Confort thermique dans les bâtiments industriels : anticiper les défis du changement climatique

Conférence

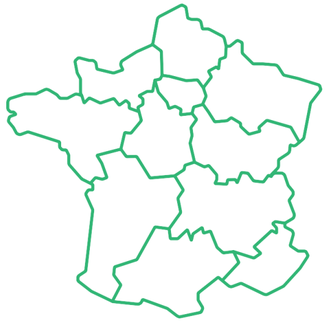
03 novembre 2026



Avec le soutien de

Présentation de l'ATEE

Fondée en 1978
Association Loi 1901



- **2 800 adhérents**
- **11 délégations régionales**
- **40 collaborateurs**
- **12,4 M€ de budget**

EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

- Département Maîtrise de l'Energie
- Communauté des référents Energie
- Club C2E (Certificats d'Economie d'Energie)
- Comité technique géothermie Industrie

ÉLECTRIFICATION & FLEXIBILITÉ

- **Électrifab (Centre d'expertise pour l'électrification de l'Industrie)**
- Club Stockage des énergies
- Club Cogénération
- Club Power-to-gas

GAZ VERTS

- Club Biogaz
- Club Pyrogazéification
- Club Gazéification Hydrothermale

- Programme nationaux des CEE :
  - FEEBAT (bâtiment)
  - PACTE INDUSTRIE :
    - **PROREFEI**
    - **PRO-SME*n***

- **Energie Plus :** la revue de la maîtrise de l'énergie

Association Technique Energie Environnement
Loi 1901

Agir ensemble pour une énergie durable, maîtrisée et respectueuse de l'environnement

L'ATEE en Auvergne Rhône-Alpes

- Un réseau dynamique en lien étroit avec l'écosystème des acteurs de l'énergie en Auvergne Rhône-Alpes
- Près de 400 adhérents issus de tous secteurs
- Un bureau large et dynamique représentant toutes les composantes énergies de la région
- **Des évènements en 2026 mais aussi en 2027 :** Electrification, CEE, Bois énergie dans l'industrie, méthanisation, géothermie profonde et beaucoup d'autres sujets
- **Une communauté des référents énergie** en Isère



Nadine ADRA
Présidente ATEE Auvergne-Rhône-Alpes



Jean-François LUCAS
Délégué ATEE Auvergne-Rhône-Alpes



Paule NUSA
Déléguée ATEE Auvergne-Rhône-Alpes

Merci aux bénévoles du bureau AuRA et à nos partenaires :

Association Technique Energie Environnement
Loi 1901

Agir ensemble pour une énergie durable, maîtrisée et respectueuse de l'environnement

Le 30 novembre



Inscrivez vous

Le photovoltaïque entre dans une nouvelle phase. La diminution des mécanismes incitatifs ne remet pas en cause son développement : les obligations réglementaires se renforcent tandis que sa compétitivité et les possibilités de valorisation de l'électricité produite progressent.
Pour les différents acteurs du domaine, la question n'est donc plus seulement « faut-il installer du photovoltaïque ? », mais plutôt « où, comment et pour quelle valorisation ? »
Toitures, parkings ou foncier disponible, autoconsommation individuelle ou collective, stockage, flexibilité, valorisation sur le marché : les solutions se diversifient. Parallèlement, les lois APER et Climat et Résilience fixent de nouvelles obligations, avec également des possibilités d'aménagement et d'exemption qu'il est essentiel de connaître.

Cette demi-journée proposera une lecture technique, réglementaire et économique du photovoltaïque dans les années à venir afin de transformer les nouvelles règles du jeu en opportunités pour leur stratégie énergétique.

Quels enjeux pour une plus grande résilience des industriels ?

Nadezhda Dobreva

Pôle Transition écologique, MEDEF national

Avec le soutien de



Les fortes chaleurs ont un impact économique sur les entreprises

Retards de livraison

Baisse de productivité

Coûts de réparation

Panne d'équipements

Dégradation des conditions de travail

Perte de chiffre d'affaires

Surcoûts énergétiques/liés à l'eau

Mise à disposition d'eau

Rotation des équipes

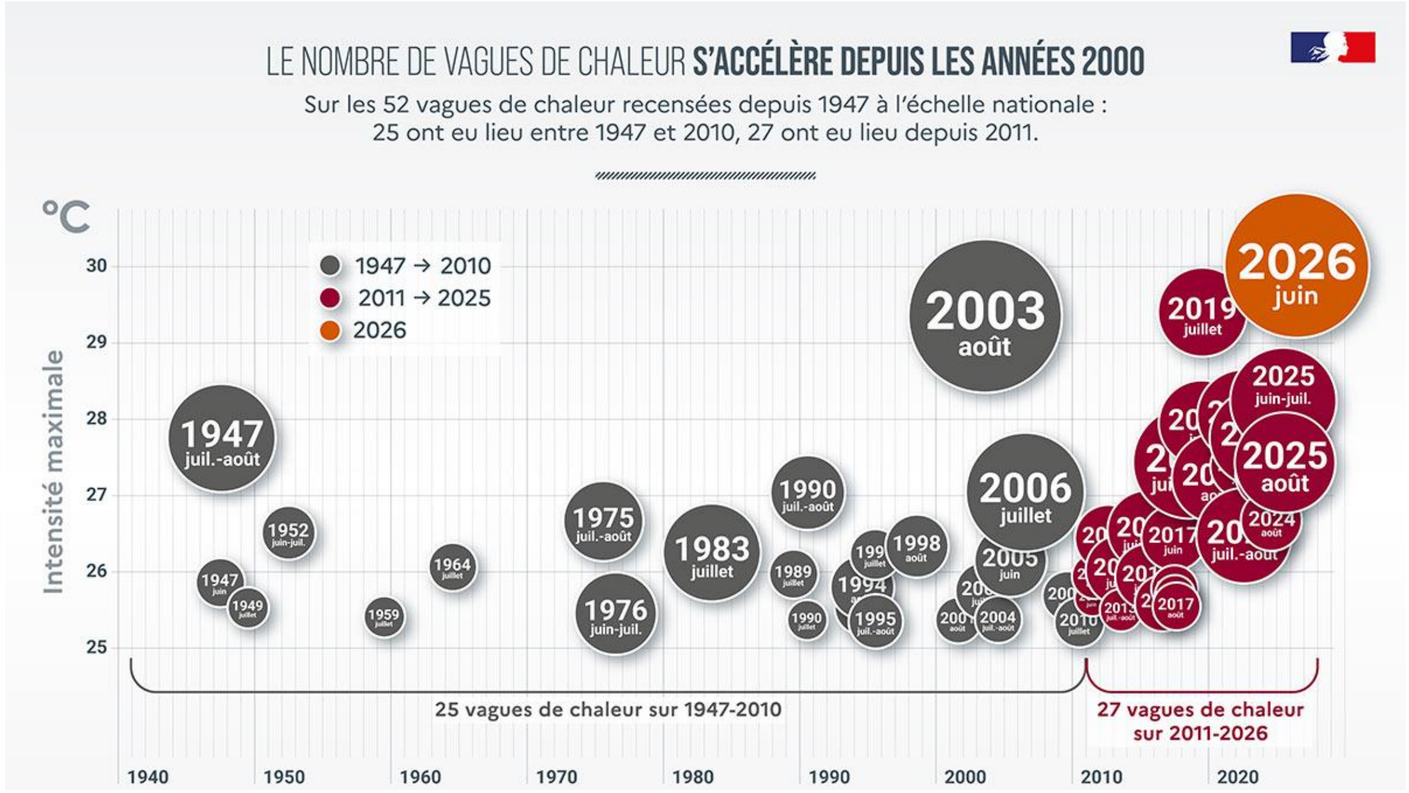
Modification des horaires de travail

Renforcement des pauses

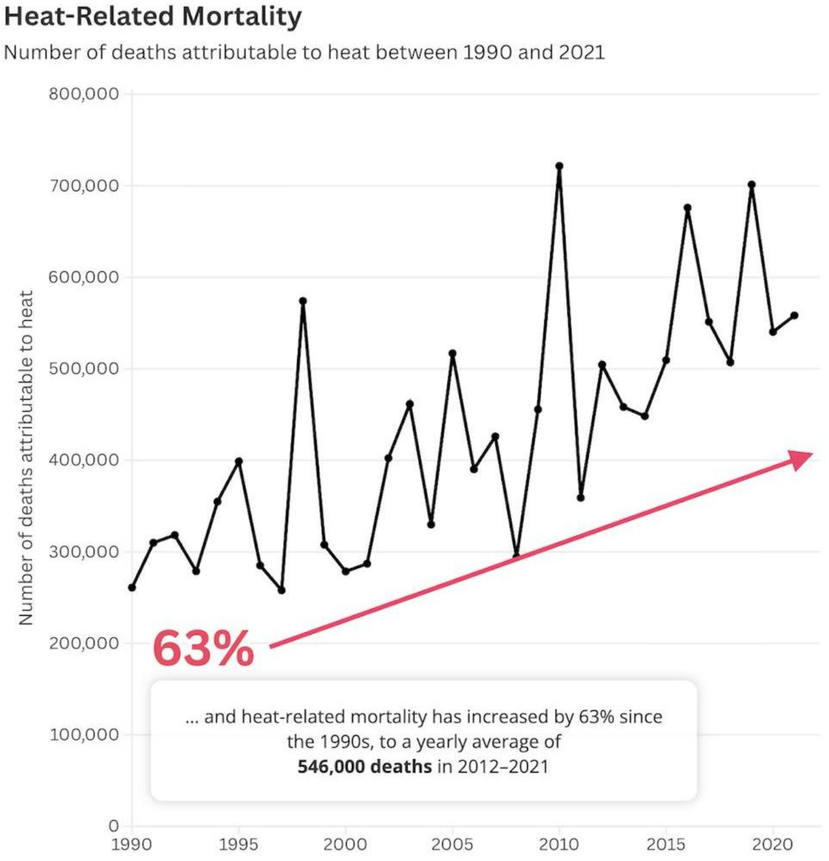
Equipements individuels adaptés

Amélioration du confort thermique des locaux

Historiquement, nous avons appris à nous protéger du froid

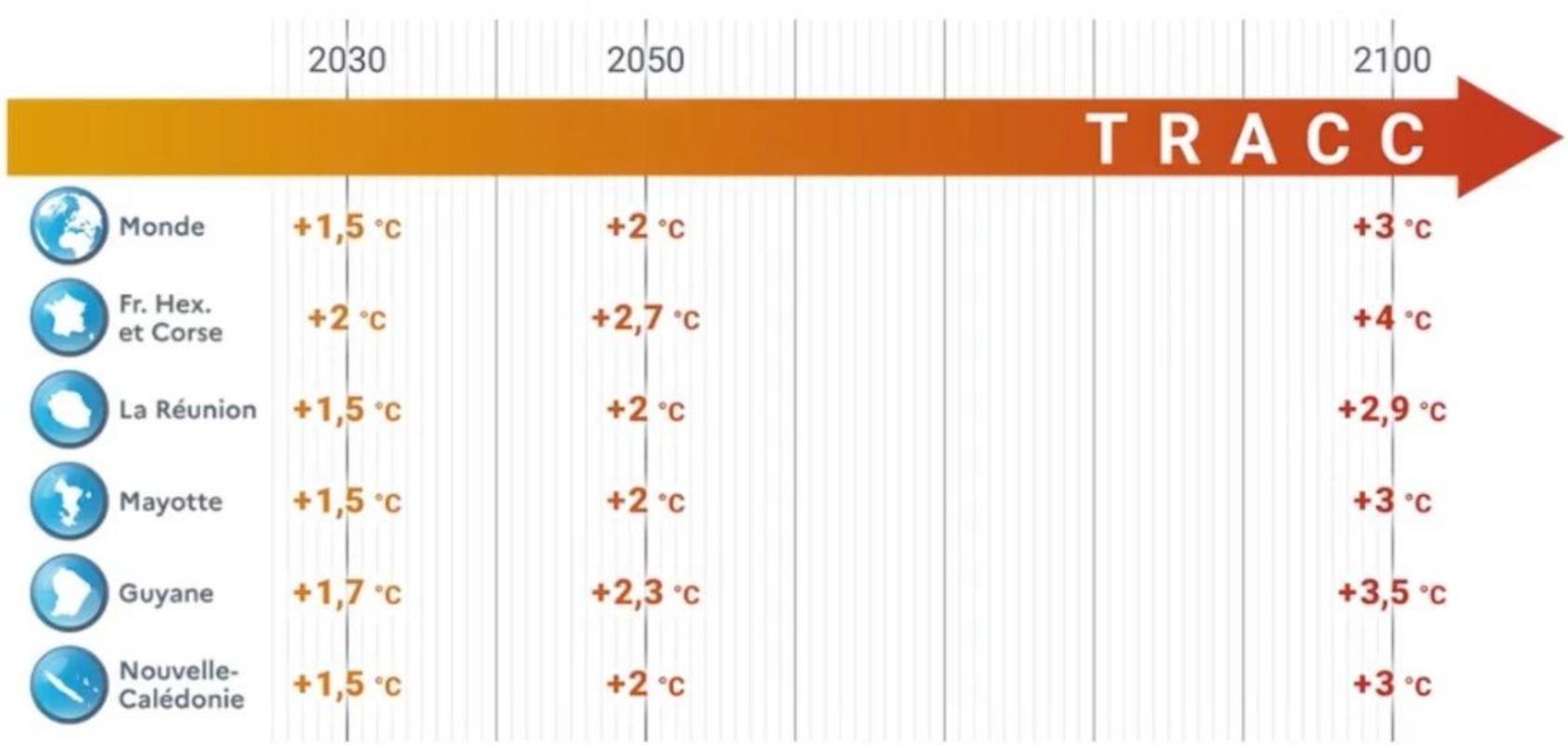


Intensité et sévérité des vagues de chaleur en France,
Météo France, juin 2026

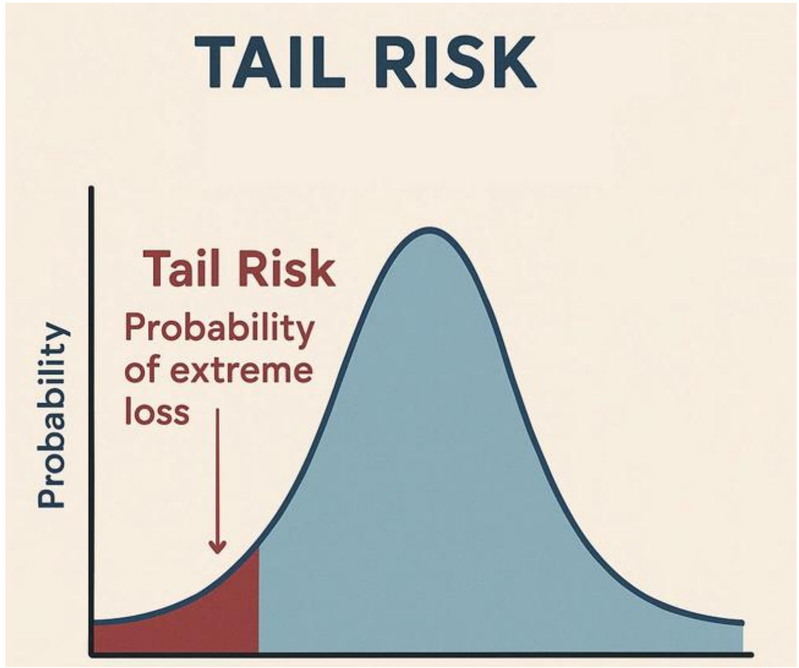


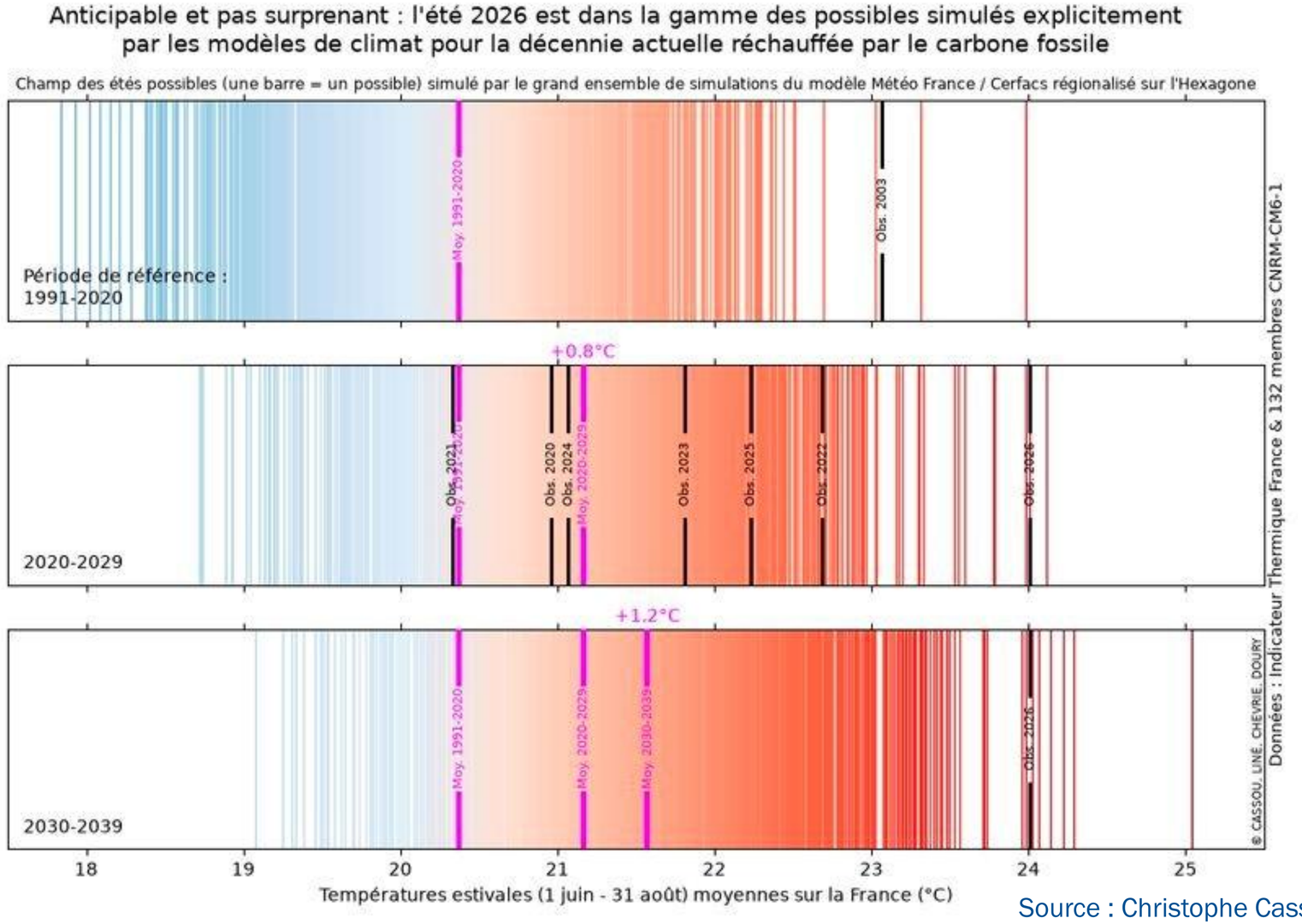
Nombre de décès attribuables à la chaleur entre 1990 et 2021,
The Lancet Countdown, 2025

A quoi s'adapte-t-on ?



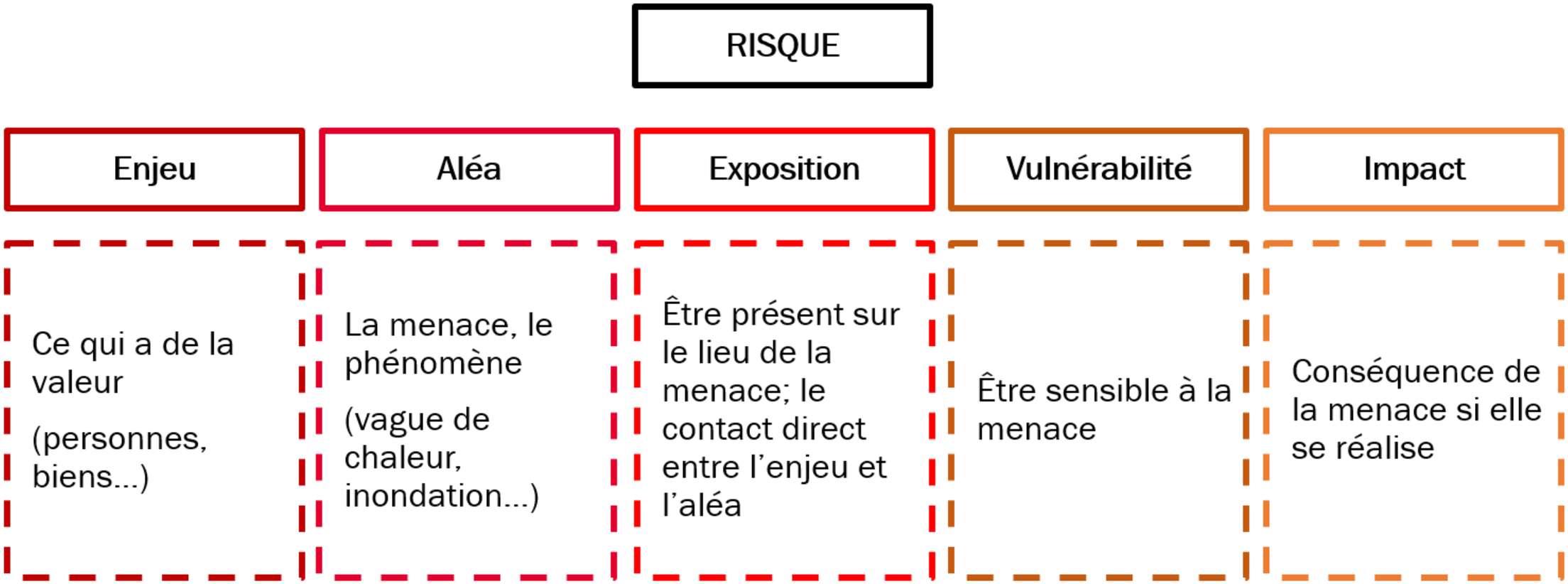
Nos équipements doivent pouvoir affronter les extrêmes





Source : Christophe Cassou

Sur quelle composante allons-nous agir ?



Que voulons-nous protéger ?

ENJEU

Humains	Equipements	Procédés	Flux
Santé, sécurité, capacité à travailler	Fonctionnement des machines, du refroidissement, des installations électriques	Matières, produits, stabilité des process, qualité, conditions de stockage	Approvisionnement, expéditions, accès au site, continuité de l'activité

Bâtiments

Qu'accepte-t-on de ne pas protéger entièrement ?

Niveau d'enjeu du processus/équipement	Indicateur d'enjeu (ex: part de CA)	Niveau d'activité minimum acceptable	Durée d'interruption maximale admissible	Niveau de mesure à mettre en place
Processus mineur (contribue à l'activité)	1%-10%	La dégradation ne doit pas dépasser **50%** de son fonctionnement normal.	La mise hors d'usage ne doit pas dépasser **1 mois.**	**Faiblement efficiente:** contribue à absorber une partie de l'impact sur une faible durée
Processus important (l'activité repose fortement dessus)	10%-20%	La dégradation ne doit pas dépasser **20%** de son fonctionnement normal.	La mise hors d'usage ne doit pas dépasser **1 semaine.**	**Efficiente** : contribue à absorber une partie de l'impact sur une durée suffisante
Processus vital (l'activité repose entièrement dessus)	Au-delà de 20%	Aucune dégradation n'est acceptable.	La mise hors d'usage ne doit pas dépasser **1 jour.**	**Très efficiente** : prévient ou absorbe la totalité de l'impact sur une durée suffisante

Adapté de la méthode Ocara (Carbone 4-Ademe)

Un réflexe adaptation : le climat futur dans les dépenses d'aujourd'hui



Tout ce dont on ne parlera pas aujourd'hui, mais qui ne peut être ignoré dans une stratégie d'adaptation



Et si ?

Et si ?

Et si ?





Confort thermique dans les bâtiments industriels : anticiper les défis du changement climatique

Conférence

03 novembre 2026



Avec le soutien de

Le changement climatique vous impacte, comment agir ?

- Nécessité d'**atténuer** les effets du changement climatique mais aussi de **s'adapter**



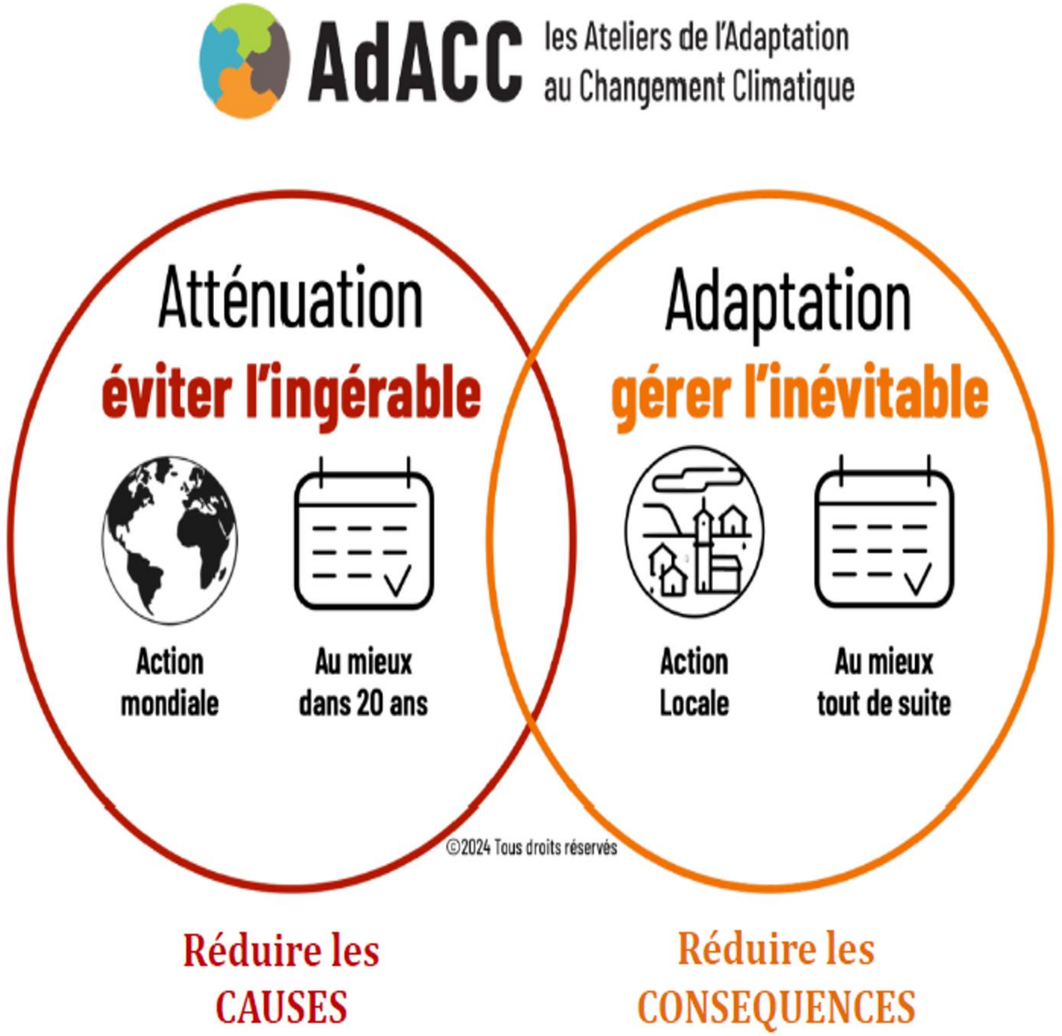






Comment agir face au changement climatique?





Comment agir face au changement climatique?

Deux nouvelles possibilités de vous accompagner dans la prise en compte des enjeux climatiques grâce à notre partenariat avec l'ADEME :

- **l'Atelier Adaptation au changement climatique pour une approche « intelligence collective » :** en intra ou en inter-entreprises

Approche collective → AdACC les Ateliers de l'Adaptation au Changement Climatique → Méthodologie d'évaluation des risques

- **le Climadiag Expert** pour vous aider à identifier vos enjeux et votre sensibilité au regard des changements climatiques et vous accompagner dans la mise en œuvre d'un plan d'adaptation.

Approche individuelle → CCI Auvergne-Rhône-Alpes Climadiag expert → Sensibilité de mon activité aux aléas climatiques

Climadiag Expert, quels bénéfices ou raisons de s'engager?

L'adaptation coûte moins cher que l'inaction

Anticiper les risques et rassurer mes parties prenantes : banques, assurances, salariés

CCI AUVERGNE-RHÔNE-ALPES

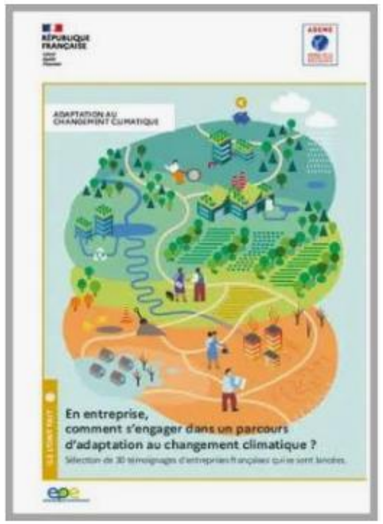
Climadiag expert

Améliorer les conditions de travail des salariés

Améliorer la résilience et la robustesse de l'entreprise face aux aléas

Justifier de la prise en compte des enjeux climatiques pour ma démarche de certification Iso

Intégrer les changements climatiques à mon futur bâtiment



Climadiag Expert, une approche individuelle

Vagues de chaleur, pluies extrêmes, vents forts, vagues de froid, neige ou grêle



Sensibilité de mon activité aux aléas climatiques



Approche processus : approvisionnement stockage, production, livraison....etc

Projections climatiques à horizon 2030-2050

Bases de données DRIAS et TRACC



Historique des aléas rencontrés

CCI AUVERGNE-RHÔNE-ALPES

Climadiag expert

Risques naturels existants à votre adresse



Géorisques

Plan d'Adaptation Personnalisé



Accompagnement à la mise en œuvre



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

ADEME
AGENCE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

Climadiag Expert, quelles modalités?

Entretien préalable

15 – 20 min

Choix des pistes d'action par l'entreprise

RDV en visio 1h

Entretien sur site + visite

2 à 3 h en fonction de la taille avec Resp QSE, dirigeant, personne qui a l'historique du site

CCI AUVERGNE-RHÔNE-ALPES
Climadiag expert

Restitution sur site
1 à 2h
Plan d'adaptation personnalisé

Plan d'Adaptation Personnalisé

Accompagnement à la mise en œuvre

Co-financé ADEME + CCI
Sans reste à charge pour l'entreprise

Contact : Katy CASALIGGI
k.casaliggi@nord-isere.cci.fr

CCI LYON METROPOLE ST ETIENNE ROANNE

Denis CHAZALLET
d.chazallet@lyon-metropole.cci.fr
EC/ Eau / RSE

Mélissa LACROIX
m.lacroix@lyon-metropole.cci.fr
Energie / Carbone

Nicolas DELAGE
n.delage @lyon-metropole.cci.fr
Energie / ADACC

Patrick PICHON
p.pichon@lyon-metropole.cci.fr
EC/ADACC

Céline PIZZIMENTI
c.pizzimenti@lyon-metropole.cci.fr
Eau /EC / ADACC

Fanny LE HENO
f.leheno@lyon-metropole.cci.fr
Energie /

CCI BEAUJOLAIS

21
Conseillers dédiés

CCI AIN

Léa SERVOZ
l.servoz@ain.cci.fr
Energie/ EC /ADACC

Jérôme CAPOSIENA
j.caposiena@ain.cci.fr
Energie/ EC

CCI HAUTE-SAVOIE

Marine BOISSONNET
mboissonnet@haute-savoie.cci.fr
Eau /EC/ADACC

CCI SAVOIE

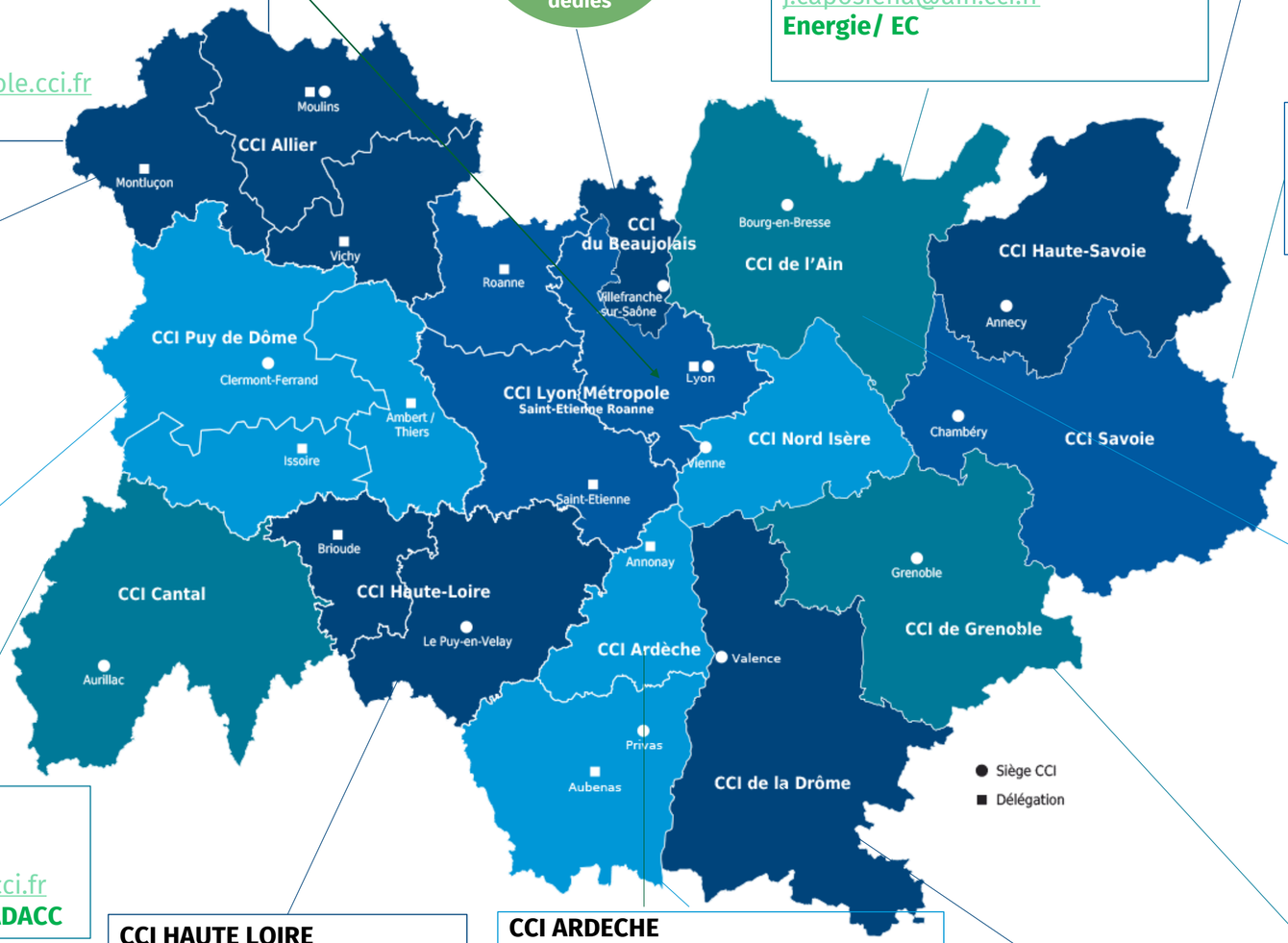
Patricia DUFOURNET
p.dufournet@savoie.cci.fr
Energie / Carbone/ADACC

CCI ALLIER

Thierry BOUTET
t.boutet@allier.cci.fr
Energie / EC /Eau /ADACC

Bertrand BARET
b.baret@allier.cci.fr
Carbone / EC / RSE / ADACC

COORDINATION REGIONALE
Coordinateur métier



CCI PUY DE DOME

Nathalie ROMEYER
nathalie.romeyer@puy-de-dome.cci.fr
Energie / Carbone / ADACC

CCI NORD ISERE

Katy CASALIGGI
k.casaliggi@nord isere.cci.fr
Energie/ EC /ADACC

Odile RIBIERE
o.ribiere@nord isere.cci.fr
Energie /RSE

Karine ROUYER MAIROT
k.rouyermairot@nord-isere.cci.fr
EC / ADACC

CCI CANTAL

Caroline DELCHER
cdelcher@cantal.cci.fr
Energie/EC/RSE/ADACC

CCI HAUTE LOIRE

Anne BRUNON
a.brunon@hauteloire.cci.fr
Energie / EC / ADACC

CCI ARDECHE

Dorothée LEMAIRE
dorothee.lemaire@ardeche.cci.fr
Energie / EC / ADACC

CCI DROME

Anne CADENEL
a.cadenel@drome.cci.fr
Energie / ADACC/ EC

CCI GRENOBLE

Pénélope GONTIER
p.gontier@grenoble.cci.fr
Energie/ EC /ADACC

COORDINATION REGIONALE

Chef de produits
Sylvie PRIEUR
s.prieur@auvergne-rhone-alpes.cci.fr
04 72 11 36 13

Comprendre les mécanismes de surchauffe dans les bâtiments industriels

Benjamin BRUYÈRE chargé d’études pôle industrie

Le 3 novembre 2026

cetiat
ensemble, innover et valider



Le CETIAT

Centre Technique des Industries Aérauliques et Thermiques créé en 1960

13,5 M€
C.A 2025

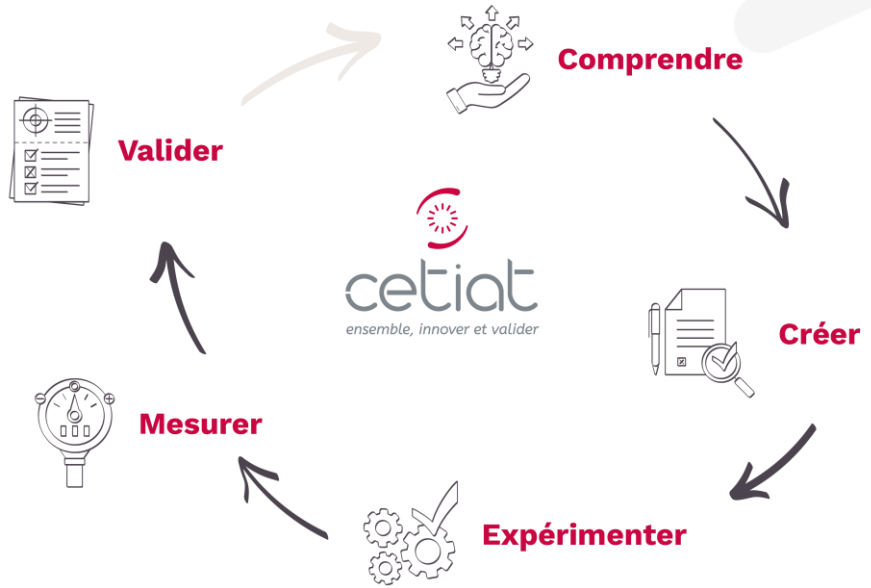
65% PRESTATIONS

2 000 CLIENTS
MULTI-SECTEURS

150
COLLABORATEURS

Expertise en **optimisation de procédés industriels**

- Audit **décarbonation**
- Études de faisabilité en **récupération de chaleur**
- Études d'**optimisation** de procédés
- Études **technico-économiques**
- Accompagnement et conseil **au développement technologique**
- **Audit énergétique**



Sommaire

1) Contexte des surchauffes estivales en milieu professionnel
2) Notions théoriques de confort thermique
    - Diagramme de l’air humide
    - Diagramme de Givonni
    - NF EN ISO 7730
3) Étude de cas d’une étude CETIAT de confort thermique
4) Conclusion

Contexte

- Des épisodes de chaleur plus fréquents et intenses → augmentation de l'inconfort au travail et des risques pour la santé, la sécurité et la performance.
- En milieu industriel, la surchauffe peut également affecter les opérateurs, les équipements, la qualité des produits et la production.
- La climatisation est considérée comme la seule solution mais elle peut être qu'une « rustine » sur un problème plus global :
  - Apports solaires ?
  - Consommation des machines ?
  - Rayonnement des parois ?
- **Une étude de confort thermique peut permettre d'arbitrer le choix technologique entre les solutions de rafraichissement**

Notion de confort dans les locaux industriels

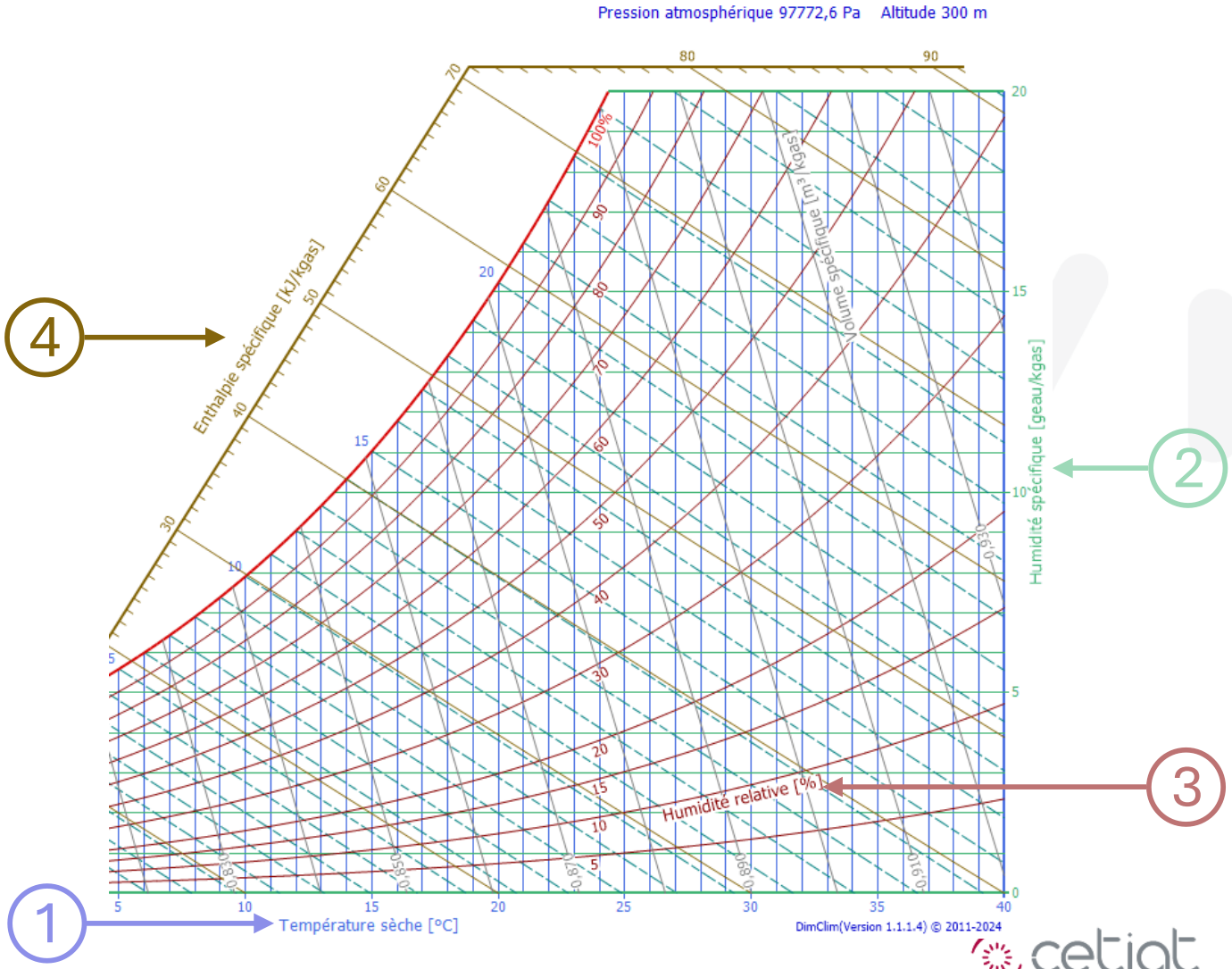
Le diagramme de l'air humide

1) Température de l'air [°C]

2) Humidité spécifique [grammes d'eau par kg d'air sec] : quantité d'eau contenue dans l'air

3) Humidité relative de l'air [%] : la part vapeur d'eau présente dans l'air par rapport à la quantité maximale qu'il peut contenir

4) Enthalpie spécifique [kJ/kg d'air sec] : exprime la quantité d'énergie contenue dans l'air



Notion de confort dans les locaux industriels

Le diagramme de l'air humide



39°C, 19% HR



0°C, 60% HR



31°C, 60% HR

18 gr VS 2,5 !

Notion de confort dans les locaux industriels

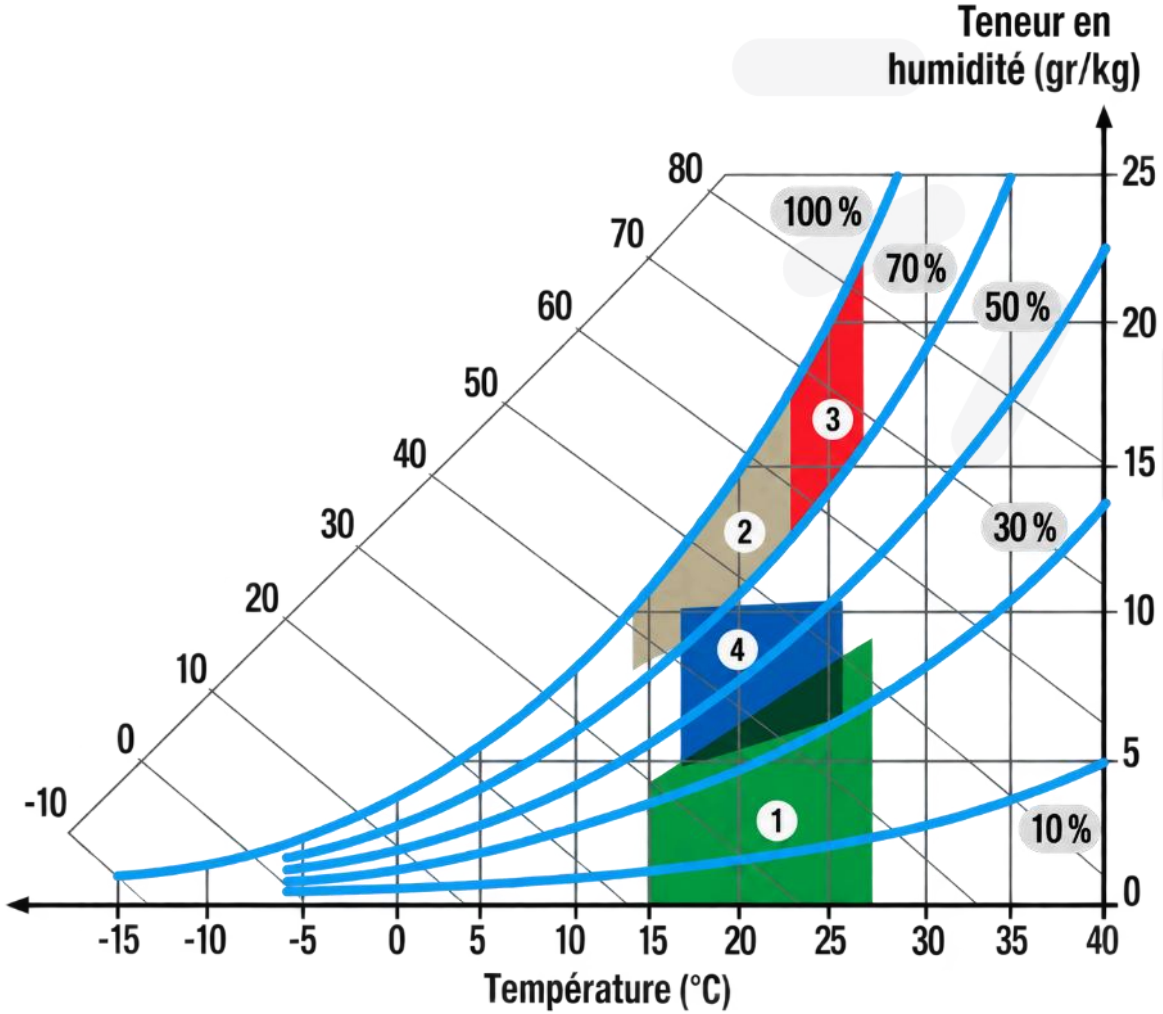
Le confort thermique sur le diagramme de l'air humide

1) Zone verte : atmosphère trop sèche, source d'inconfort (électricité statique, gorge sèche).

2) Zone grise : atmosphère trop humide (sensation de moiteur)

3) zone rouge : risque de développement bactérien et de champignons.

4) Zone bleue : zone de confort idéale à viser

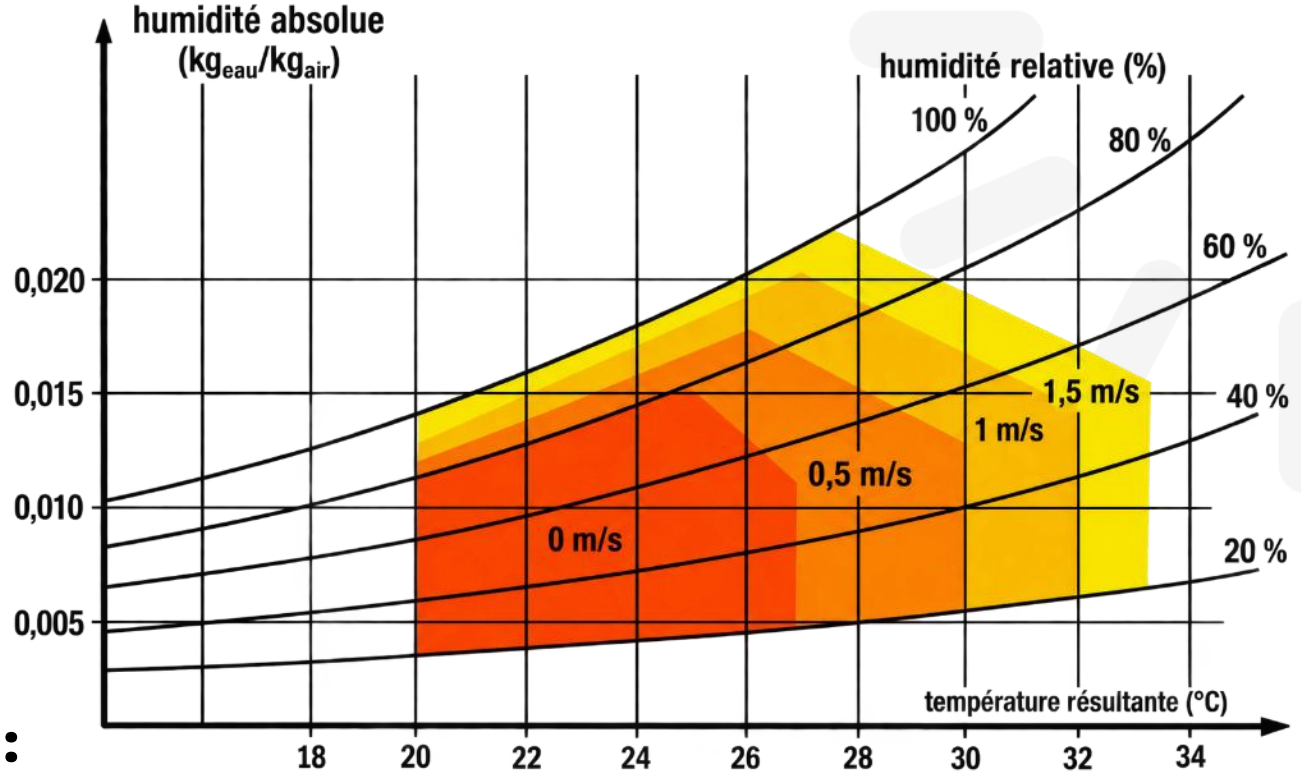


source : les solutions de rafraichissement adiabatique dans les bâtiments tertiaires en rénovation

Notion de confort dans les locaux industriels
Le diagramme de Givonni

Intègre la vitesse d'air dans le confort thermique

Une vitesse d'air de 1,5m/s peut rendre supportable une température jusqu'à 33°C



Problème du confort thermique par lecture du diagramme de l'air humide :

- **Approche binaire la problématique :**
  - **À 27°C, confort**
  - **À 27,1°C inconfort**
- **N'intègre que la température et l'humidité. D'autres facteurs environnementaux existent**

Qu’est ce qui influe sur le confort thermique ? Pas que la température…

- Ce qui influe sur le confort selon la NF EN ISO 7730:
- **Critères de confort liés aux personnes**
  - métabolisme énergétique
  - La puissance mécanique utile → travail physique ?
  - L’isolement thermique du vêtement du travailleur
  - Le facteur de surface du vêtement porté par le travailleur





Qu’est ce qui influe sur le confort thermique ? Pas que la température…

- Ce qui influe sur le confort selon la NF EN ISO 7730:
- **Critères de confort liés aux personnes**
  - métabolisme énergétique
  - La puissance mécanique utile
  - L’isolement thermique du vêtement du travailleur → vêtement ample ou bleu de travail couvrant ?
  - Le facteur de surface du vêtement porté par le travailleur





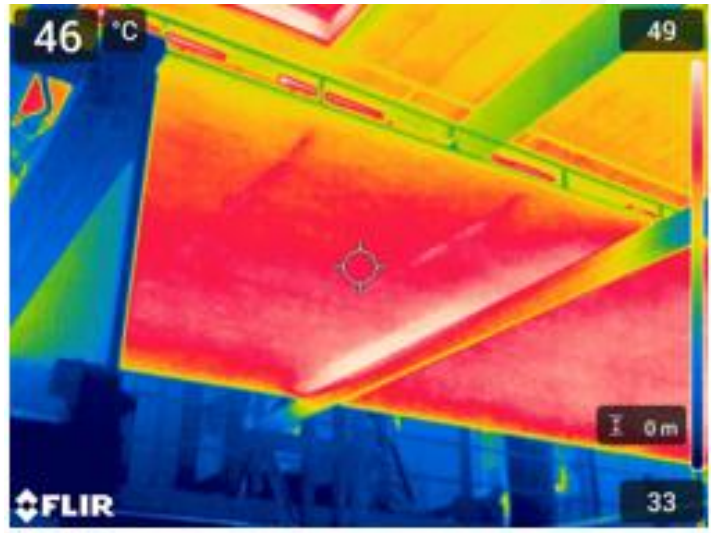
Qu’est ce qui influe sur le confort thermique ? Pas que la température…

- Ce qui influe sur le confort selon la NF EN ISO 7730:
- **Critères de confort liés aux personnes**
  - métabolisme énergétique
  - La puissance mécanique utile
  - L’isolement thermique du vêtement du travailleur
  - Le facteur de surface du vêtement porté par le travailleur → casque ? Bottes ? EPI couvrants ?



Qu’est ce qui influe sur le confort thermique ? Pas que la température…

- Ce qui influe sur le confort selon la NF EN ISO 7730:
- **Critères de confort liés à l’environnement**
  - La température de l’air, en degrés Celsius (°C)
  - La température moyenne de rayonnement → surfaces chaudes ?
- La vitesse relative de l’air
- La pression partielle de vapeur d’eau



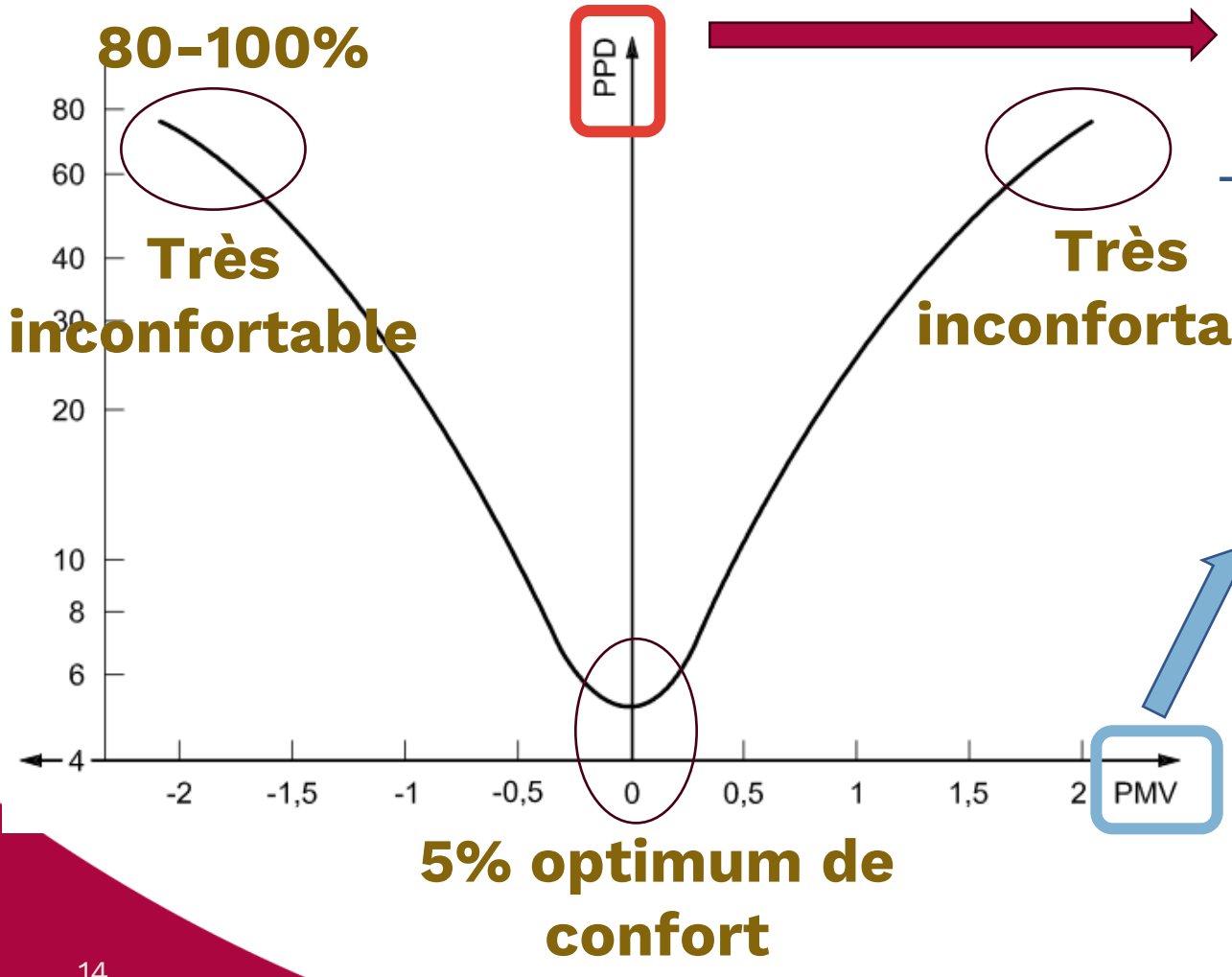
Qu’est ce qui influe sur le confort thermique ? Pas que la température…

- Ce qui influe sur le confort selon la NF EN ISO 7730:
- **Critères de confort liés à l’environnement**
  - La température de l'air, en degrés Celsius (°C)
  - La température moyenne de rayonnement
- La vitesse relative de l’air → environnement ventilé ou pas ?
- La pression partielle de vapeur d’eau



cetiat

Le confort thermique selon la NF EN ISO 7730

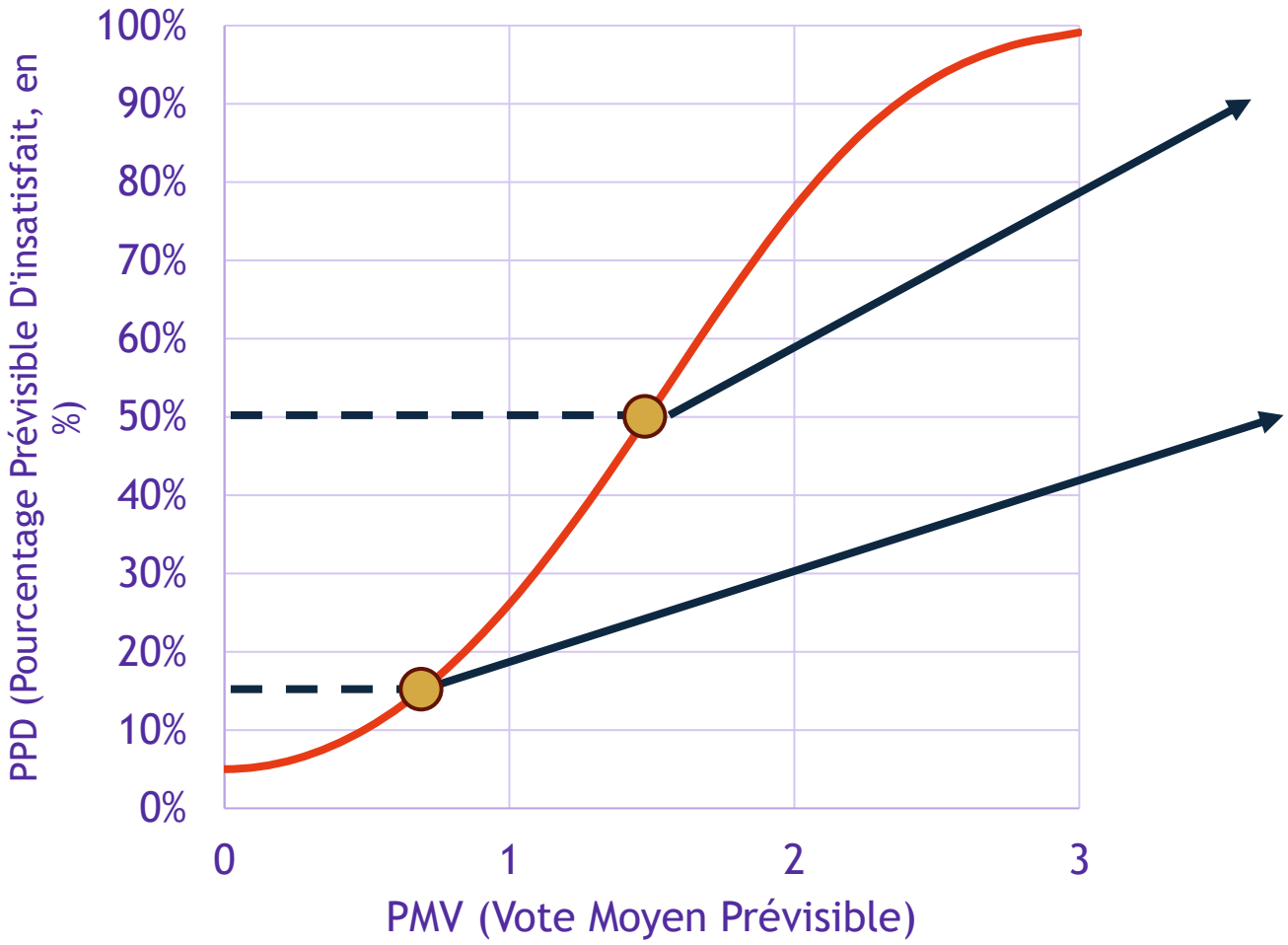


Axe y – PPD : **pourcentage d'insatisfaits** ; de 5 à 100%

→ Impossible d'atteindre 0% d'insatisfaits !

Axe x – PMV : sensation thermique moyenne, de **-3 (très froid)** à **+3 (très chaud)**, avec **0 correspondant à la neutralité thermique**.

Mise en pratique de la la NF EN ISO 7730 centré sur la chaleur

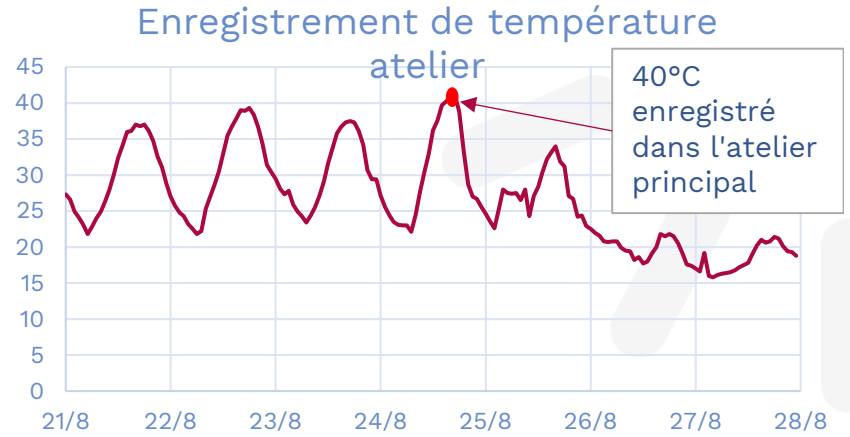


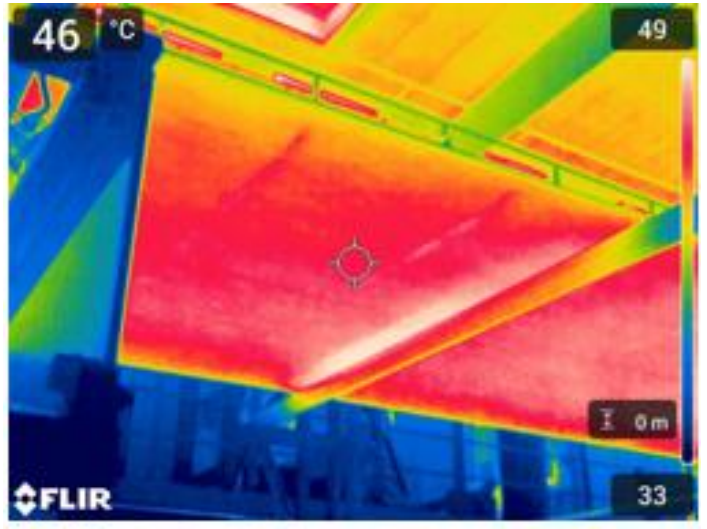
Situation initiale basé sur la température moyenne du poste de travail, l'habillement des opérateurs, leur activité physique etc.

Exemple de cible a atteindre, 15% d'insatisfaits. Impossible d'atteindre zéro !

Étude de cas d'une étude CETIAT de confort thermique

- Site de production soumis à des surchauffes de plus en plus fréquentes
- Méthodologie :
  - Enregistrement de l'évolution de température sur 2 semaines des différents postes de travail (en été)
  - Analyses des parois chaudes par caméra thermique
  - Analyse météo → température extérieure et ensoleillement
  - Estimation de la charge thermique
  - Reprise des informations du réseau CVC (débit de soufflage, extractions, etc)
  - Mesures ponctuelles des débits d'air des extractions





Création du modèle :
Reprise des caractéristiques de l'enveloppe du bâtiment

- Dimensions générales :
  longueur, largeur hauteur



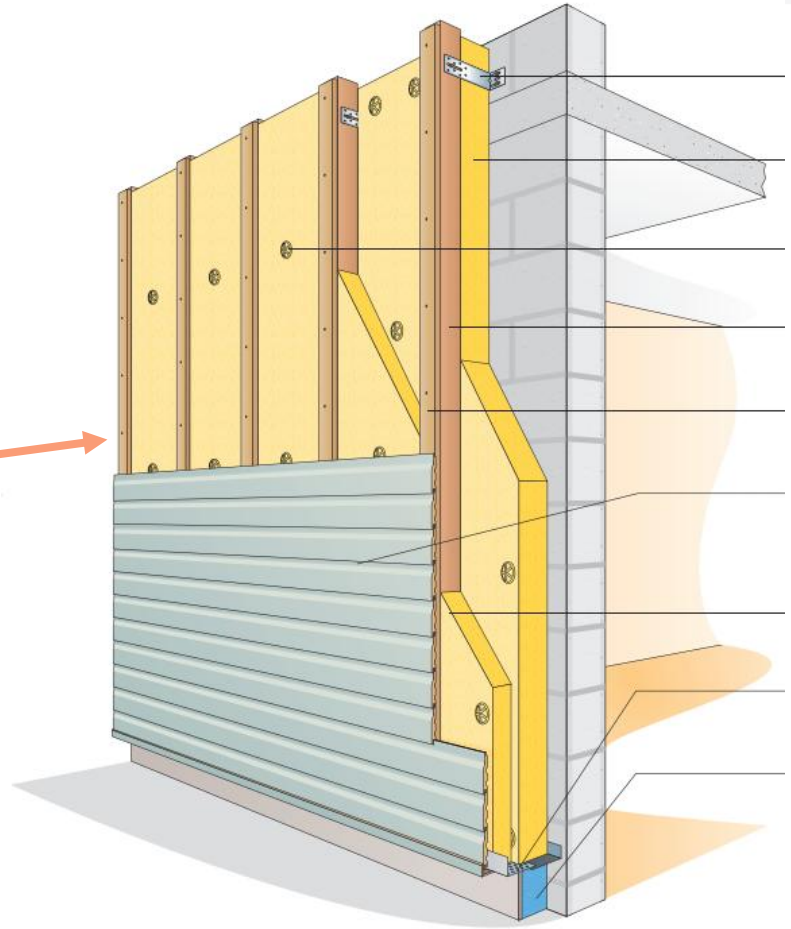
Création du modèle :
Reprise des caractéristiques de l'enveloppe du bâtiment

- Dimensions générales : longueur, largeur hauteur
- Surfaces et performances des vitrages



Création du modèle :
Reprise des caractéristiques de l'enveloppe du bâtiment

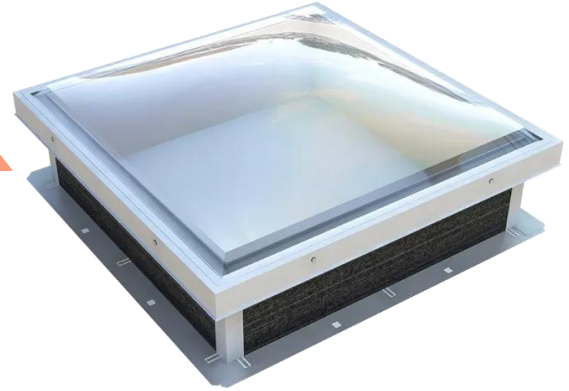
- Dimensions générales : longueur, largeur hauteur
- Surfaces et performances des vitrages
- Épaisseur et isolation des murs, dalle et toiture



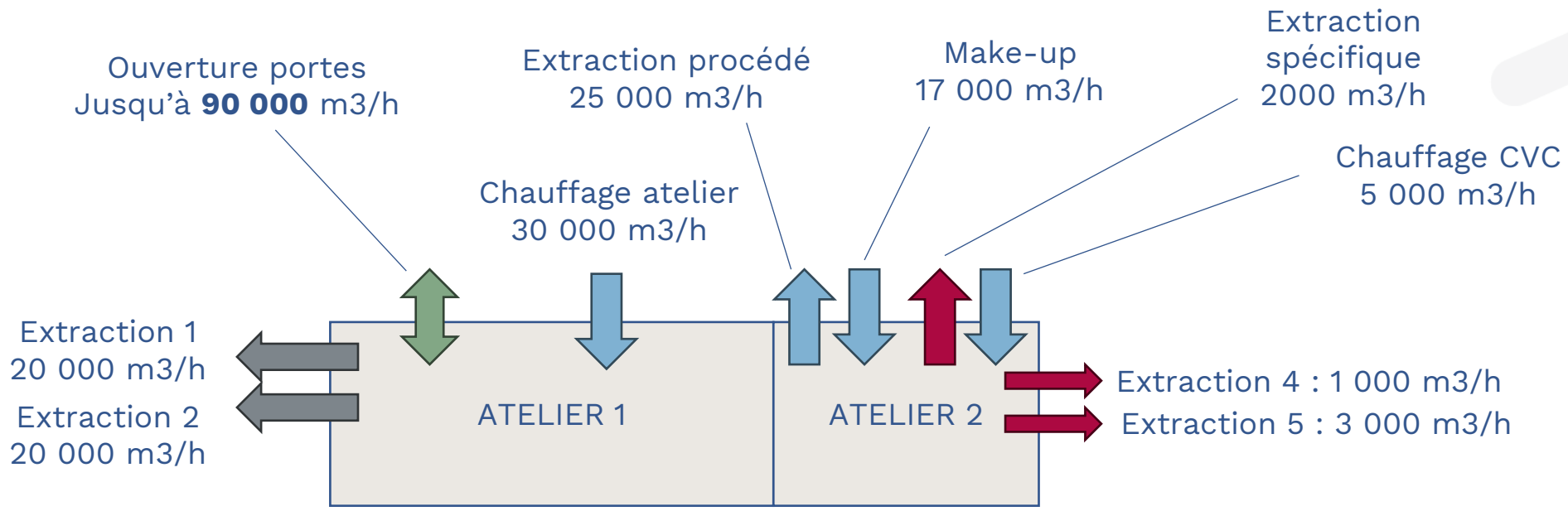
Création du modèle :
Reprise des caractéristiques de l'enveloppe du bâtiment

- Dimensions générales : longueur, largeur hauteur
- Surfaces et performances des vitrages
- Épaisseur et isolation des murs, dalle et toiture
- Orientation et exposition au soleil de chaque surface



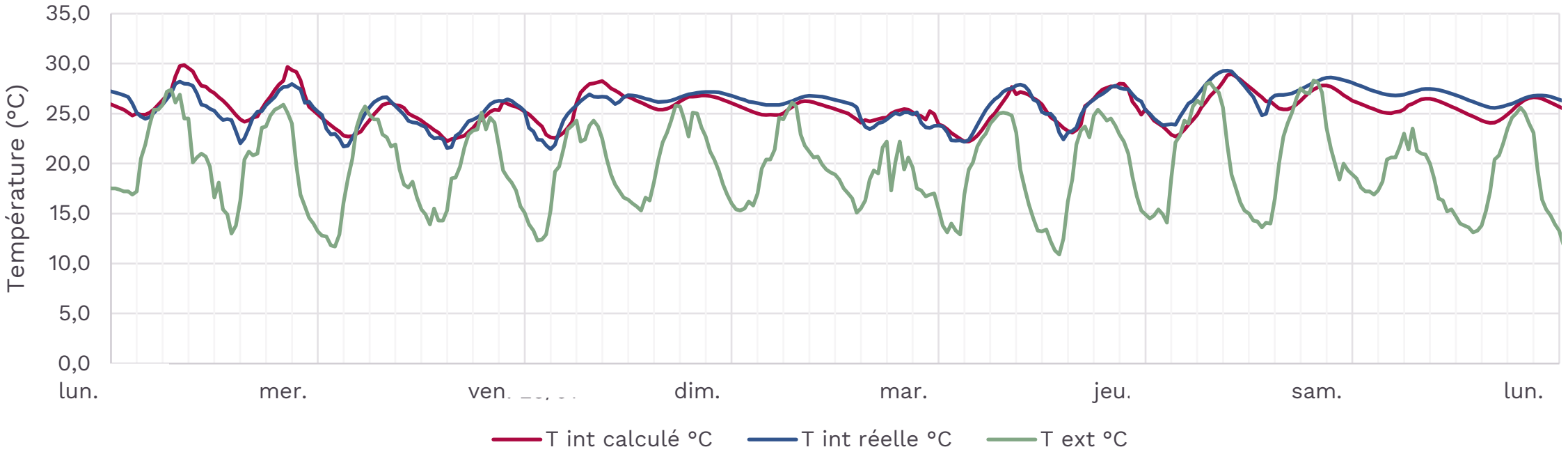


Création du modèle :
Estimation des flux aérauliques

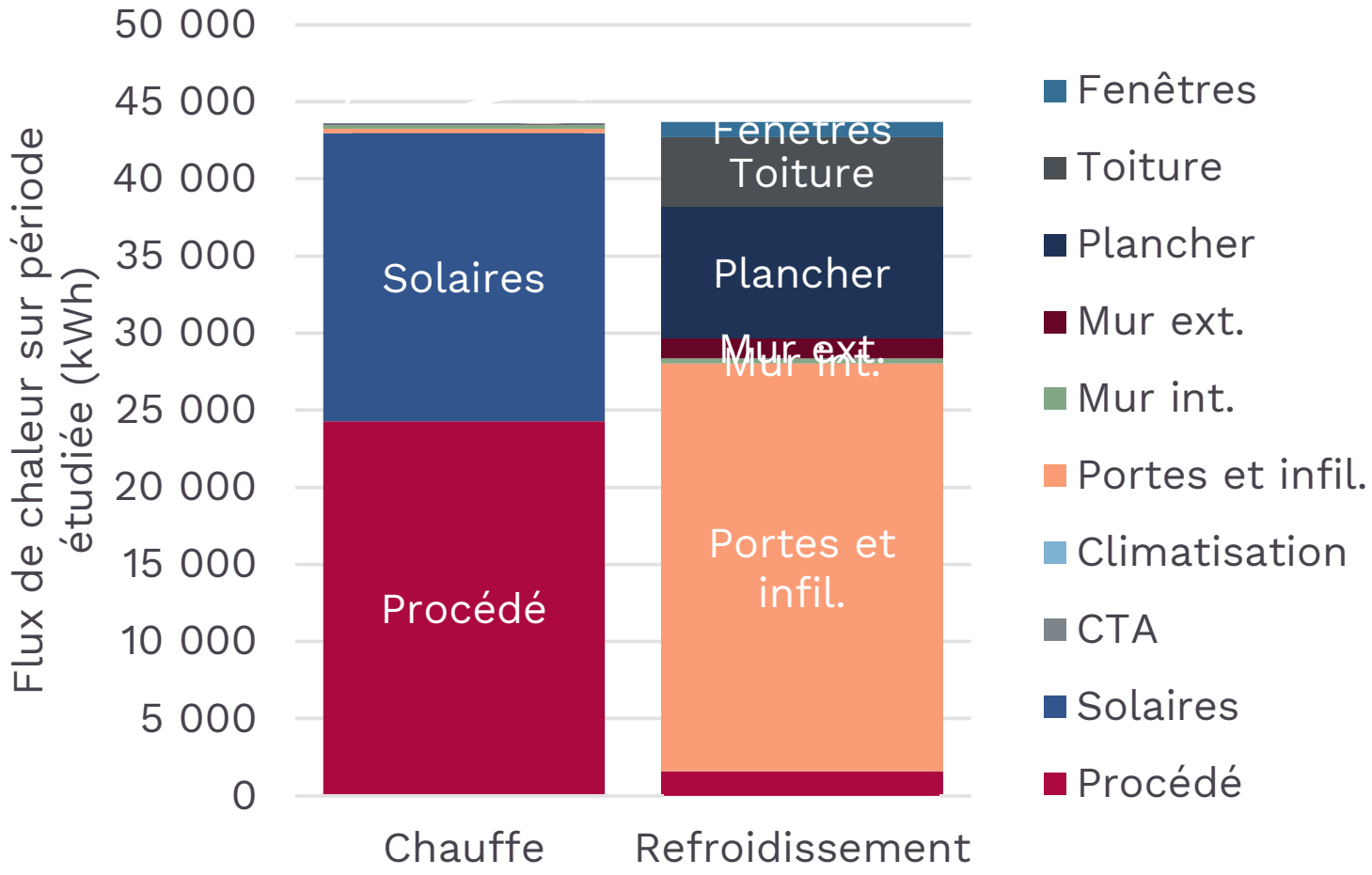


Création du modèle :
Modélisation thermique

Le graphique ci-dessous compare la température intérieure réelle et estimée par rapport aux hypothèses utilisées.



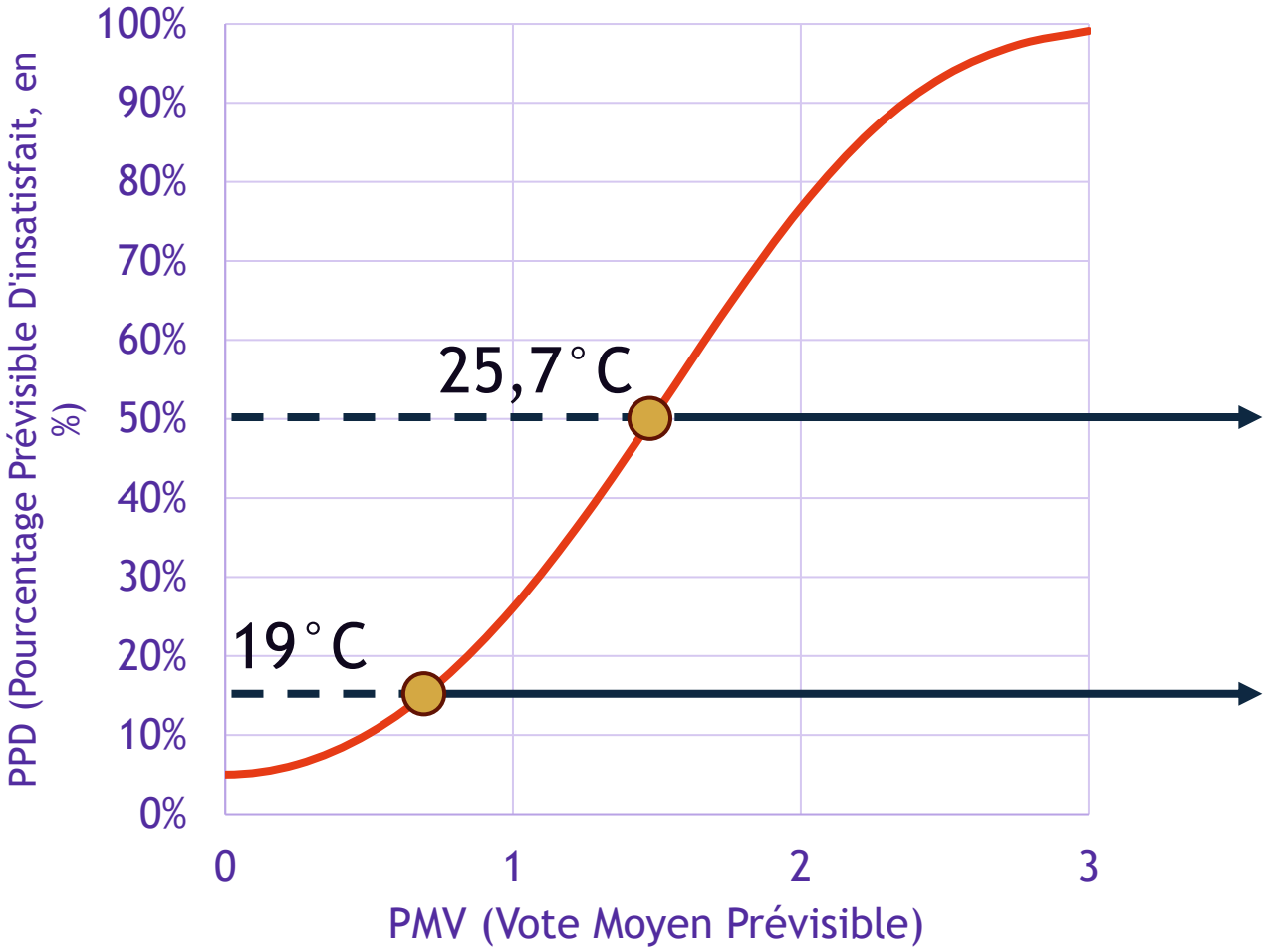
Création du modèle :
Bilan thermique



- Les apports thermiques sont presque exclusivement les apports solaires et procédés.
  - Parmi les apports solaires, 50% viennent des fenêtres de toit et 42% de la toiture elle-même.
- Le refroidissement est principalement assuré par **l'ouverture des portes et le renouvellement d'air** forcé par les extractions.

Résultat de l’étude d’inconfort

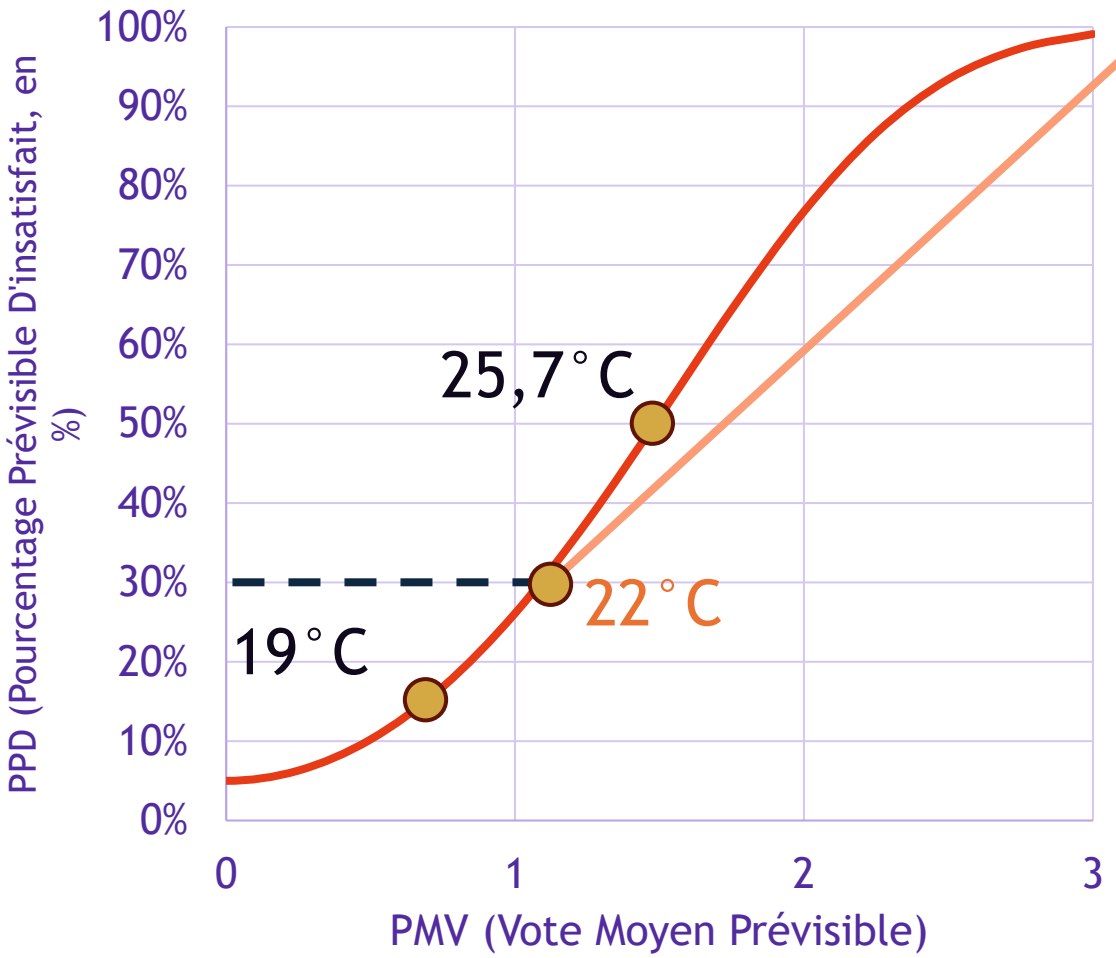
poste de travail étudié exposé à une surface rayonnante de 35 °C (machine en fonctionnement par exemple)



Situation initiale : température moyenne enregistrée de 25,7°C,
→ 50% des gens sont en situation d’inconfort

Pour atteindre 15% d'insatisfaits, une température ambiante de 19°C est nécessaire, température difficilement réalisable dans un atelier

Résultat de l'étude d'inconfort



Une première approche peut cibler un rafraichissement à 22°C, pour atteindre 30% d'insatisfait.

→ Par quels moyens ?

- Climatisation :
  - gros CAPEX
  - consommation électrique
- Rafraichissement adiabatique
  - capex plus faible
  - peu de consommation électrique
  - **mais** consommation d'eau

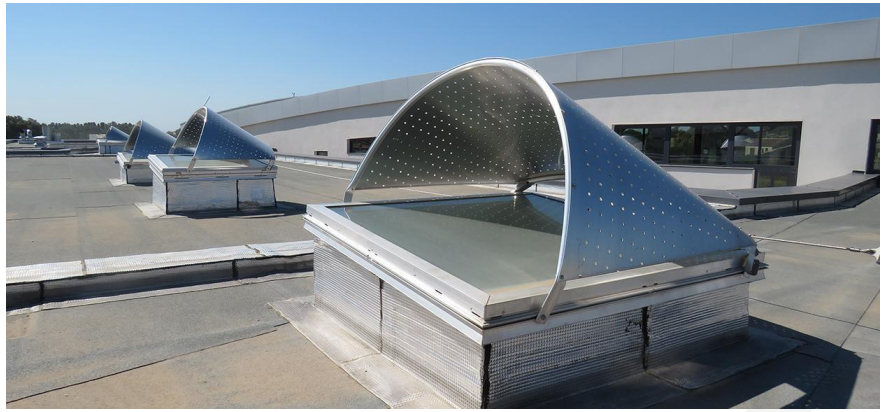
cetiat

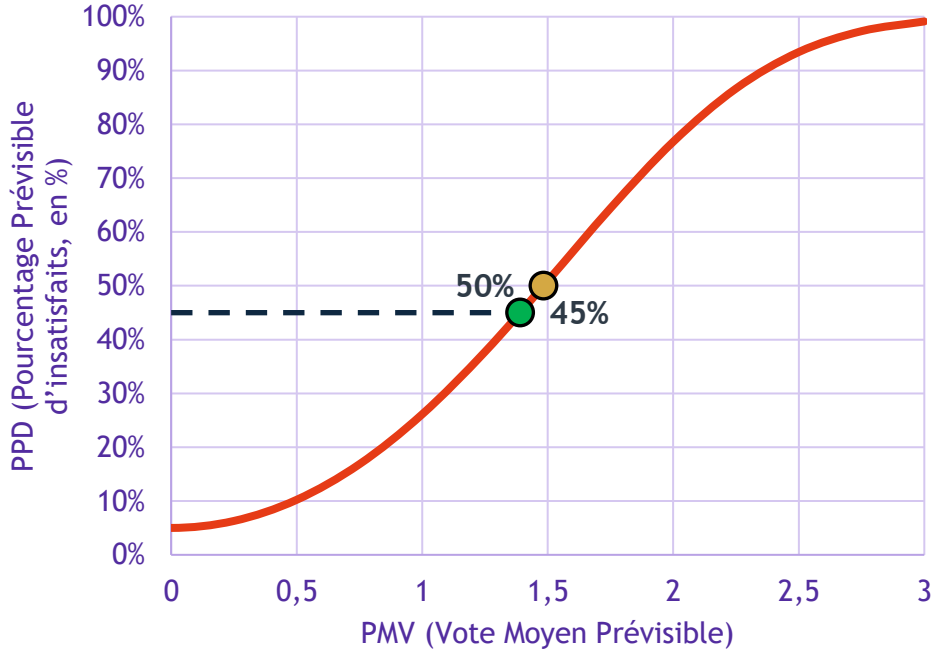
Propositions d’actions d'amélioration du confort thermique

- Les actions d’améliorations visent à :
  1) réduire les apports de chaleurs
  2) rafraichir les locaux
  3) améliorer le confort.
- Moyens mis en place :
  - Mise en place de pare-soleils,
  - Toiture blanche réfléchissante,
  - Réduction des apports procédés,
  - Réduction des surfaces de parois chaudes,
  - Mise en place de free cooling,
  - Climatisation des locaux à 22°C
  - Mise en en place de rafraichissement adiabatique (non détaillé dans cette présentation)

Action 1 : Mise en place de Brise-Soleils sur lanterneaux

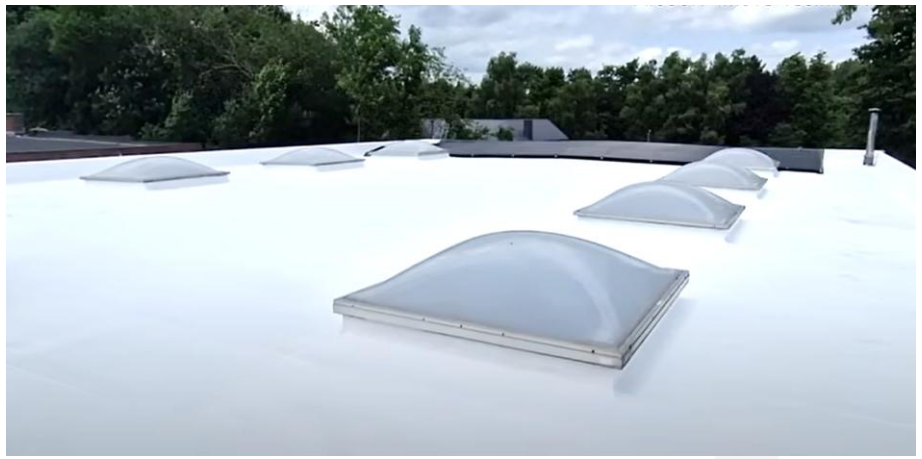
- Mise en place de brise-soleils sur les fenêtres de toit.
- L'objectif est de supprimer le rayonnement direct du soleil (le plus gros apport), sans supprimer l'apport de lumière.
- Apports de chaleur : **–6,3 MWh** (–34 % des apports solaires).
- Impact sur PPD : passage de 50% à 45% d'insatisfait
- Température moyenne en semaine : 24,8 °C (au lieu de 25,5 °C).

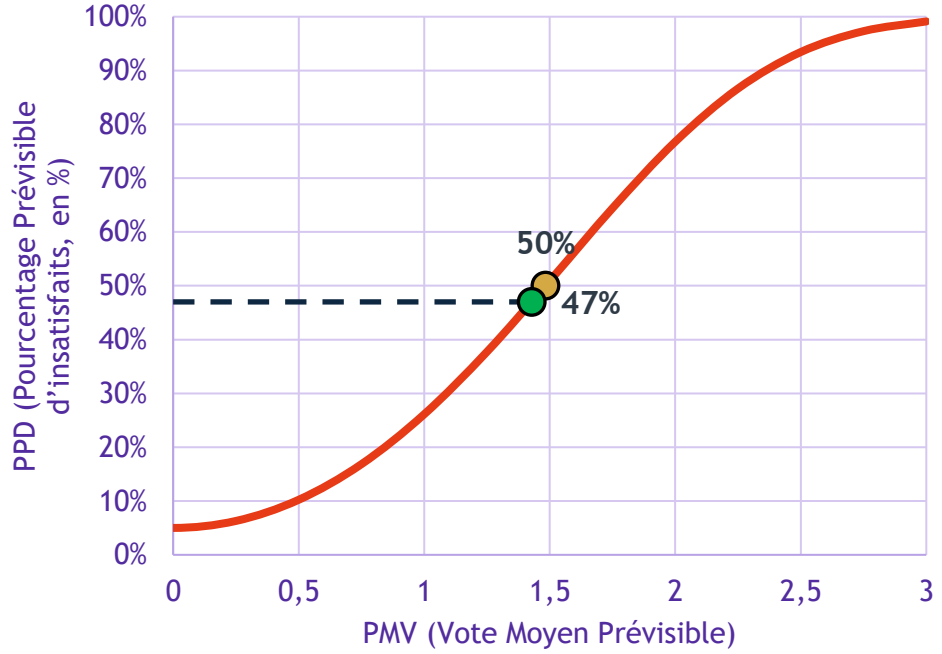




Action 2 : Peinture réfléchissante sur toiture

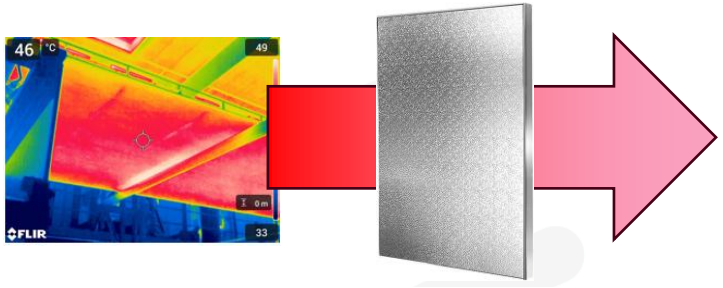
- Application d'une peinture blanche réfléchissante sur la toiture de l'atelier
- Cette peinture réfléchit plus qu'une peinture blanche et permet de réfléchir une grande partie des rayons du Soleil
- Apports de chaleur : **–3,9 MWh** (–21 % des apports solaires)
- Impact sur PPD : passage de 50% à 47% d'insatisfait

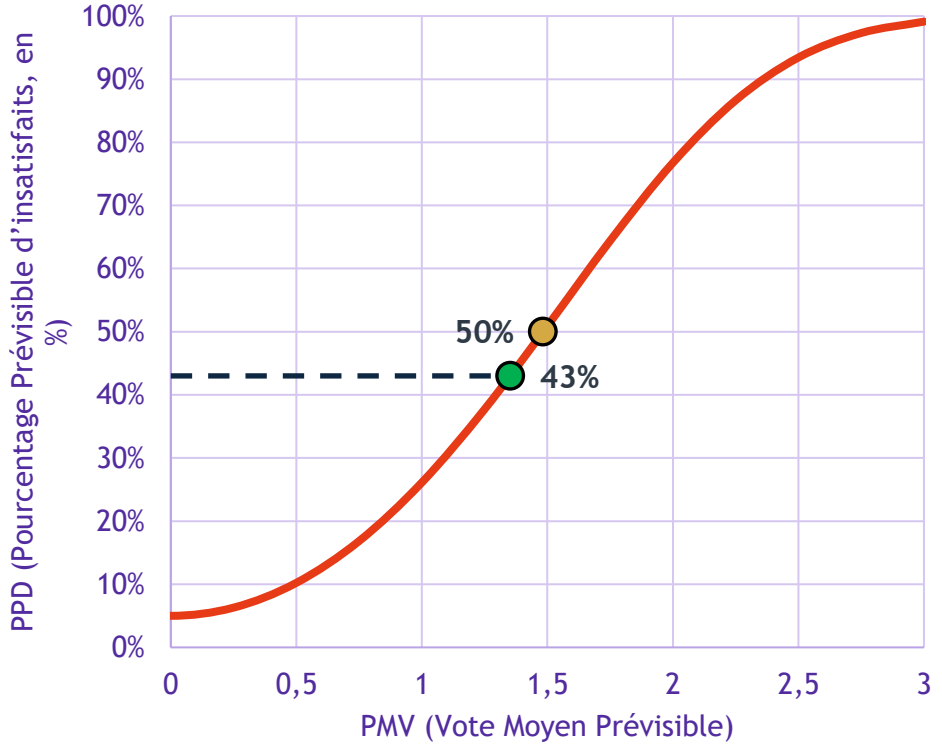




Action 3 : Réduction des apports Procédés

- Isolation des conduites d'évacuation des fumées
- Réduction des pertes radiatives par les parois des fours.
  - mise en place de surface blanche ou réfléchissante
- Apports des procédés : **–8,0 MWh** (–33 %)
- Impact sur PPD : passage de 50% à 43% d'insatisfait



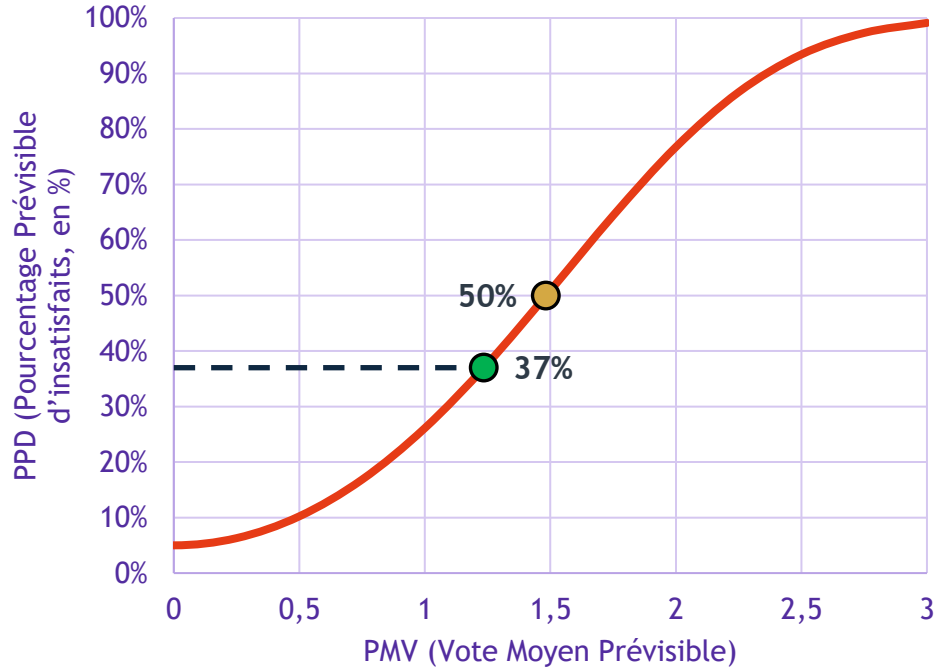


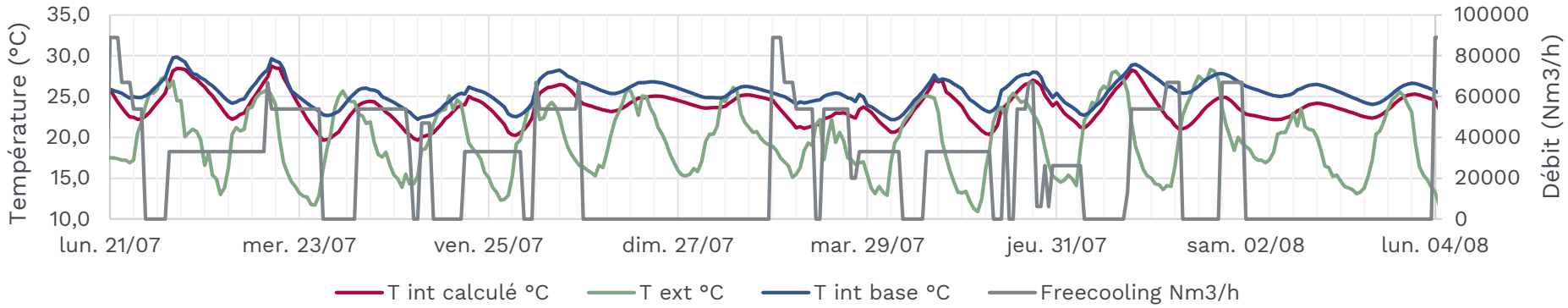


cetiat

Action 4 : Free cooling

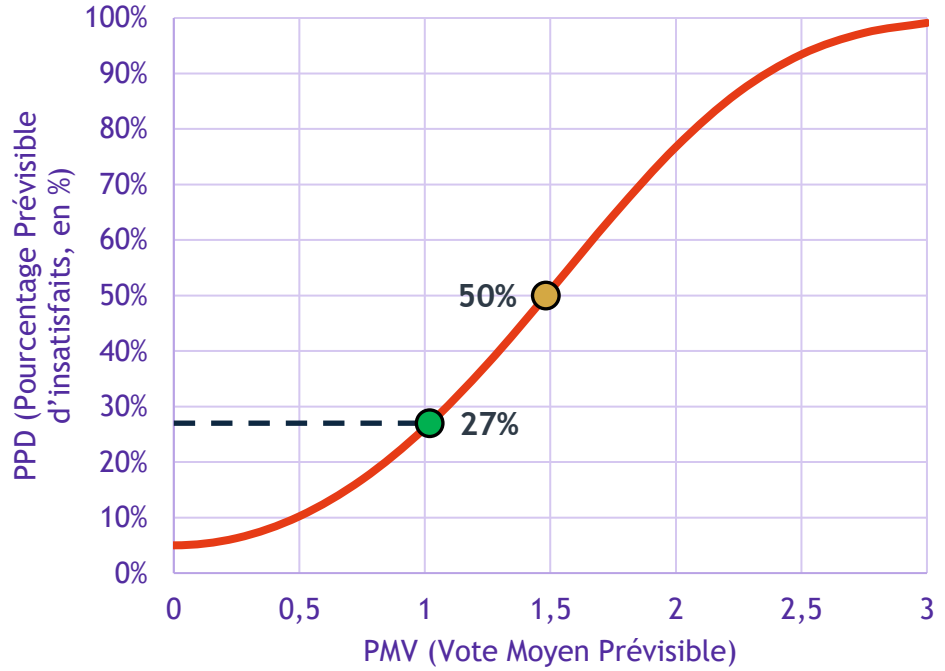
- Utilisation des extraction existantes en marche forcée la nuit lors des heures les plus fraiches pour rafraichir l'enveloppe
- Pas d'impact sur les apports de chaleur
- Impact sur PPD : passage de 50% à 37% d'insatisfait
- Température moyenne en semaine : 23,6 °C (au lieu de 25,7 °C).

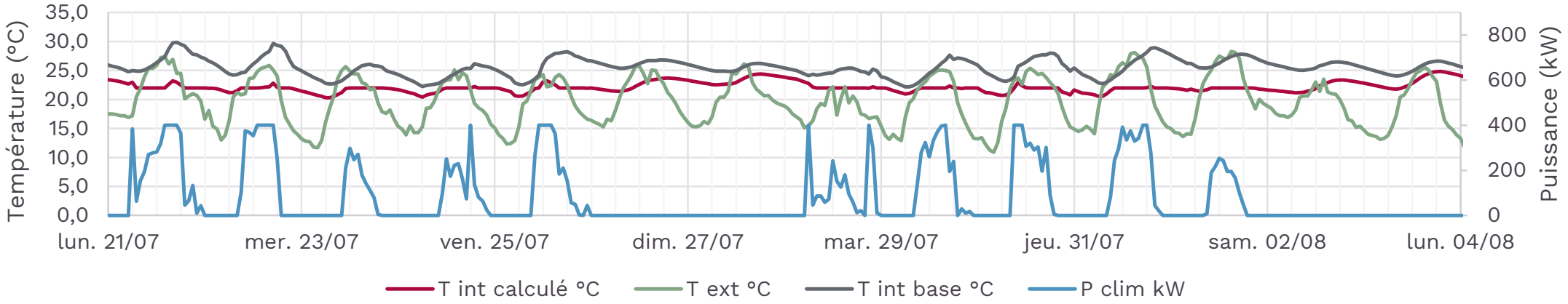




Action 5 : Climatisation des locaux à 22°C

- Mise en place d'un groupe froid et d'un réseau de distribution
  - Travaux importants d'aménagement nécessaire (CAPEX estimé de 533 k€)
- Impact sur PPD : passage de 50% à 27% d'insatisfait
- Température moyenne en semaine : 21,8 °C (au lieu de 25,7 °C).





Action 6 : Port de tenues rafraichissantes

- Le rafraichissement des employés peut également passer par le port de tenues rafraichissantes.
- Il en existe deux types :
  - Les systèmes à changement de phase : comme des glaçons qui changent de phase à 21°C ou 28°C. Durent de 1 à 3h selon les conditions.
  - Les systèmes à évaporation d'eau : Gilet humidifié qui se rafraichit lorsque l'eau s'évapore. Permet de gagner quelques degrés par rapport à l'ambiant. Se « recharge » rapidement.





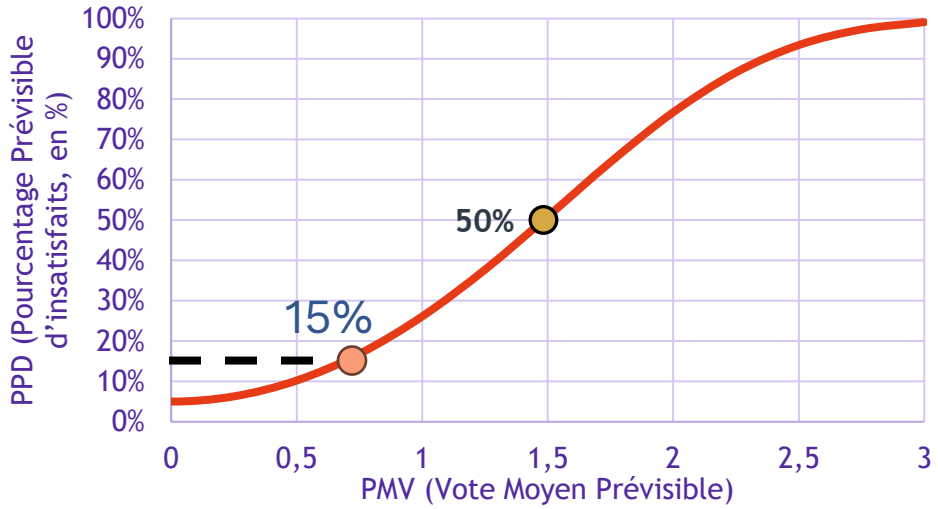
Scénarios : combinaison des actions

Scénario 1 : réduction des apports et free cooling

Actions 1 à 5, sans climatisation. Consigne de free cooling : 20 °C.

PPD : 50 % → 13 %

- **Investissement :** > 142 k€, hors parois chaudes
- **Énergie :** 6,7 MWh économisés, 1,8 tCO_2e évitée
- **Température moyenne en semaine :** 21,7 °C
- **Atteint la cible de 15 %**

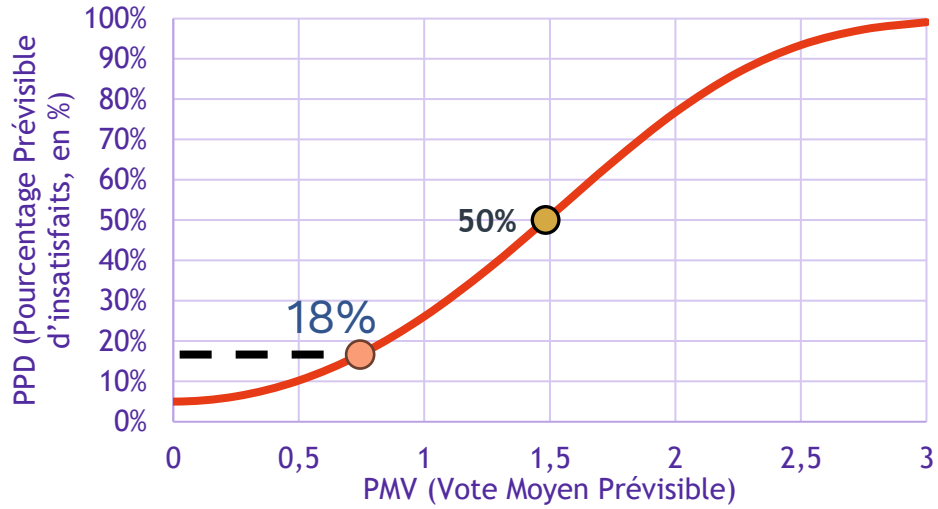


Scénario 2 : réduction des apports et climatisation à 24 °C

Actions 1 à 4, climatisation ramenée de 400 à 150 kW grâce aux parois traitées.

PPD : 50 % → 18 %

- **Investissement :** > 480 k€, dont 360 k€ de climatisation
- **Énergie :** 8,7 MWh économisés, 2,2 tCO_2e évitée
- **Température moyenne en semaine :** 22,7 °C
- **Proche de la cible, plus de 3 fois plus cher**



tiat

Conclusion

- La thématique des surchauffe estivales n'est pas uniquement une problématique de température
  - D'autres facteurs sont à prendre en compte : activité des travailleurs, habillement, rayonnement des parois, apports solaires, etc.
  - **Une étude de confort thermique peut permettre d'identifier les causes des surchauffes et les solutions**
- Le confort est l'inconfort subjectif ! →raisonner en indice PPD (Pourcentage Prévisible d'Insatisfaits en %)

25 avenue des Arts (La Doua)
BP 52042
69603 Villeurbanne Cedex – France

commercial@cetiat.fr

04 72 44 49 00

cetiat.fr

21/10/2026

cetiat
ensemble, innover et valider

Penser global, Rénover durable
Diagonale Concept

Auvergne Rhône-Alpes
atee
ASSOCIATION TECHNIQUE ENERGIE ENVIRONNEMENT

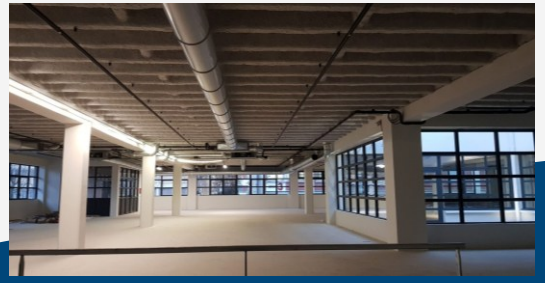
Spécialiste de la rénovation énergétique et globale

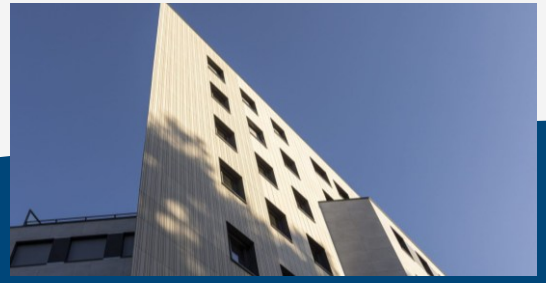


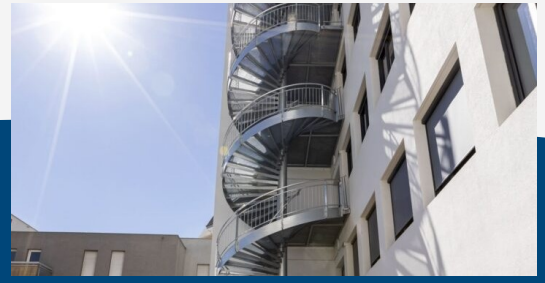
Conférence du 3 novembre 2026

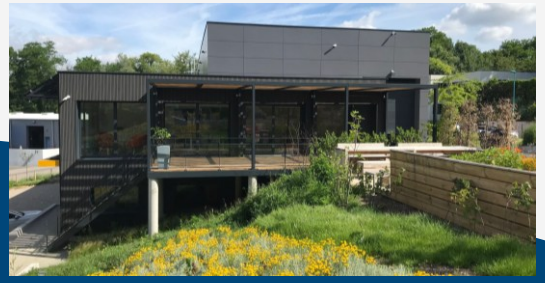
« Amélioration des bâtiments : quelles solutions envisageables ? »

Nos métiers de la conception à la réalisation









Stratégie

Comprendre les enjeux, les usages, les contraintes et les ambitions

Conception

Traduire une vision en solutions techniques, architecturales et énergétiques

Réalisation

Piloter les travaux avec exigence et rigueur

Performance

Mesurer, ajuster et garantir les résultats dans le temps

*Un interlocuteur unique · **Maître d'œuvre et contractant général***

PARTICULIERS | TERTIAIRE | INDUSTRIE

Penser global, Rénover durable
Diagonale Concept

01 CE QUE NOUS DEMANDENT LES INDUSTRIELS

Personne ne nous appelle pour du confort thermique



Les industriels nous appellent pour six symptômes concrets

01 CE QUE NOUS DEMANDENT LES INDUSTRIELS

CE QUE NOUS DIT LE CLIENT

« *La canicule arrête mes machines.*

Process qui décrochent, automates en défaut : une perte de chiffre d'affaires directe

« *Mes équipes n'en peuvent plus.*

Ateliers à 35 °C, absentéisme, postes qu'on n'arrive plus à pourvoir

« *Mes stocks ne sont plus conformes.*

Colles, résines, emballages, électronique : au-delà de la température maximale, c'est le rebut

« *Mon énergie me coûte trop cher, et je ne sais pas combien elle me coûtera dans trois ans.*

Une facture qui grignote la marge et devient imprévisible

« *Je dois décarboner.*

Sortir du gaz et du fioul, bilan carbone des donneurs d'ordre, décret tertiaire

« *La grêle a percé ma toiture.*

Une toiture fragile : passoire thermique et risque d'arrêt

Toutes ces douleurs entrent par le même endroit : le bâtiment

01 CE QUE NOUS DEMANDENT LES INDUSTRIELS

UNE MÊME TOITURE, QUATRE PROBLÈMES

LE BÂTIMENT

La toiture

En été

Elle fait monter l'atelier à 35 °C

Face aux aléas

Elle craint la grêle

En hiver

Elle laisse fuir la chaleur

Pour l'énergie

C'est elle qui doit porter le photovoltaïque

LE PIÈGE : TRAITER LE SYMPTÔME

Ajouter de la climatisation règle le symptôme, mais aggrave :

- **La facture énergétique**
- **Le bilan carbone**
- **La chaleur rejetée à l'extérieur**

La plupart des projets répondent à la question posée, **au lieu de répondre au problème.**

D'abord empêcher la chaleur d'entrer, produire du froid en dernier

02 LES SOLUTIONS, ET POURQUOI AUCUNE N'EST UNIVERSELLE

NOTRE RÈGLE : DANS CET ORDRE

01
Protéger l'enveloppe
Le levier le plus durable, été comme hiver

- Isolation de toiture
- Revêtement réfléchissant
- Protections solaires des façades exposées

02
Évacuer la chaleur
La 1re source de chaleur est souvent le process

- Ventilation nocturne et surventilation
- Ouvrants en partie haute
- Récupération de la chaleur des machines

03
Rafraîchir
Sans climatiser : grands volumes, faible coût d'usage

- Rafraîchissement adiabatique
- Géocooling : la fraîcheur du sous-sol

04
Produire et stocker
Intelligemment, une fois les besoins réduits

- Pompes à chaleur réversibles
- Géothermie
- Couplage au photovoltaïque en toiture

PAR-DESSUS TOUT : PILOTER **GTB, capteurs et suivi des consommations.** Sans mesure, on ne sait pas si ça marche.

Chaque solution excelle quelque part et déçoit ailleurs

02 LES SOLUTIONS, ET POURQUOI AUCUNE N'EST UNIVERSELLE

Solution	Là où elle excelle	Là où elle déçoit
Isolation et revêtement de toiture	Grands volumes sous toiture légère ; gain hiver et été	Peu d'effet si la chaleur vient surtout du process
Protections solaires, façades	Bureaux, zones vitrées, façades sud et ouest	Ateliers aveugles
Ventilation nocturne, surventilation	Bâtiments avec inertie, nuits encore fraîches	Nuits tropicales, sites bruyants ou à sûreté stricte
Récupération de chaleur process	Compresseurs, fours, groupes froids, salles propres	Besoin de chaleur trop éloigné ou décalé dans le temps
Rafraîchissement adiabatique	Entrepôts et ateliers ventilés, coût d'usage faible	Matières sensibles à l'humidité, salles propres, climat humide
Géothermie, géocooling	Besoins chaud et froid sur la durée, coût d'exploitation stable	Sous-sol ou emprise inadaptés ; investissement initial
Pompes à chaleur réversibles	Substitution gaz ou fioul, chaud et froid	Enveloppe non traitée : surdimensionnement
Photovoltaïque en toiture	Consommation diurne et estivale, autoconsommation	Toiture en fin de vie ou charpente sous-dimensionnée
GTB et monitoring	Tous les sites ; condition pour prouver les gains	Rien, si personne ne regarde les données

KTR France : rénover ou détruire une passoire inoccupée ?

03 KTR FRANCE : LA PREUVE PAR LE MONITORING

AVANT LES TRAVAUX



Dardilly : siège et site industriel, bureaux et zone d'activité
Rénové en 2017-2018

LE POINT DE DÉPART

Une passoire énergétique de 1 200 m², inoccupée

La question posée par KTR : **rénover ou détruire ?**

LES ENJEUX DU PROJET

Priorité : la qualité de vie au travail

1 600 heures passées chaque année au travail

Tendre vers l'autonomie énergétique

Être résilient : un investissement patrimonial pour KTR

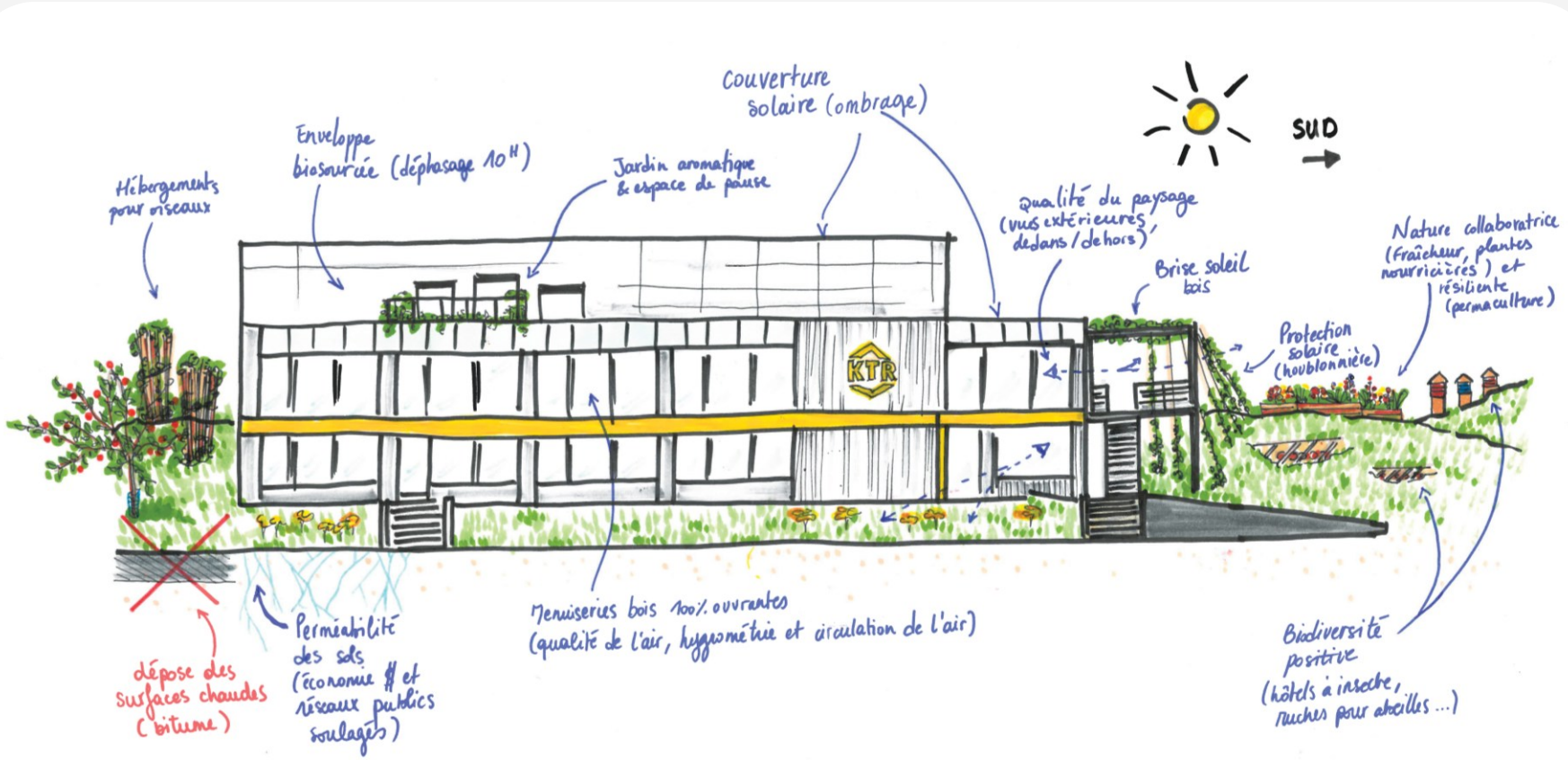
Une approche systémique : bâtiment, usagers et nature liés

03 KTR FRANCE : LA PREUVE PAR LE MONITORING

LES ENJEUX

- **Confort d'été passif**
- **Bien-être et santé des usagers**
- **Sobriété énergétique**
- **Préserver le paysage**
- **Régénérer la biodiversité**

NOTRE APPROCHE SYSTÉMIQUE



Le chantier, de l'enveloppe aux équipements intérieurs

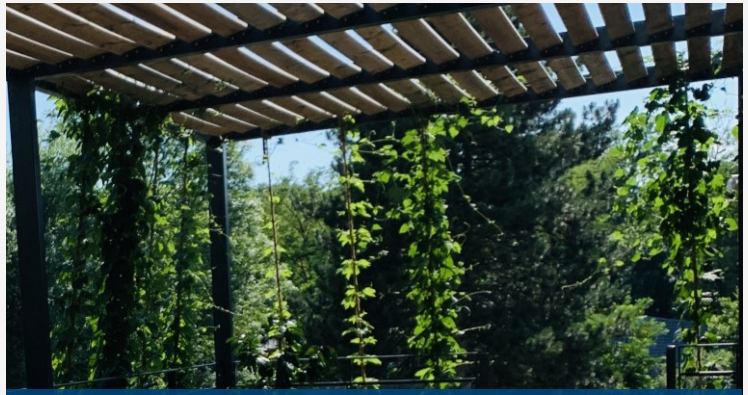
03 **KTR FRANCE : LA PREUVE PAR LE MONITORING**



Isolation biosourcée



Rénovation de la façade



Protection solaire par le houblon



Forage géothermique



Ventilation double flux



Plancher chauffant réversible

Énergie positive et surinvestissement rentabilisé en moins de 7 ans

03 KTR FRANCE : LA PREUVE PAR LE MONITORING

CE QUE NOUS AVONS FAIT

01

L'enveloppe

Isolation biosourcée, menuiseries bois, protections solaires

02

La production

Géothermie : chauffe l'hiver, rafraîchit l'été
Centrale photovoltaïque électrique et thermique

03

Les équipements intérieurs

Ventilation double flux, plancher chauffant réversible

> ***« Nous avons rentabilisé le surinvestissement de la géothermie en moins de 7 ans, je ne comprends pas pourquoi tout le monde ne fait pas ca. »***
>
> P. Martin, dirigeant de KTR

APRÈS · 2018



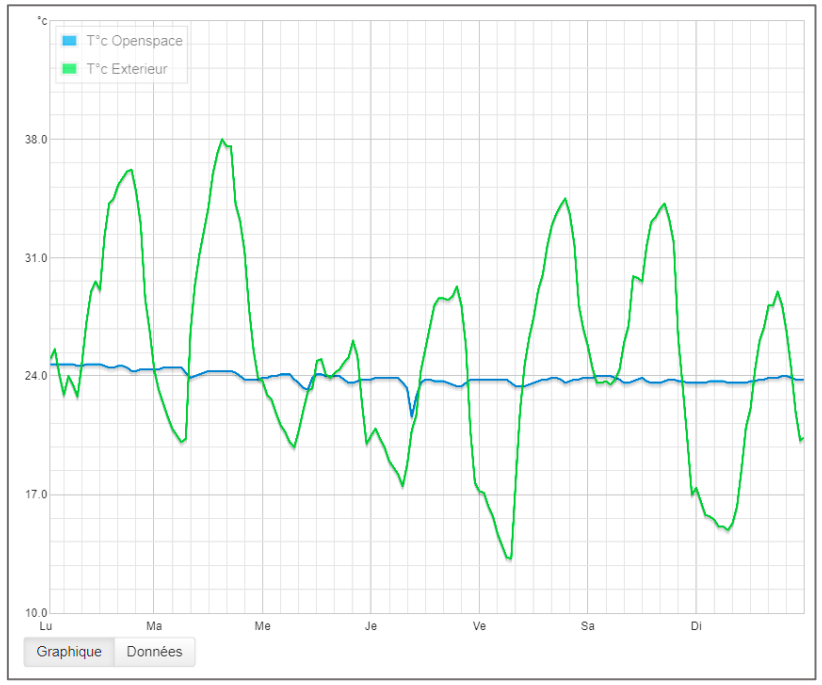
Énergie positive
produit plus qu'il ne consomme sur l'année

< 7 ans
de retour sur le surinvestissement

Mesurée sur plusieurs étés, la performance tient dans le temps

03 KTR FRANCE : LA PREUVE PAR LE MONITORING

LE MONITORING, 7 ANS APRÈS LA LIVRAISON



— Température extérieure — Température intérieure (open space)

LA DISTINCTION

Grand Prix international de la Rénovation durable

Green Solutions Awards 2018 (COP 24), lauréat France et international

EN PÉRIODE DE CANICULE, ÉTÉ 2025

Dehors	À l'intérieur
24 - 36°C	**24°C**

BILAN ANNUEL, TOUS USAGES

31 000 kWh consommés	**38 000 kWh*** produits	**+22 %** de production en plus

SANS MONITORING, ON NE DÉTECTE PAS la vanne restée ouverte, le réglage qui dérive, la consigne jamais remise

* 7 000 kWh d'autoconsommation déduits.

Vision Systems a besoin de chaud et de froid en même temps

04 VISION SYSTEMS : PENSER LE SITE COMME UN SYSTÈME

TROIS BESOINS SUR UN MÊME SITE



Salles blanches
Température et hygrométrie stables toute l'année

Fours
Ils évacuent leur chaleur dans le bâtiment

Bureaux et locaux
À chauffer l'hiver, à rafraîchir l'été

AUJOURD'HUI : UN ÉQUIPEMENT PAR BESOIN

Groupe froid Evacuation des fours → **Chaleur rejetée à l'extérieur**

On paie pour produire du froid, puis on jette la chaleur

jamais reliées

Chaudière → **Chaleur pour les bureaux et les ateliers**

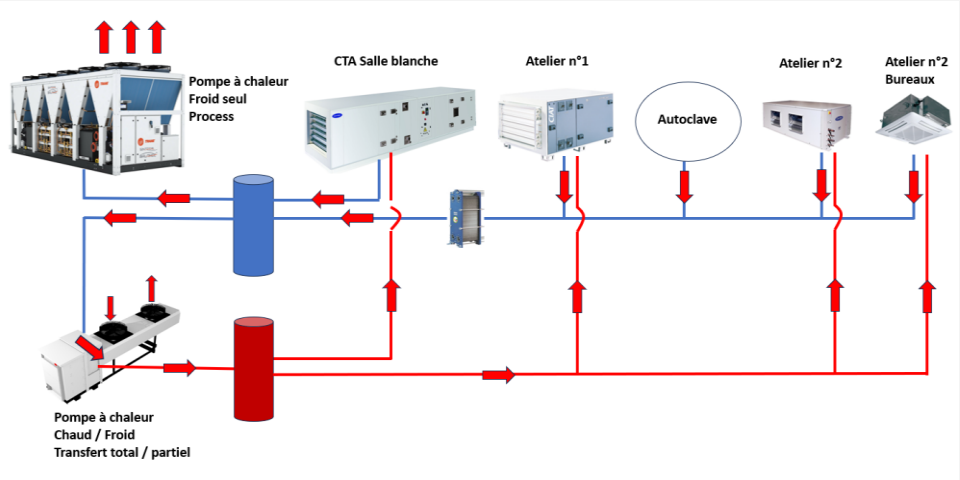
On paie une deuxième fois pour produire du chaud

Résultat : la même énergie est payée deux fois

Deux boucles d'eau relient tous les besoins du site

04 VISION SYSTEMS : PENSER LE SITE COMME UN SYSTÈME

NOTRE PROPOSITION



Boucle froide
Salles blanches et machines : on extrait leur chaleur

Pompes à chaleur
Récupèrent l'énergie fatale

Boucle chaude
Bureaux et locaux : on la réinjecte

Géothermie : la batterie du site

L'été, elle absorbe le surplus de chaleur ; l'hiver, elle le restitue.
Le sous-sol devient un stockage saisonnier.

QUI PAIE ? LE TIERS INVESTISSEMENT

1. **Un investisseur** finance les installations
2. **L'industriel** ne mobilise pas de capital
3. **Il paie un service énergétique** sur ***10 à 20*** ans, avec une part de ses économies d'énergie

L'investissement énergétique ne concurrence plus l'investissement productif.

Le froid et la chaleur dont on a besoin sont souvent les deux faces de la même énergie.

Cinq choses à retenir

05 CONCLUSION

1

Partez de la douleur, pas de la solution.
Arrêt de production, stocks, recrutement, facture : c'est ce problème-là qu'il faut résoudre.

2

Respectez l'ordre.
Empêcher la chaleur d'entrer, évacuer celle qu'on produit, puis produire du froid. Séquencer pour ne jamais payer deux fois.

3

Regardez votre site comme un système.
Votre process jette de la chaleur que votre bâtiment consomme : les relier est souvent le gisement le plus rentable.

4

Mesurez.
Sans monitoring, on ne connaîtra jamais la performance réelle d'un projet.

5

Pensez au financement dès le départ.
Aides, tiers investissement, coût global : le bon montage rend faisable un projet qui ne l'était pas.

Nous assemblons les briques sur votre site et nous engageons sur le résultat.
Visitez KTR France à Dardilly, données de monitoring sous les yeux.

Penser global, Rénover durable
Diagonale Concept

Merci de votre attention



VOTRE CONTACT

Pierre MARBACH-PUTMAN

Dirigeant

04 37 41 11 99

p.marbach@diagonaleconcept.com

12 rue Cavenne 69 007 Lyon

Adaptation du process et du bâtiment à l'évolution des températures

F.DEROCHE

THERMILYON Groupe

03 novembre 2026



Avec le soutien de

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
Liberté
Égalité
Fraternité

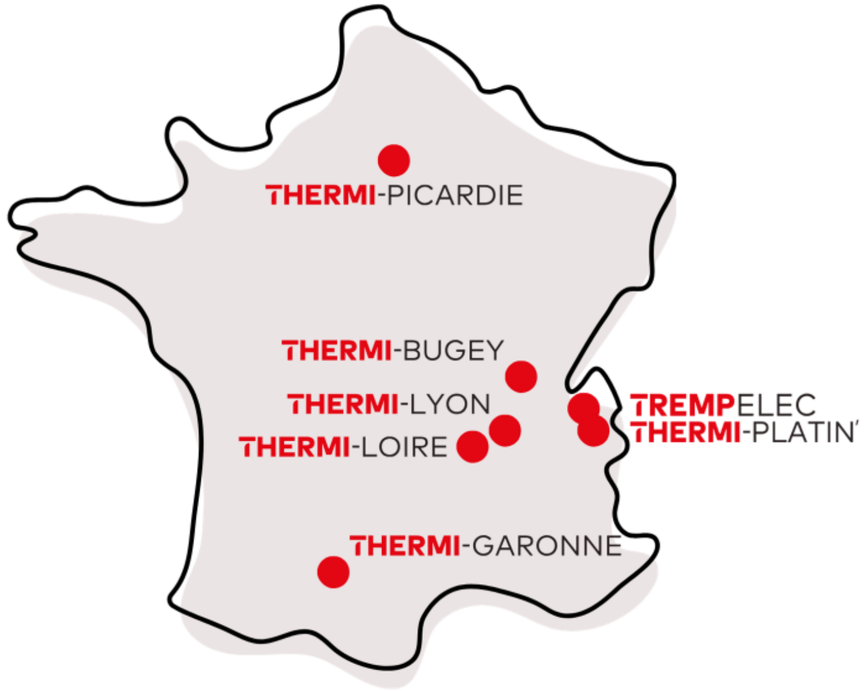
ADEME
AGENCE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

THERMILYON Groupe

Traitement thermique et dépôts sous vide à façon







30 M € DE **CHIFFRE D'AFFAIRES**

25 % DU **CA RÉINVESTI** EN MOYENNE CHAQUE ANNÉE

150 **COLLABORATEURS**

1000 **CLIENTS ACTIFS**

7 **SITES** EN **FRANCE**

4 **CERTIFICATIONS**
ISO 9001
ISO 13485 (MÉDICAL)
EN 9100 (AÉRONAUTIQUE)
IATF 16949 (AUTOMOBILE)

70 % DES PIÈCES À L'**EXPORT**

100 % DES SITES **CERTIFIÉS ISO 9001**

4 **SITES ACCRÉDITÉS** Nadcap ACCREDITED HEAT TREATING

Découvrez notre site internet : **groupe-thermi-lyon.com**

THERMILYON Groupe DONNER DE LA FORCE À LA MATIÈRE. RÉVÉLER LE POTENTIEL DE CHAQUE PIÈCE.

Sommaire

(In)confort Thermique dans les ateliers de Thermi Lyon et Thermi Garonne

- Etude du Cetiat –B.Bruyère (***Thermi Lyon***)
- Actions mises en place pour améliorer la situation à ***Thermi Lyon***
- ***Thermi Garonne***

  → remplacement de la toiture /extracteurs /refroidissement adiabatique
- Evolution des systèmes de refroidissement de l'eau industrielle (efficacité)
- Conclusion

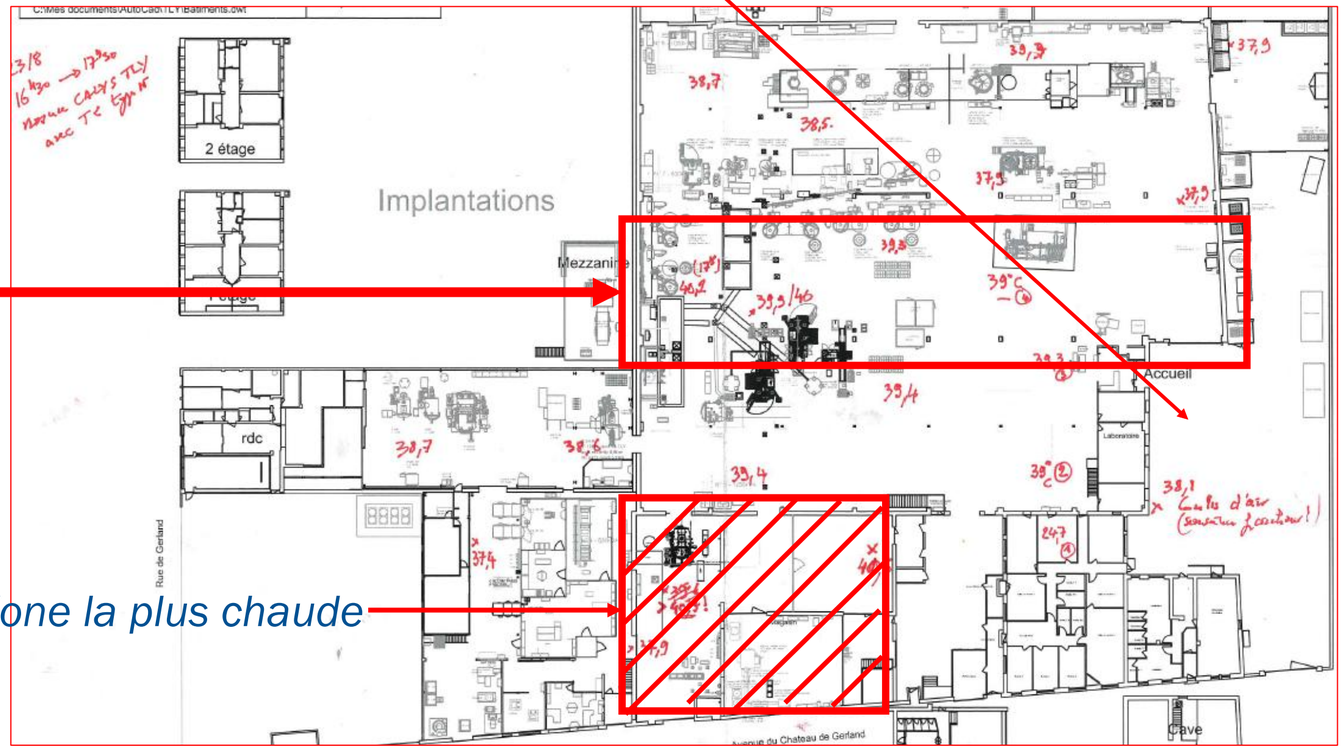
Etude du Cetiat (avril 2024)

Constat : il fait très chaud l'été avec des températures > ***40 °C*** et > Θ ambiante !
(ex : aout 2023) – températures très homogènes – ***sensation de confort dehors bien que 38 °C ! → due au coulis d'air***

Objectif :

- *Bilan des sources de chaleur*
- *Évaluation de l'efficacité de différentes solutions*





Zone la plus chaude

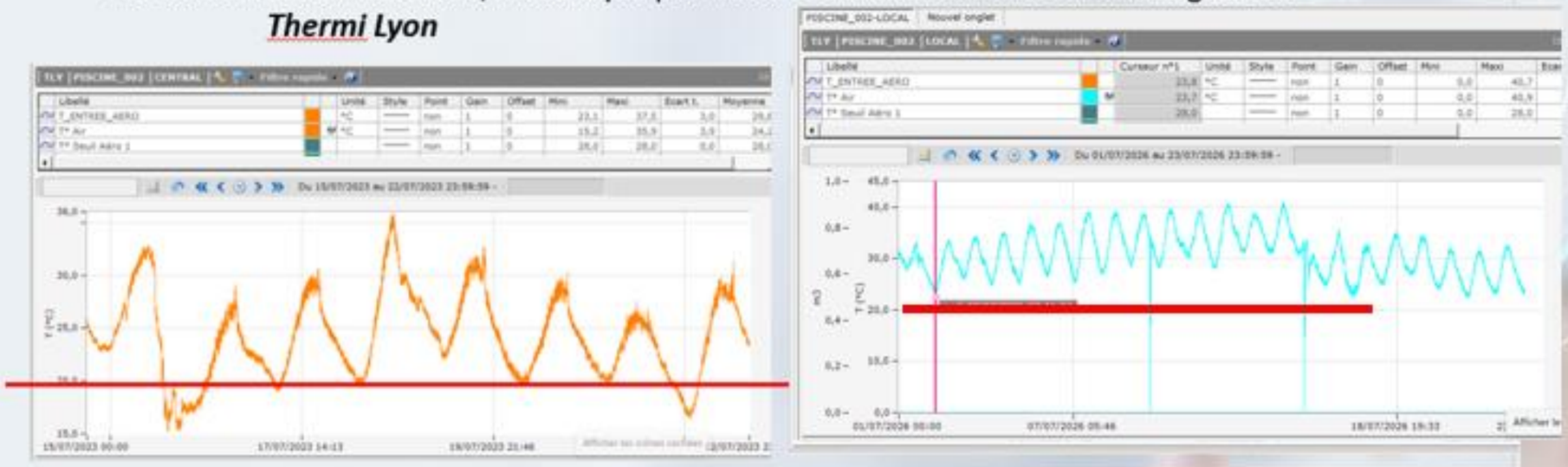
La température : Evolution entre 2023 et 2026 → décalage de + 3°C !

(In)confort Thermique – situation dans les ateliers de Thermi Lyon

Plusieurs origines:

- Température ambiante > 20° pendant plusieurs jours consécutifs l'été→ accumulation de la chaleur
- Faible inertie thermique du bâtiment
- Pas de ventilation naturelle/mécanique permettant d'extraire la chaleur emmagasinée

Thermi Lyon



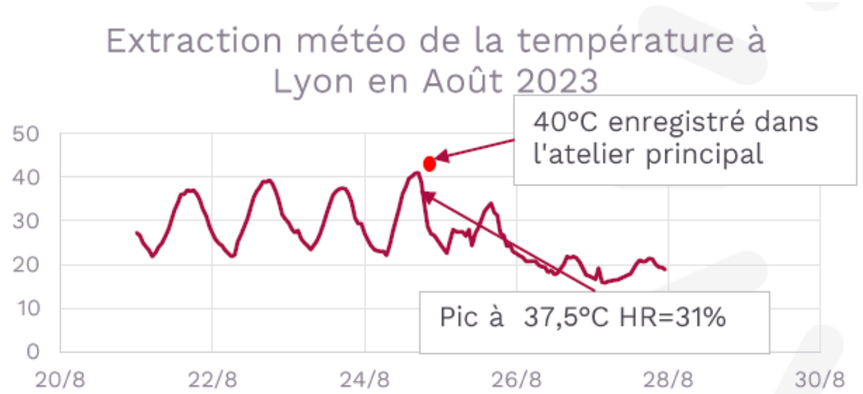
Etude du Cetiat (avril 2024)

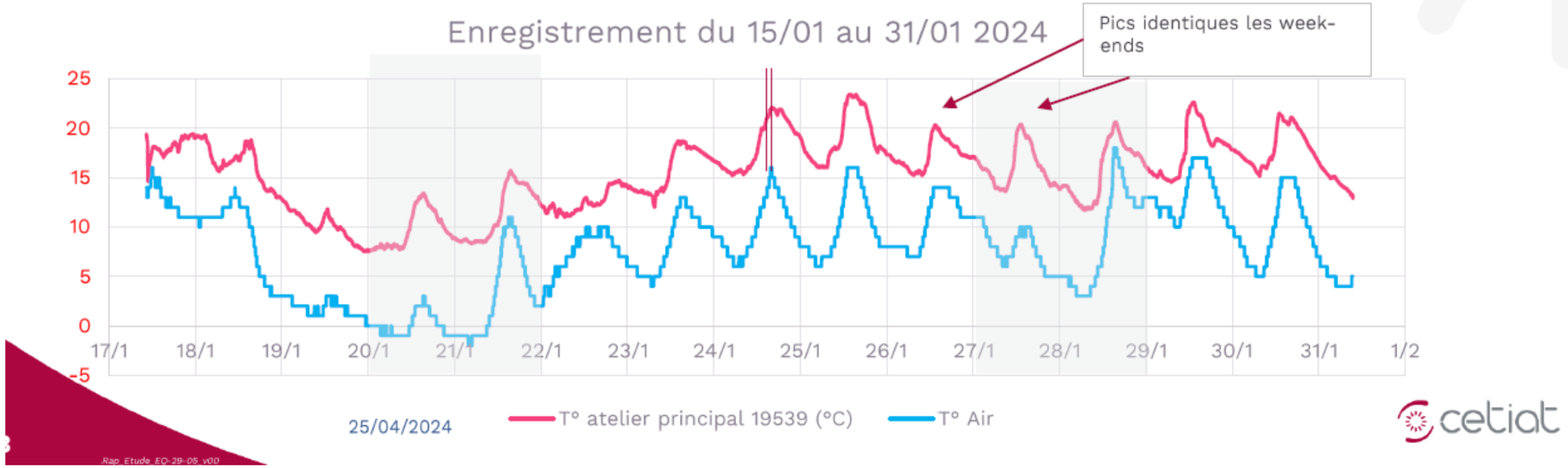
Mesures faites dans le hall principal pendant 2 semaines → très faible inertie thermique

→ *seulement 5° à 7°C d'écart entre l'intérieur et l'extérieur !*

État des lieux

- **Un bâtiment à faible inertie :**





cetiat

Etude du Cetiat :

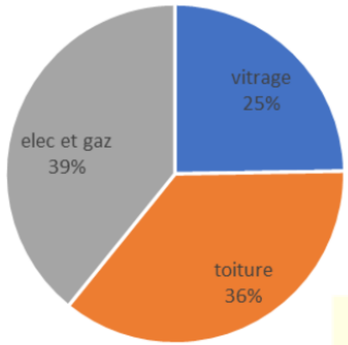
Estimation des apports de chaleur :

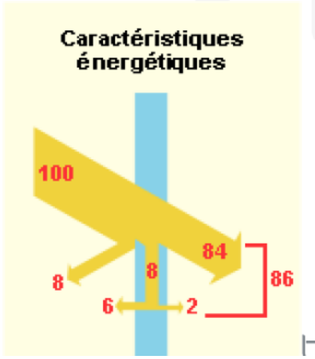
- 1/3 par le toit
- 1/3 par les vitrages
- 1/3 par le process

Apports solaires

- **Irradiation en juillet :**
  - 153 kWh/m² face Sud
  - Irradiation totale de 548 MWh
  - P moyen de 737 kW
- **Répartition de la surface des vitrages : 27% (1 300m²)**
  - Apport par les vitrages estimés : 260 kW
  - Apport par la toiture estimée : 350 kW
  - Rappel des apports élec et gaz : 380 kW

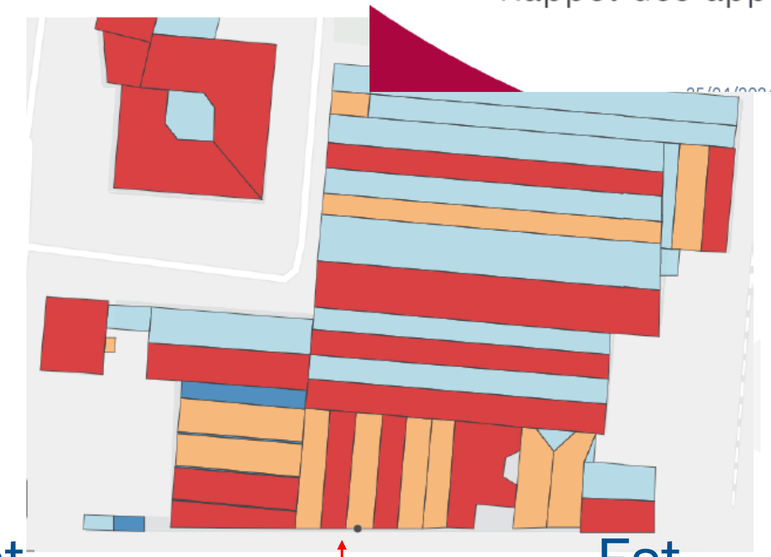
Répartition des apports



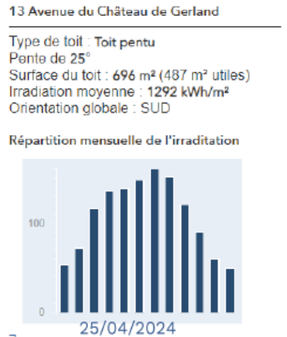


Apports solaires

- **Une surface importante**
- **Environ 2400 m² exposé au sud**
- **S totale : 4 900 m²**



Ouest Est



Actions réalisées

- *Achat de 4 refroidisseurs adiabatiques déplaçables - société **Airnov***
- *Peinture blanche isolante origine **Renovcoat** sur les plexi côté sud de 3 travées*
- *Déplacement des 3 groupes froid à l'extérieur de l'usine*
- *Réfection d'une partie de la toiture (zone mesurée la plus chaude)*

Actions à venir :

- *Remplacement de toutes les toitures de l'usine*
- *Solution de rafraichissement*

Actions réalisées :

Achat de 4 refroidisseurs adiabatiques : placés au poste de travail
très efficaces /déplaçables
consommation d'eau ~ 100 l/j
→ mettre une alimentation d'eau à proximité



airnov
EXPERT DU CLIMAT INTÉRIEUR

Caractéristiques du rafraîchisseur Breezair EA120

Rafraîchisseur d'air adiabatique sur roulettes, équipé d'un bac réservoir d'eau de 100L, variateur de vitesse, débit maximum 8500m3/h, capacité de refroidissement (Eurovent) 15kW, alimentation électrique monophasée, moteur 750W, régulation par variateur sur l'appareil.





Caractéristiques techniques :

	Débit d'air	vitesses	moteur max	Cap. Froid*	T° soufflage*
EA120SVM Breezair mobile	8500m3/h	variables	750W	15kW	23.5°C

*T° 35°c HR 30%

Dimensions :

Largeur (cm)	Profondeur (cm)	Hauteur (cm)	Poids
98	92	131	110kg

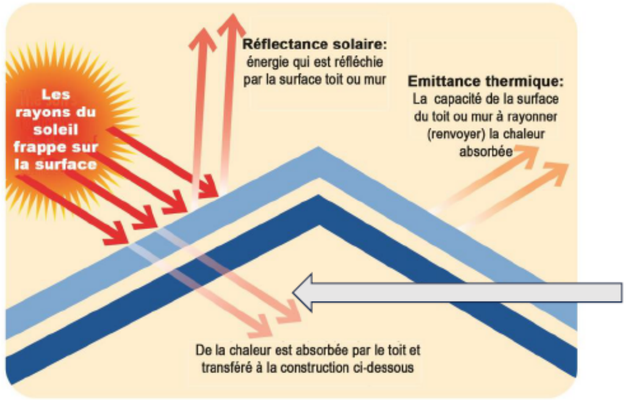
Fonctionnement :
- Alimentation électrique monophasée.
- Réservoir de 100 L à remplir de préférence par un tuyau d'arrosage

Actions réalisées :

- *Peinture blanche isolante origine Renovcoat sur les plexi côté sud de 3 travées*

RENOVCOAT

La Peinture Thermo Réflective ROOFFLECT THERM C'est Quoi ?



Pigment Thermo Réfléchissant

83% des InfraRouges réfléchis (mesures CSTB)

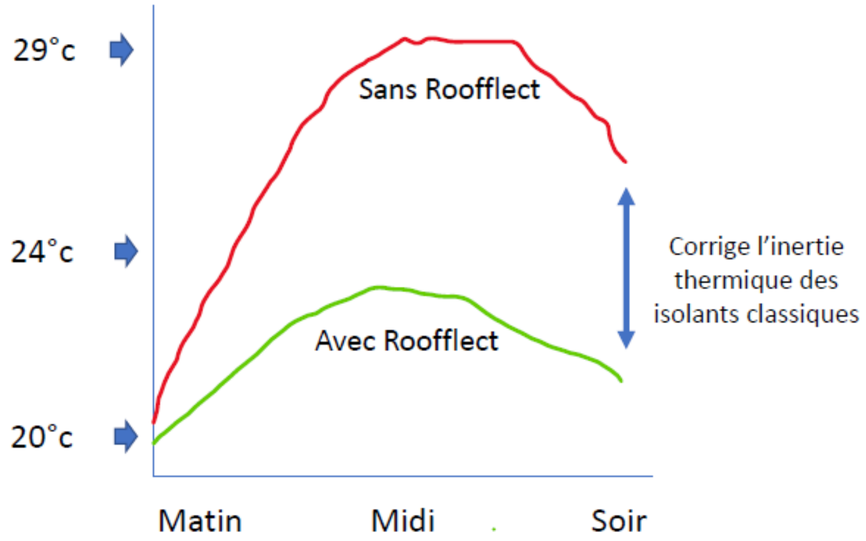
Aérogels de Silice Isolant Thermique

95% d'air dans les billes présentes dans la formulation (Coef Lambda: 0,065 W/m.K)

Confort d'été

Confort d'hiver

Température intérieur Bâtiment en Eté



Actions réalisées

- *Peinture blanche isolante origine Renovcoat sur les plexi côté sud de 3 travées et verticale grand hall → gain de 5°C sous les plexi*

520 m2 /13 k€ -société Thermoroof
2 couches de peinture





Actions réalisées

Déplacement des 3 groupes froid à l'extérieur de l'usine

cout : 33 k€ (2 refroidisseurs)
+ 27 k€ (tuyauteries > 500 m)





Actions réalisées

Réfection d'une partie de la toiture (zone mesurée la plus chaude)
Initial : briques + tuiles (600 m2)

- → *suppression des plexi / remplacement par 2 lanterneaux par travée (luminosité)*
- → *bac Acier + Isolant laine de roche 80 mm Classe C + membrane claire*
- → *prévue pour recevoir des panneaux photovoltaïques*
- → *conforme brooft3*





Actions réalisées

Réfection d'une partie de toiture (zone mesurée la plus chaude)

Avant



Après

(en arrière plan : les bâtiments prévus d'être réfectionnés)

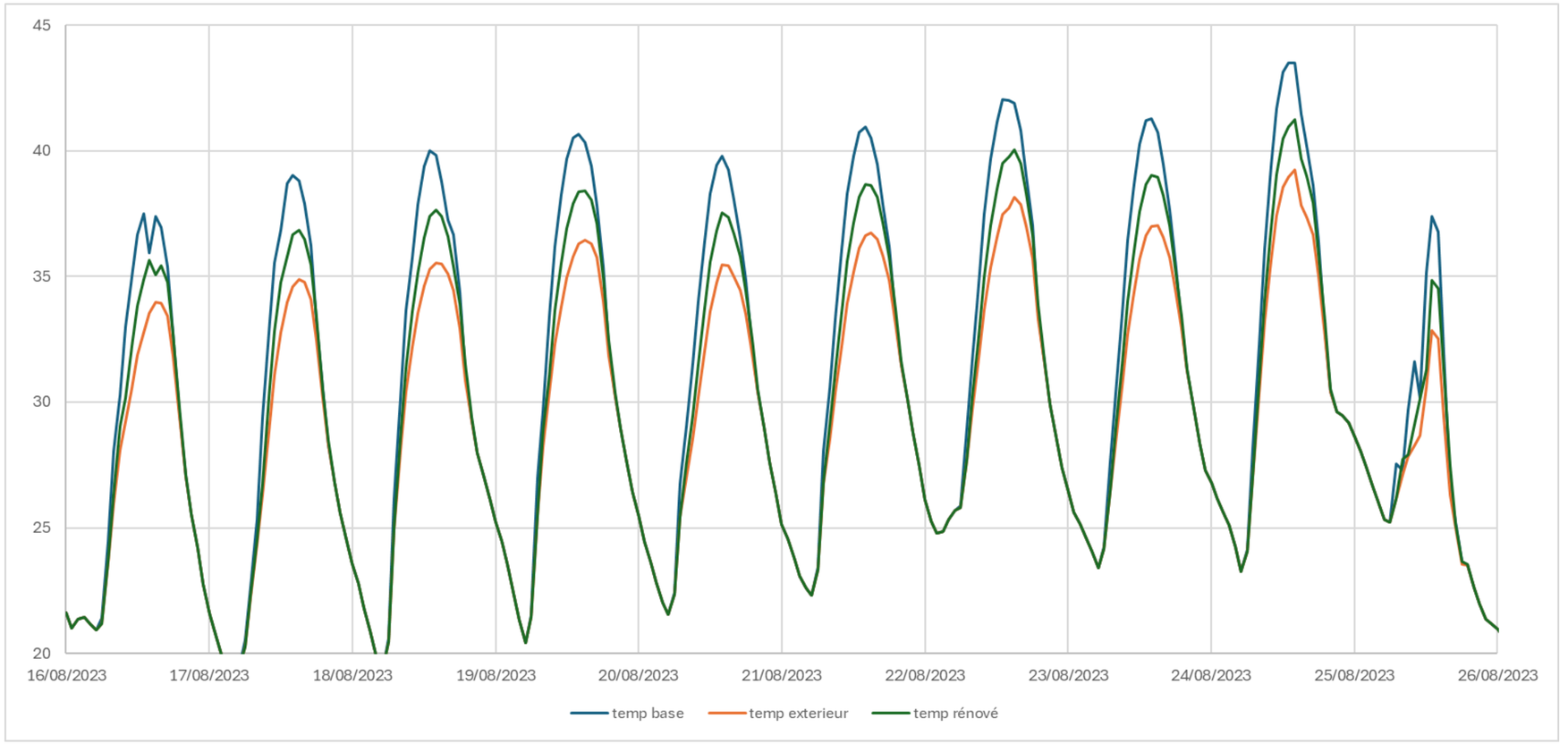


Actions réalisées :

Réfection d'une partie de toiture (zone mesurée la plus chaude)

→ *Estimation du gain (calculs Cetiat) :* → *Δ = - 3 à - 4 °C environ*

→ *Réel (été 2026): conforme mais surtout impression d'être plus « supportable »*



Action planifiée (devis en cours)

réfection du reste des toitures :

→ **briques** + tuiles → **briques** + lame d'air + panneaux sandwichs blanc isolation 100 mm

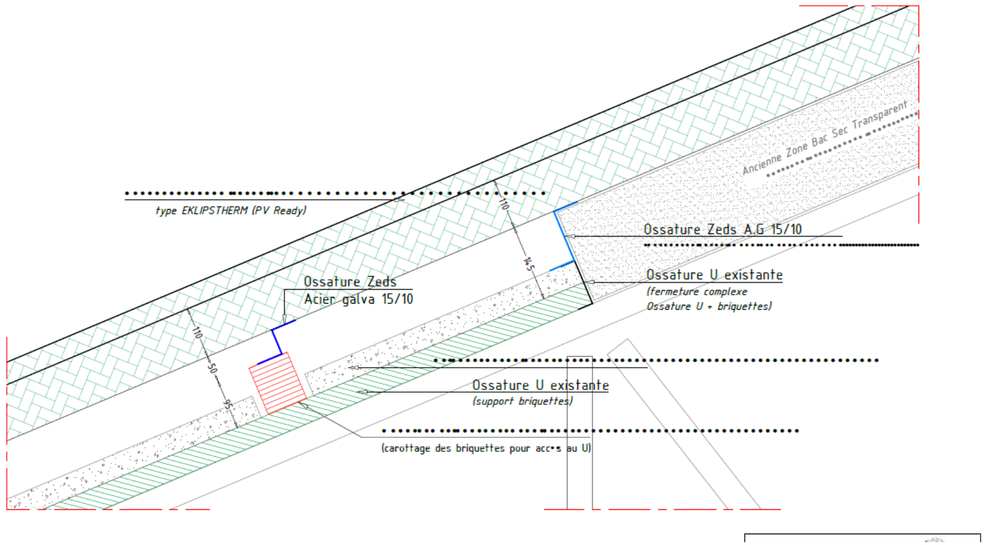


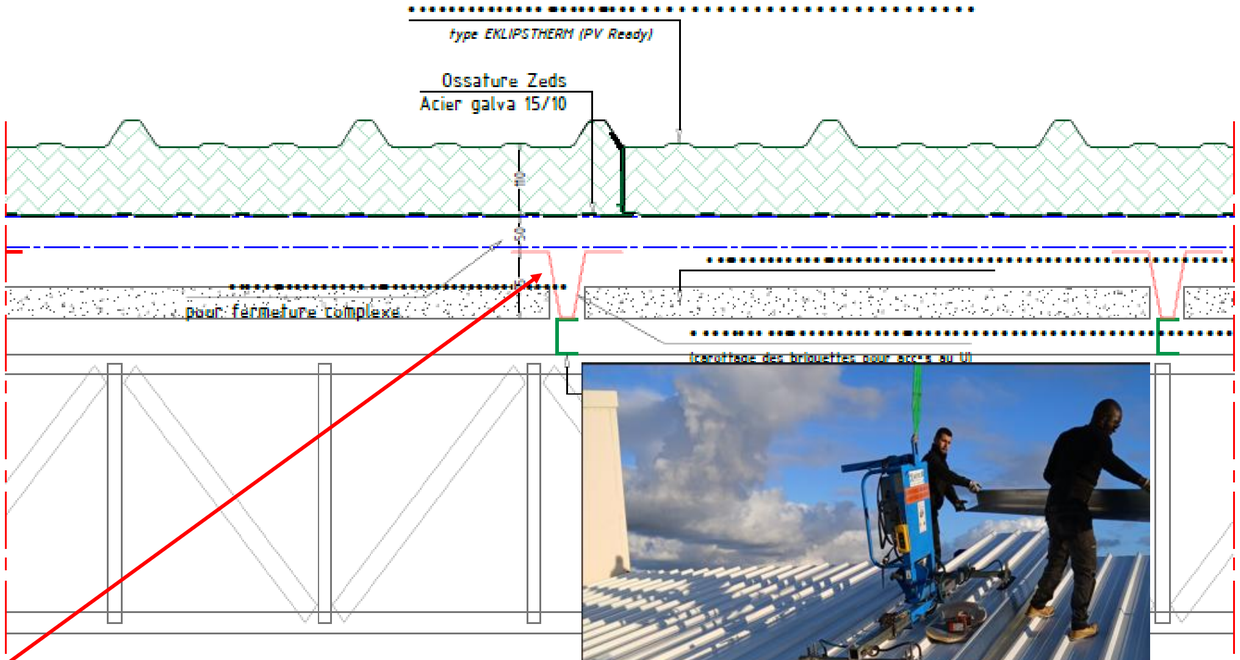




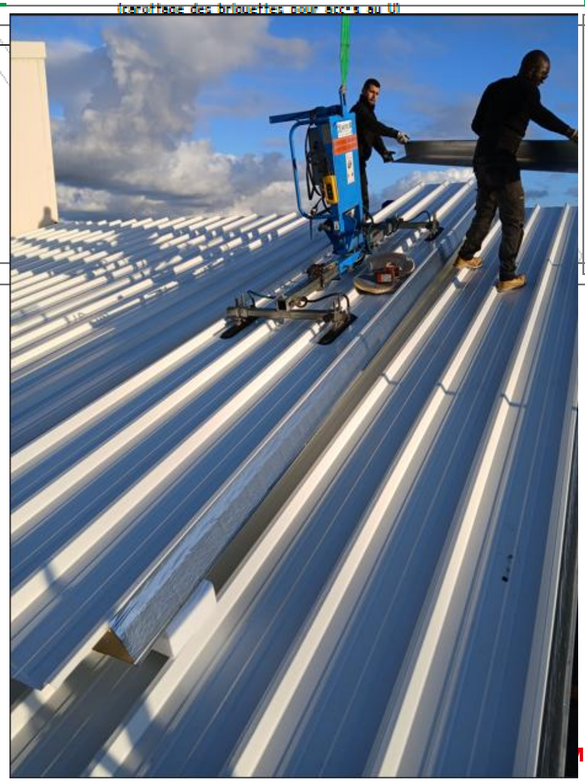
Action planifiée

briques + tuiles → briques + lame d'air + panneaux sandwichs blanc isolation 100 mm









Projet

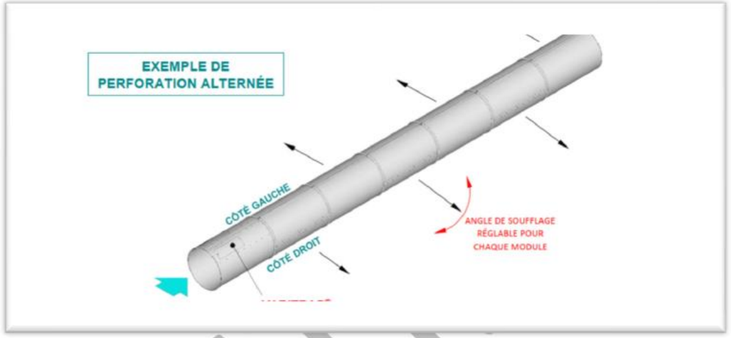
Refroidissement grand hall par 2 PAC

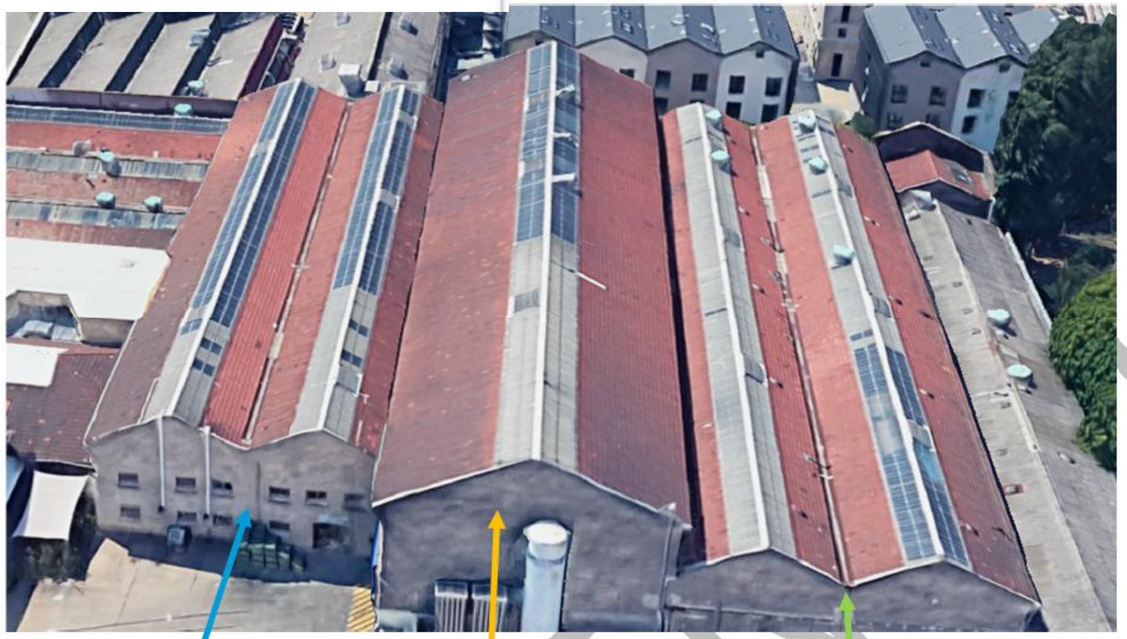
Mais problème : bruit !



Image non contractuelle :

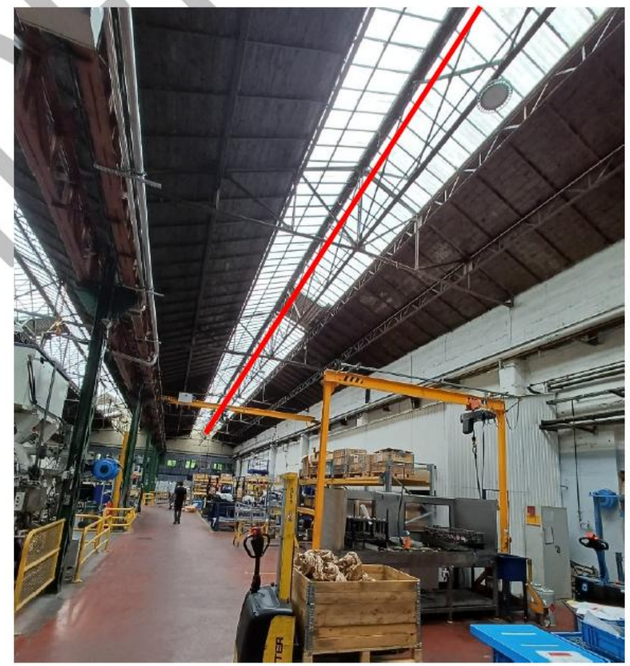






Depuis ce rooftop installé au sol dans le bâtiment 4, deux antennes de soufflage longeront les deux travées du bâtiment 3.





Toiture de l'usine de Thermi Garonne (située dans la banlieue de Toulouse)

- *Réfection de la toiture : plaques fibrociment → panneaux sandwich couleur blanche épaisseur isolation : 100 mm*



- *pose de 4 extracteurs en toiture (évacuation de la chaleur des fours)*

- *Pose de 6 tourelles de rafraichissement adiabatique (Airnov)*

→ ***objectif*** *:opérationnel été 2027*
car la chaleur induite par le process est importante (≈ 200 Kw)

Toiture de l'usine de Thermi Garonne et 4 extracteurs



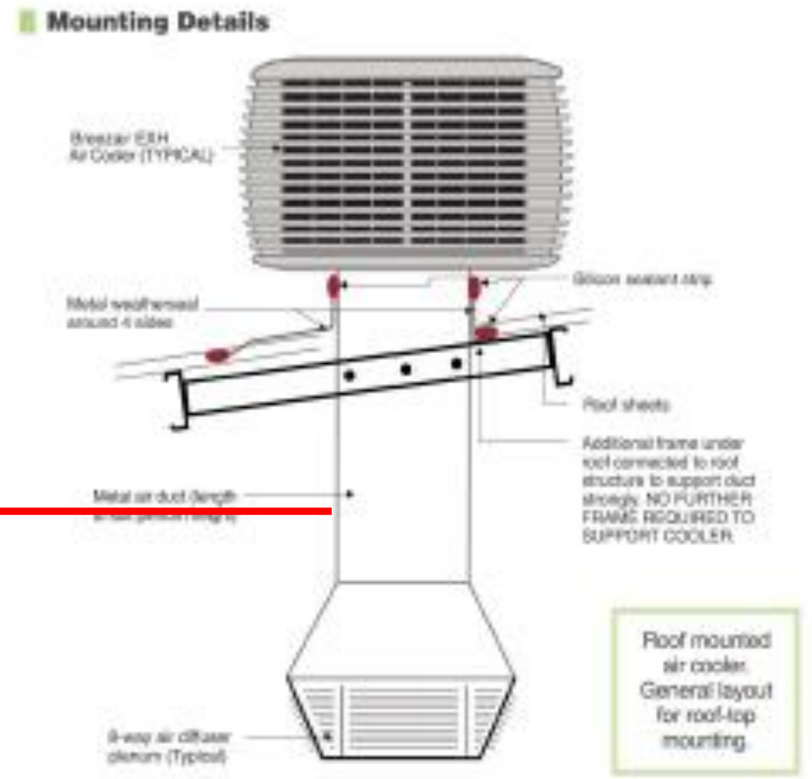




Mise en place de 6 tourelles pour l'été 2027 dans l'allée centrale (Airnov)

*Nécessaire car l'isolation de la toiture emprisonne la chaleur dégagée par les fours + extraction insuffisante → pour **Θa ~ 25°C***

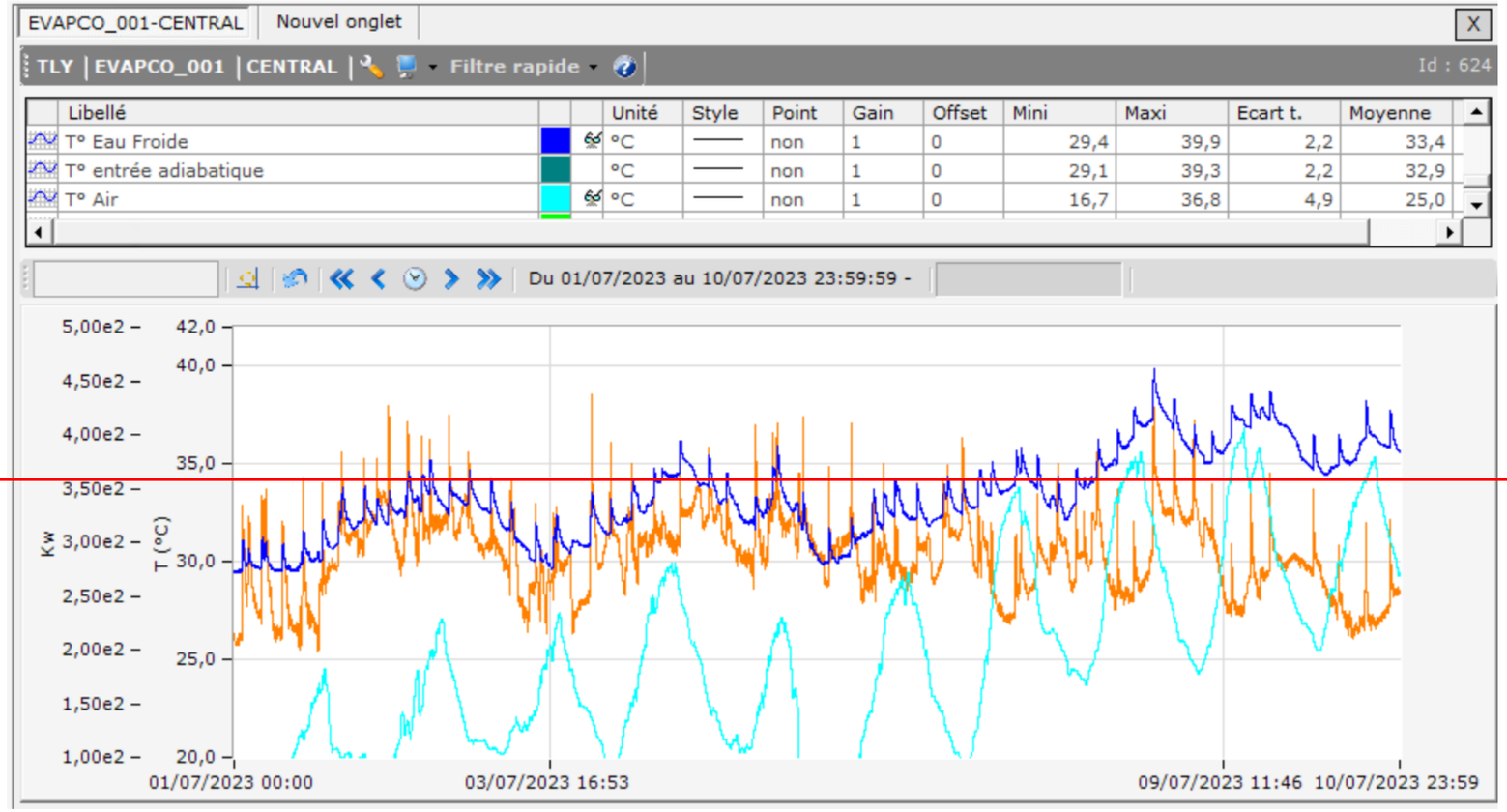




Evolution du système de refroidissement des fours

→ *assuré par un système de refroidissement de l'eau industrielle fonctionnant en boucle fermée*

Contraintes : *travail en continu 24 h/24 – 7j/7*
maintien d'une température d'eau < 35 °C
énergie à dissiper importante ~ 400 Kw et par à-coups (orange ci-dessous)



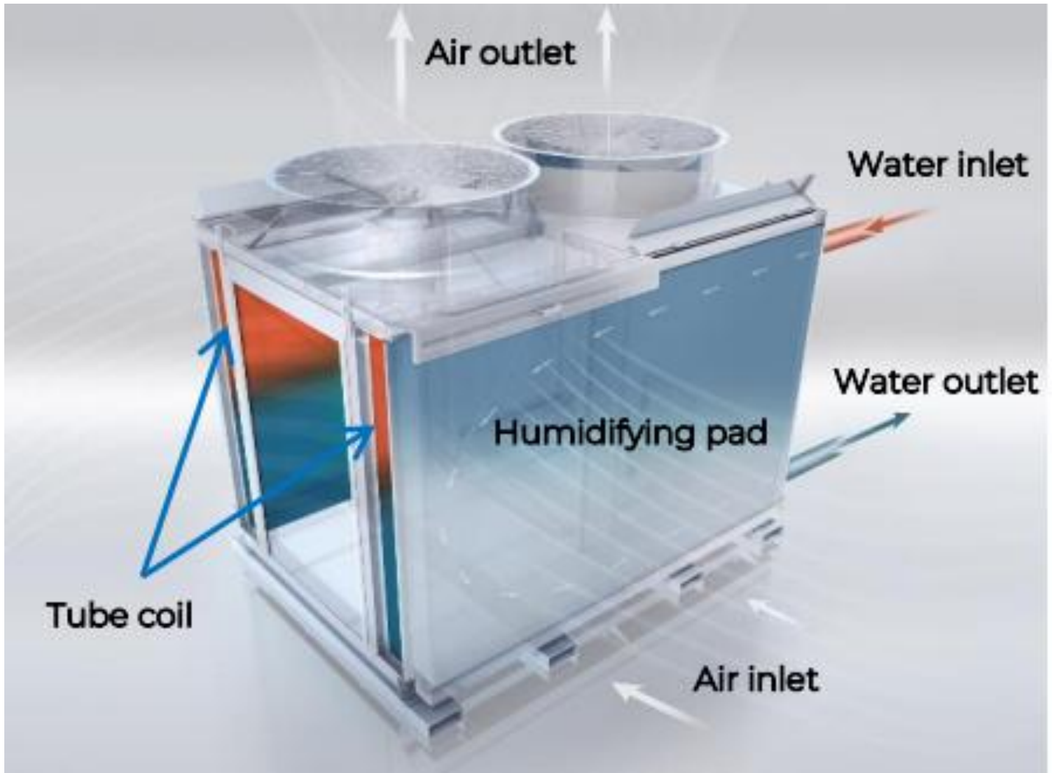
Evolution du système de refroidissement (2019 – Thermi Lyon)

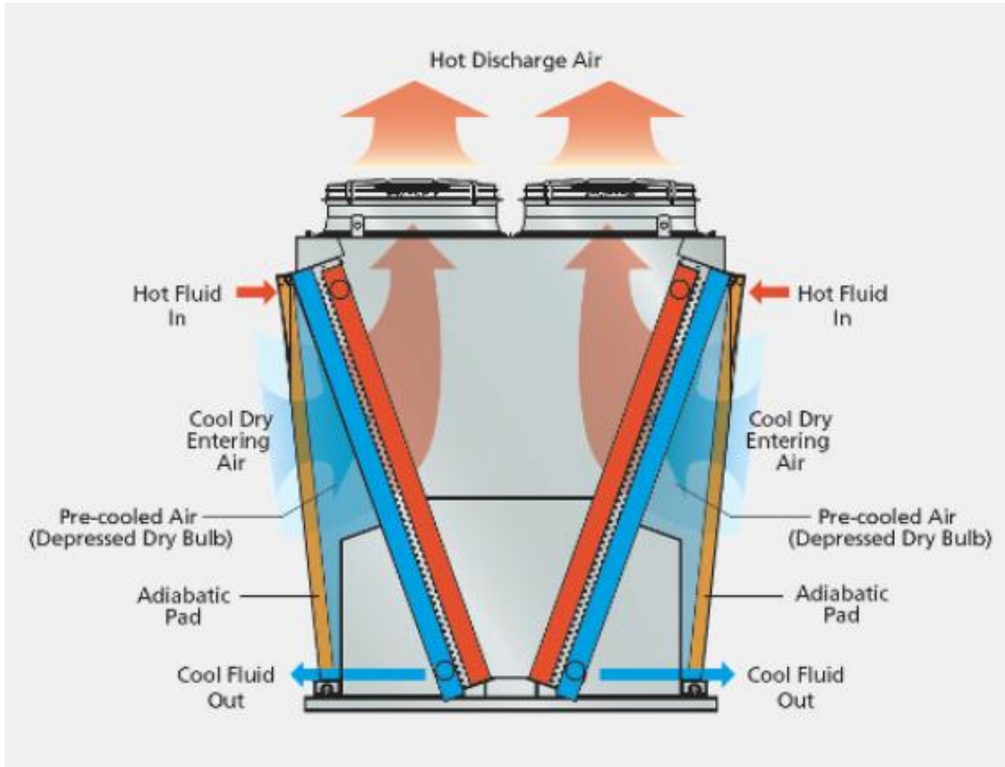
→ Etude avec le Cetiat (aide à la conception) avec deux objectifs principaux :

. *Améliorer l'efficacité du refroidissement (en tenant compte d'une augmentation de la capacité)*

. *Mettre en œuvre une solution optimale au niveau de la consommation d'énergie (eau et électricité) et* ***limiter le bruit***

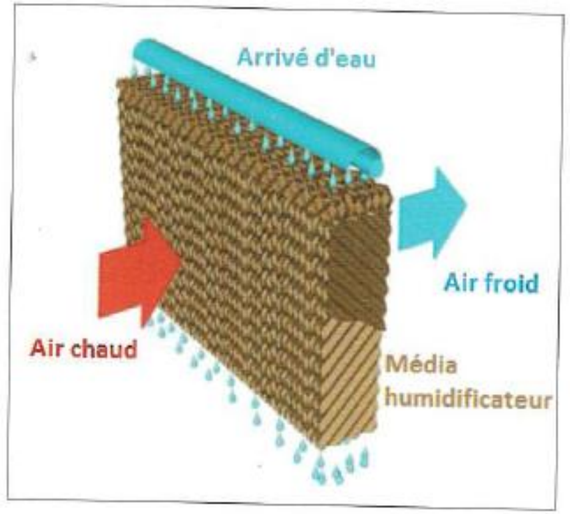
→ *remplacement de 4 aéro-réfrigérants air/eau par un refroidisseur « adiabatique »*



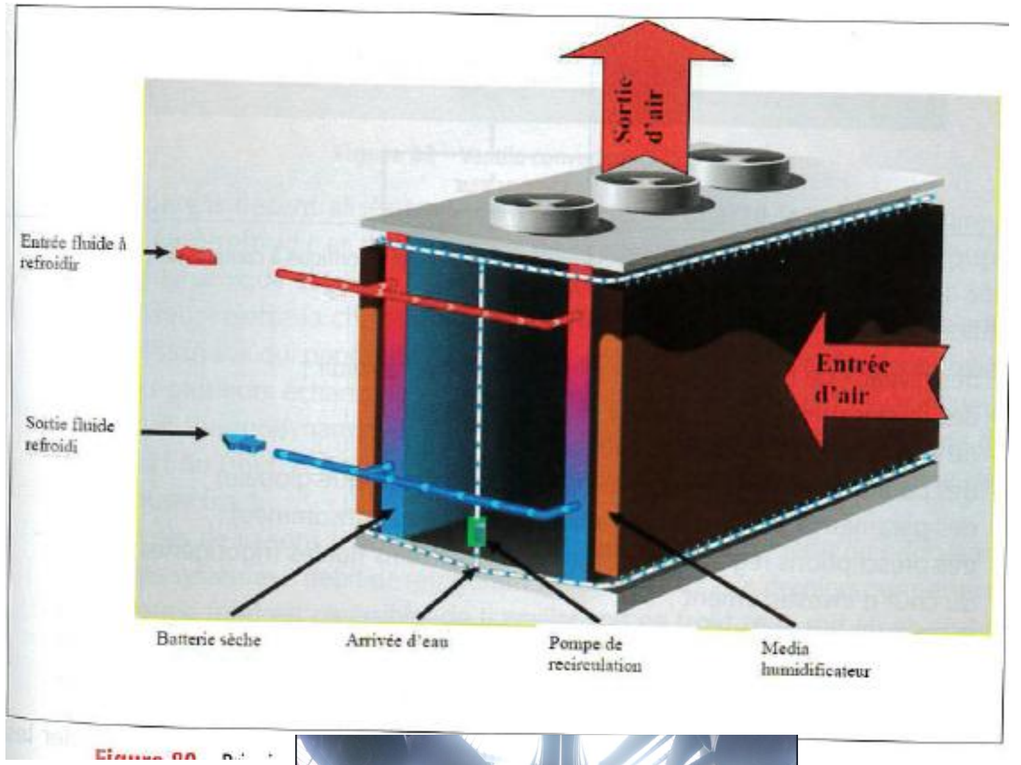


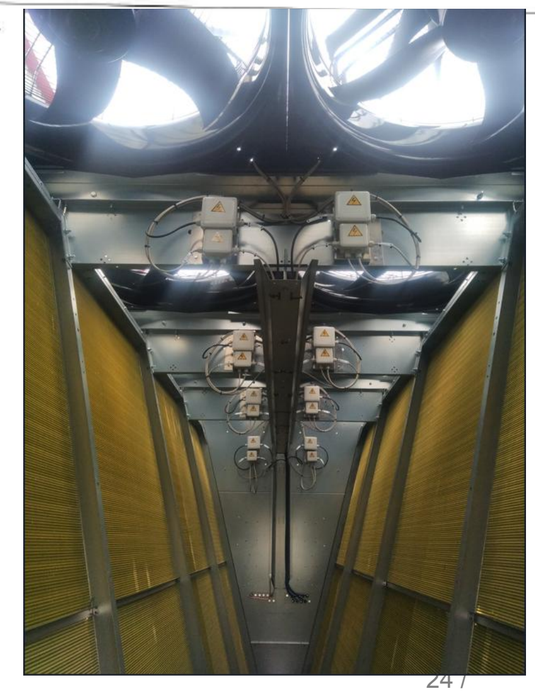
Evolution du système de refroidissement

Le principe du refroidissement adiabatique est de passer un flux d'air à travers une surface mouillée (**Figure 80**). L'eau, au contact de l'air, va vouloir s'évaporer. Cette évaporation nécessite des calories qui seront prises sur l'air, entraînant ainsi une baisse de température de ce dernier.



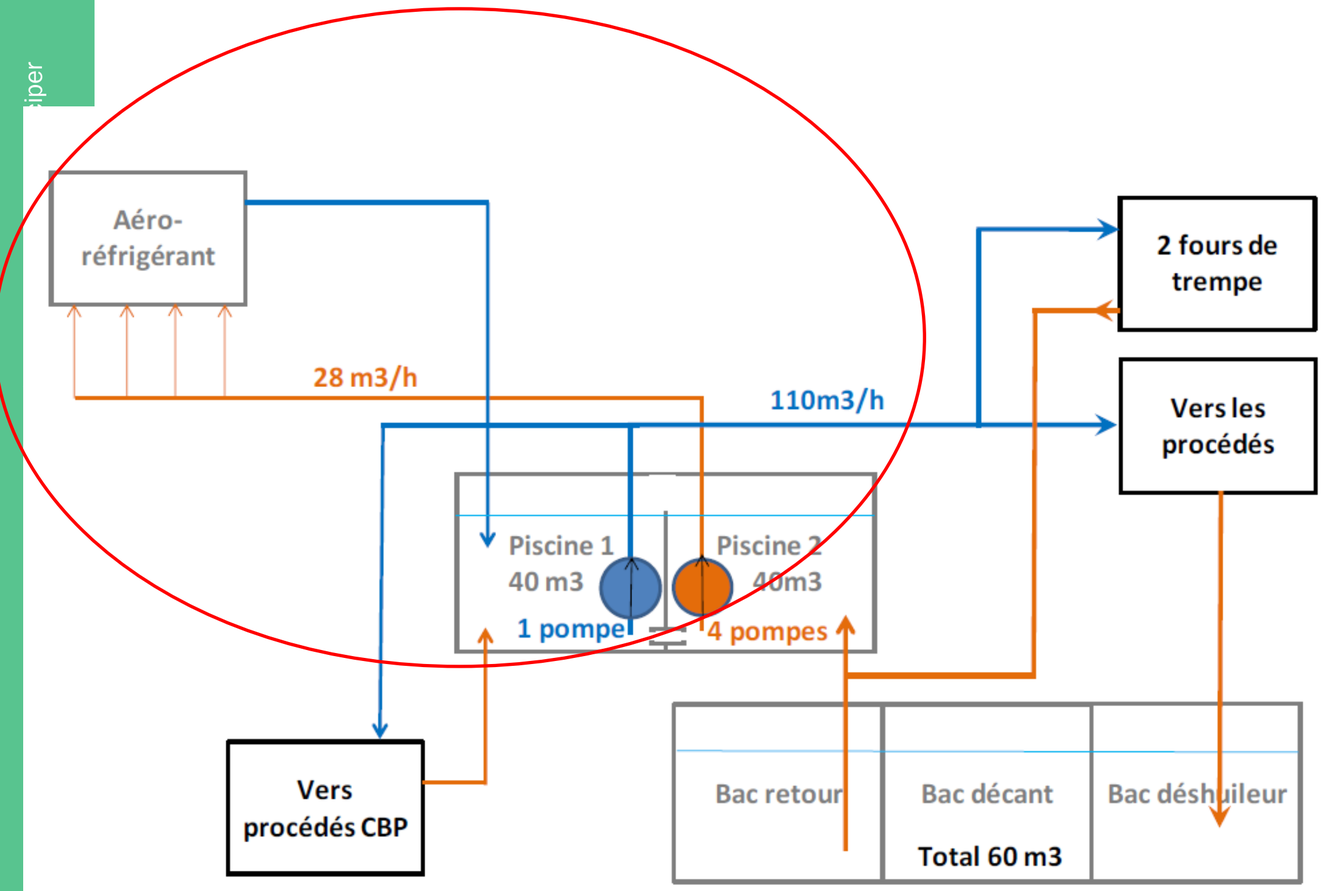




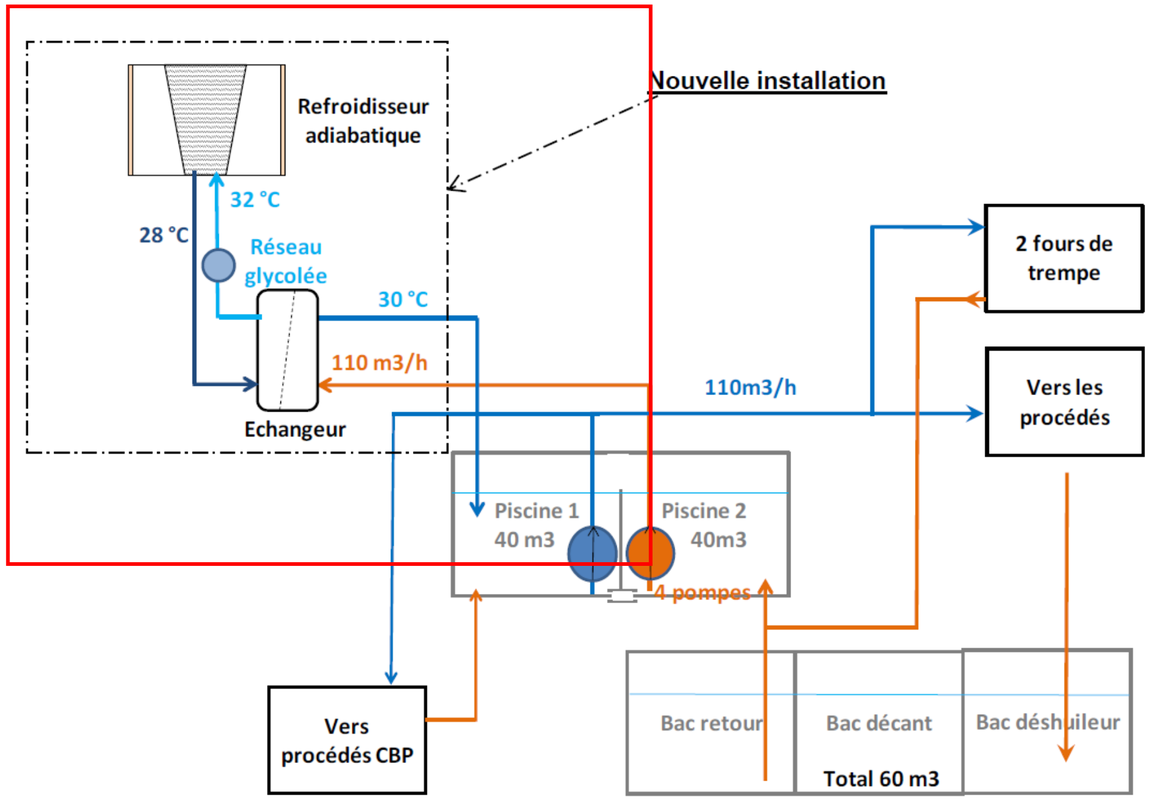


Evolution du système de refroidissement

Ancien système

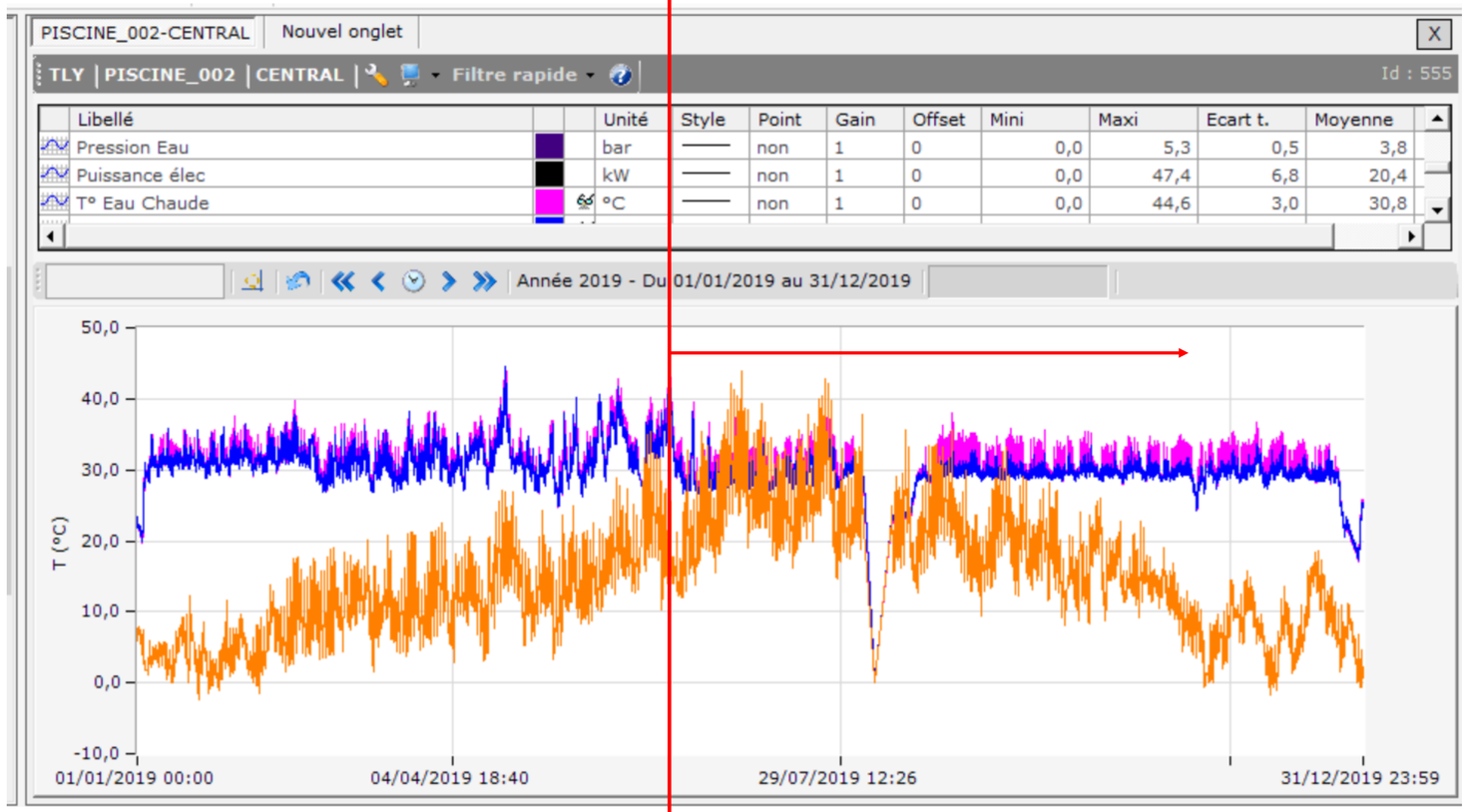


Nouveau système



Équipement de la piscine de Thermi Lyon d'un nouveau système de refroidissement plus performant et quasi équivalent en termes de consommation d'énergie

Mise en route juin 2019





Conclusion (Thermi Lyon)

- *Les températures dans l'atelier sont très (trop)chaudes l'été et froides l'hiver .*
- *Ceci est dû au fait que le bâtiment a une faible inertie thermique et que n'ayant très peu d'ouvertures latérales (à part deux portes – réception) , l'évacuation de la chaleur emmagasinée ne peut pas se faire la nuit.*
- *Il existe des solutions efficaces d'extraction mécanique mais qui ne peuvent pas être retenues du **fait du bruit** (arrêté ICPE très restrictif - voisinage) – ceci est d'autant plus gênant car il y a des séquences temporelles longues où les températures ne baissent pas la nuit < 20 °C .*
- *Le rafraichissement local adiabatique est un bon compromis cout/efficacité car les éléments sont déplaçables et peuvent être adaptés aux postes de travail . **A Thermi Garonne : tourelles installées en toiture pour rafraichissement de l'allée.***

C'est aussi une bonne solution pour le refroidissement de l'eau

- *La réfection des toitures n'est pas une solution suffisante (et est couteuse) même si elle permet de limiter fortement l'introduction de la chaleur (notamment si on supprime les plexi)*
- *Pour les autres sites , les solutions à apporter dépendent fortement de la configuration des bâtiments et du voisinage.*