l'habitat collectif » E-cahier N°3619 – CSTB - 2008
- « Confort d'été passif » Arene Ile de France / ICEB – 2014
- « Confort des occupants dans les bâtiments performants » COSTIC pour Energies & Avenir - 2016
- Outil RITE – CEREMA - <https://www.cerema.fr/fr/actualites/rite-outil-evaluation-du-risque-inconfort-thermique-ete>
- Outil RESPIRE : <https://respire.fddcp.inef4.org/>

● Sur-ventilation nocturne

- « Surventilation et confort d'été » Anne-Marie Bernard – Article dans CVC n°903 – 2019
- « Ventilation naturelle pour le confort thermique d'été dans des bâtiments de bureaux performants » R. Célaire, L. Frayssinet, K. Mamou, T. Rieser, B. Ramos - 2023

● Rafraichissement adiabatique

- « Dossier Adiabatique et innovations » Revue CVC – N°921 – Octobre 2023
- « Les solutions de rafraichissement adiabatique dans les bâtiments tertiaires en rénovation » Guide PROFEEL - 2021

● Puits climatiques

- « Puits climatiques – Conception et dimensionnement / Installation et mise en service » Guides RAGE - 2015



COSTIC

Comité Scientifique et Technique
des Industries Climatiques

**Domaine de Saint-Paul
Bâtiment 16 - 102 route de Limours
78470 Saint-Rémy-Lès-Chevreuse
Tél. : 01 30 85 20 10
E-mail : contact@costic.com**

www.costic.com

