



LYON – 11 SEPTEMBRE 2012

Bâtiments basse consommation :

Comment optimiser la maintenance et l'exploitation des systèmes techniques pour atteindre réellement le niveau BBC?

Olivier SIDLER



Préambule

C'est en **2003** que les premiers projets très performants (INEED, Zac du Fort à Bron) entrent en conception et que le volet ENERGIE a été greffé sur les projets européens de la ZAC de la *Confluence* à Lyon et de celle de *de Bonne* à Grenoble. A l'époque, personne ne parle en France de bâtiments performants, il est encore prévu que la « RT » soit renforcée de 15% tous les 5 ans.

Les objectifs assignés en 2003 correspondent à peu près à la moitié des exigences fixées pour les constructions neuves à l'époque.... **Il aurait fallu attendre 2035, à la vitesse d'évolution de la RT, pour faire la même chose que dans ces projets !** Et pendant ce temps le climat.....

Tous ces projets, et notamment les ZAC de la *Confluence* et de *de Bonne* (par leur taille) ont permis d'ouvrir l'imaginaire en France, car ils ont conduit tous les décideurs vers l'idée que « puisqu'à Lyon ils le font, ce doit être possible ».

L'idée des « 50 kWh/m²/an » était née.

Le Grenelle de l'Environnement et la RT 2012 ont été possibles grâce à aux ZAC de la *Confluence* et de *de Bonne*.

1 – Envisager d'améliorer d'un facteur 2 les performances des bâtiments suppose qu'on travaille sur des...prototypes. Tous ces premiers projets apparaissent donc comme **UN LABORATOIRE**.

2 – Comme dans toute expérimentation, on fait de son mieux pour que cela marche....puis on observe le résultat avec intérêt afin de voir ce qui a bien fonctionné et ce qui n'a pas fonctionné. Dans tous les cas on va apprendre quelque chose **en évaluant les opérations**.

3 – L'objet de l'évaluation n'est donc pas de faire croire qu'on est les meilleurs, mais **d'apprendre avec humilité comment faire encore mieux**.

4 – En conséquence, le droit à l'erreur (dans ce qui est nouveau) est une idée nécessaire pour pouvoir continuer à avancer par l'expérimentation. Il doit être accepté par tous.

Préambule

3 – L'intérêt



1 – Pour les maîtres d’Ouvrage, ces projets ont permis de **se préparer par avance** à la RT 2012. Elle correspond, après le passage du Grenelle de l’Environnement, sensiblement aux objectifs qu’ils s’étaient assignés.



2 – Ces projets ont permis une **mutualisation** des compétences en phase conception, en phase chantier et au moment des bilans. Mettre en commun nos expériences, nos réussites, nos échecs est le seul moyen d’aller vite face à la menace chaque jour plus précise du changement climatique.

Introduction

Introduction

L'analyse qui suit est fondée sur le suivi de :

- 20 bâtiments ZAC de la Confluence à Lyon
- 9 bâtiments (439 logements) de la **ZAC de Bonne à Grenoble** (bâtiments du programme européen Concerto).
- 22 logements sociaux à Bron,
- le bâtiment de bureaux de l'INEED à Alixan (Drôme)



1 – L'échantillon d'observation

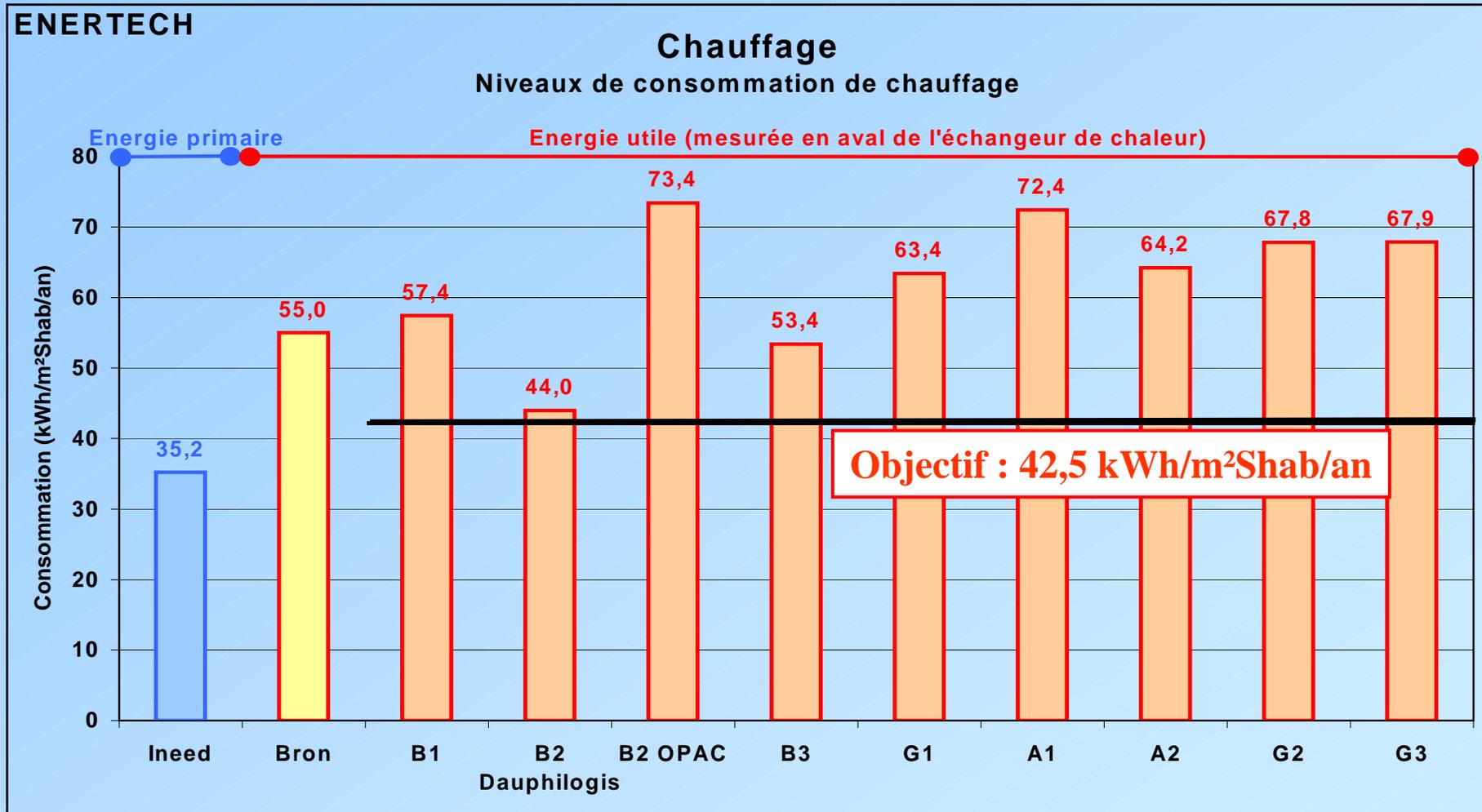


Toutes les campagnes de mesure ont duré un an.
Chaque bâtiment a reçu entre 400 et 700 mesureurs

Introduction

2 – Ce qu'on observe...

CHAUFFAGE



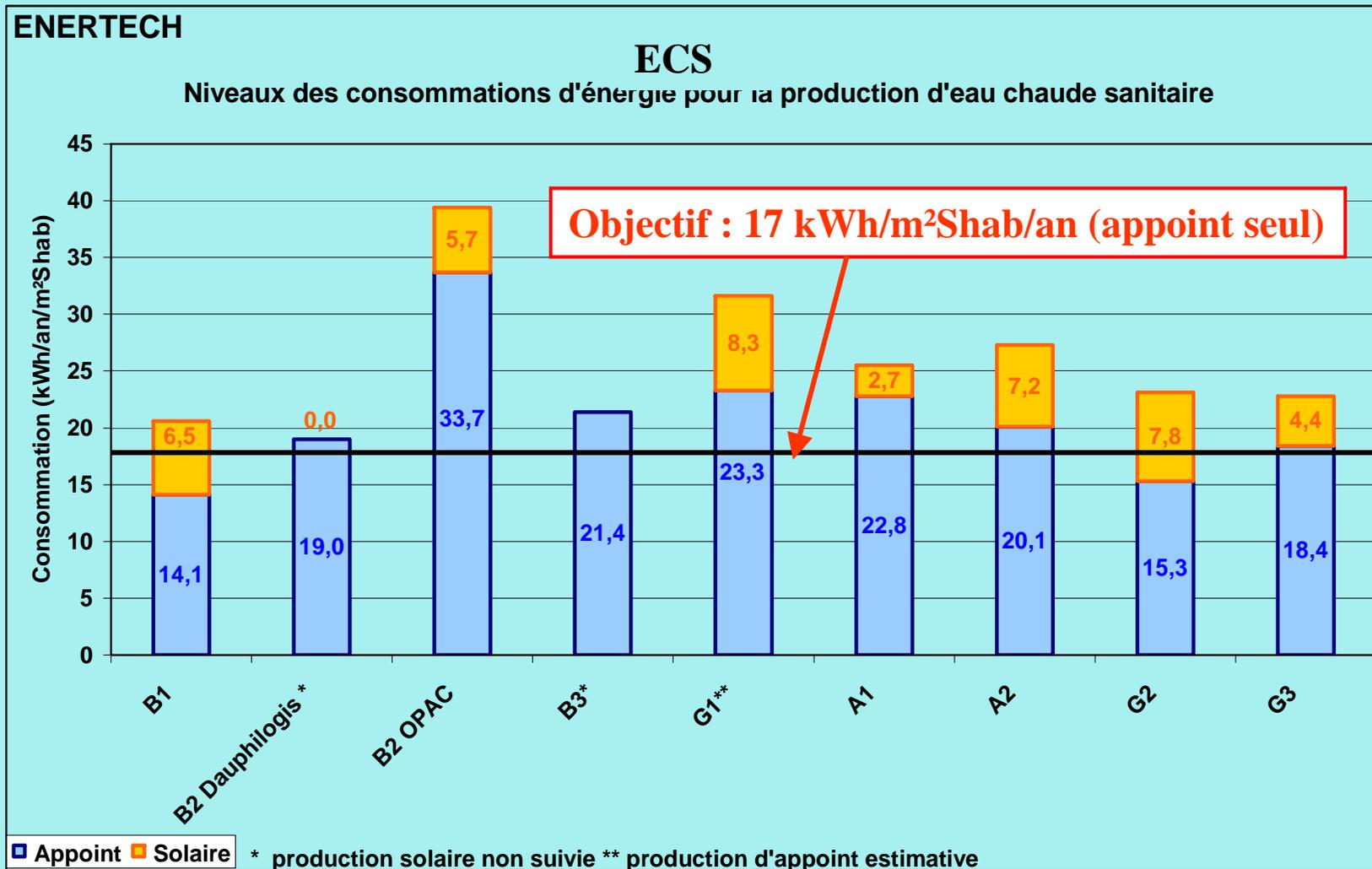
Attention : la surface de référence est toujours la SHAB

Introduction

2 – Ce qu'on observe...

ECS

Rappel : la moyenne nationale est de 38 kWh/m²/an

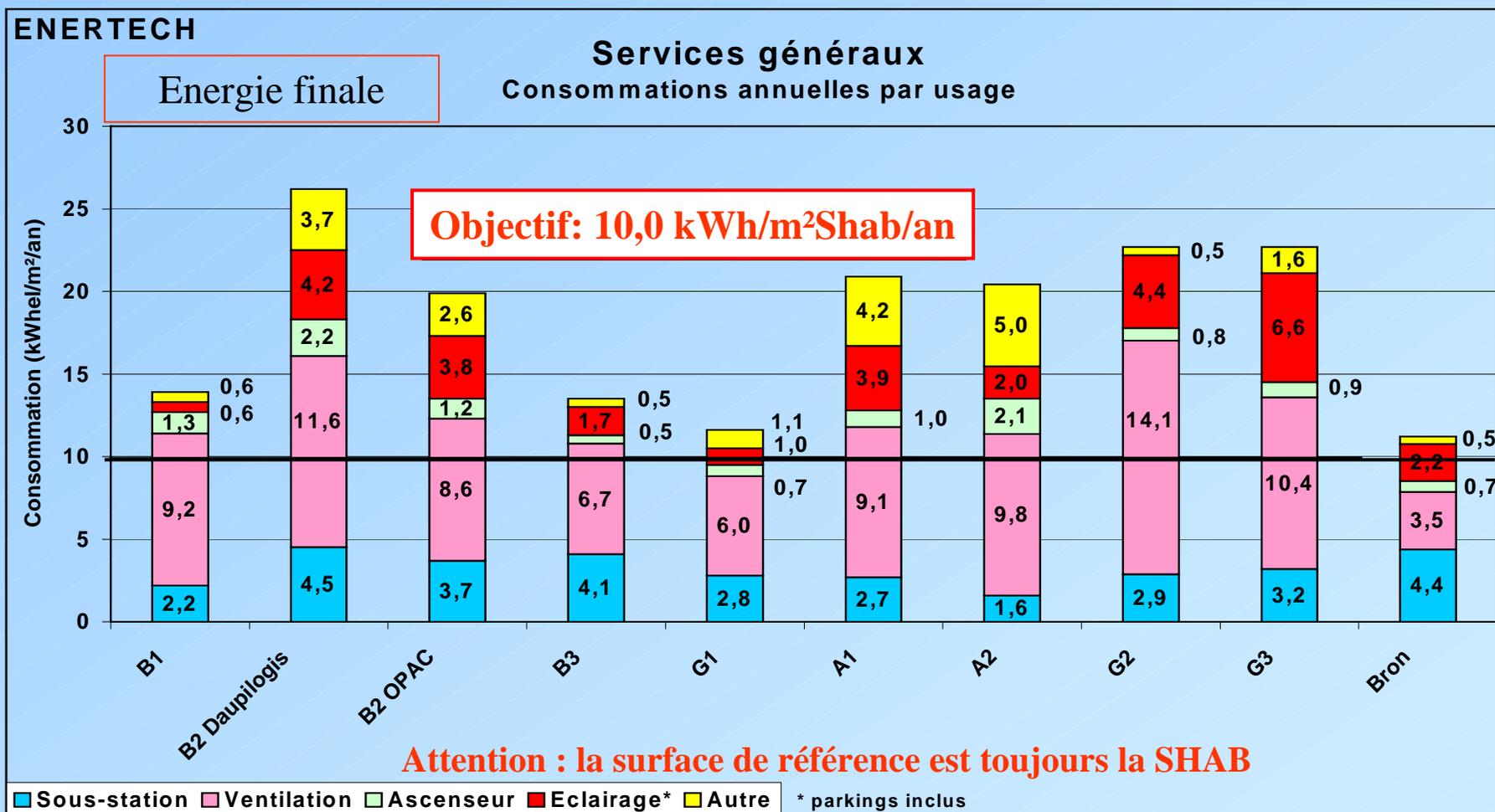


Attention : la surface de référence est toujours la SHAB

Introduction

2 – Ce qu'on observe...

ELECTRICITE des SERVICES GENERAUX



Nota : la ventilation de tous ces bâtiments est de type double flux

Introduction

2 – Ce qu'on observe...

Cas particulier du bâtiment de l'INEED (Drôme)

Tous usages sans exception

	Unités	Année 1	Année 3
Chauffage	kWh _{ep} /m ² _{Shab} /an	25,8	35,2 (+36,4 %)
Electricité	kWh _{elec} /m ² _{Shab} /an	21,8	26,1 (+19,7 %)
Total en énergie primaire	kWh _{ep} /m ² _{Shab} /an	82,0	102,5 (+25,0 %)

....ou, par référence à la SHON (kWh_{ep}/m²_{SHON}/an): **65,8** et **82,2**

Rappel : label allemand Passivhaus : 120 kWh/m²Shab/an

Ce qu'il faudra comprendre dans le cas de l'INEED, c'est pourquoi les consommations ont « dérapé » entre la 1^{ère} et la 3^{ème} année

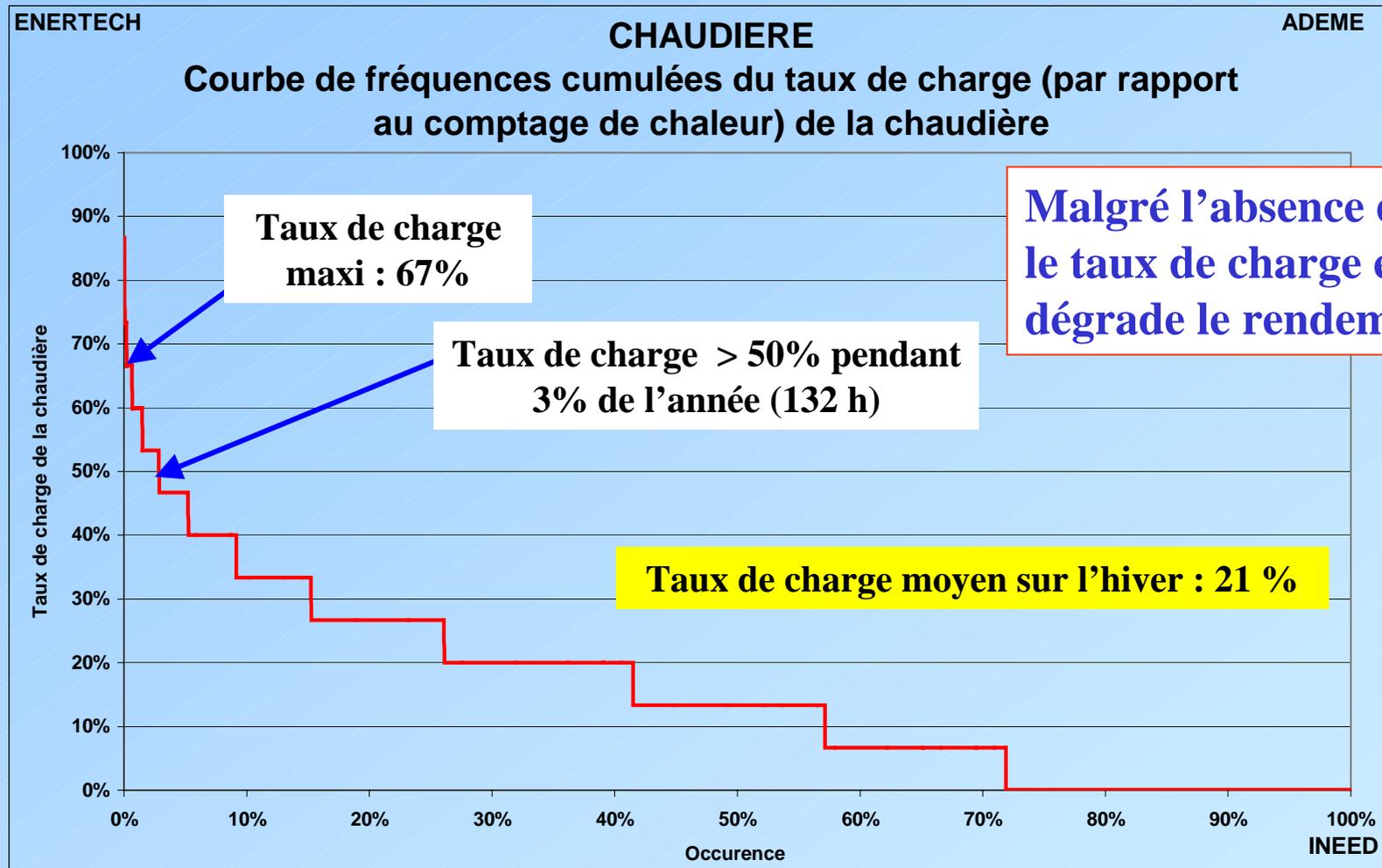
1 – Etat des lieux des installations la première année

1 - CHAUFFAGE

1 – Etat des installations la première année - Chauffage

1 – Surdimensionnement des générateurs

Exemple avec générateur non sur dimensionné (INEED)

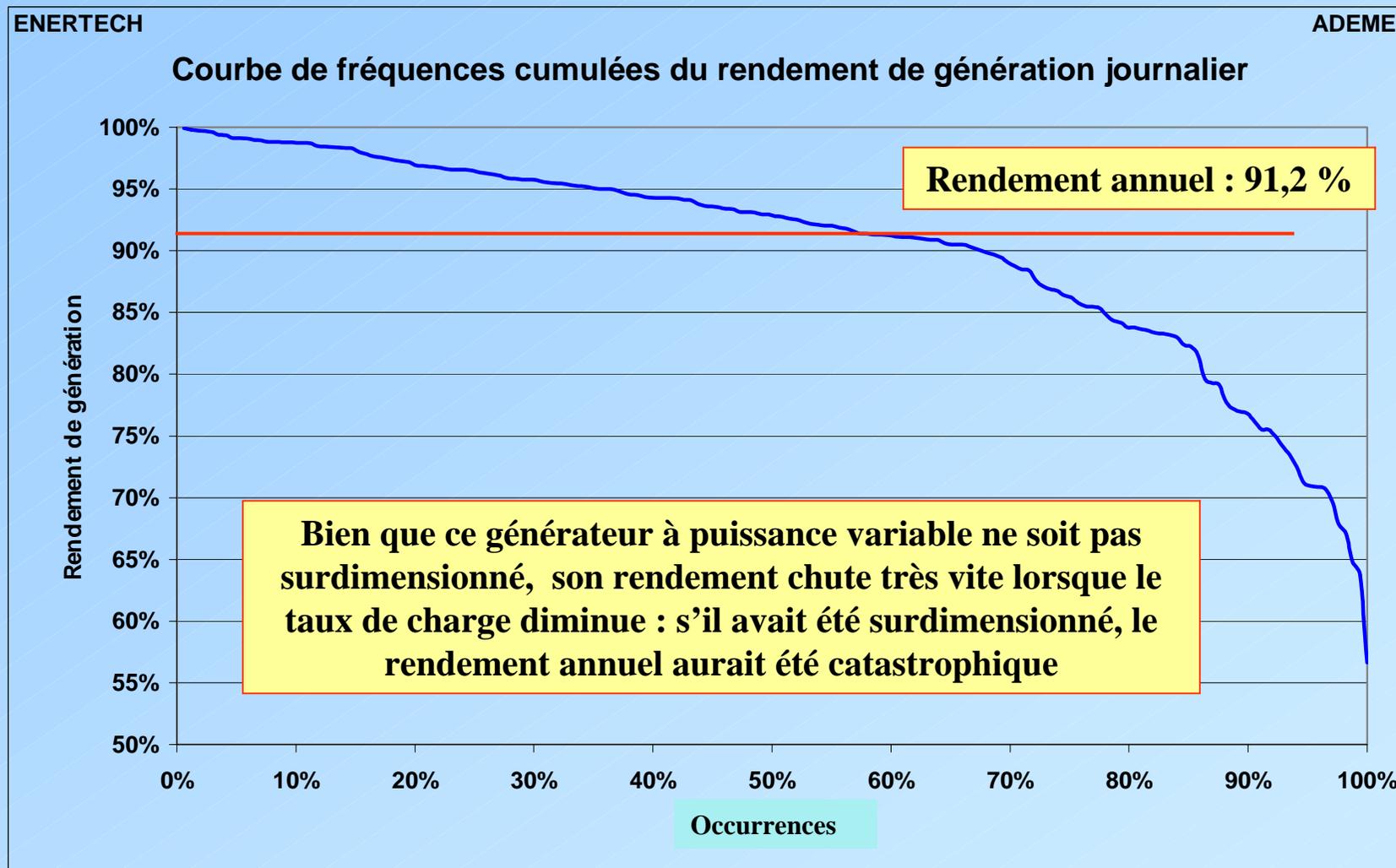


Malgré l'absence de surpuissance, le taux de charge est faible, ce qui dégrade le rendement.

1 – Etat des installations la première année - Chauffage

1 – Surdimensionnement des générateurs

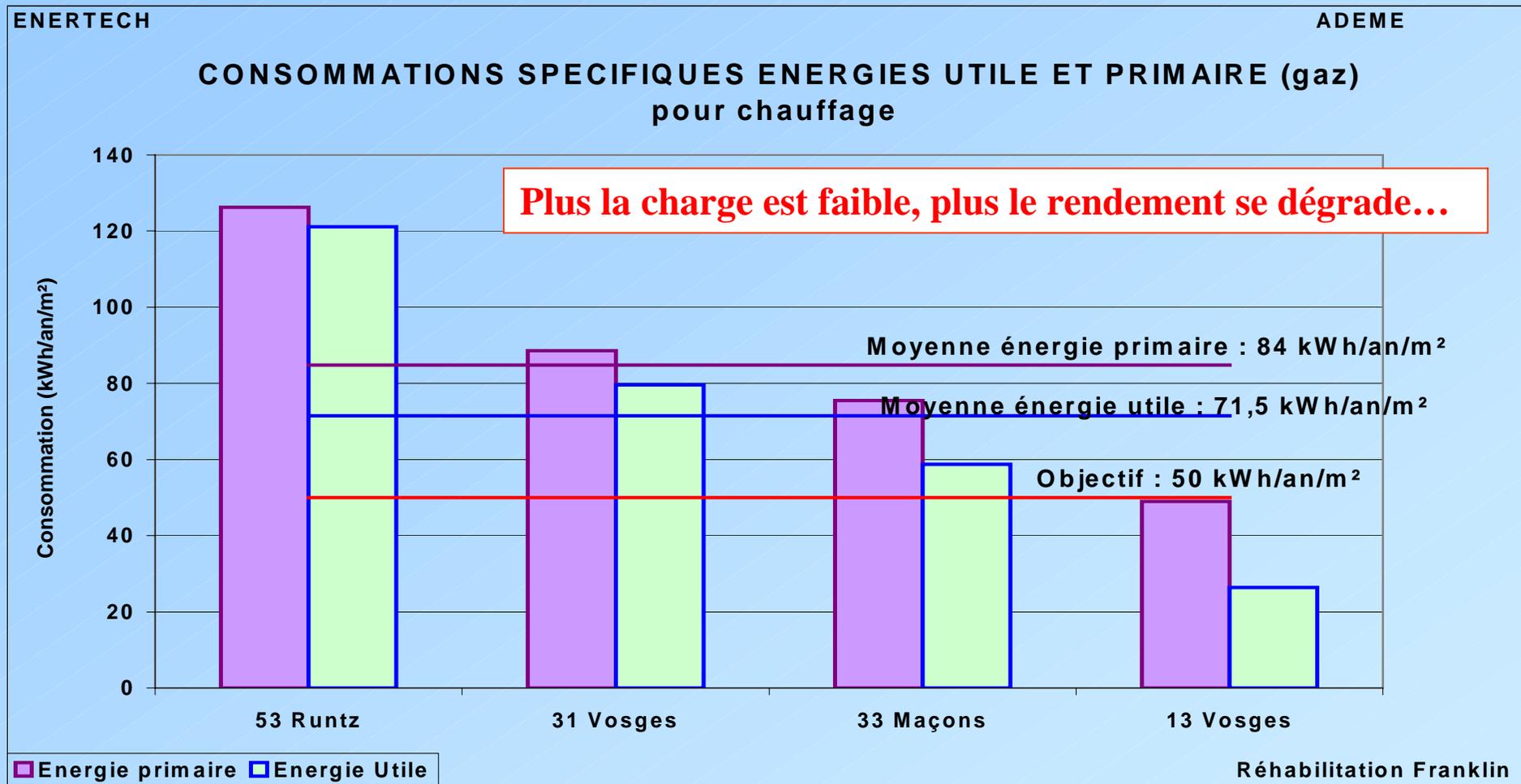
Exemple avec générateur non sur dimensionné (INEED)



1 – Etat des installations la première année - Chauffage

1 – Surdimensionnement des générateurs

Exemple avec générateurs surdimensionnés



Règle d'or : ne jamais surdimensionner les installations pour ne pas dégrader le rendement

Problème de la relance matinale? Ne plus faire de ralenti de nuit si Text<Tlimite

1 – Etat des installations la première année - Chauffage

2 – Déséquilibre hydraulique de l'installation

Ce défaut n'est pas nouveau, mais il est encore souvent mal résolu à cause de :

1 – L'absence parfois ou l'insuffisance des organes d'équilibrage

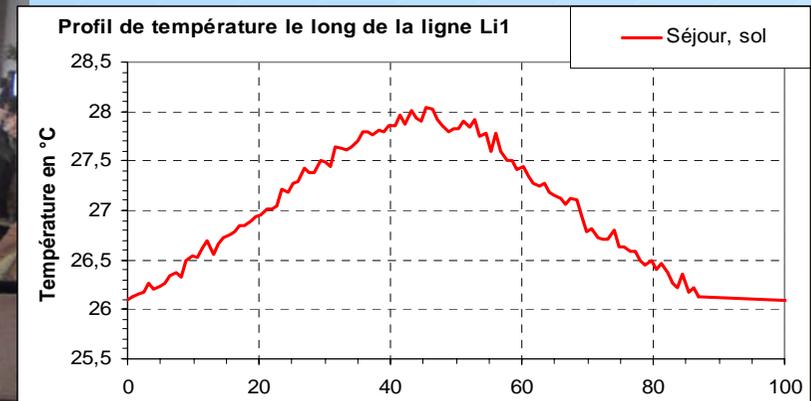
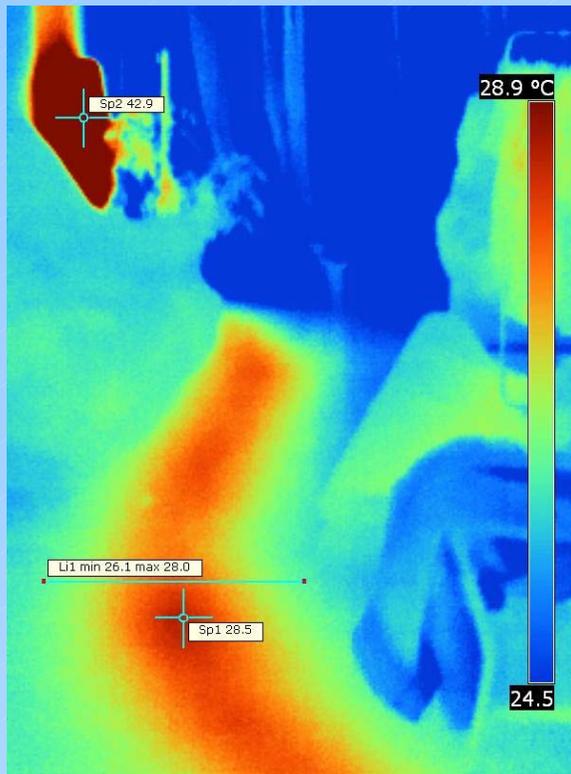
2 – L'absence de savoir faire et de méthode pour équilibrer les installations : on ne commence par à un bout pour finir à l'autre....

3 – Une base de calcul parfois approximative des débits qui devraient circuler dans chaque émetteur, notamment avec le concept erroné de surpuissance qui conduit à augmenter tous les débits inutilement (alors que la meilleure surpuissance est obtenue par augmentation de la température de départ, à débit constant).

1 – Etat des installations la première année - Chauffage

3 – Surchauffes dues aux pieuvres hydrocâblées

Photographie IR d'un plancher :

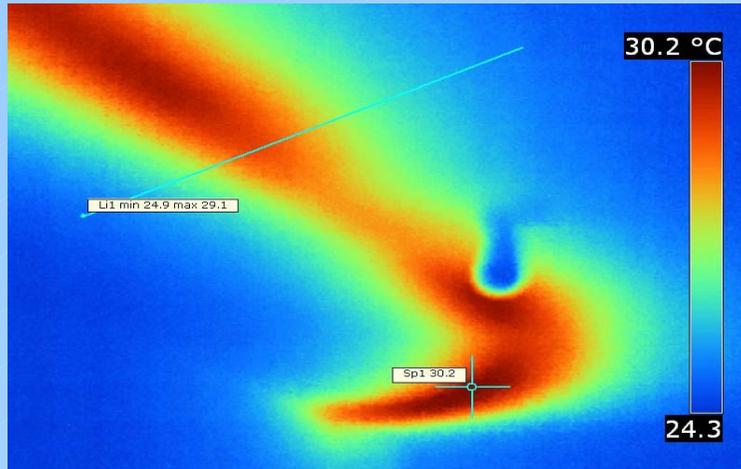


Phénomène observé : un usager « monte » son chauffage à 24°C. Ce faisant il surchauffe la dalle en permanence, et celle-ci surchauffe le logements inférieur dont tous les radiateurs sont pourtant à l'arrêt

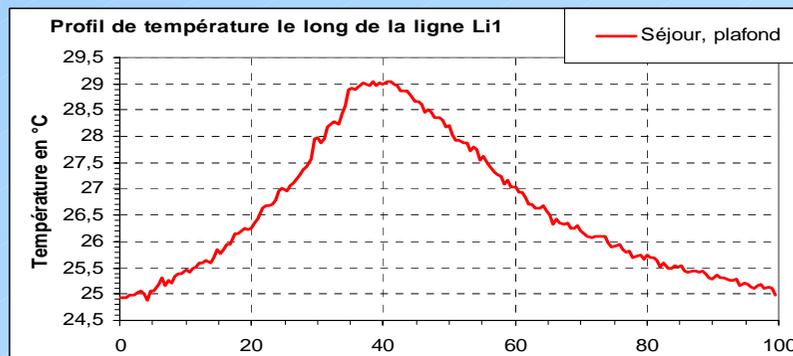
1 – Etat des installations la première année - Chauffage

3 – Surchauffes dues aux pieuvres hydrocâblées

Photographie IR du plafond du logement situé au-dessous :
surchauffe subie par le locataire



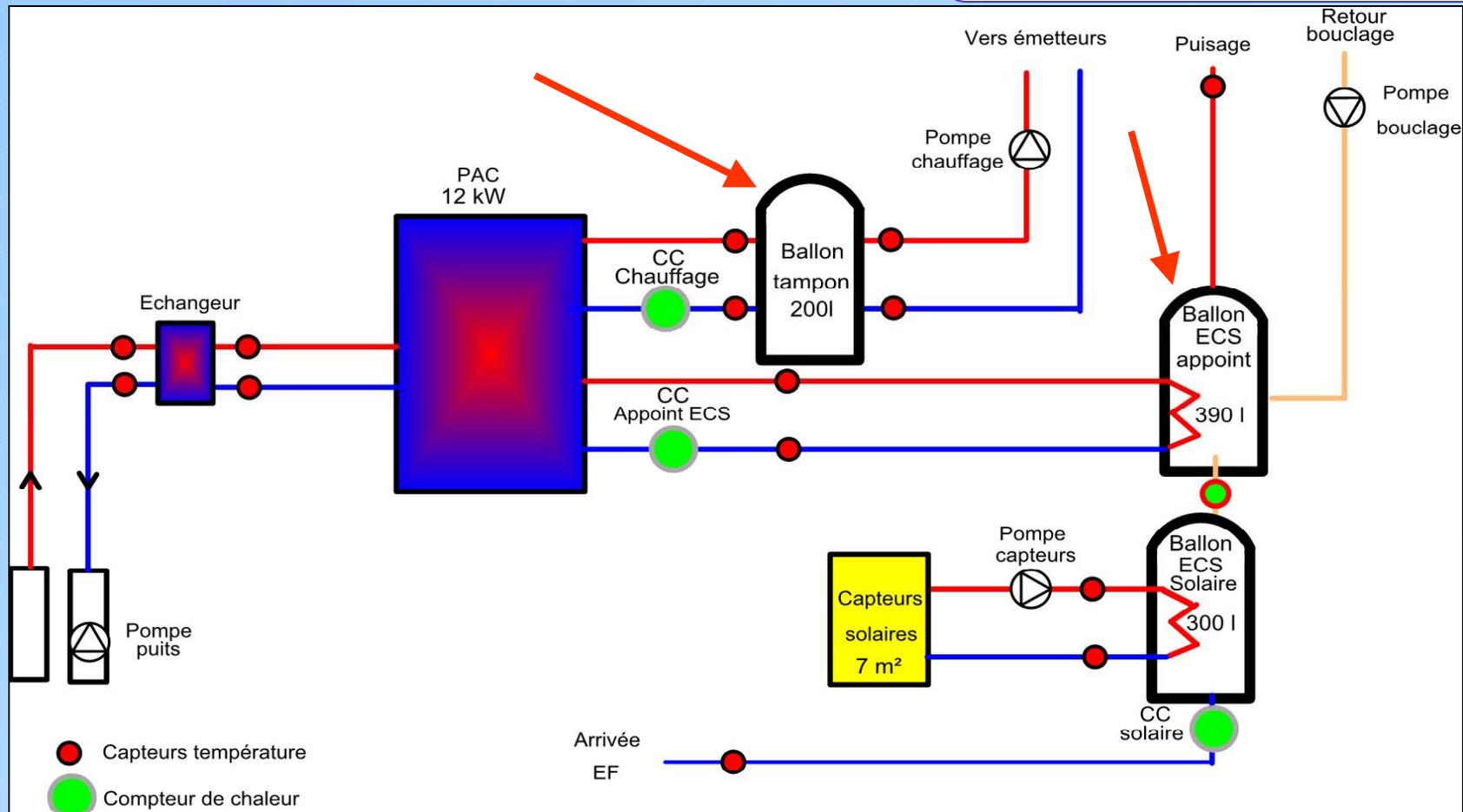
Fenêtres ouvertes en hiver



Les pieuvres hydrocâblées non isolées se transforment en plancher chauffant en dalle pleine et affecte le confort des occupants par diffusion massive de chaleur. Résultat : les usagers en surchauffe vivent fenêtres ouvertes

1 – Etat des installations la première année - Chauffage

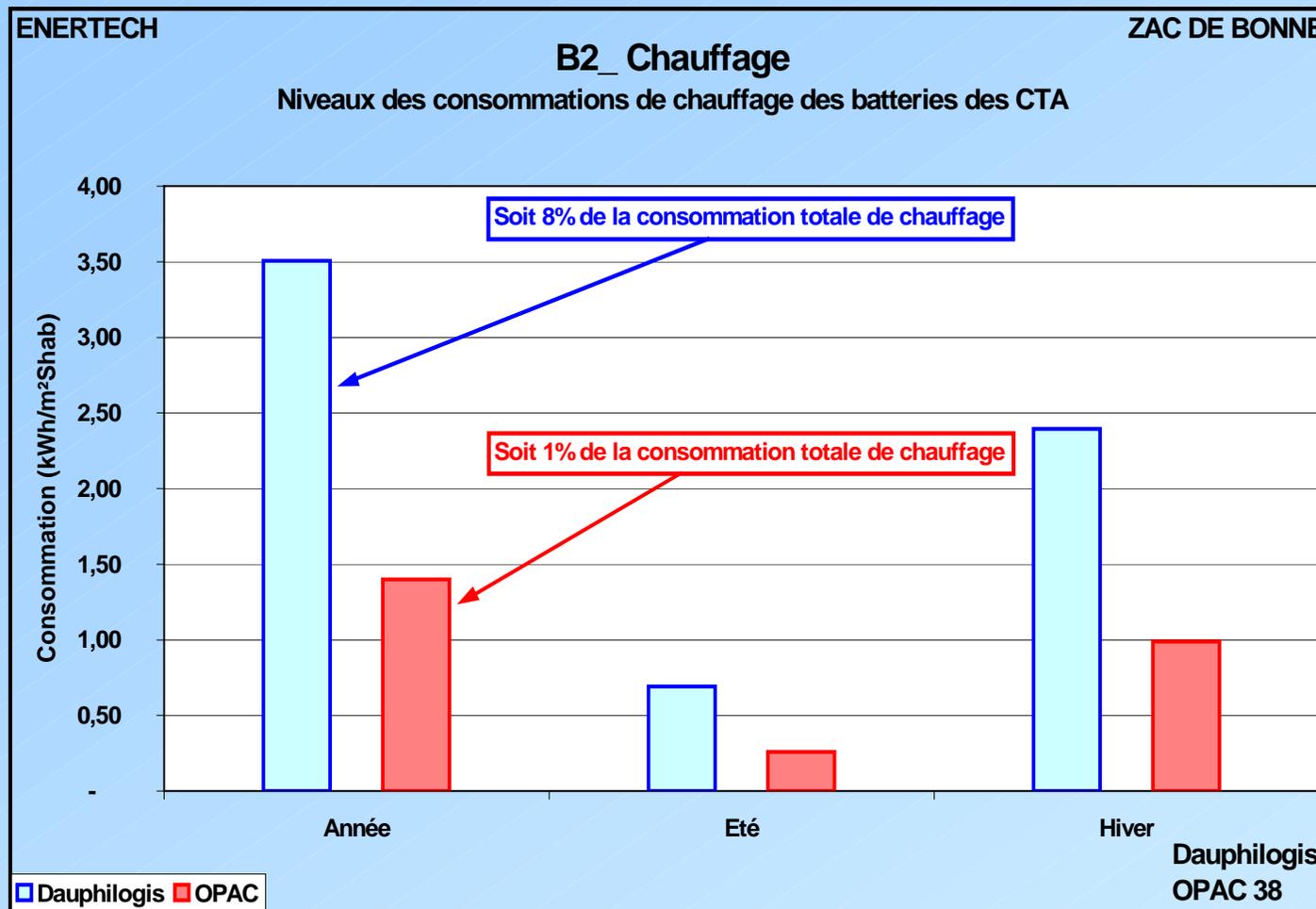
4 – Absence de ballon tampon associé à une PAC



La plupart des pompes à chaleur doivent être associées à un ballon tampon de taille suffisante pour éviter les démarrages trop fréquents (anti court-cycles) qui peuvent détériorer très rapidement la PAC

1 – Etat des installations la première année - Chauffage

5 – Batterie de CTA alimentée en été par thermosiphon



Les batteries, alimentées par thermosiphon, fonctionnent même en été et contribuent aux surchauffes

1 – Etat des installations la première année - Chauffage

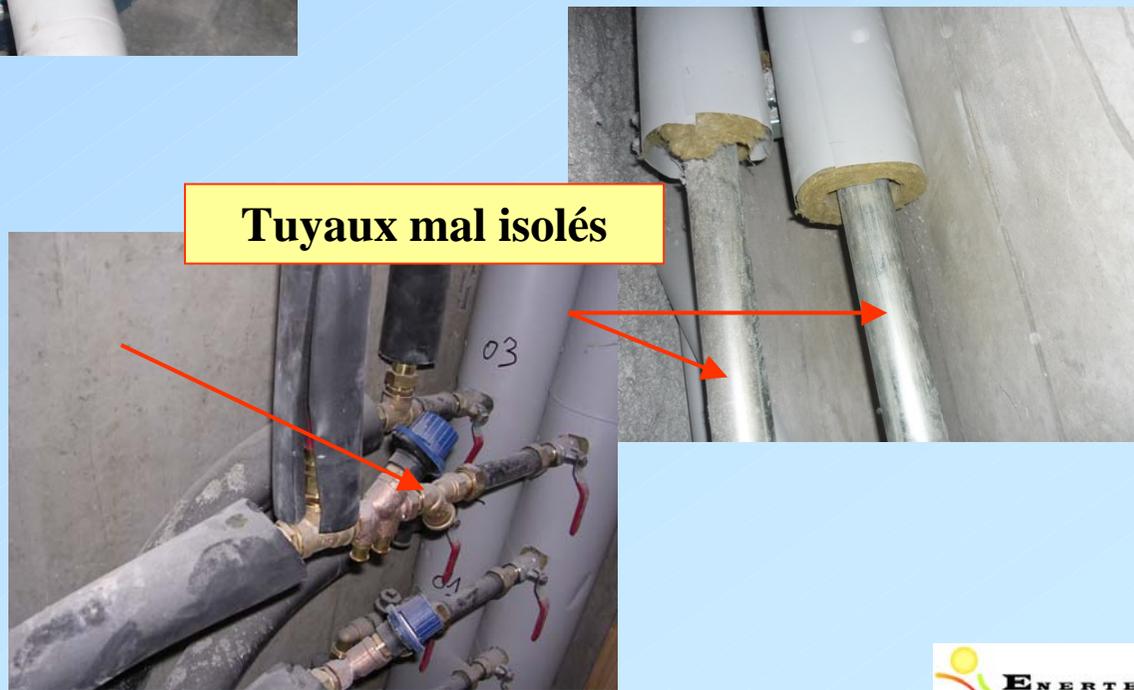
6 – Calorifugeage des réseaux Pas ou mal isolés...



Organes non isolés



Tuyaux mal isolés



1 – Etat des installations la première année - Chauffage

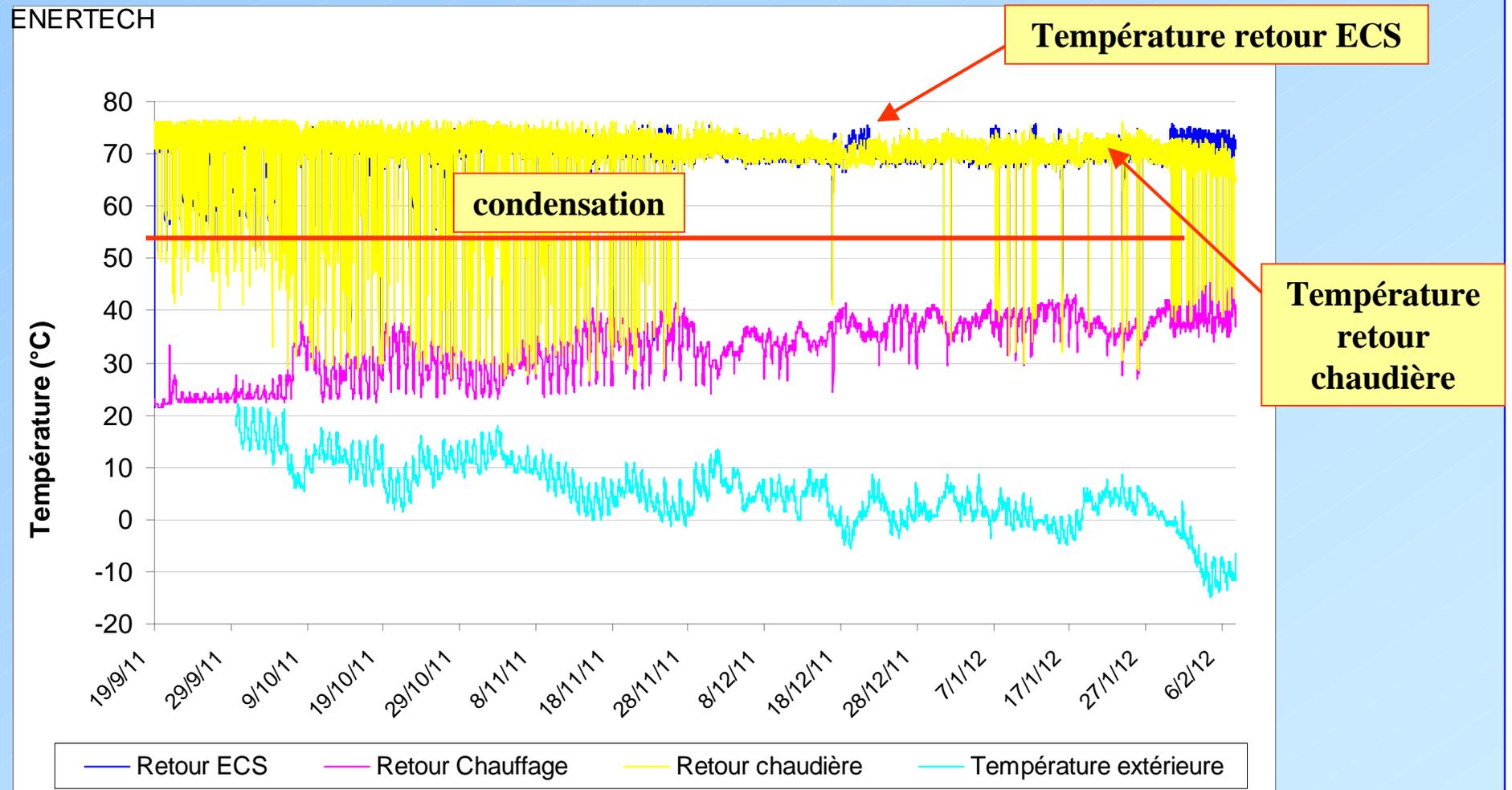
6 – Calorifugeage des réseaux Opération exemplaire

Exemple de chaufferie très bien isolée : bâtiment de bureaux à énergie positive Zac de Bonne à Grenoble :



1 – Etat des installations la première année - Chauffage

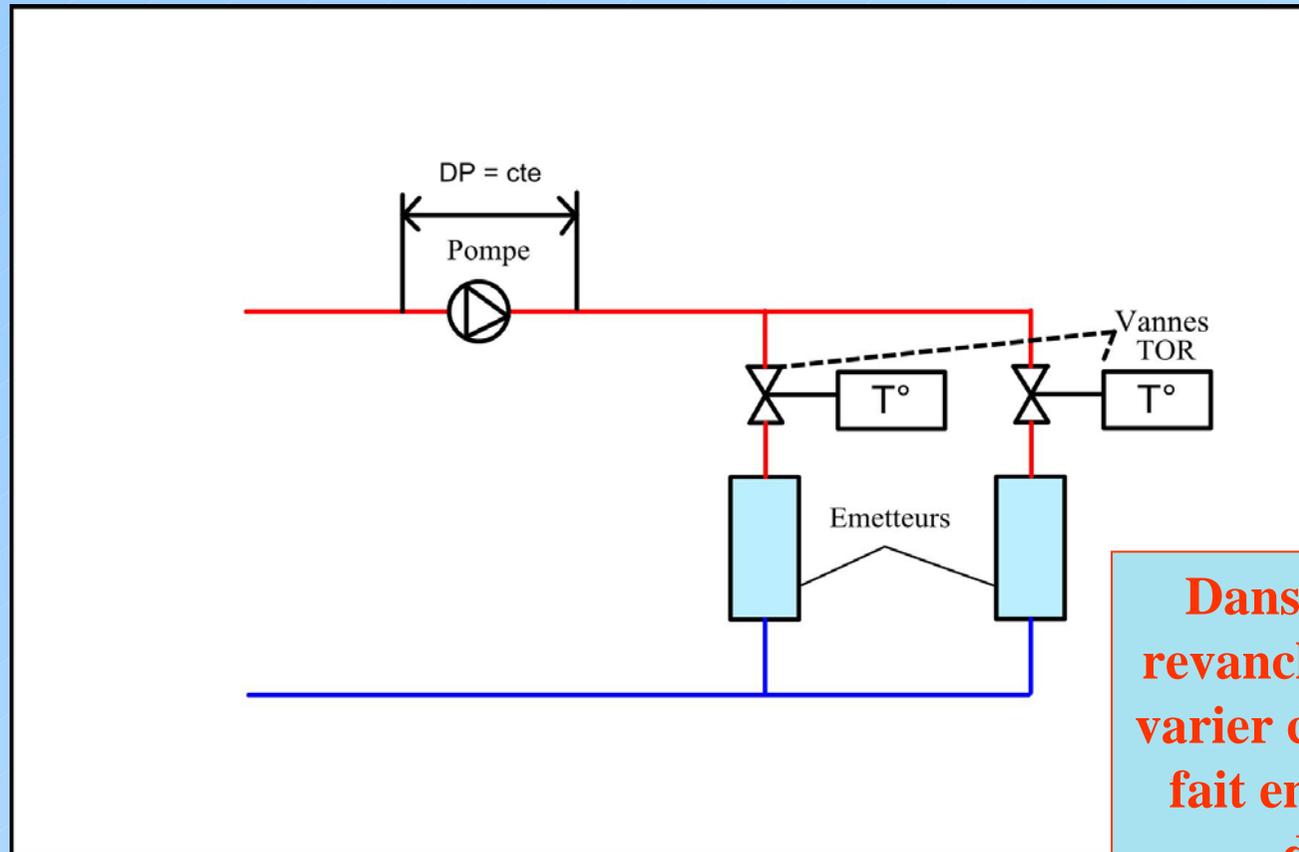
7 – *Température des retours incompatibles avec la condensation*



De mauvais choix dimensionnels peuvent annuler le bénéfice de la condensation en générant des températures de retour trop élevées

1 – Etat des installations la première année - Chauffage

8 – Pompes (ou ventilateurs) à débit variable sur des installations à débit fixe



Dans ce schéma hydraulique en revanche, le débit de la pompe peut varier car la régulation terminale se fait en tout ou rien. Une pompe à débit variable est utile!

Conclusion : il ne sert à rien de mettre en œuvre des pompes (ou des ventilateurs) à débit variable sur des réseaux dont la régulation terminale ne permet pas au débit de varier!

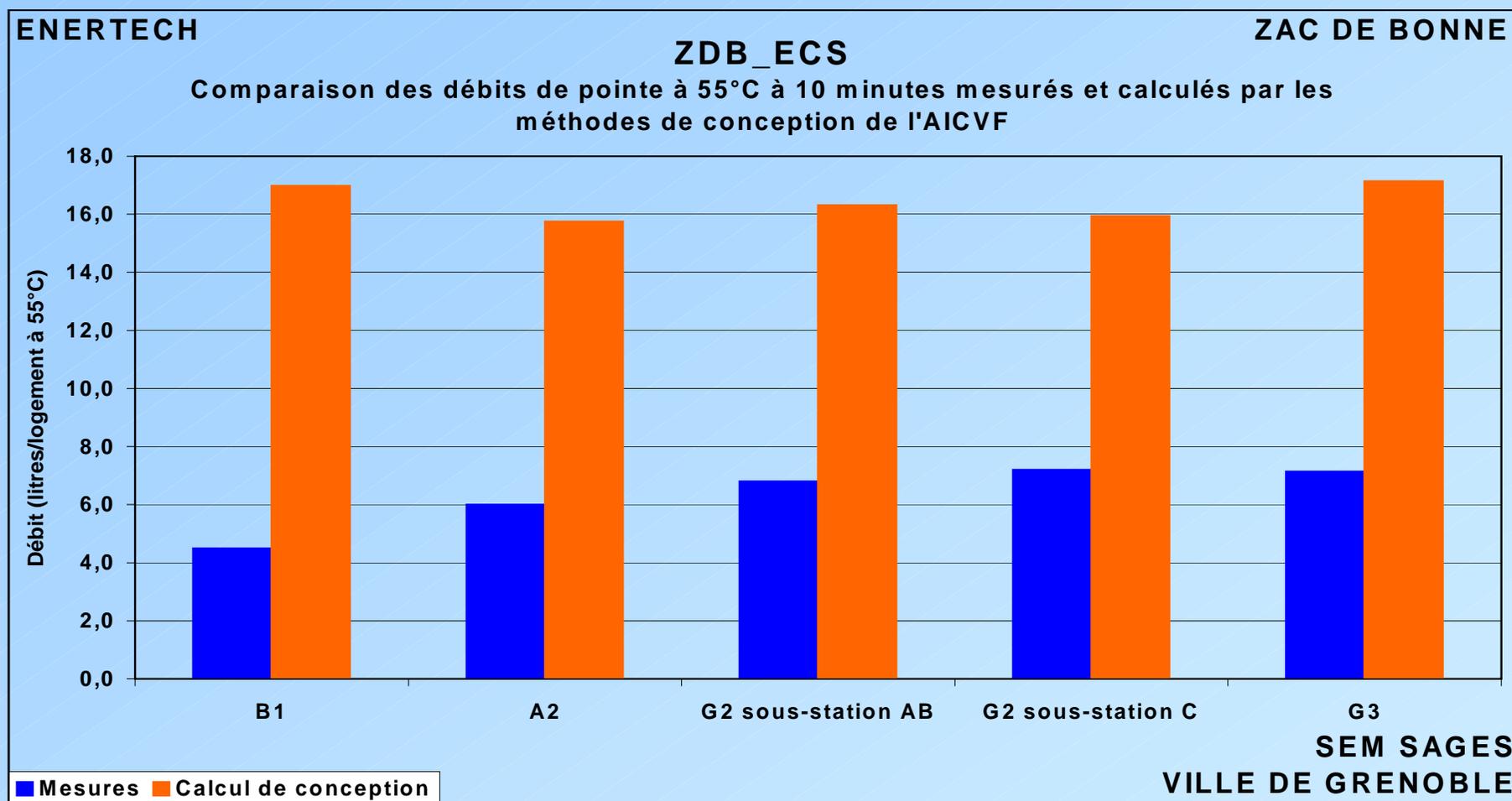
**1 – Etat des lieux des installations la première
année**

2 - ECS

1 – Etat des installations la première année - ECS

1 – Surdimensionnement des installations d'ECS

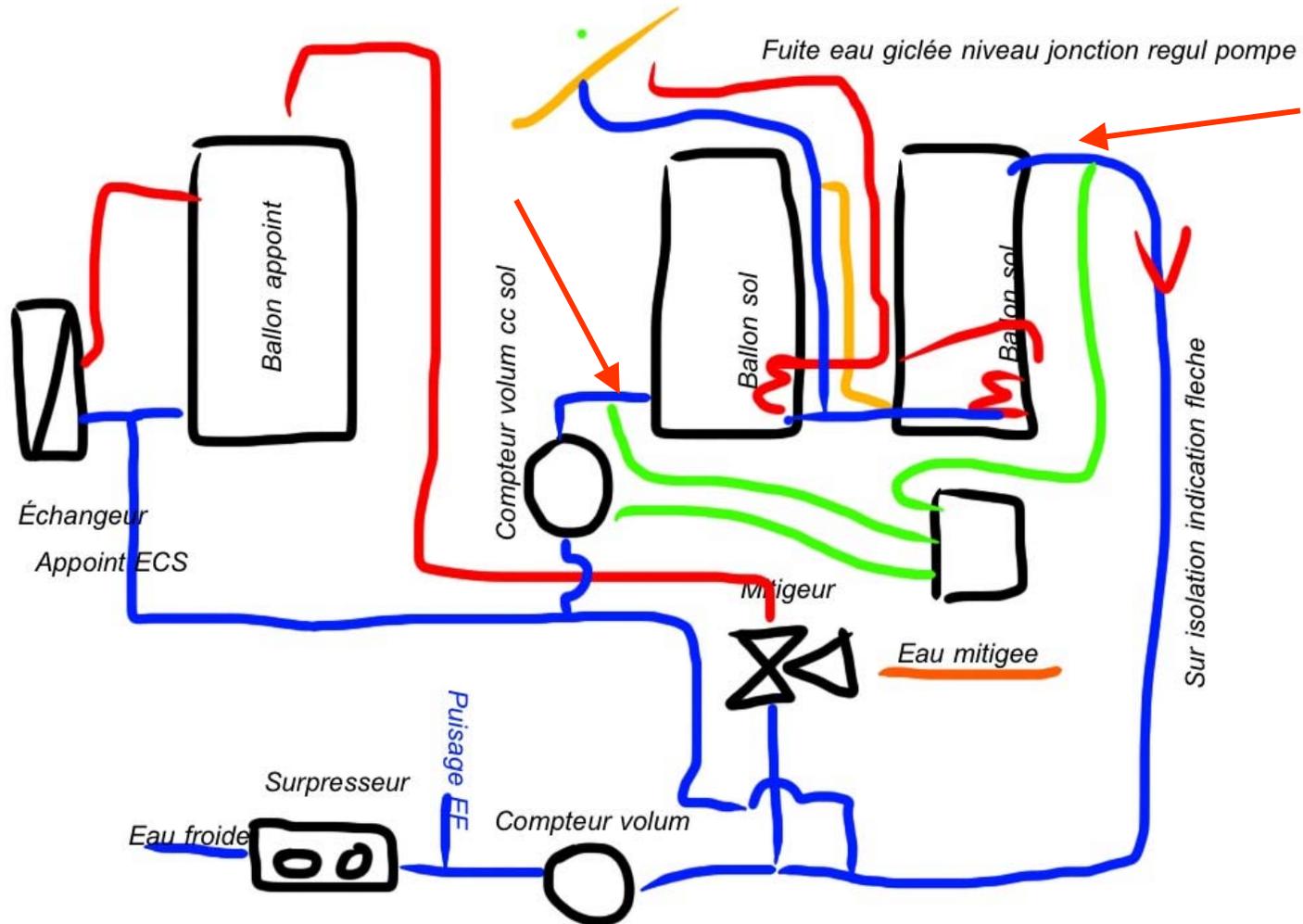
Débits de pointe à 10 minutes : imposés/réels



Des débits de pointe à 10 minutes 2 à 3 fois inférieurs à ceux obtenus par les règles de calcul usuelles : d'où des équipements trop importants et trop coûteux

1 – Etat des installations la première année - ECS

2 – Montages hydrauliques incohérents



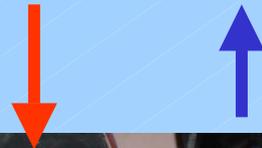
Les deux ballons solaires sont attaqués aux deux extrémités par le même tuyau d'eau froide....

**Aucune circulation d'eau possible.
Compteur solaire = 0**

1 – Etat des installations la première année - ECS

3 – Capteurs solaires isolés en permanence

Sortie capteurs : 30°C



Retour vers capteurs : 52°C

Explication : il n'y a pas de circulation dans la boucle capteur bien que le circulateur tourne, et c'est la chaleur du circulateur qui fait monter la température du thermomètre sur retour

On observe très fréquemment des vannes qui restent fermées, interdisant le fonctionnement du circuit capteurs solaires

1 – Etat des installations la première année - ECS

4 – Absence d'eau glycolée dans le circuit capteurs

Pour avoir vu une installation fonctionner un an sans que le circuit capteurs ait été rempli d'eau (accessoirement avec du glycol!), il est recommandé de toujours vérifier cet élément essentiel avant de prendre en main une installation. Les manomètres servent à cela....

1 – Etat des installations la première année - ECS

5 – Pression de prégonflage insuffisante du vase d'expansion capteurs solaires

Observation : pression de prégonflage d'un vase de boucle capteurs de 2,5 bars, avec les capteurs 30 m au-dessus de la sous station et du vase.

1-Au moment de la mise en eau, il va falloir augmenter la pression dans le vase, donc réduire le volume d'expansion

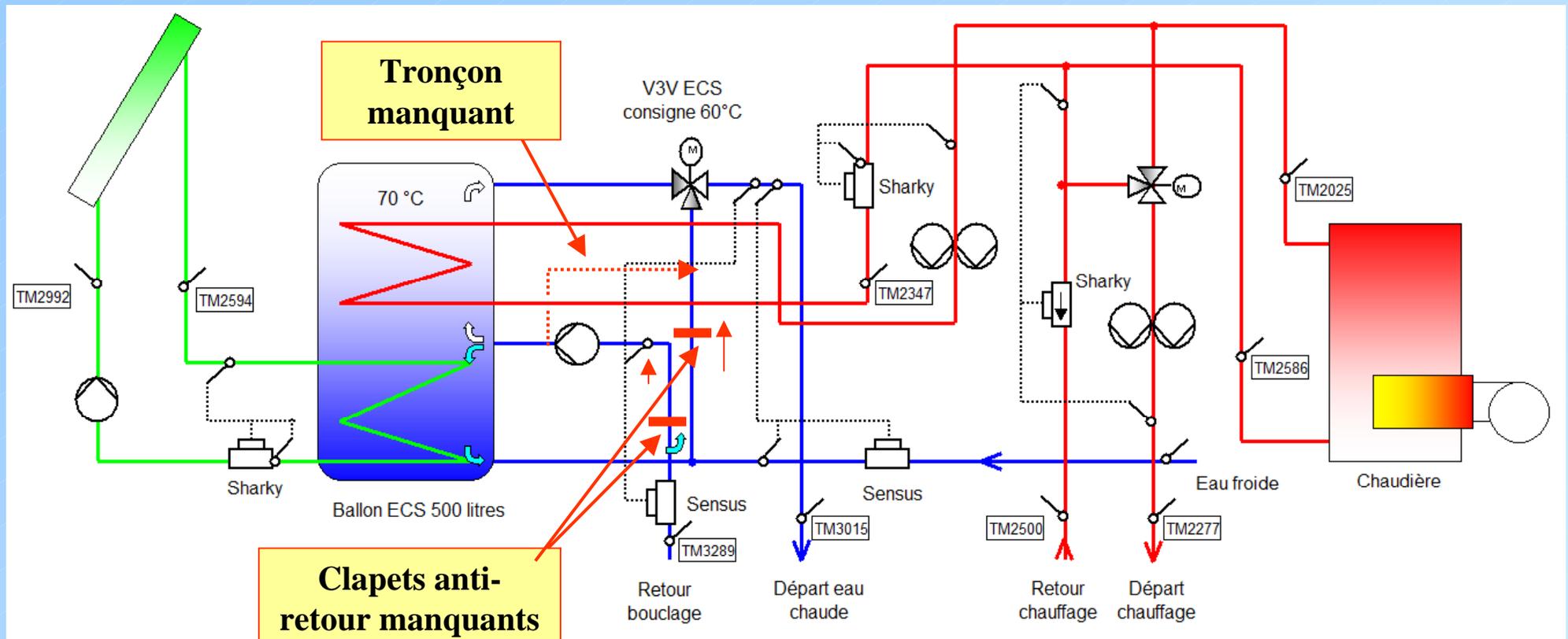
2-Dès qu'il y aura une surchauffe un peu forte, le volume d'expansion étant insuffisant, la soupape crachera et le liquide s'échappera.

3-Quand tout sera refroidi, il y aura un manque d'eau dans l'installation (poche d'air), et le circulateur ne pourra plus mettre la boucle en mouvement. Donc il y aura à nouveau surchauffe. Le mainteneur « avisé » rajoutera du fluide, mais cela recommencera éternellement....

Consigne : Le calcul d'un vase d'expansion pour capteurs solaires doit prendre en compte la hauteur entre capteurs et vase en point bas, la pression de vaporisation à 120°C (température limite pour le fonctionnement des capteurs) et même la rétractation du fluide pour les températures négatives.

1 – Etat des installations la première année - ECS

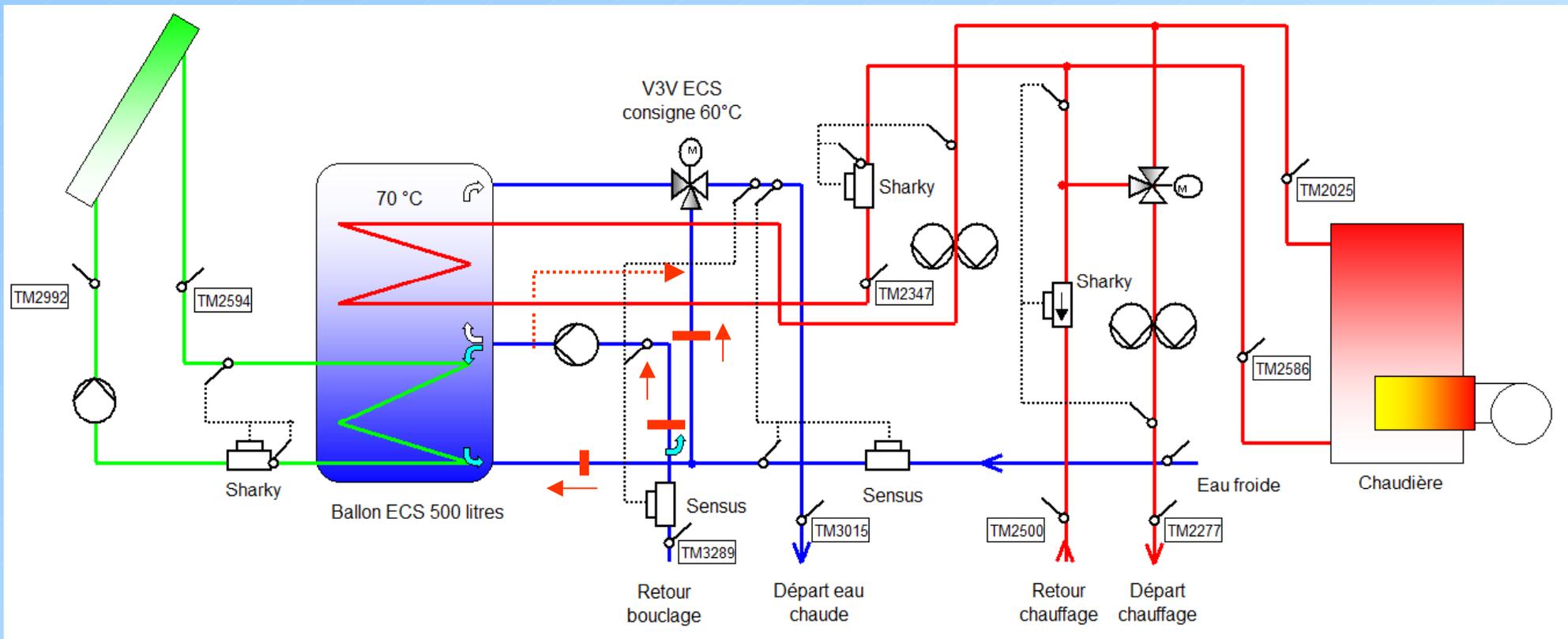
6 – Absence de clapets anti-retour sur le réseau de distribution et de bouclage



De nombreuses installations de distribution ne fonctionnent pas correctement à cause de l'absence de ces deux clapets et du tronçon de bypasse

1 – Etat des installations la première année - ECS

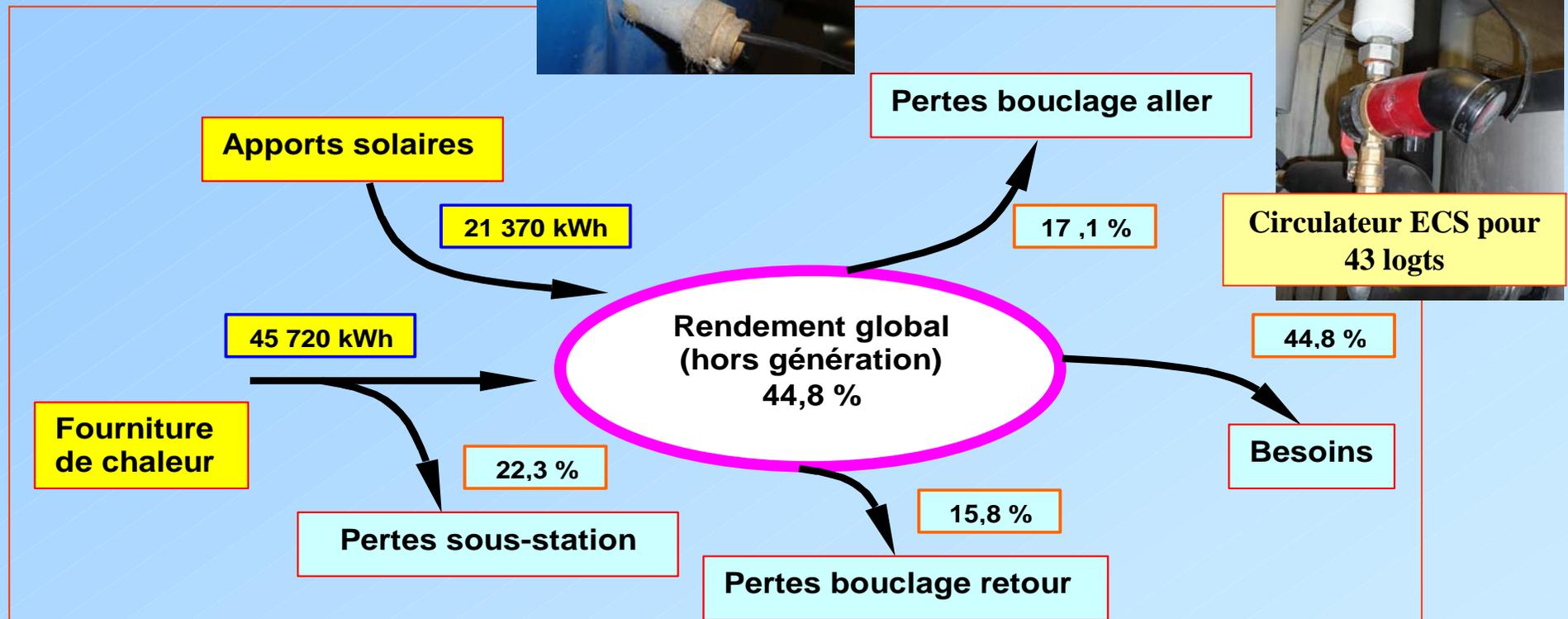
7 – Retour bouclage réchauffant bas du ballon solaire



Dans de nombreuses installations solaires, la partie basse du ballon est réchauffée par des retours de boucle chauds qui interdisent la récupération des apports solaires. De nombreuses configurations hydrauliques peuvent y conduire.

1 – Etat des installations la première année - ECS

8 – Insuffisance calorifugeage distribution ECS
Surdimensionnement circulateur



Dans cette installation, la distribution est plutôt bien calorifugée (30 à 40 mm d'isolant) et mesure en moyenne 8m/logement. Pourtant les pertes sont écrasantes.

Conclusion : il faudra hyper isoler les réseaux d'ECS et les organes en chaufferie à l'avenir. La réduction des consommations d'ECS passe par là.

1 – Etat des installations la première année - ECS

**9 – Distribution en gaine palière
=
surchauffes**

Distribution en gaine palière : Danger surchauffes

Car, de la gaine palière aux logements la distribution circule en dalle, dans un tube non calorifugé qui transforme la dalle en plancher chauffant.

D'où d'épouvantables surchauffes contre lesquelles il n'y a malheureusement plus rien à faire....

La pire de toutes les solutions, c'est le bouclage en dalle, car alors la boucle est à 55°C en permanence. L'immeuble est une étuve en été.

1 – Etat des installations la première année - ECS

10 – Traçage électrique



Le traçage électrique pour l'ECS est une fausse bonne idée :

1 – d'abord, s'il est associé à un monotube, il est contraire au DTU,

2 – Il conduit à des surconsommations généralement très importantes dues soit à une mauvaise régulation qui le faire fonctionner plus que nécessaire, soit à une isolation insuffisante (cas très fréquent).

**1 – Etat des lieux des installations la première
année**

3 – VENTILATION MECANIQUE

1 – Etat des installations la première année – Ventilation Mécanique

1 – VMC à débit variable au soufflage et fixe à l'extraction

Dans 2 bâtiments de la Zac de Bonne à Grenoble, on trouve le montage suivant :

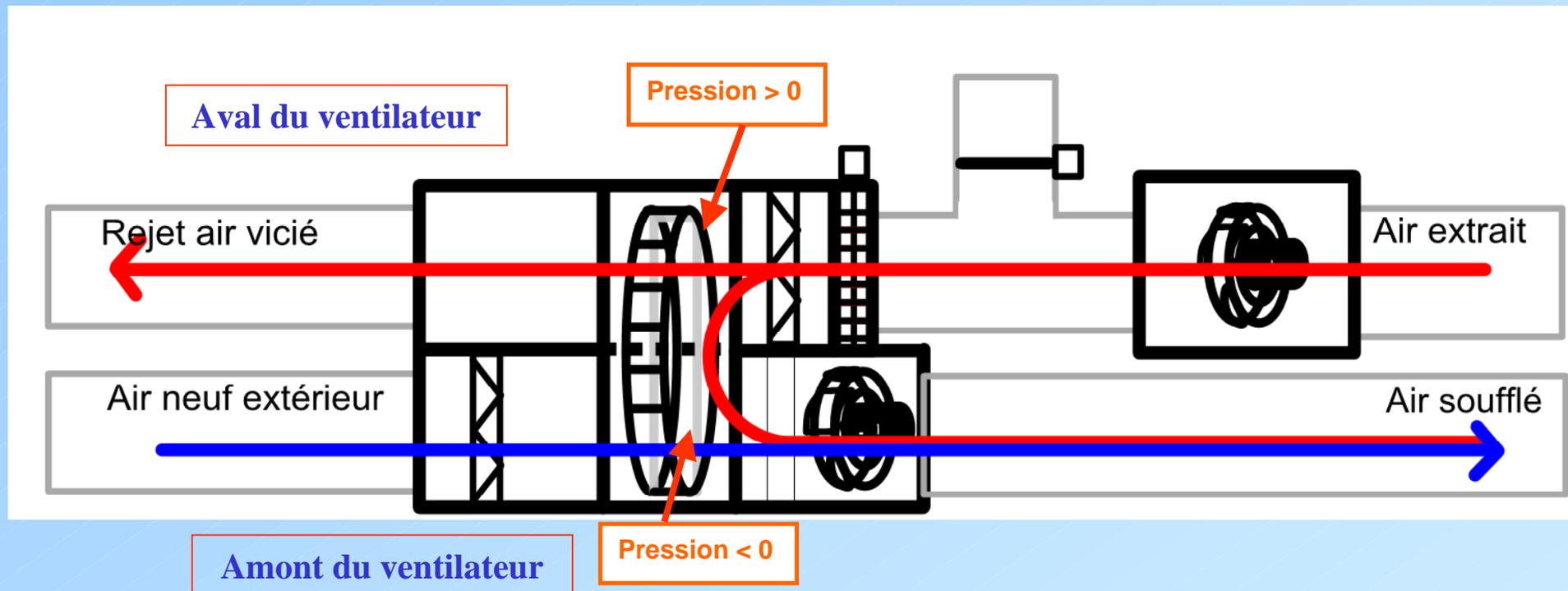
- **l'un des réseaux d'air (extraction ou soufflage) est muni d'un ventilateur à vitesse fixe**
- **l'autre réseau est muni d'un ventilateur à vitesse variable**

Comment ça marche ????????

1 – Etat des installations la première année – Ventilation Mécanique

Recyclage d'air vicié : Le Carré d'Or (B3), Le Vendôme (G1)

Montage très fréquemment observé :

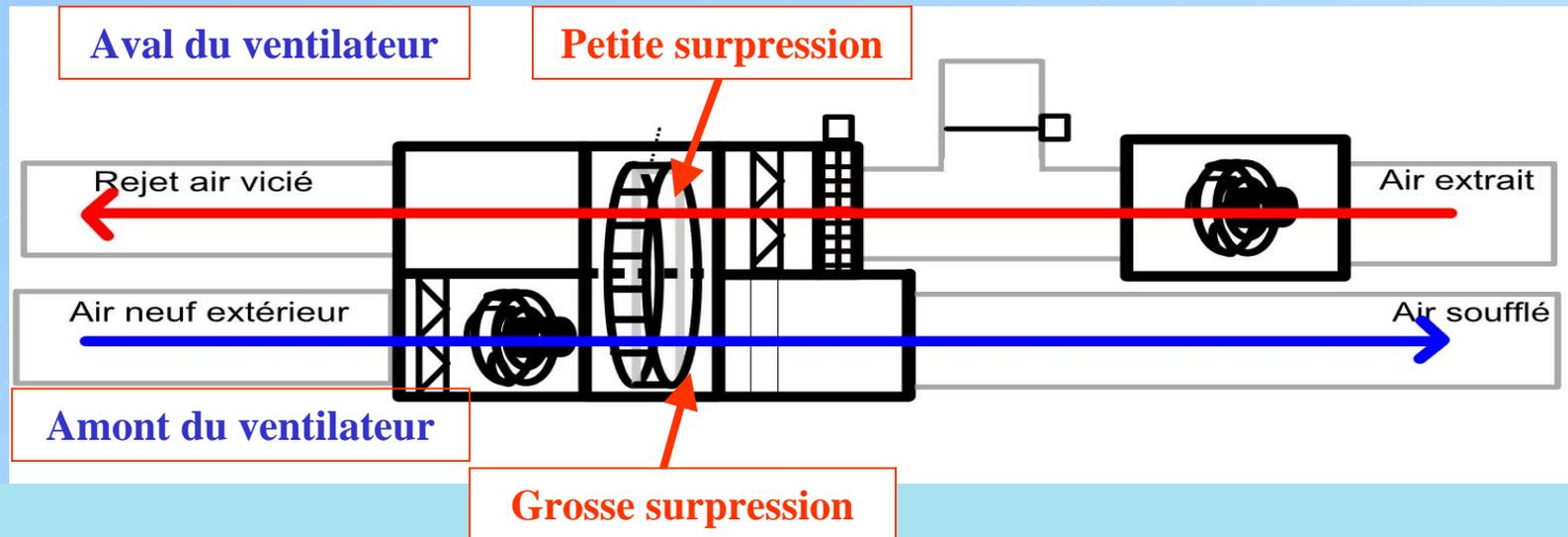


2 – Montage incorrect d'un échangeur rotatif

Attention avec les échangeurs rotatifs : ils ont une très bonne efficacité, mais si le positionnement des ventilateurs est incorrect, on peut avoir une surpression à l'extraction et une dépression au soufflage entraînant un très fort recyclage de l'air extrait et des odeurs insupportables dans le bâtiment. Solution : au moins mettre le ventilateur de soufflage en amont de la roue.

1 – Etat des installations la première année – Ventilation Mécanique

Montage correct (peu rencontré) :



2 – Montage correct d'un échangeur rotatif

Dans ce montage, s'il y a transfert, ce ne peut être que depuis le soufflage vers l'air extrait. Donc pas de risque de recyclage d'air vicié. Adjoindre un « secteur de purge » à l'échangeur.

Nota : pour des raisons de sécurité incendie, le ventilateur d'extraction est obligatoirement en amont de la CTA

1 – Etat des installations la première année – Ventilation Mécanique

3 – Déséquilibre des réseaux aérauliques

Ce défaut est général, et il est souvent mal résolu à cause de :

1 – L'architecture des réseaux eux-mêmes et de leur conception,

2 – L'absence parfois ou l'insuffisance des organes d'équilibrage

3 – L'absence de savoir faire et de méthode pour équilibrer les installations : on ne commence par à un bout pour finir à l'autre....

4 – Le taux de fuite très important qui existe aujourd'hui et qui rend délicates les opérations d'équilibrage.

1 – Etat des installations la première année – Ventilation Mécanique

4 – Défaut d'étanchéité des réseaux



Pas de bande de recouvrement



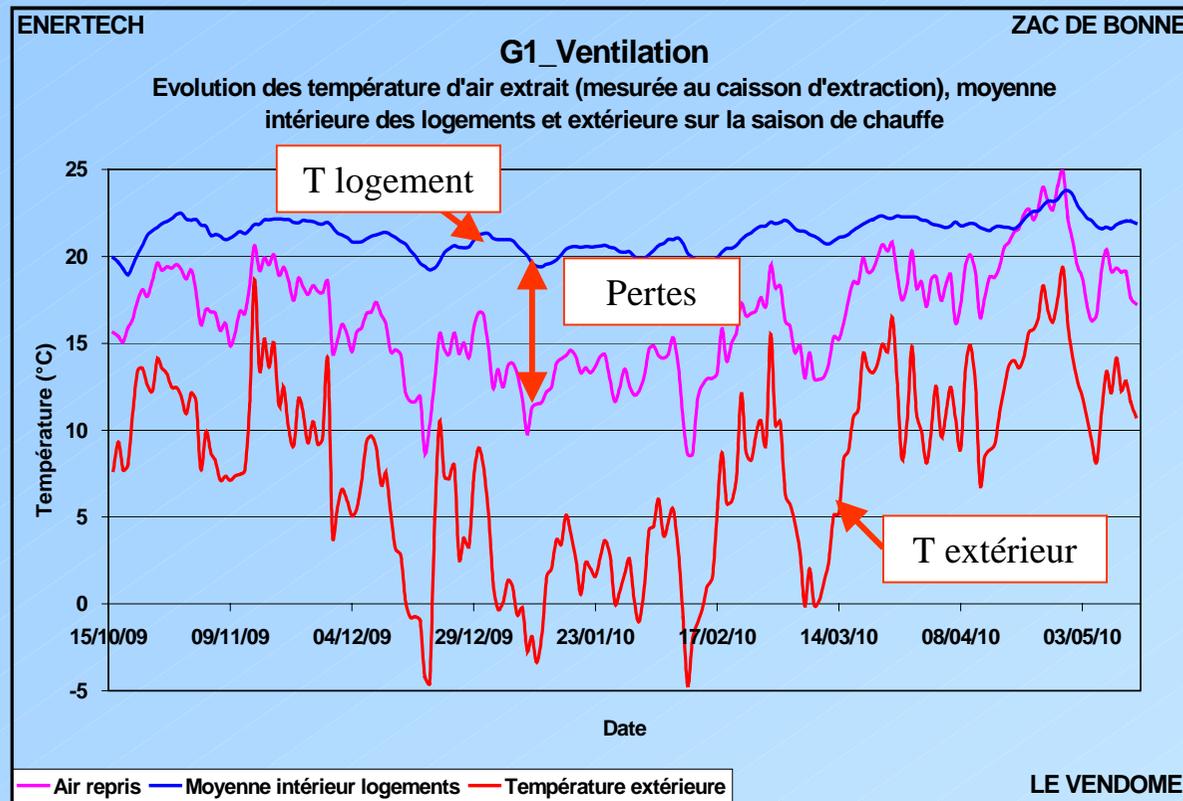
Très grosses fuites au niveau des caissons eux-mêmes!



Les fuites de réseaux représentent plusieurs dizaines de % du débit nominal. Elles constituent aujourd'hui une des principales causes de dysfonctionnement (que veut dire réguler à ΔP constant avec des fuites ?) et de surconsommation des installations.

1 – Etat des installations la première année – Ventilation Mécanique

La température d'air repris chute et suit la température extérieure



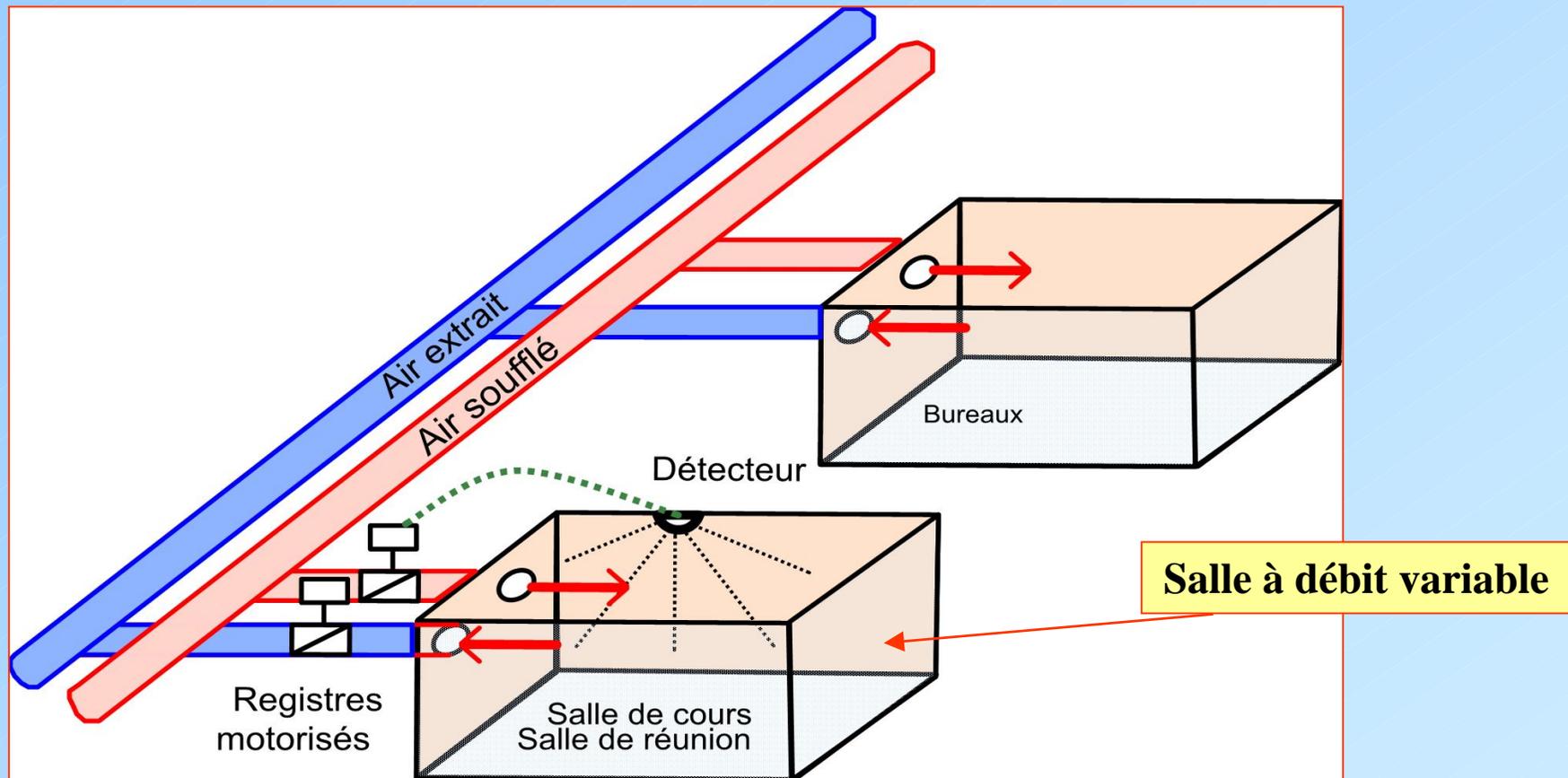
5 – Défaut d'isolation des gaines



L'absence de calorifuge à l'extraction fait chuter la température de l'air à l'entrée de l'échangeur, et réduit l'énergie récupérée, ce qui augmente la consommation de chauffage

1 – Etat des installations la première année – Ventilation Mécanique

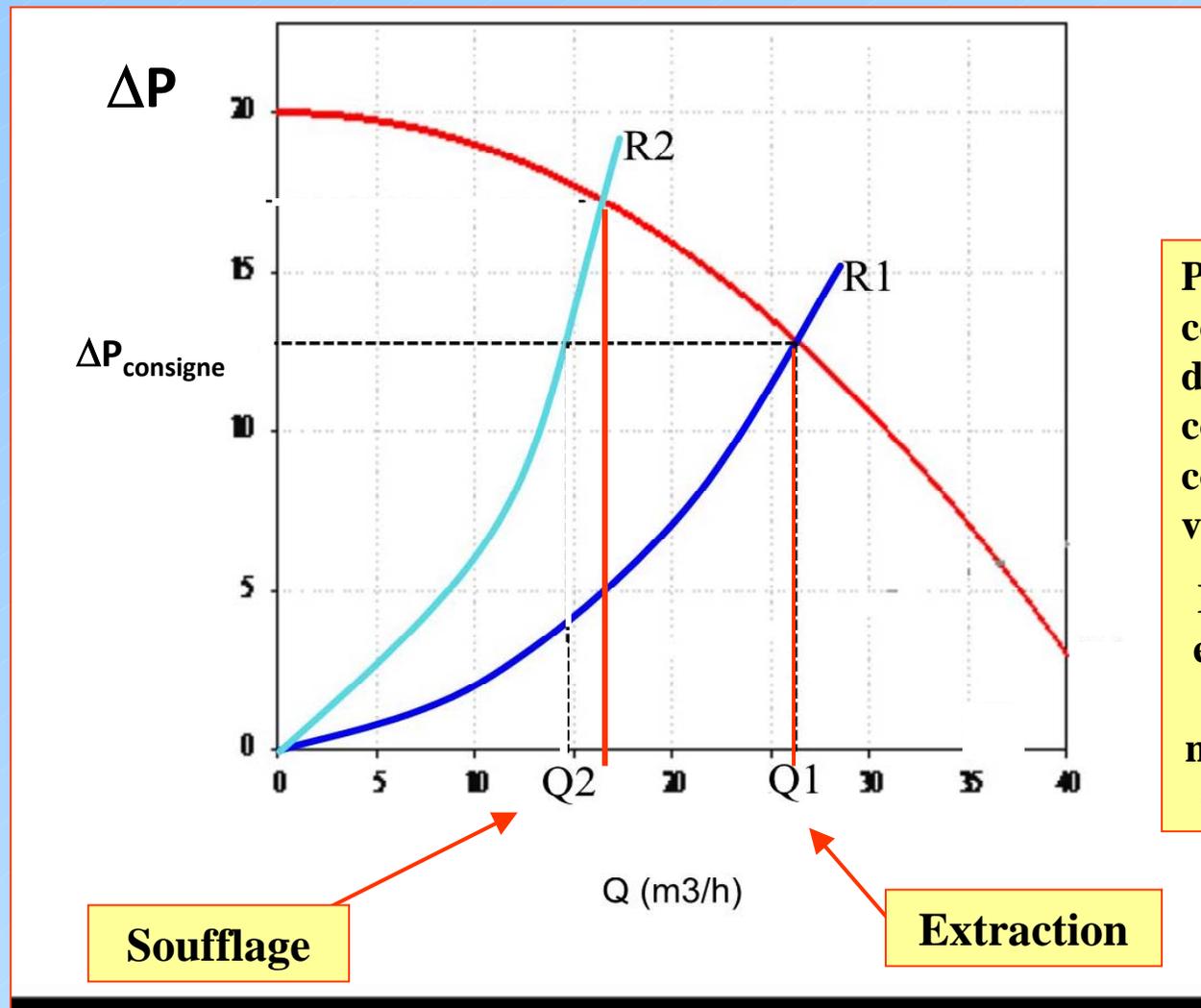
6 – Ventilateur à débit variable mais pas de possibilité de faire varier le débit



Si l'installation ne comporte pas de moyens de faire varier le débit, ce n'était pas la peine de prévoir un ventilateur à vitesse variable. Pour la maintenance, les économies calculées ne sont pas accessibles....

1 – Etat des installations la première année – Ventilation Mécanique

7 – Régulation de vitesse des deux ventilateurs par la même sonde de pression



Pour une valeur de la consigne correspondant à la régulation du ventilateur pilote il y a une courbe de fonctionnement correspondant à une vitesse du ventilateur.

Mais les réseaux d'extraction et de soufflage n'ayant pas les mêmes pertes de charge, n'auront pas les mêmes débits, d'où des dysfonctionnements

**1 – Etat des lieux des installations la première
année**

4 – ENVELOPPE BÂTIE

1 – Etat des installations la première année – Enveloppe bâtie

Problème des accrochages de bardage
(augmentation de 50% du U) : ici U
passe de 0,21 à 0,32 W/m²K

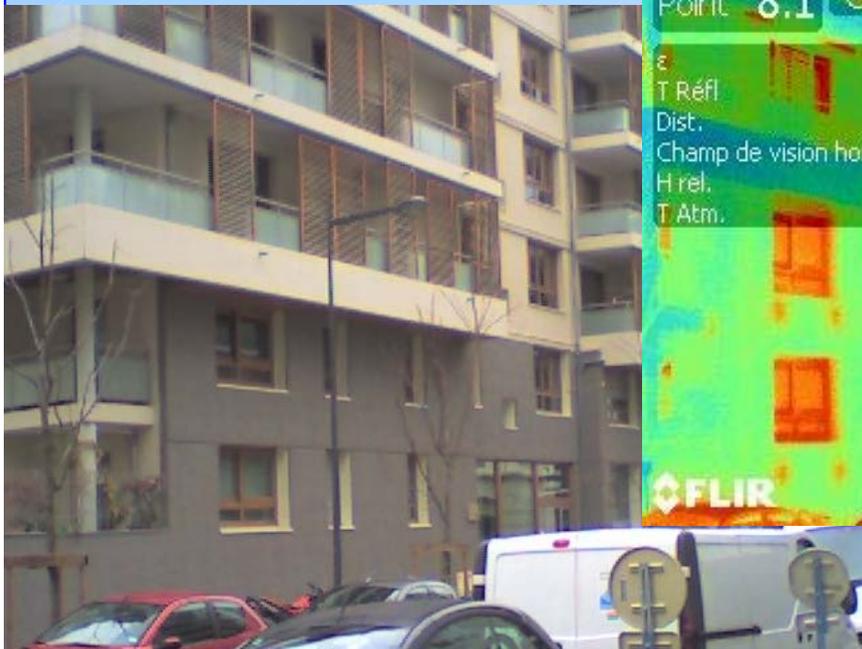


ZAC de Bonne
Grenoble



Accrochage des doubles
murs en partie basse

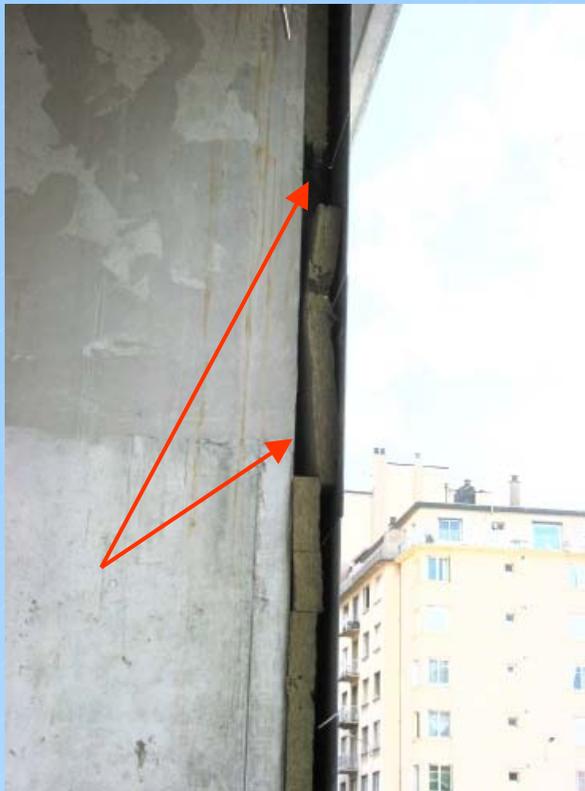
= façade « Léopard »



1 – Etat des installations la première année – Enveloppe bâtie

2 – Insuffisance de résistance thermique des murs

La pose de l'isolation laisse encore souvent à désirer :



1 – Etat des installations la première année – Enveloppe bâtie

3 – Mauvaise étanchéité à l'air
Insuffisance de conception

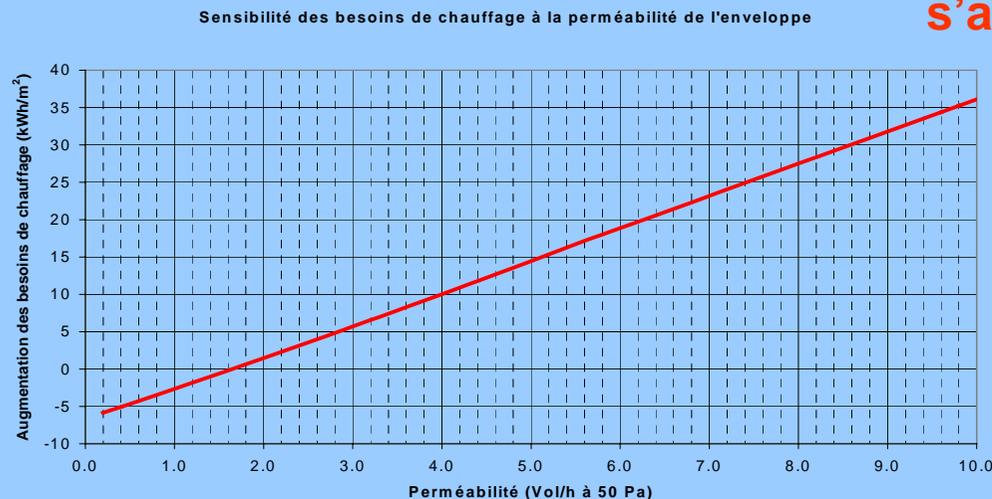
L'étanchéité à l'air : d'abord un problème de maître d'œuvre.

1 - d'abord un « bon dessin » : il faut une continuité totale de l'étanchéité. En rénovation, on est moins libre, mais on doit soigner les détails

2 - la fin du joint au pistolet!

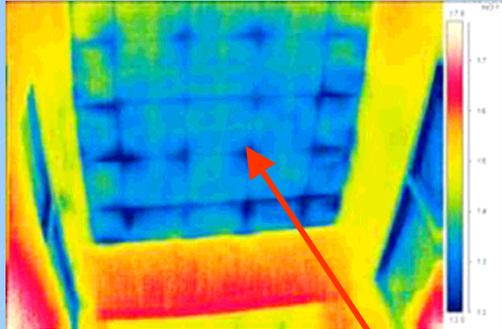
En conférence à Grenoble Walter Unterrainer a déclaré devant 250 architectes « médusés » :

« Chez nous, en Autriche, le joint au pistolet commence là où l'intelligence s'arrête »



L'augmentation des besoins est de 3 à 4 kWh/m²/an et par vol/h de n₅₀

1 – Etat des installations la première année – Enveloppe bâtie



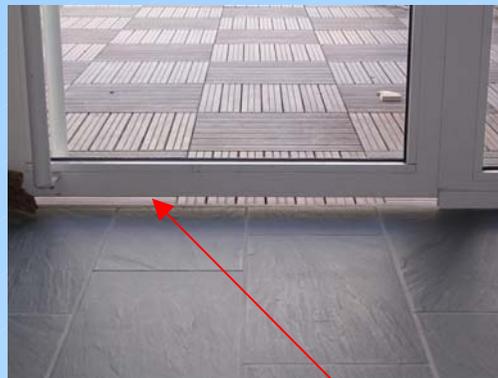
Très mauvaise étanchéité de toiture (INEED)

Encore de gros efforts à faire pour réaliser des bâtiments étanches à l'air en France

3 – Mauvaise étanchéité à l'air Mauvaise réalisation



Joint de dilatation non traité (Zac de Bonne)



**Espace libre de 2 cm....
Zac de Bonne - Grenoble**



Parking : Passage libre entre fourreau et câbles, mais surtout entre réservation et fourreaux) (Zac Confluence – Lyon)

**1 – Etat des lieux des installations la première
année**

5 – INSTALLATIONS DE COMPTAGE

1 – Etat des installations la première année – Installation de comptage

1 – De gros défauts lors de la pose des compteurs de chaleur

La RT 2012 va imposer de nombreux comptages. Mais aujourd'hui, le comptage de chaleur reste assez mal maîtrisé par les intervenants. On observe :

- 1 – des compteurs qui ne sont pas posés au bon endroit
- 2 – Des compteurs posés à l'envers (malgré la flèche indiquant le sens découlement)
- 3 – Emplacement incorrect des sondes de température (fréquent)
- 4 – Pose incorrecte des sondes :
 - en applique au lieu d'utiliser un doigt de gant,
 - doigt de gant et sonde pas assortis (mauvais contact entre les deux)
- 5 – La turbine du compteur est bloquée par une impureté. Utiliser des filtres en amont, et les nettoyer fréquemment.

1 – Etat des installations la première année – Installation de comptage

1 – De gros défauts lors de la pose des compteurs de chaleur

6 – Absence d'émetteurs d'impulsions. Ceux-ci ne sont pas une obligation pour un comptage annuel, mais ils le sont pour une campagne de mesure,

7 – Mauvais choix du poids d'impulsion : les analyses fines des chroniques passées n'ont alors que très peu d'intérêt car elles sont trop grossières

8 – Paramétrage d'usine incorrect du poids des impulsions dans l'intégrateur (rare et très difficile à détecter)

9 – Absence d'une carte électronique associée à l'émission d'impulsions, ou carte incorrecte, ou confusion avec carte Mbus pour fonctionnement avec GTB

Il faut aujourd'hui encore considérer la mesure de chaleur comme très aléatoire et très incertaine. De très nombreuses informations sont perdues parce que la pose, la configuration ou le fonctionnement des compteurs ne sont pas corrects.

2 – Les défauts de maintenance et de pilotage observés

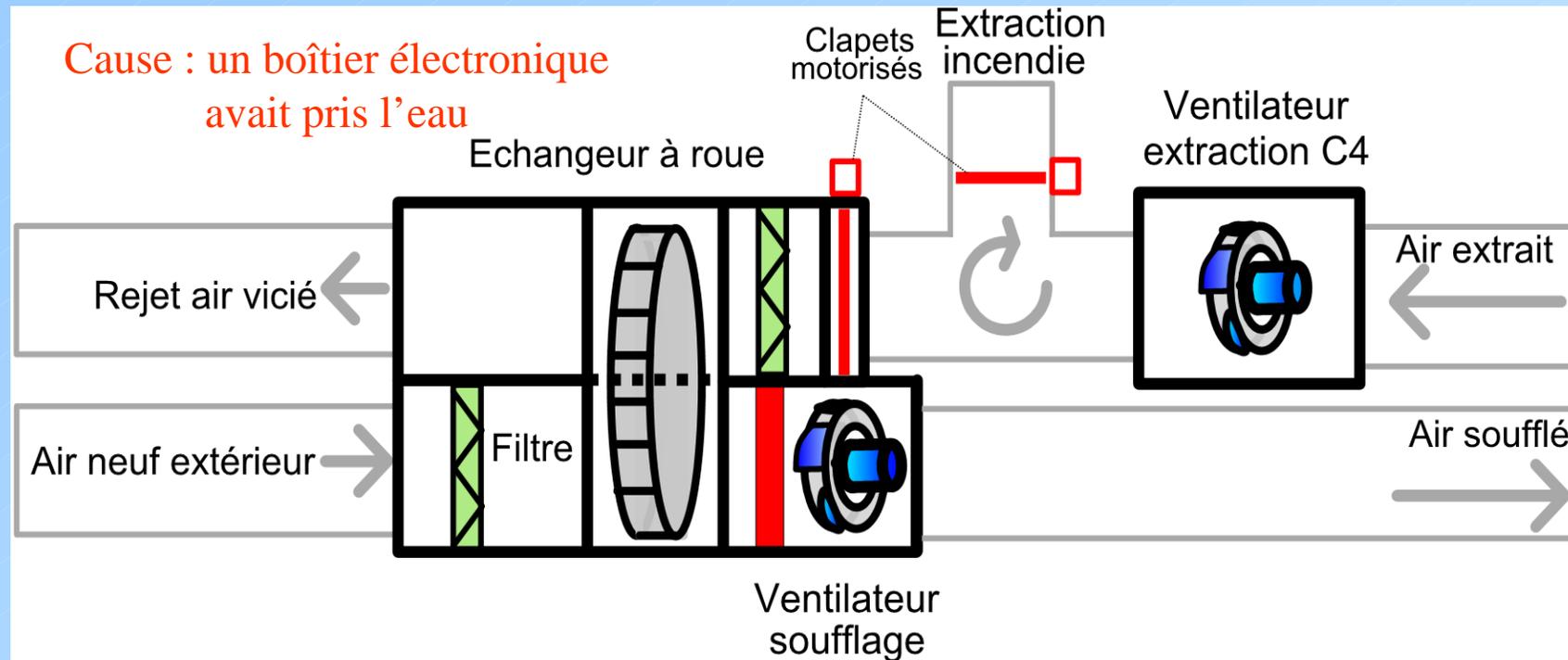
La Ventilation mécanique

2 – Défaits de maintenance observés

La ventilation mécanique

Les Jardins de Bonne (B2) : extraction pendant 1 an sur des volets fermés

1 – Ventilateur d'extraction débitant sur des volets fermés

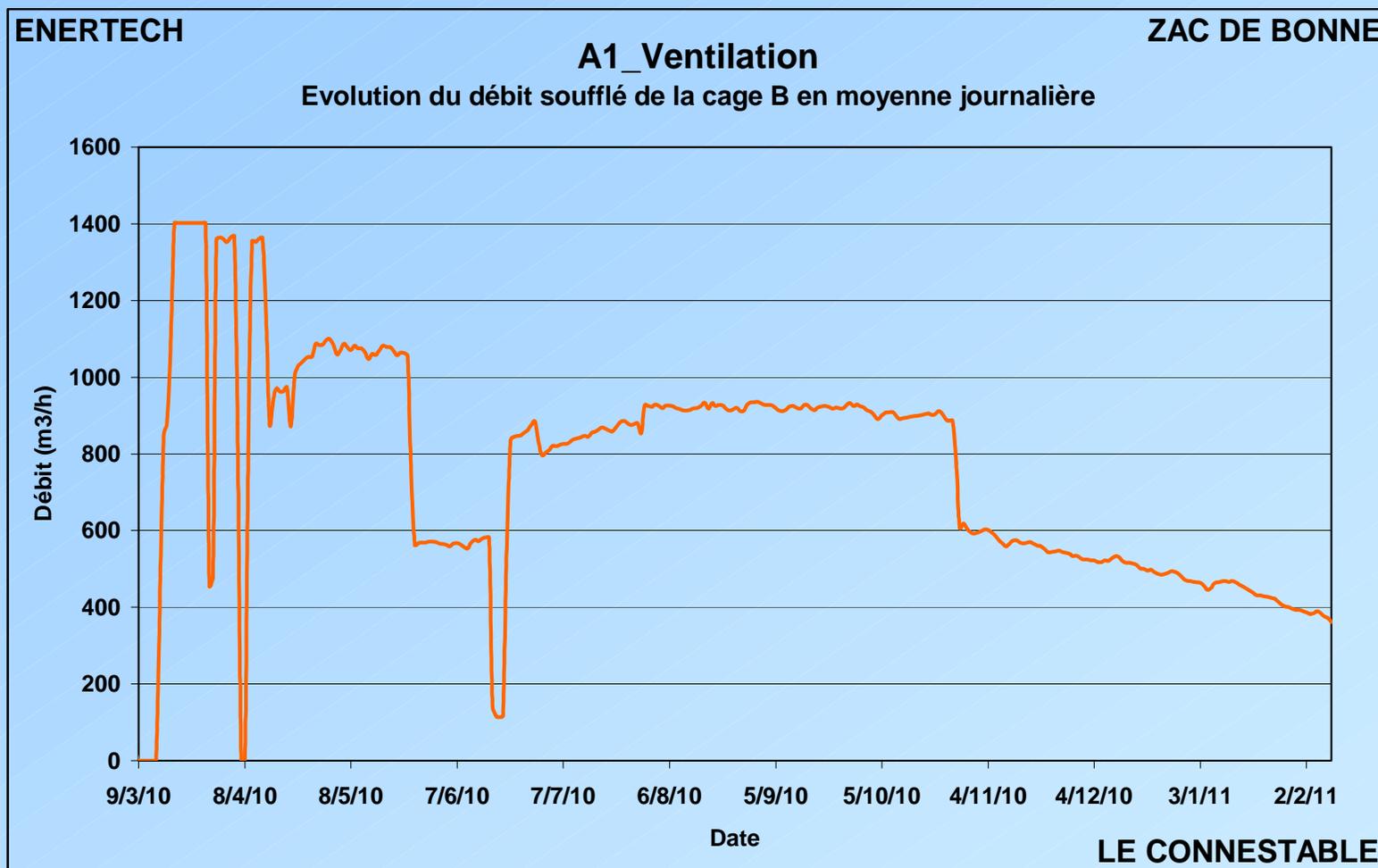


Volet de la sortie courante en position fermée pendant toute l'année. Conséquences :

- 1 - débits hygiéniques non assurés (débit inférieur de 70% au régime nominal)
- 2 - Chaleur non évacuée : importante diminution des consommations de chauffage en hiver et augmentation des surchauffes en été

2 – Défaits de maintenance observés La ventilation mécanique

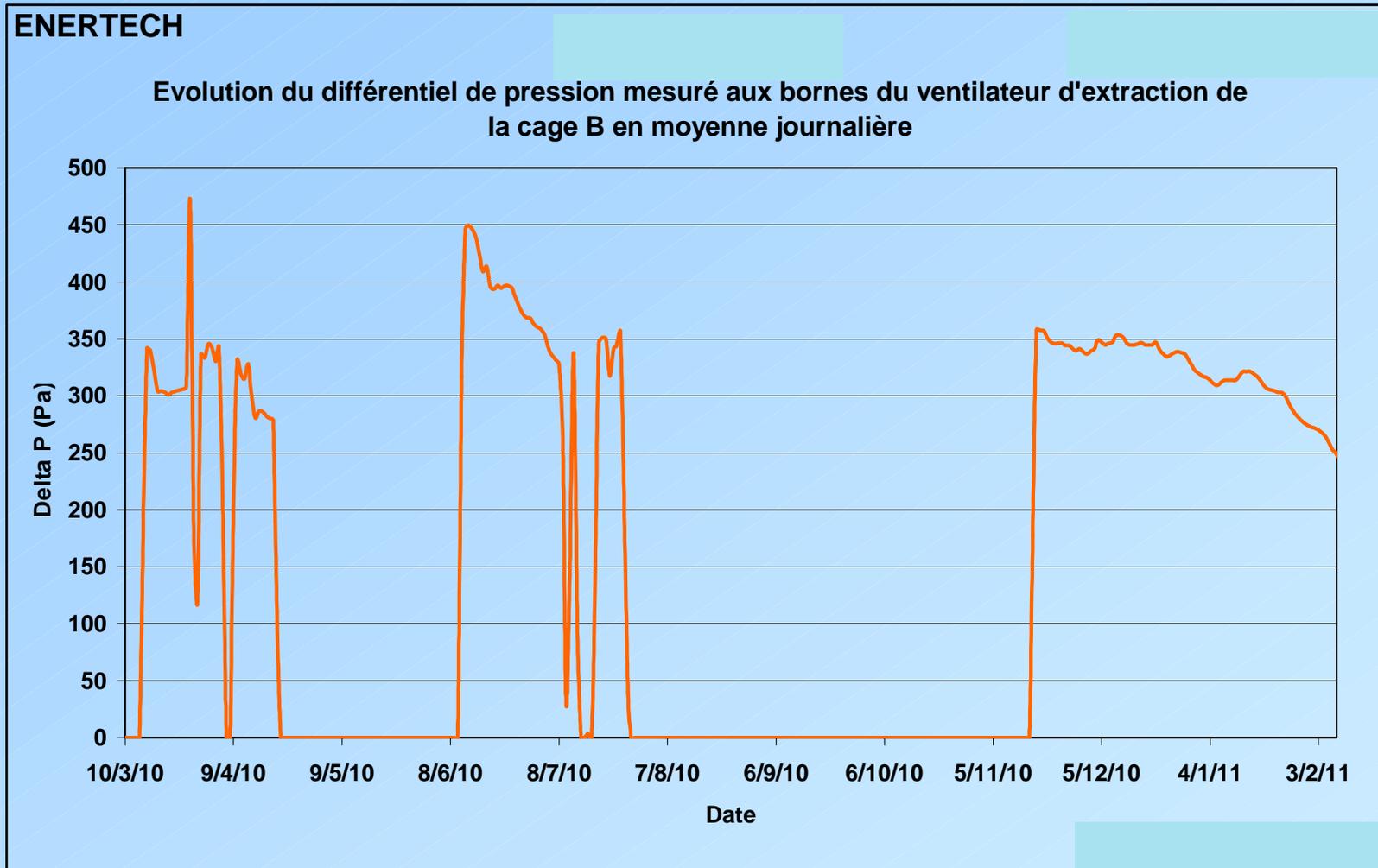
2 – Fonctionnement erratique de la ventilation



Pour un débit de soufflage en logement on pourrait s'attendre à plus de régularité...

2 – Défaits de maintenance observés La ventilation mécanique

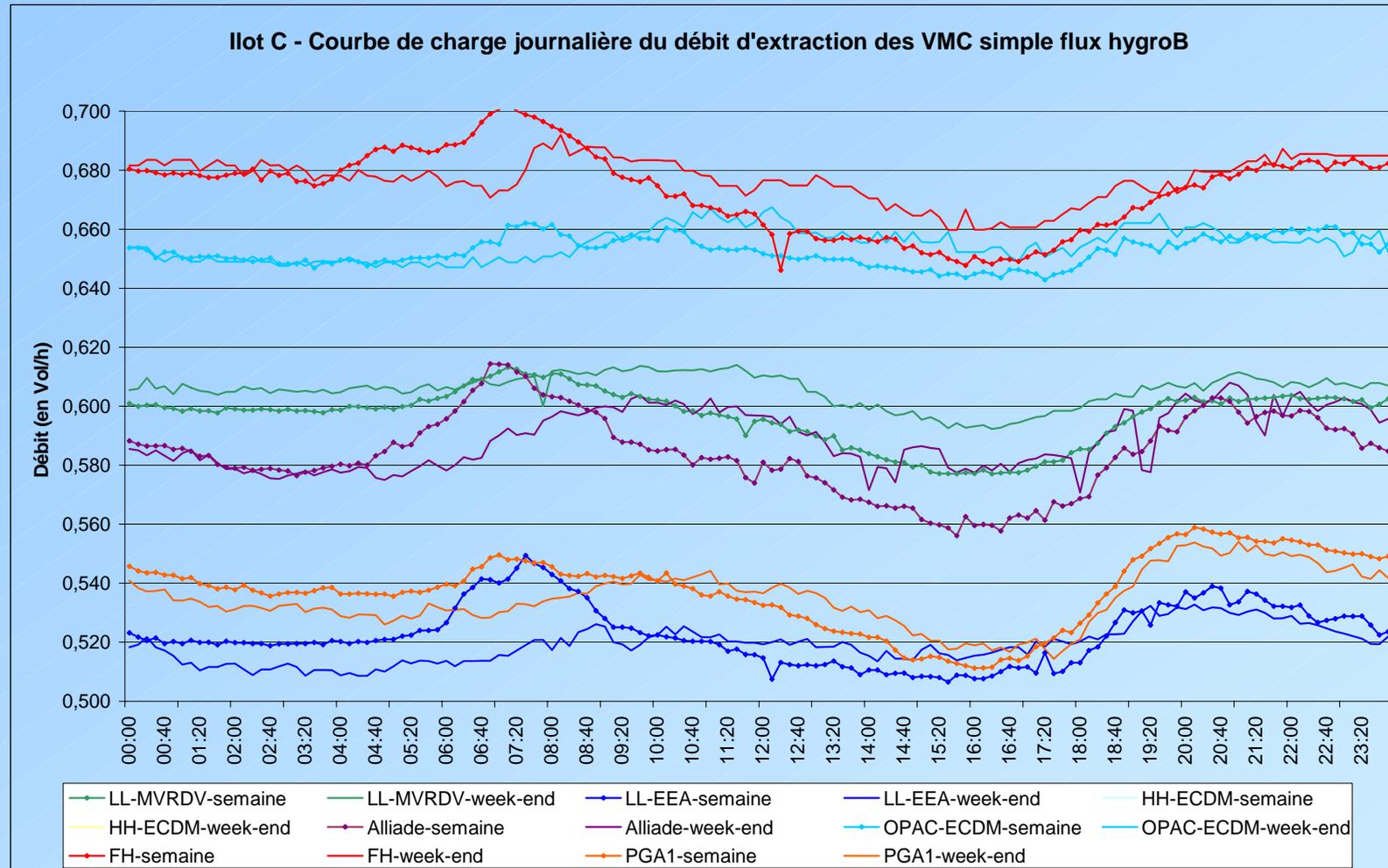
2 – *Fonctionnement erratique de la ventilation*



Variations de débit et arrêts surprenants pour une extraction en logement

2 – Défaits de maintenance observés La ventilation mécanique

3 – Réglage incorrect des débits en ventilation hygro



Les débits sont beaucoup trop élevés! On varie de 0,52 à 0,70 vol/h!

2 – Défaits de maintenance observés

La ventilation mécanique



4 – *Entretien des prises et
rejet d'air*

SANS COMMENTAIRES!

Prise d'air au niveau du
sol en terrasse



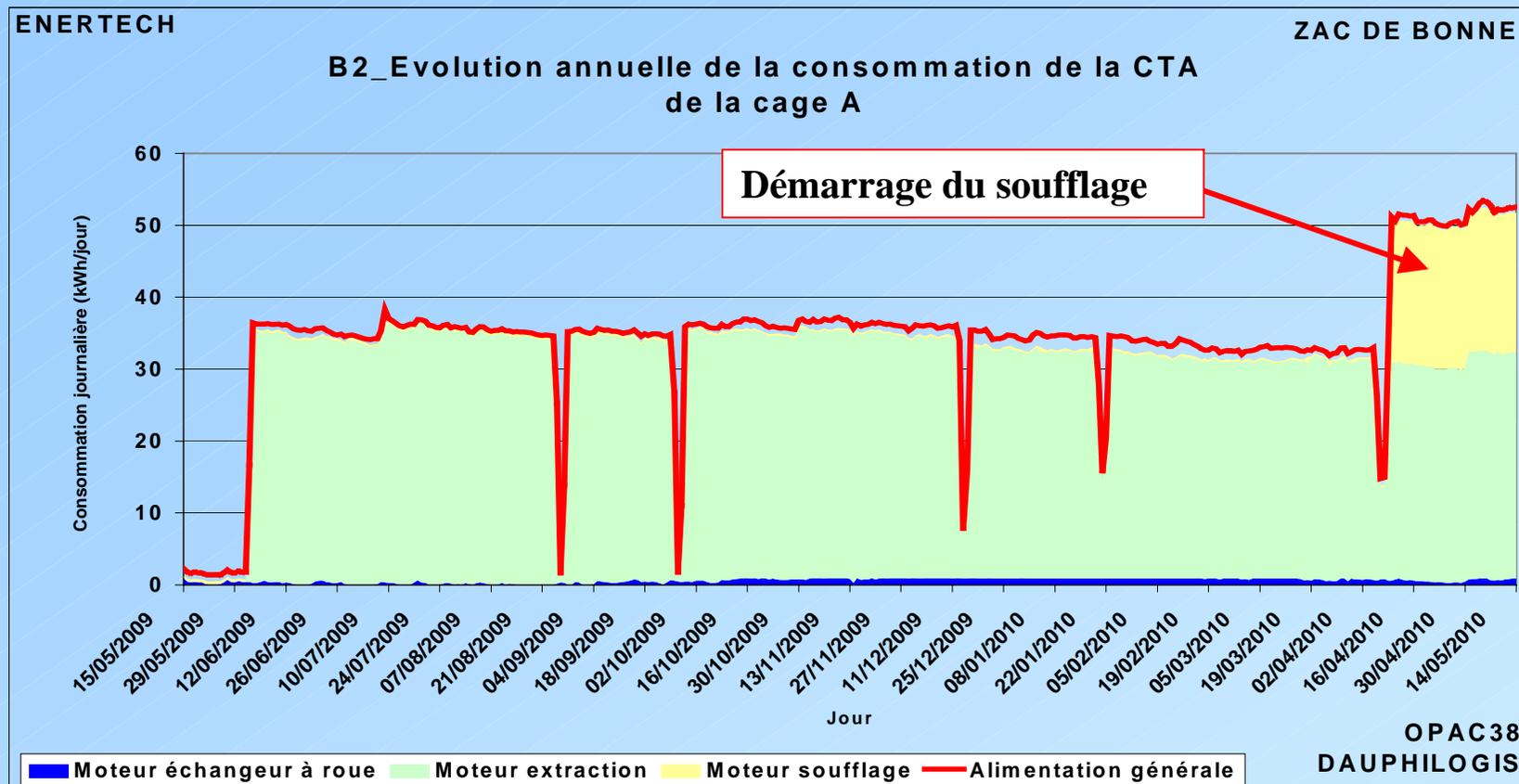
Réseau d'air CTA après
2 ans....

2 – Défaits de maintenance observés

La ventilation mécanique

Le Pallium (B2) : pas de soufflage pendant 11 mois

5 – Ventilateur de soufflage
n'ayant fonctionné qu'un
mois sur une année



Ventilateur de soufflage mis en marche 1 mois avant la fin de la campagne de mesure.

Conséquences :

1 - débits hygiéniques non assurés

2 – Désordres importants des consommations de chauffage (débit extrait plus faible mais air neuf issu des infiltrations, non préchauffé). Augmentation des surchauffes en été.

2 – Défaits de maintenance observés

La ventilation mécanique

6 – Moteur de ventilateur tournant en sens inverse

A plusieurs reprises nous avons observé des moteurs de ventilateurs tournant en sens inverse.

Cela se traduit par des valeurs anormalement faibles de ΔP (quelques millimètres de colonne d'eau) et du facteur de puissance (de l'ordre de 0,15-0,20)

Evidemment le service rendu est nul...

Très facile d'obtenir une vitesse contraire : il suffit d'inverser deux phases lors du branchement....

2 – Défauts de maintenance observés

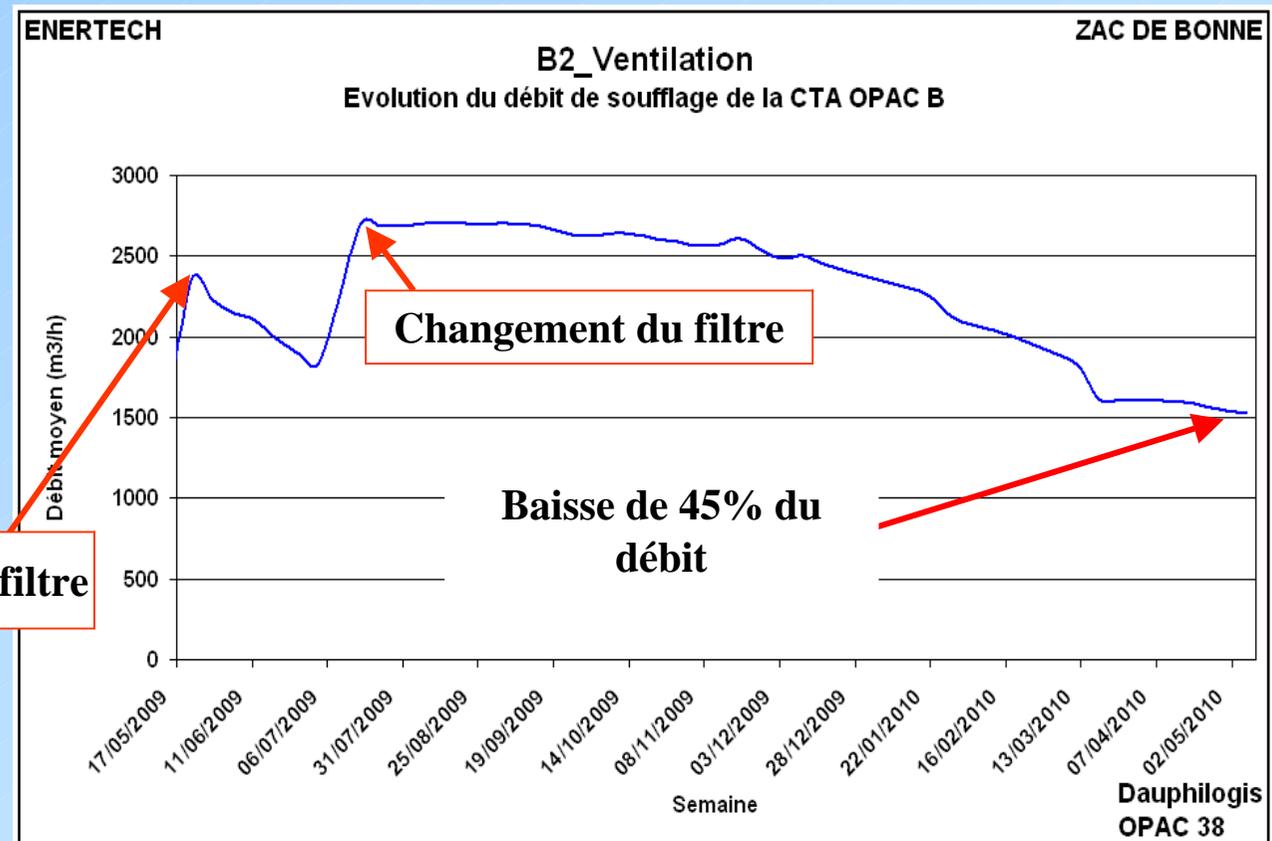
La ventilation mécanique

Exemple : *Bâtiment B2 – OPAC – Cage B*

7 – Impact de l'encrassement des filtres d'air neuf sur les CTA

- Diminution du débit de 40% entre juillet 2009 et mai 2010
- Infiltrations d'air froid par les parois

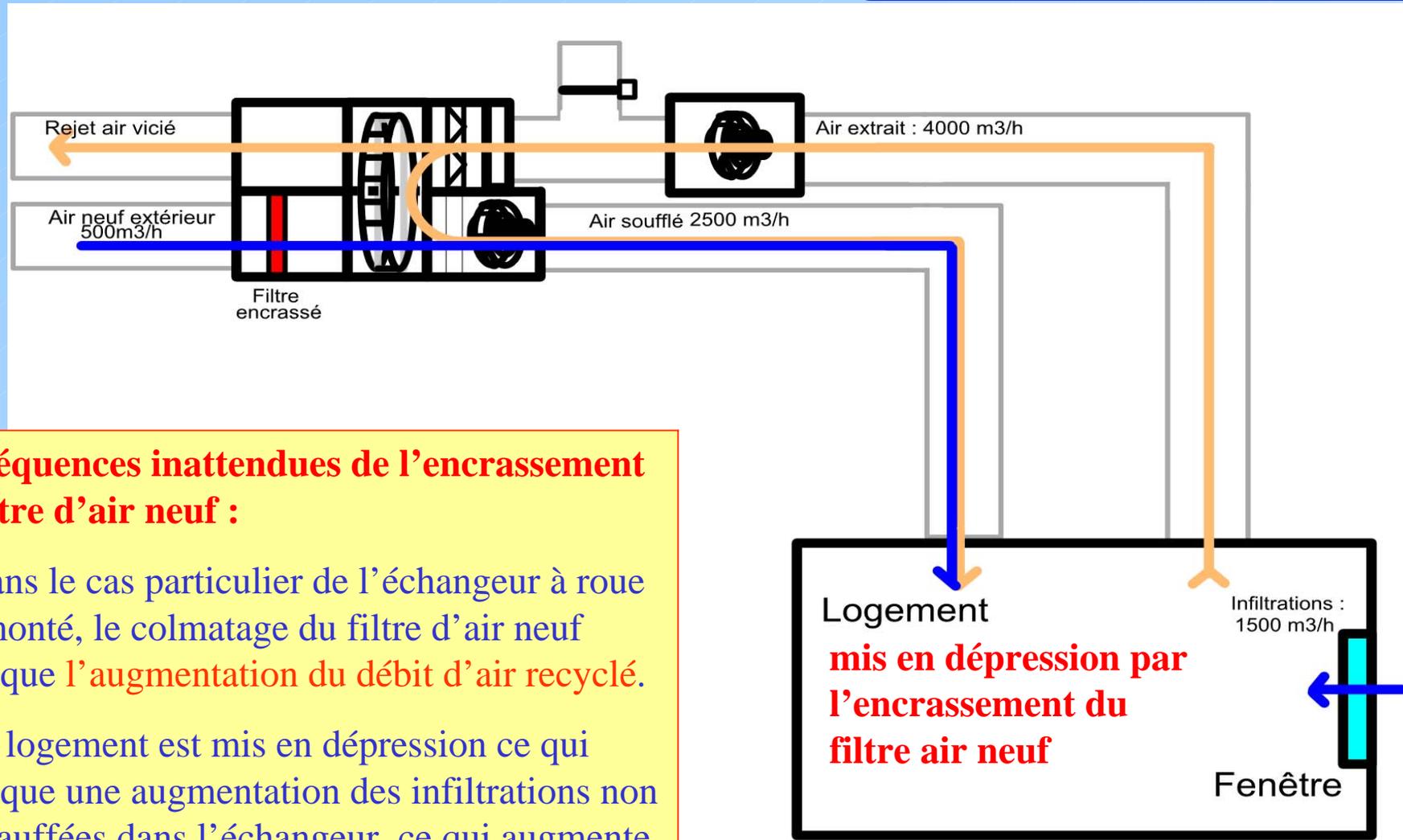
Nettoyage sommaire du filtre



Il faut changer (et non pas nettoyer) les filtres sur l'air neuf tous les 3 ou 4 mois (chute de 10% du débit) et mettre en place une procédure de maintenance adéquate

2 – Défaits de maintenance observés La ventilation mécanique

7 – Impact de l'encrassement des filtres d'air neuf sur les CTA



Conséquences inattendues de l'encrassement du filtre d'air neuf :

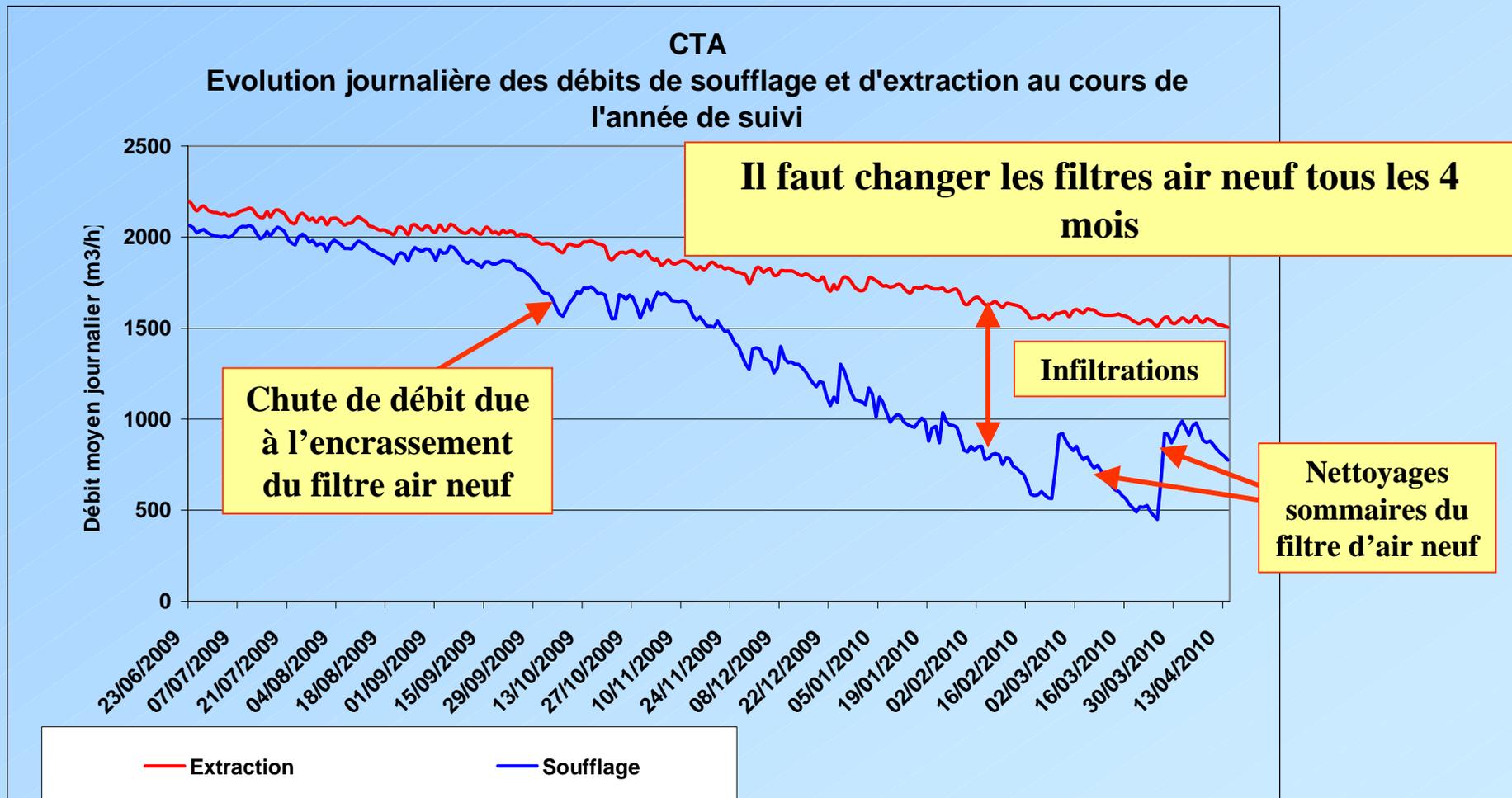
- 1 – dans le cas particulier de l'échangeur à roue mal monté, le colmatage du filtre d'air neuf provoque l'augmentation du débit d'air recyclé.
- 2 – le logement est mis en dépression ce qui provoque une augmentation des infiltrations non préchauffées dans l'échangeur, ce qui augmente la consommation de chauffage!

2 – Défaits de maintenance observés

La ventilation mécanique

Logements - Surconsommation = 8 kWh/m²/an

7 – Impact de l'encrassement des filtres d'air neuf sur les CTA



L'encrassement rapide du filtre sur l'air neuf provoque une mise en dépression du bâtiment et une augmentation énorme des infiltrations si la perméabilité à l'air n'est pas parfaite, donc une augmentation des consommations de chauffage

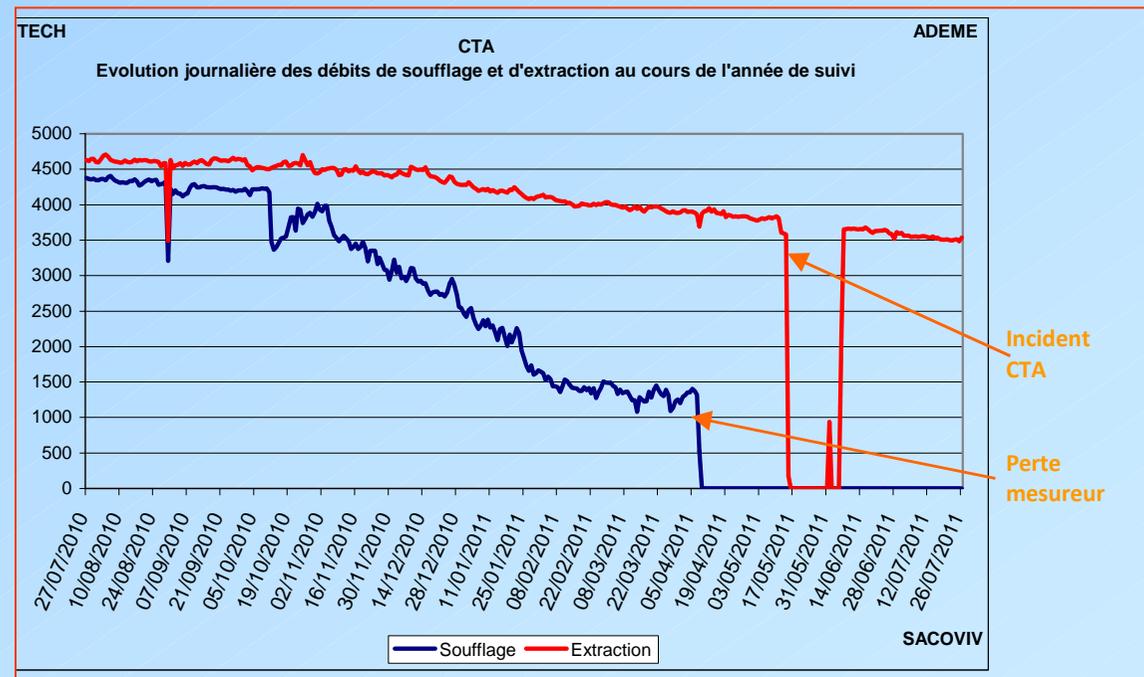
2 – Défaits de maintenance observés

La ventilation mécanique

7 – Impact de l'encrassement des filtres d'air neuf

Explosion du filtre et destruction du moteur

Sur une installation, le filtre s'est tellement encrassé qu'il a explosé et est allé s'encaster dans le ventilateur dont il a grillé le moteur :



2 – Défaits de maintenance observés

La ventilation mécanique

8 – Des températures de soufflage trop élevées

Constat : les installations double flux, bien que déjà munies d'un échangeur réchauffant l'air, sont également munies d'une batterie de préchauffage qui envoie de l'air à 21, 22 ou même 23°C dans les bâtiments...

Est-ce bien utile? Probablement pas. Car, ce faisant :

- 1 – l'air neuf contribue à augmenter la température des locaux déjà trop chauds,
- 2 – on favorise alors la surconsommation d'énergie

Il vaudrait mieux arrêter ces batteries de préchauffage ou envoyer de l'air à une température ne dépassant pas 17°C. On pourrait ainsi récupérer tous les apports gratuits susceptibles, en cas contraire, de faire des surchauffes.

On aurait une économie d'énergie, on valoriserait les apports gratuits et on aurait plus de confort.

2 – Défauts de maintenance observés

La ventilation mécanique

9 – Déséquilibre de l'installation aéraulique

Ce défaut peut déjà exister au moment de la livraison (et dans ce cas c'est à l'entreprise d'exécution de faire le travail), mais il peut aussi apparaître au cours du temps, et dans ce cas c'est à l'entreprise de maintenance d'agir. Malheureusement on observe beaucoup d'installations mal équilibrées.

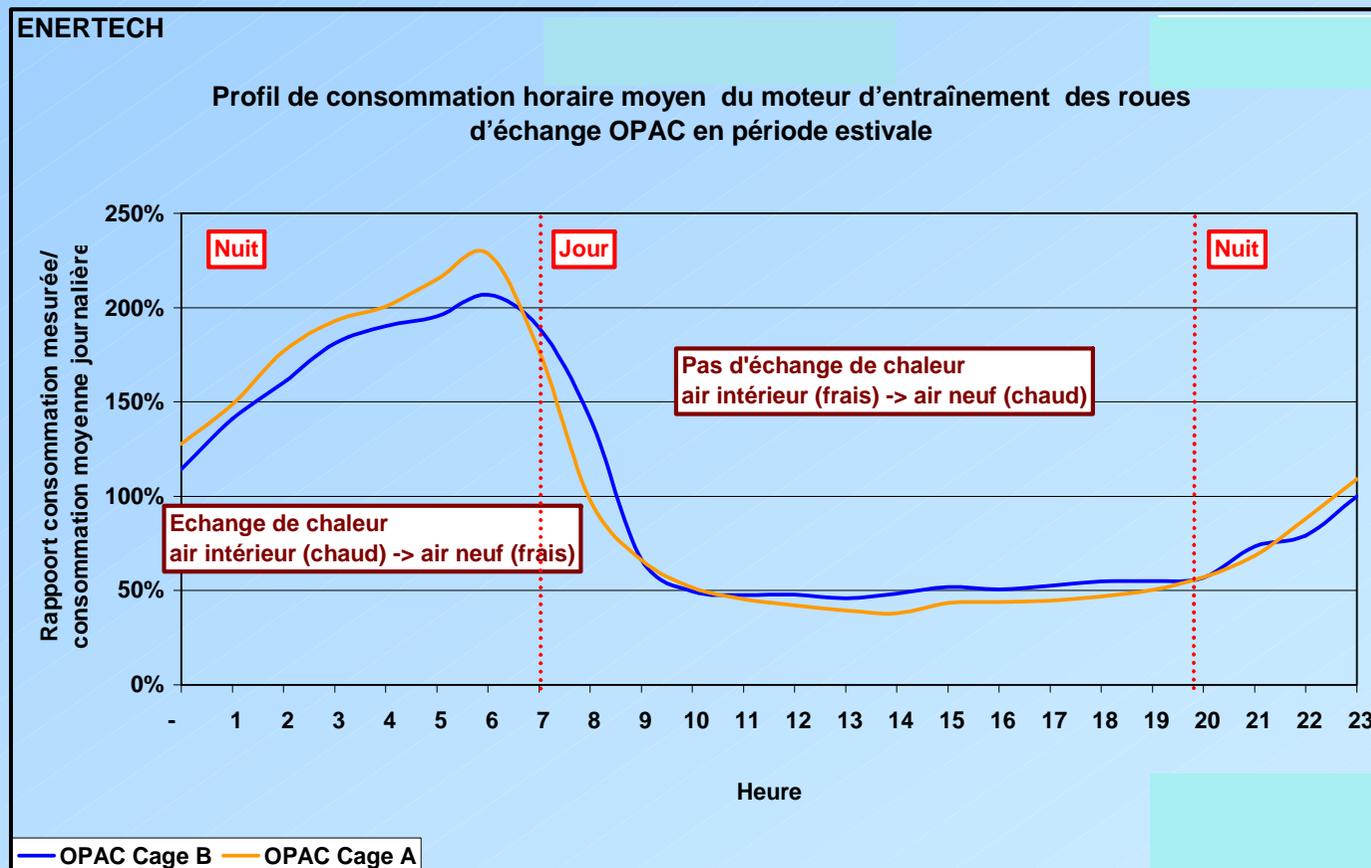
Les difficultés liées à ce travail ont été listées précédemment.

2 – Défaits de maintenance observés

La ventilation mécanique

10 – Défaut de pilotage des échangeurs à roue

Sur une installation, le filtre s'est tellement encrassé qu'il a explosé et allé s'encaster dans le ventilateur dont il a grillé le moteur :



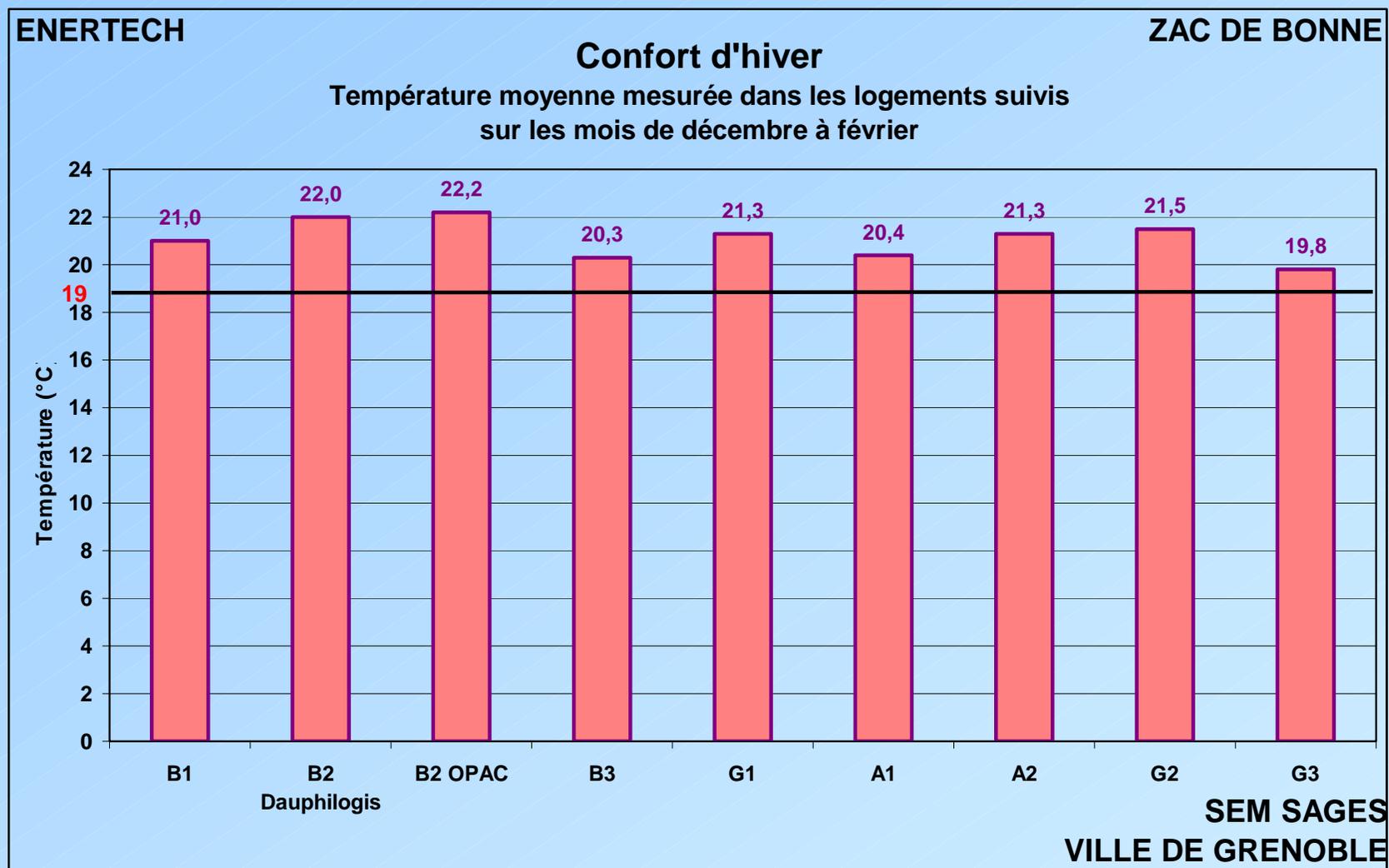
3 – Les défauts de maintenance et de pilotage observés

Le Chauffage

3 – Défauts de maintenance observés

Le chauffage

1 – Des températures intérieures trop élevées

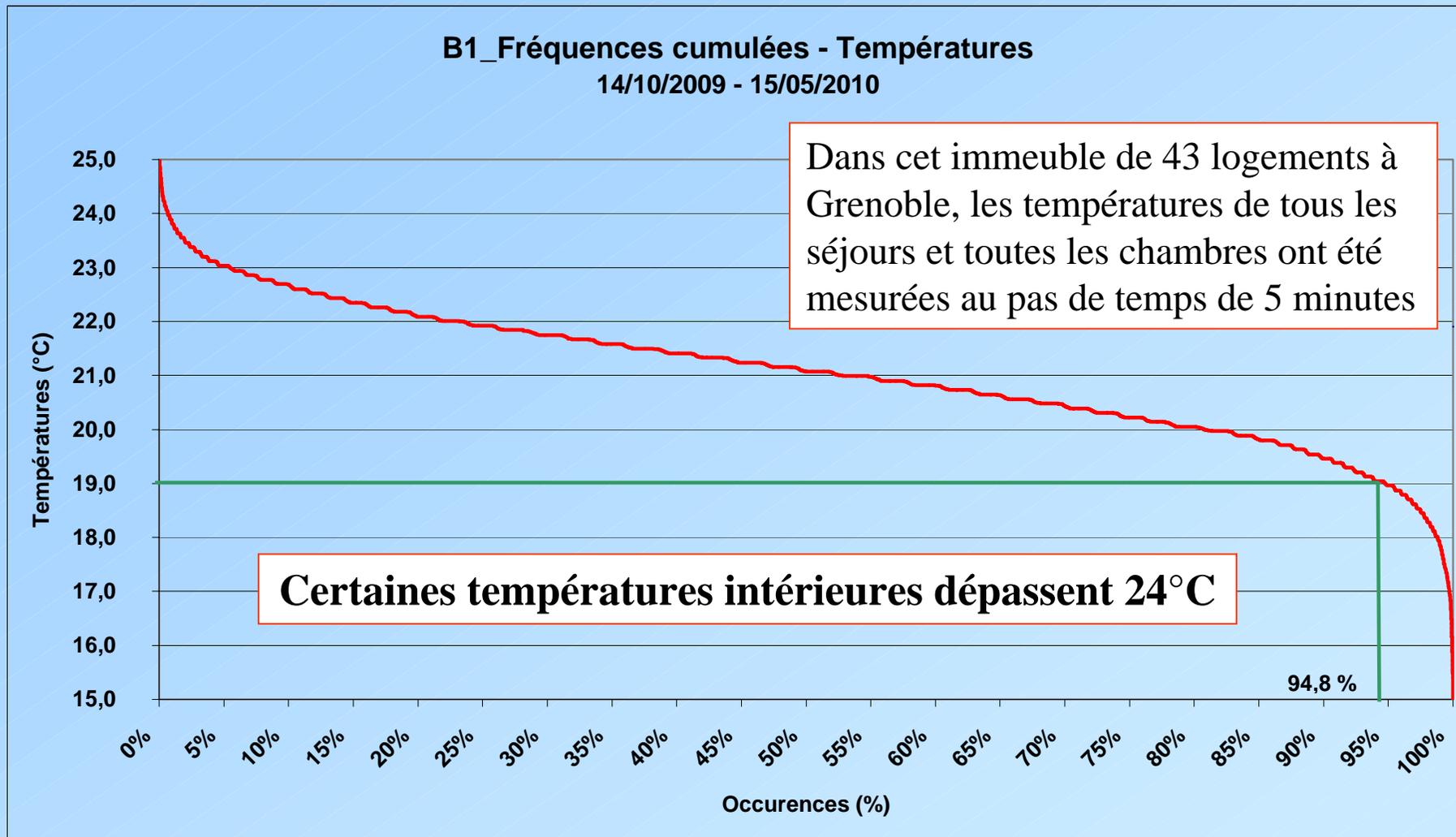


Des températures intérieures très élevées

3 – Défaits de maintenance observés

Le chauffage

1 – Des températures intérieures trop élevées



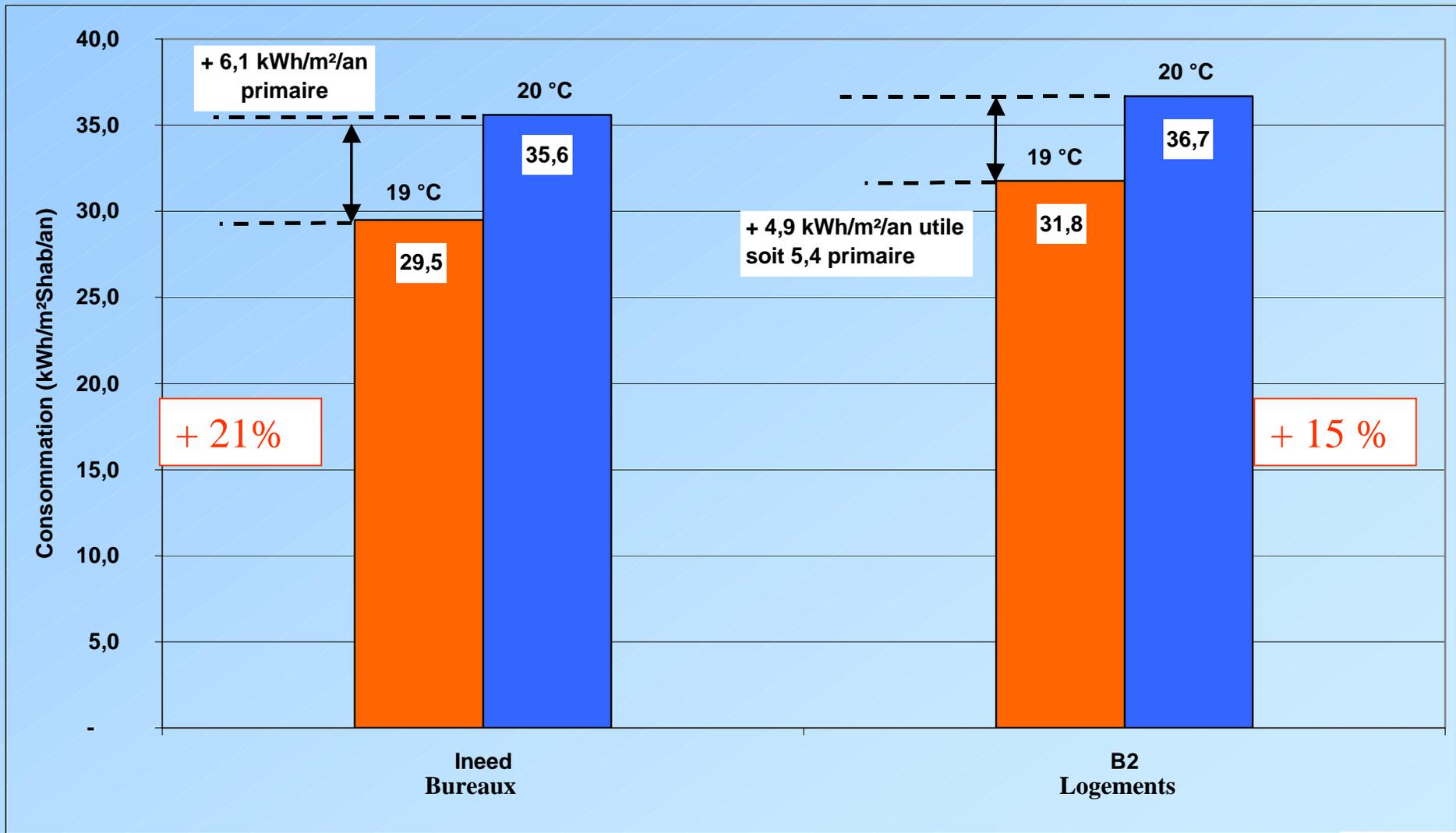
Pendant près de 95 % du temps la température du bâtiment a dépassé 19°C

3 – Défauts de maintenance observés

Le chauffage

1 – Des températures intérieures trop élevées
Impact d'un degré supplémentaire l'hiver

Evaluation de l'impact par simulation dynamique...



1°C de plus induit une surconsommation de 15 à 20% dans les bâtiments performants

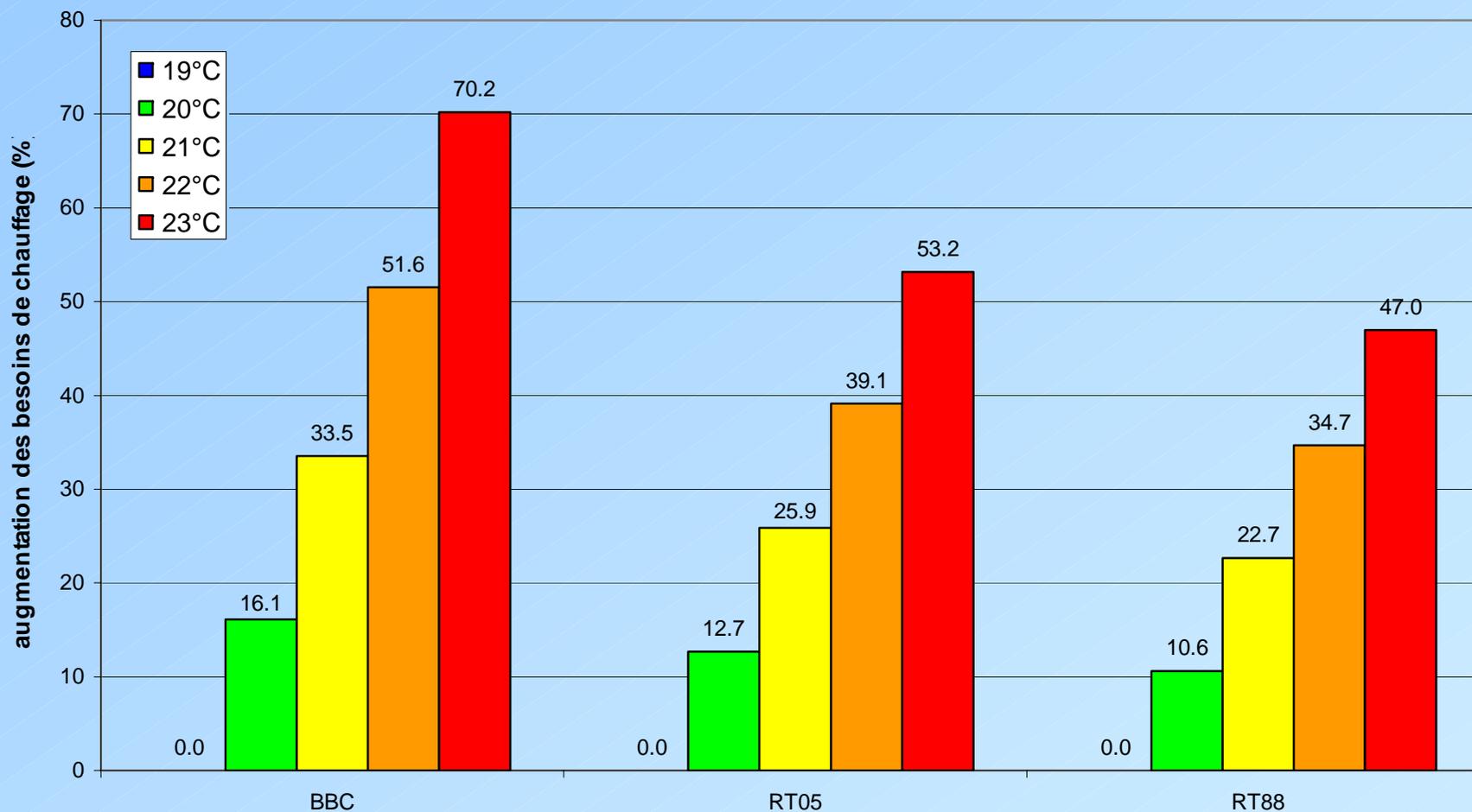
3 – Défaits de maintenance observés

Le chauffage

1 – Des températures intérieures trop élevées
Impact d'un degré supplémentaire l'hiver

Résultats obtenus par simulation dynamique

Evolution des besoins de chauffage avec la température de consigne



3 – Défauts de maintenance observés

Le chauffage

1 – Des températures
intérieures trop élevées
Rappel de la législation

NON : 1°C de plus ne conduit pas à une surconsommation de 7 % mais de **15 à 20 %** dans un bâtiment performant.

Faire des bâtiments performants c'est donc d'abord **faire respecter la loi** :



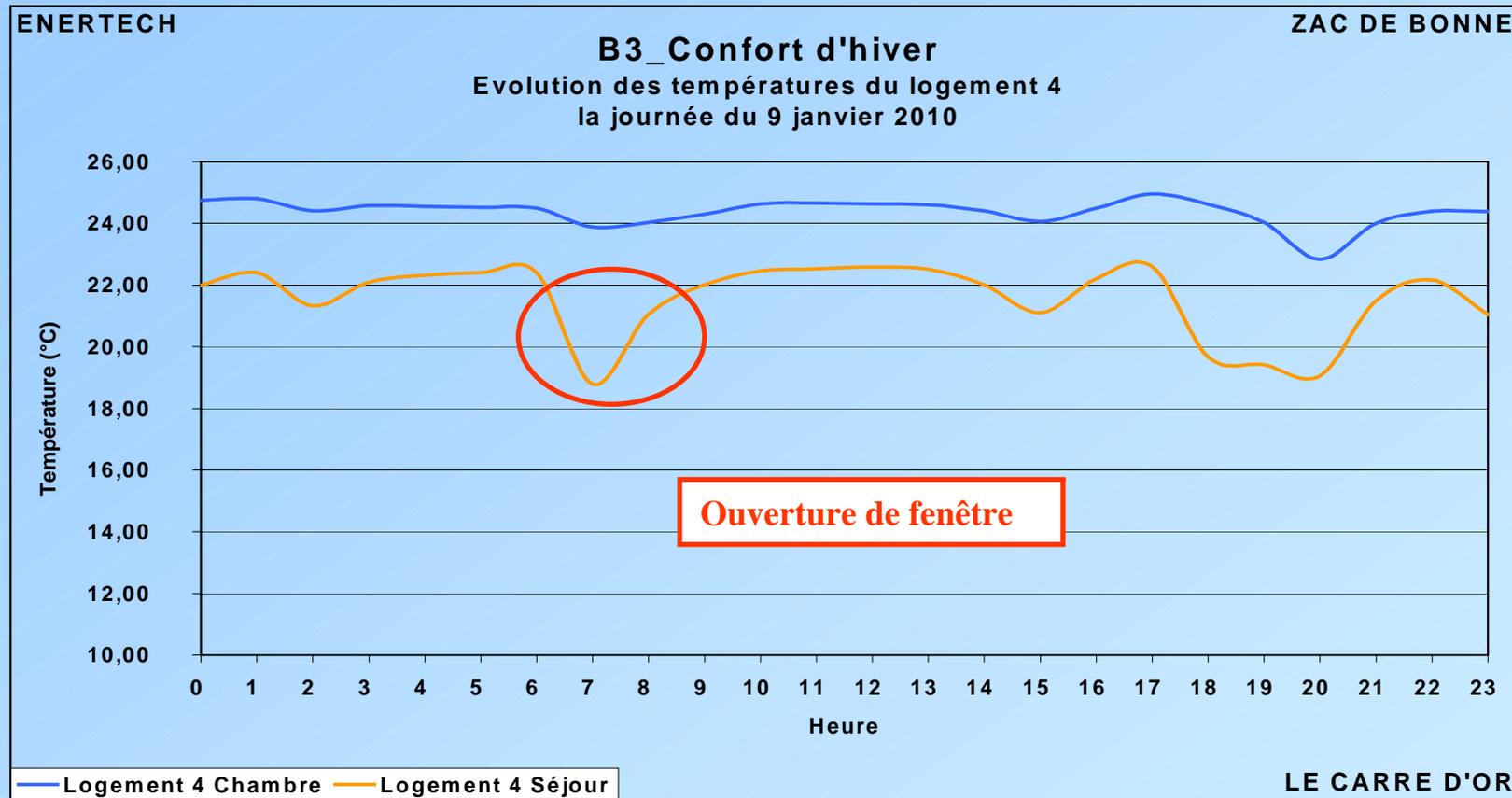
l'article R 131-20 du Code de la Construction précise que la température maximale ne doit pas dépasser 19°C dans les locaux d'habitation ou dans la plupart des locaux tertiaires....

Si cette température ne convient pas à la majorité des français, alors il faut demander au parlement de la changer....

3 – Défauts de maintenance observés

Le chauffage

1 – Des températures intérieures trop élevées
Régulation par ouverture des fenêtres



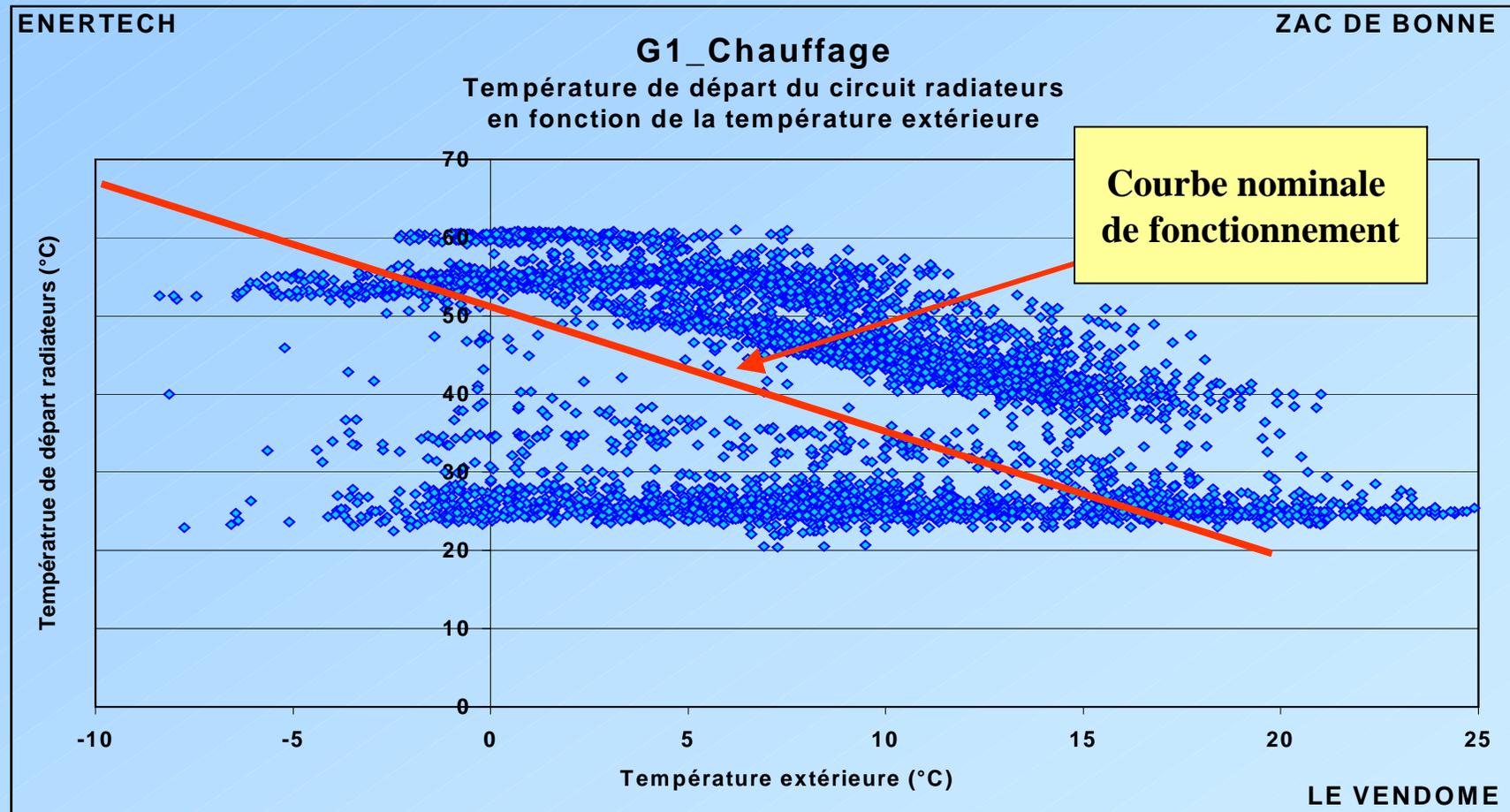
En offrant aux usagers un thermostat par pièce principale sans accepter de brider ce thermostat, on s'expose à des comportements irrationnels comme le non respect des températures réglementaires (surchauffes) compensé par ouverture des fenêtres

3 – Défaits de maintenance observés

Le chauffage

Ne prennent pas en compte les conditions réelles d'utilisation: apports et ensoleillement

2 – Loi d'eau mal réglée
trop élevée



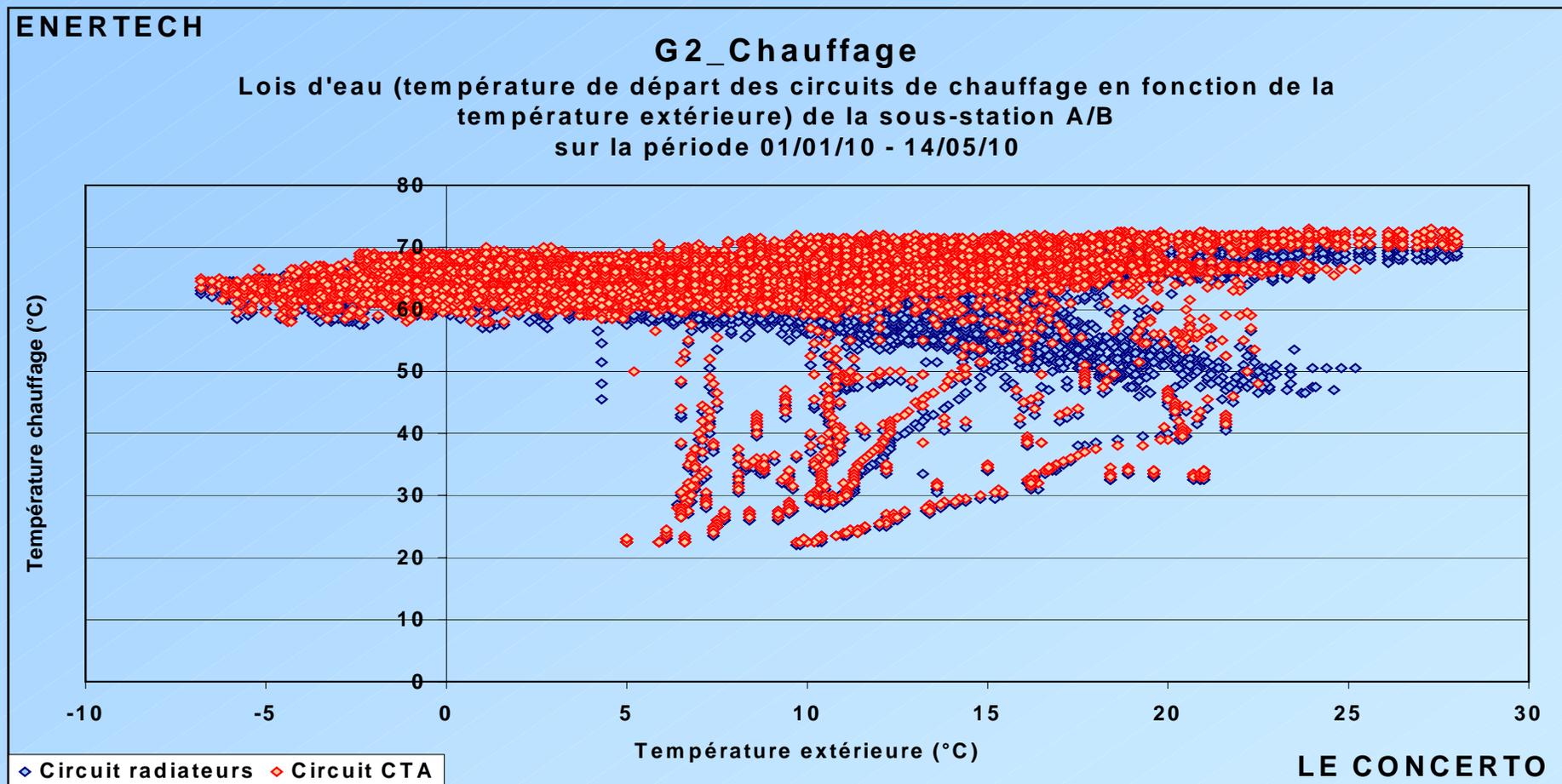
Permettent aux utilisateurs d'atteindre des températures intérieures élevées avec des risques de surchauffes et de surconsommation de chauffage

3 – Défaits de maintenance observés

Le chauffage

Températures de départ constantes
indépendantes de la température extérieure

2 – Loi d'eau mal réglée
inefficace



Permettent aux utilisateurs d'atteindre des températures intérieures élevées avec
des risques de surchauffes et de surconsommation de chauffage

3 – Défauts de maintenance observés

Le chauffage

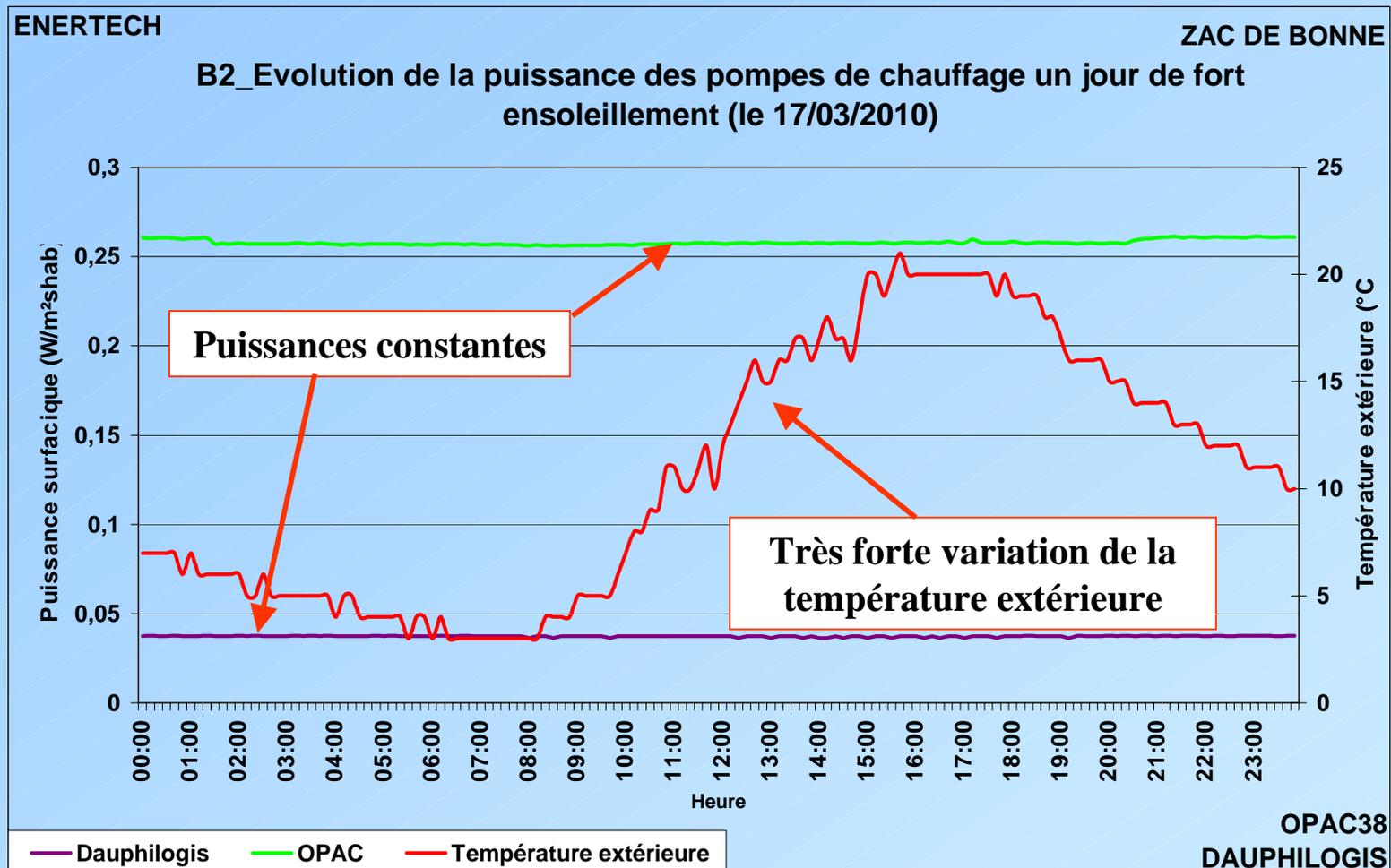
3 – Mauvaise équilibrage des installations hydrauliques

Ce défaut peut se présenter à la réception, mais c'est alors à la charge de l'entreprise ayant fait les travaux. En cours d'exploitation, il peut être nécessaire de reprendre cet équilibrage. C'est alors à la charge de l'entreprise de maintenance.

3 – Défaits de maintenance observés Le chauffage

Cas de pompes à débit variable inopérantes

4 – Variation de vitesse d'une pompe ou d'un ventilateur inopérante



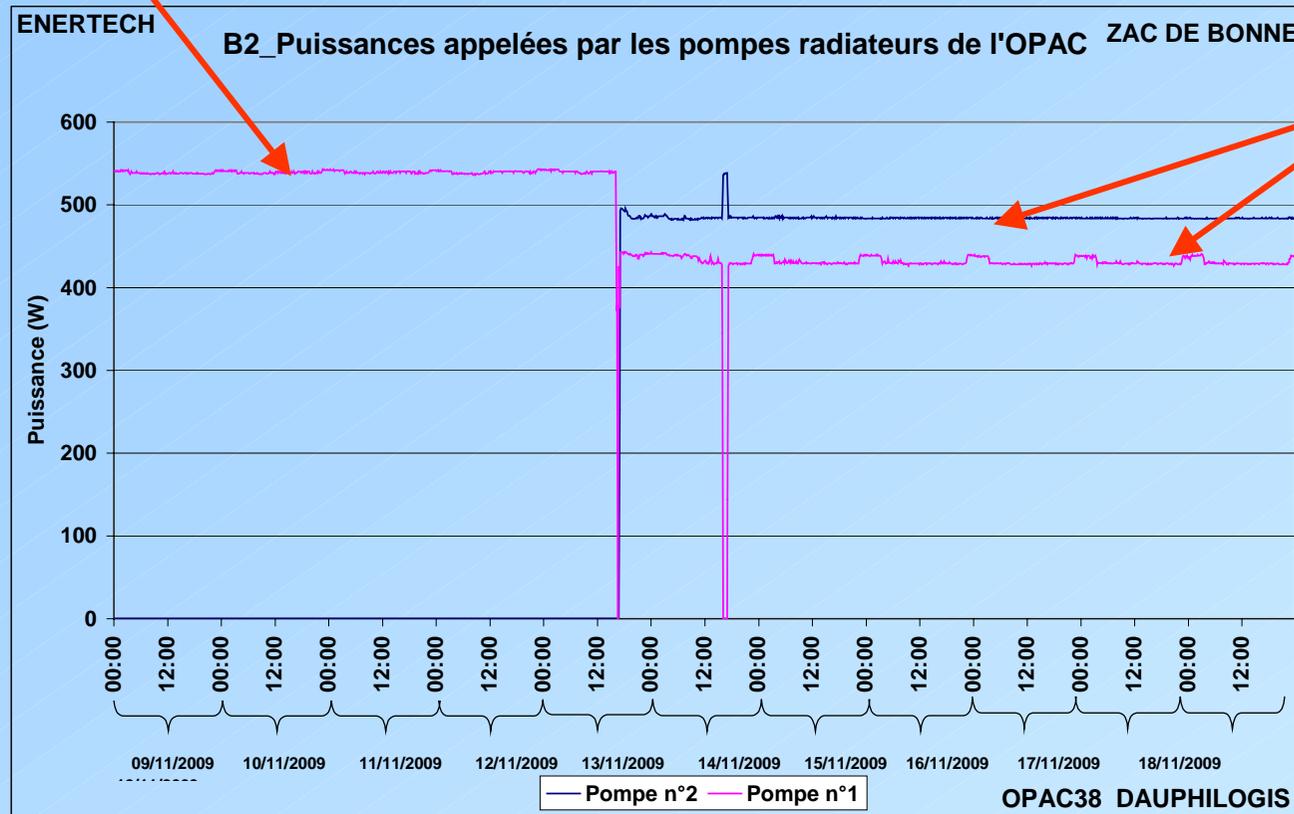
Ces deux pompes sont censées fonctionner à ΔP constant. La forte variation de la charge aurait dû modifier le débit. Il y a donc un élément de la chaîne qui ne fonctionne pas : thermostats calés au maximum, pompes mal réglées, etc.

3 – Défaits de maintenance observés Le chauffage

Fonctionnement 1
seule pompe

Exemple : Jardins de Bonne

5 – Pompes jumelées
fonctionnant ensemble



Fonctionnement
simultané des 2
pompes

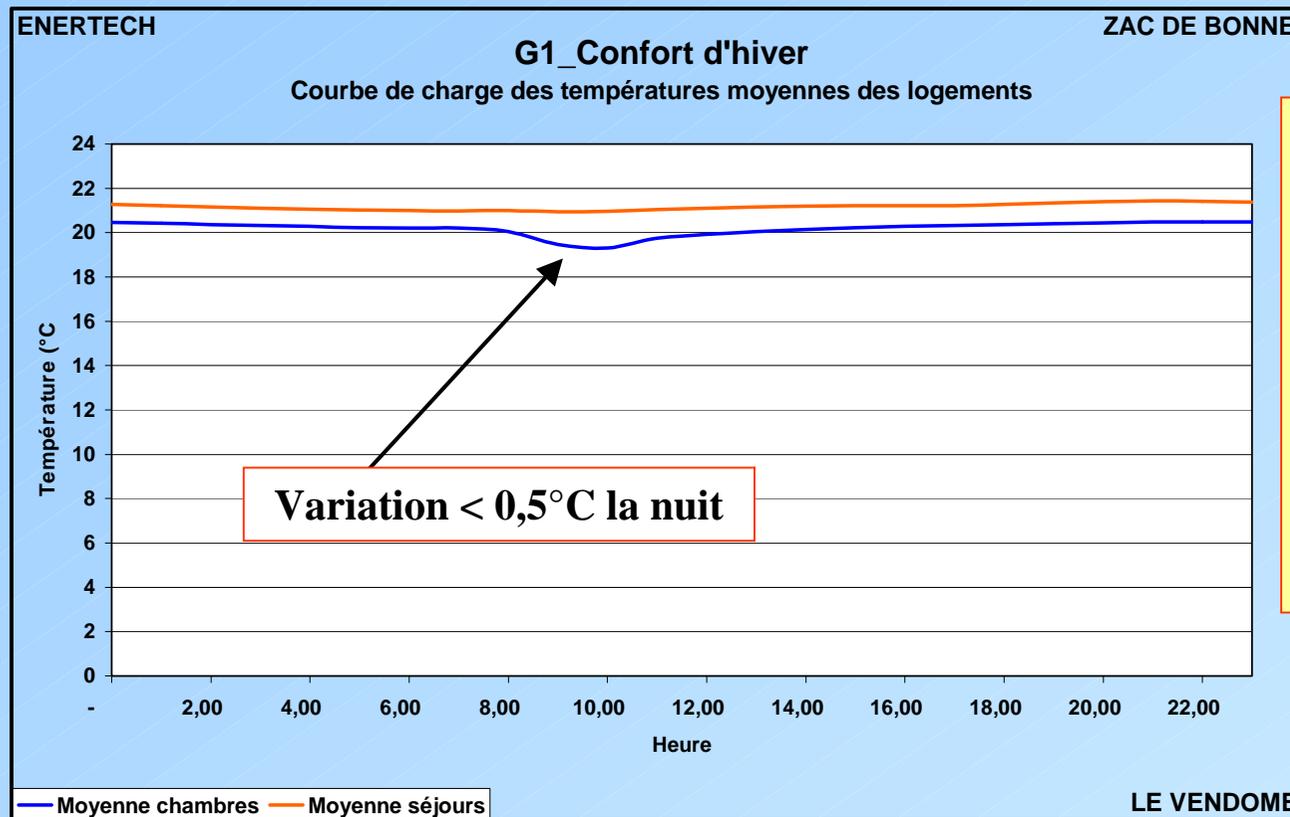
Dans un bâtiment déjà en surchauffe, quelle est la raison de ce fonctionnement simultané des deux pompes? Conséquence : surconsommation de 16% en chaufferie

3 – Défaits de maintenance observés

Le chauffage

6 – Faut-il encore un ralenti de nuit?

Evolution de la température intérieure avec un ralenti de nuit



Intérêts du ralenti de nuit :

1-Avoir moins chaud pour mieux dormir

2- Faire des économies d'énergie

Désormais, sans variation de température, tout ceci n'est plus possible

On observe que, suite à la très forte constante de temps des bâtiments BBC, la température ne peut plus varier vite, donc qu'il n'est plus possible d'abaisser significativement la température de nuit : il faut donc supprimer le ralenti de nuit

4 – Les défauts de maintenance et de pilotage observés

L'eau chaude sanitaire

4 – Défaits de maintenance observés

L'eau chaude sanitaire

1 – Des températures de stockage trop élevées

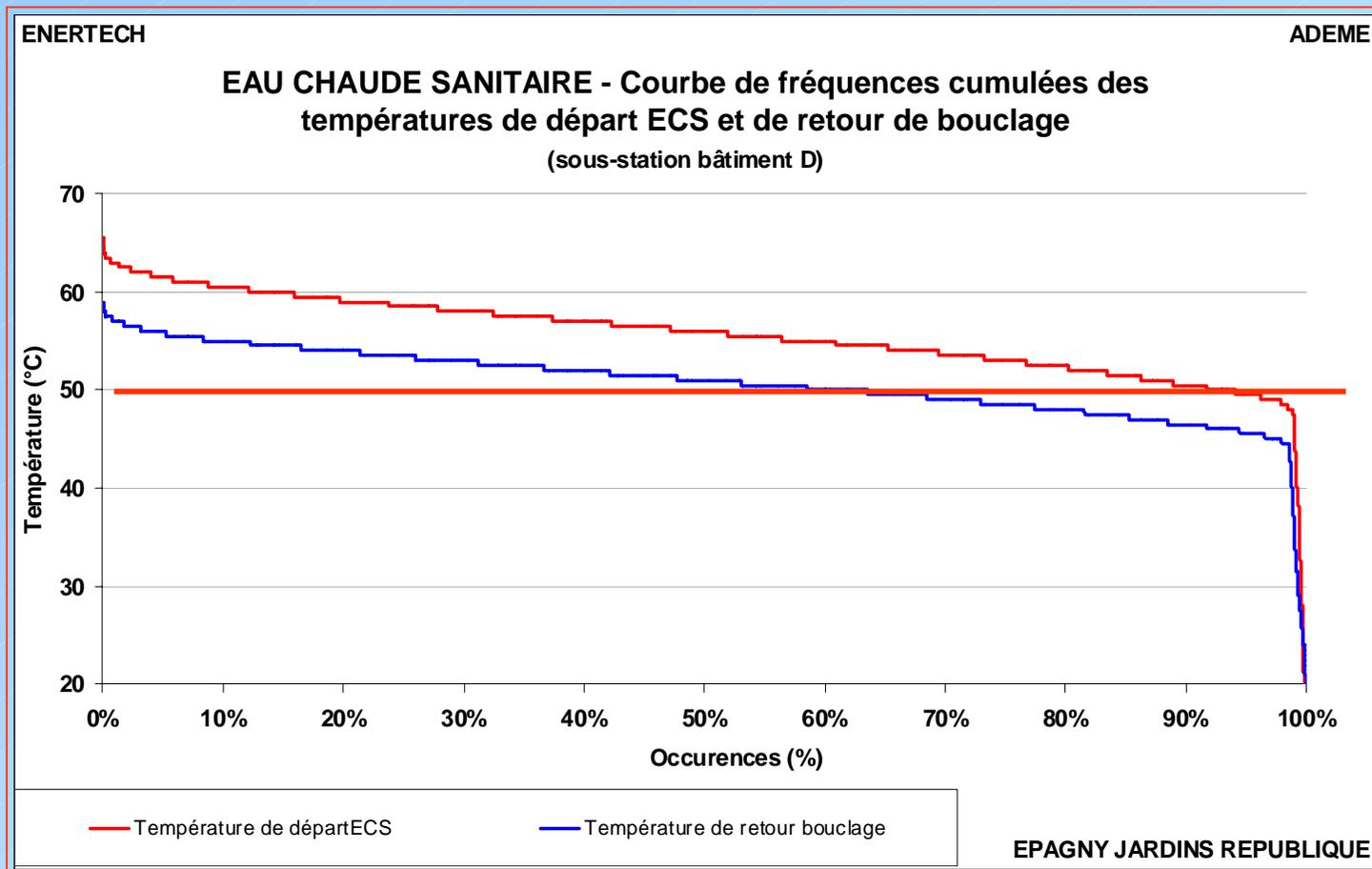
Le choix de la température des ballons de stockage ECS doit respecter plusieurs critères :

- 1 – Assurer un « stock » d'énergie suffisant compte tenu de la puissance du préparateur,**
- 2 – Etre compatible avec la température minimum de distribution (50°C) à tout instant,**
- 3 – Etre compatible avec la réglementation anti-légionellose et assurer la destruction de la bactérie,**
- 4 – Ne pas être trop élevée pour ne pas générer trop de pertes**

La valeur de 60°C semble être un bon compromis

4 – Défaits de maintenance observés L'eau chaude sanitaire

2 – Des températures de départ trop élevées



La température de départ boucle d'eau chaude sanitaire doit être strictement compatible avec la législation sur la légionelle (supérieure ou égale à 50°C). Au-delà on augmente singulièrement les pertes pour rien.

4 – Défaits de maintenance observés L'eau chaude sanitaire

3 – *Des débits de circulateurs trop importants*

La consommation d'une pompe, d'un circulateur (ou même d'un ventilateur) croît, dans un réseau donné, avec le cube du débit....

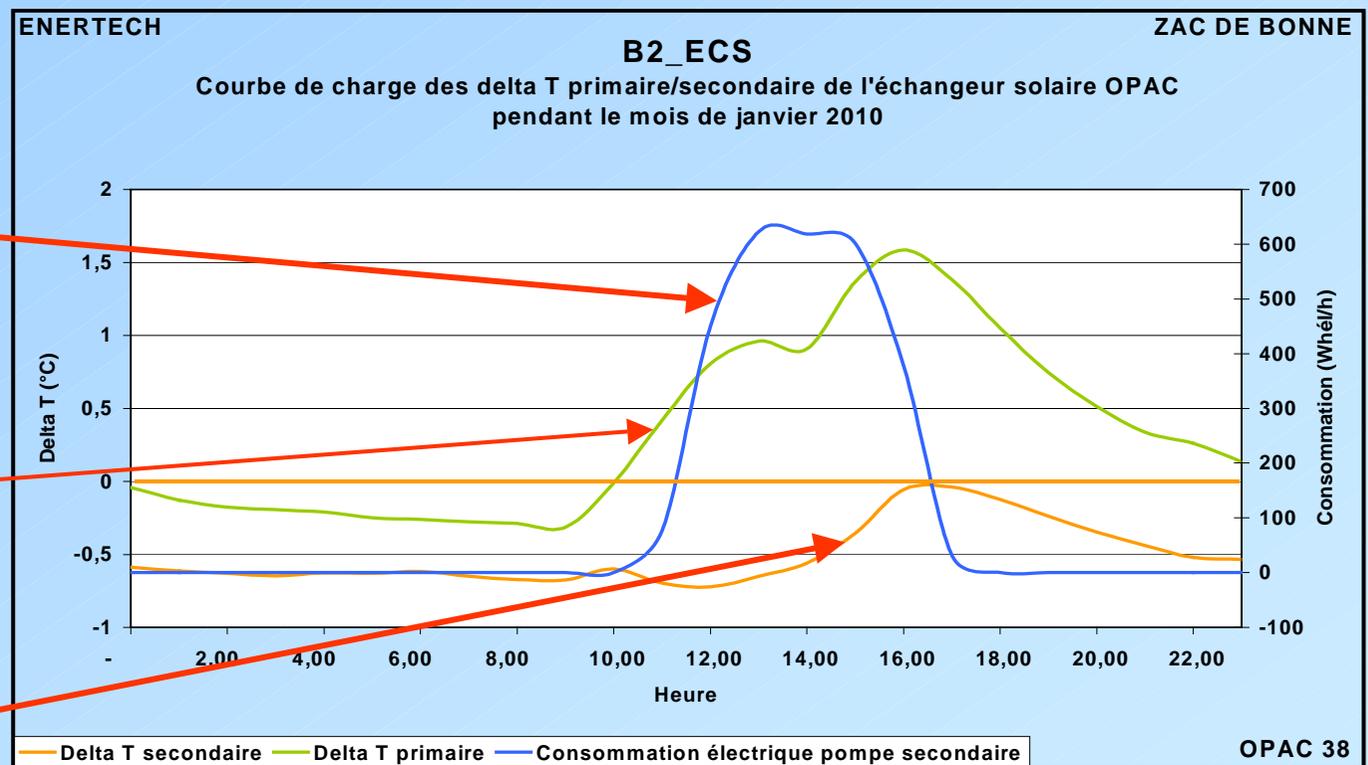
En conséquence, la minimisation des consommations d'électricité en chaufferie passe par la minimisation du débit des pompes et circulateurs. Trop souvent ces pompes sont en position de débit maximum. C'est une fausse sécurité, car les performances ne dépendent qu'assez peu du débit des pompes mais plutôt de la température des fluides.

4 – Défaits de maintenance observés L'eau chaude sanitaire

4 – Absence de production solaire

Bâtiment B2 (OPAC 38) : Aucune production
d'énergie solaire!

- Pompe secondaire en fonctionnement mais avec une différence de température **anormalement faible** au primaire
- Pas de différence de température au secondaire



• Le ballon solaire est en réalité bypassé et déjà complètement chargé...

4 – Défaits de maintenance observés L'eau chaude sanitaire



A plusieurs reprises nous avons observé des ruptures dans le service des sels d'adoucisseur, avec pour conséquence un encrassement souvent très rapide de l'échangeur/préparateur d'ECS.

Le suivi de l'approvisionnement des sels d'adoucisseur fait partie des prestations que doit assurer la maintenance pour un service de qualité

5 – Absence de renouvellement des sels adoucisseurs



4 – Défaits de maintenance observés L'eau chaude sanitaire

6 – *Proposer des limiteurs de débit autorégulés s'il n'y en a pas*



Limiteur de débit autorégulé et calibré



Les douchettes à économie d'eau ou les limiteurs de débit autorégulés et calibrés sont des organes très bon marché et qui se posent facilement. L'entreprise de maintenance peut les proposer à son client afin de lui faire réduire sa consommation d'eau (chaude et froide)



Douchette à turbulence

5 – Les défauts de maintenance et de pilotage observés
Les installations de climatisation

5 – Défauts de maintenance observés

Les installation de climatisation

***1 – Des températures
ambiantes beaucoup trop
basses***

Depuis le 19 Mars 2007 il existe, comme pour le chauffage une limite réglementaire à la température ambiante de climatisation : celle-ci n'a pas le droit d'être inférieure à 26°C.

C'est l'article R 131-29 du Code de la Construction et de l'Habitation

C'est la LOI

5 – Défaits de maintenance observés

Les installations de climatisation

Cas de pompes à débit variable inopérantes

***2 – Fonctionnement
simultané d'une climatisation
...et du chauffage***

Sur l'une des opérations de la ZAC de la Confluence, on a constaté cet été le fonctionnement simultané de la climatisation et d'un autre système de chauffage (par pompe à chaleur).

C'est interdit par la loi. Les entreprises de maintenance doivent apporter à leurs pratiques toute la qualité et la rigueur requises pour ce type d'opérations. Car l'image de marque créée par cette situation confuse est catastrophique.

6 – Les défauts de maintenance et de pilotage observés

Les services généraux

6 – Défaits de maintenance observés

Les services généraux

1 – Utilisation inappropriée de LBC et puissances installées surabondantes

Les LBC ont beaucoup de qualités, mais certains constructeurs ont choisi, sur certains modèles, de dégrader fortement le nombre d'allumages supporté par les ampoules.

Il s'ensuit que, sans plus de précisions, il ne faut jamais placer dans des circulations des LBC qui ne seraient garanties pour un nombre d'allumages infini, ou très élevé (500.000).

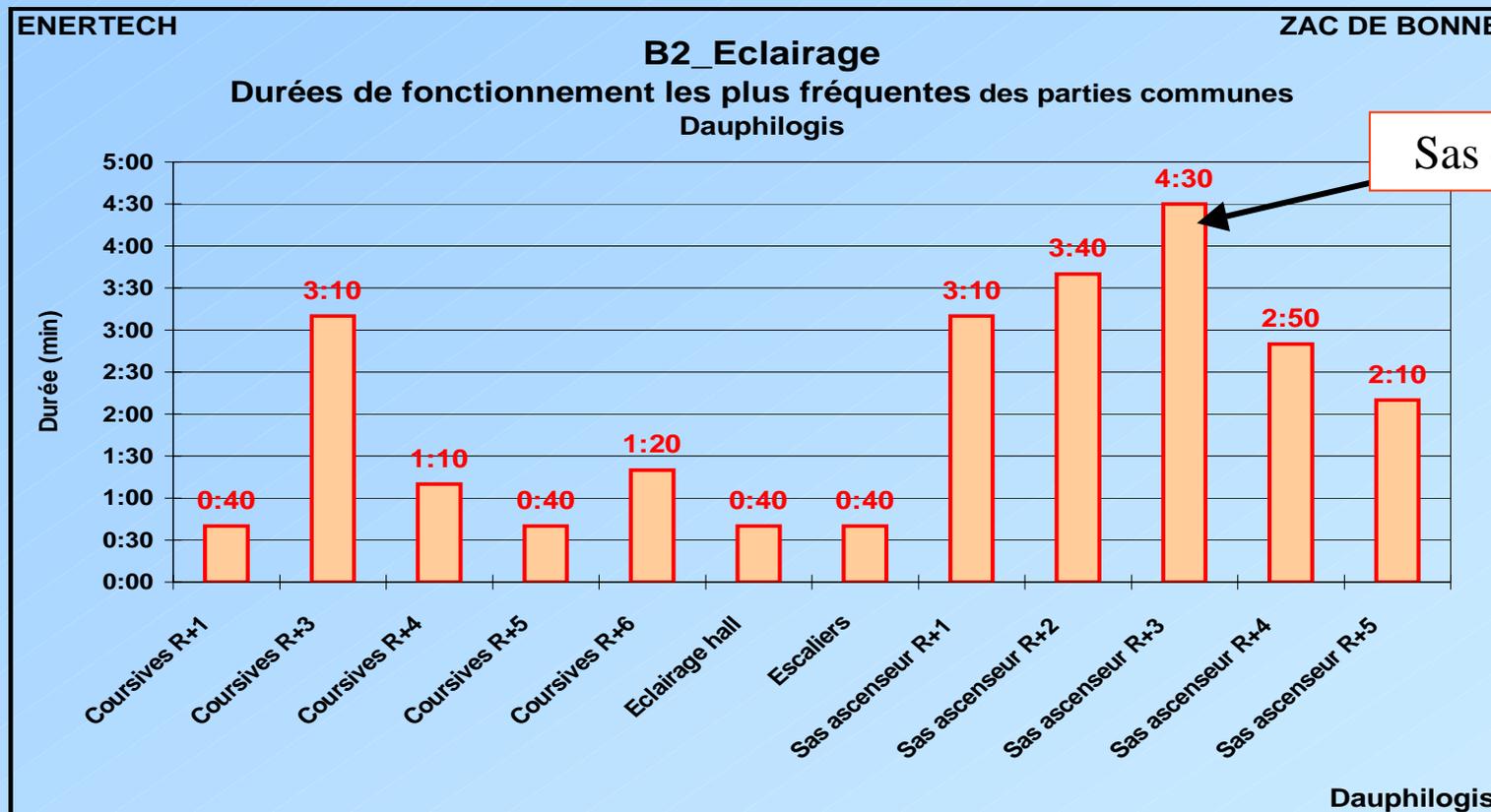
Dans une opération BBC, 37 des 41 ampoules (soit 90%) étaient grillées après 4 mois d'utilisation.

Enfin, il est inutile et surconsommateur de mettre en place des puissances électriques trop élevées.

6 – Défaits de maintenance observés Les services généraux

La temporisation de sortie du champ de détection est une sécurité de fonctionnement pour l'éclairage. Elle devrait donc être de quelques secondes....

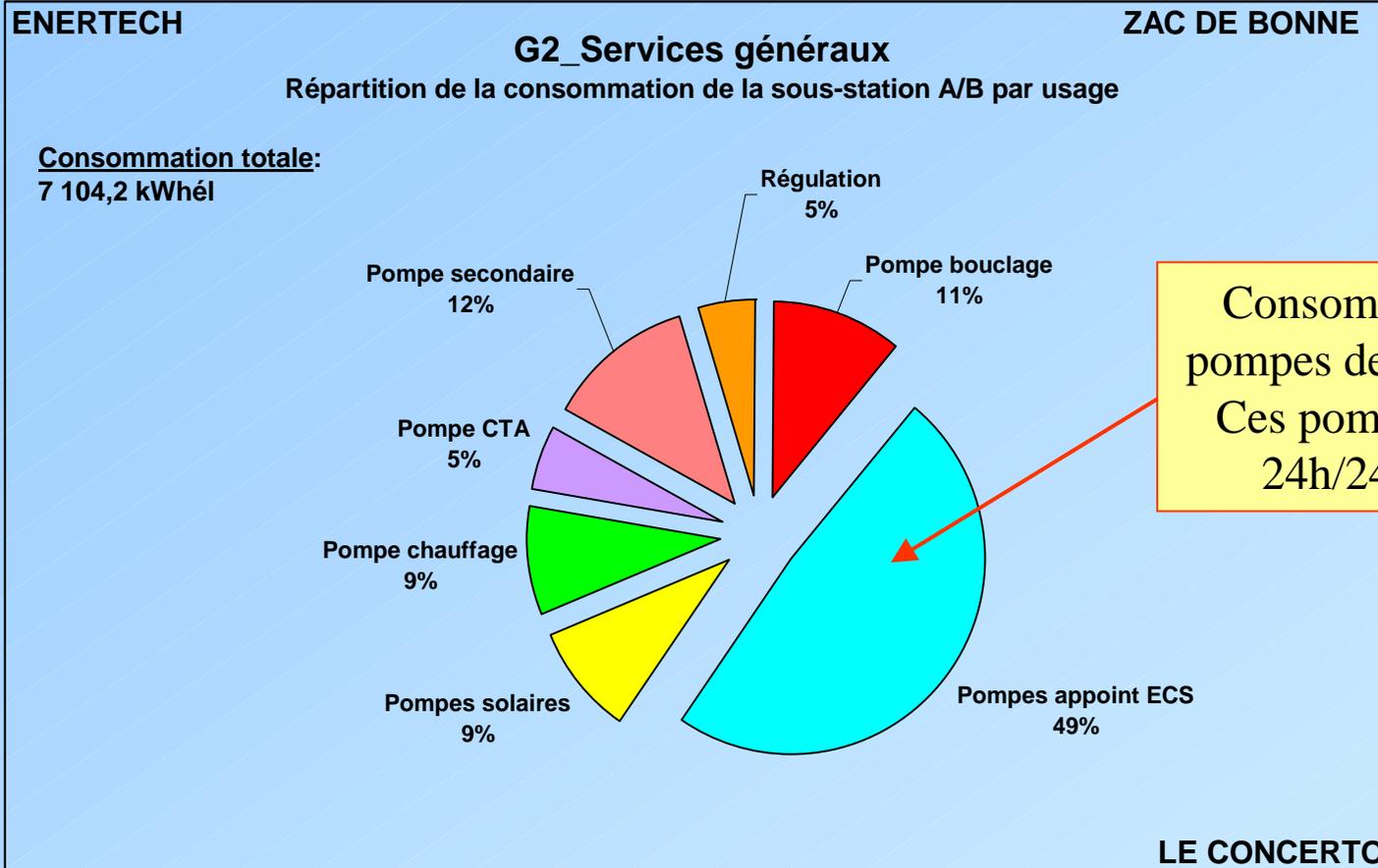
2 – Absence de réglage des temporisations des détecteurs de présence



Les détecteurs ne sont généralement pas réglés du tout. Un détecteur avec une temporisation de 2 ou 3 minutes est pire qu'une minuterie....

6 – Défaits de maintenance observés Les services généraux

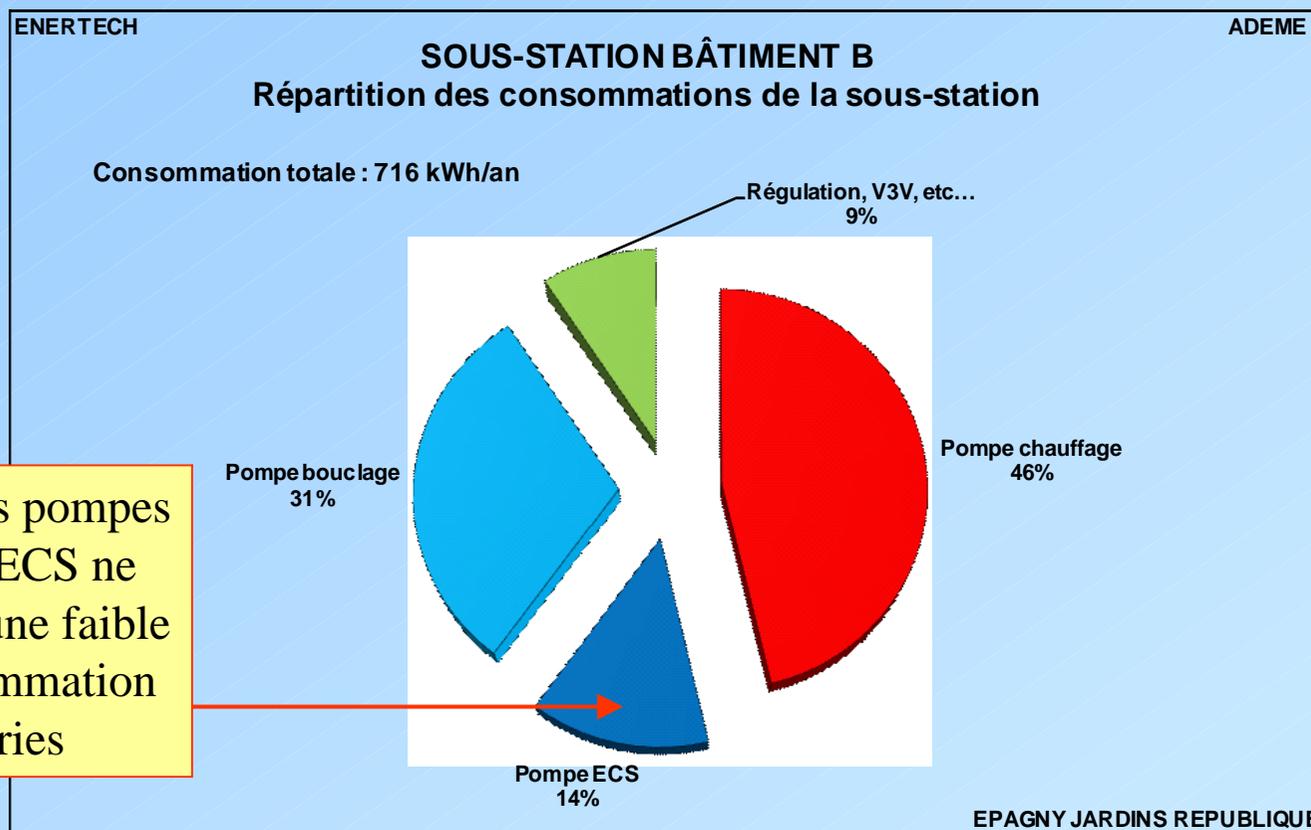
3 – Pompes de production
ECS en fonctionnement
permanent



Les pompes de préparation ECS ne doivent pas fonctionner en permanence : c'est inutile et coûteux. C'est pourtant courant.

6 – Défaits de maintenance observés Les services généraux

3 – Pompes de production ECS en fonctionnement permanent



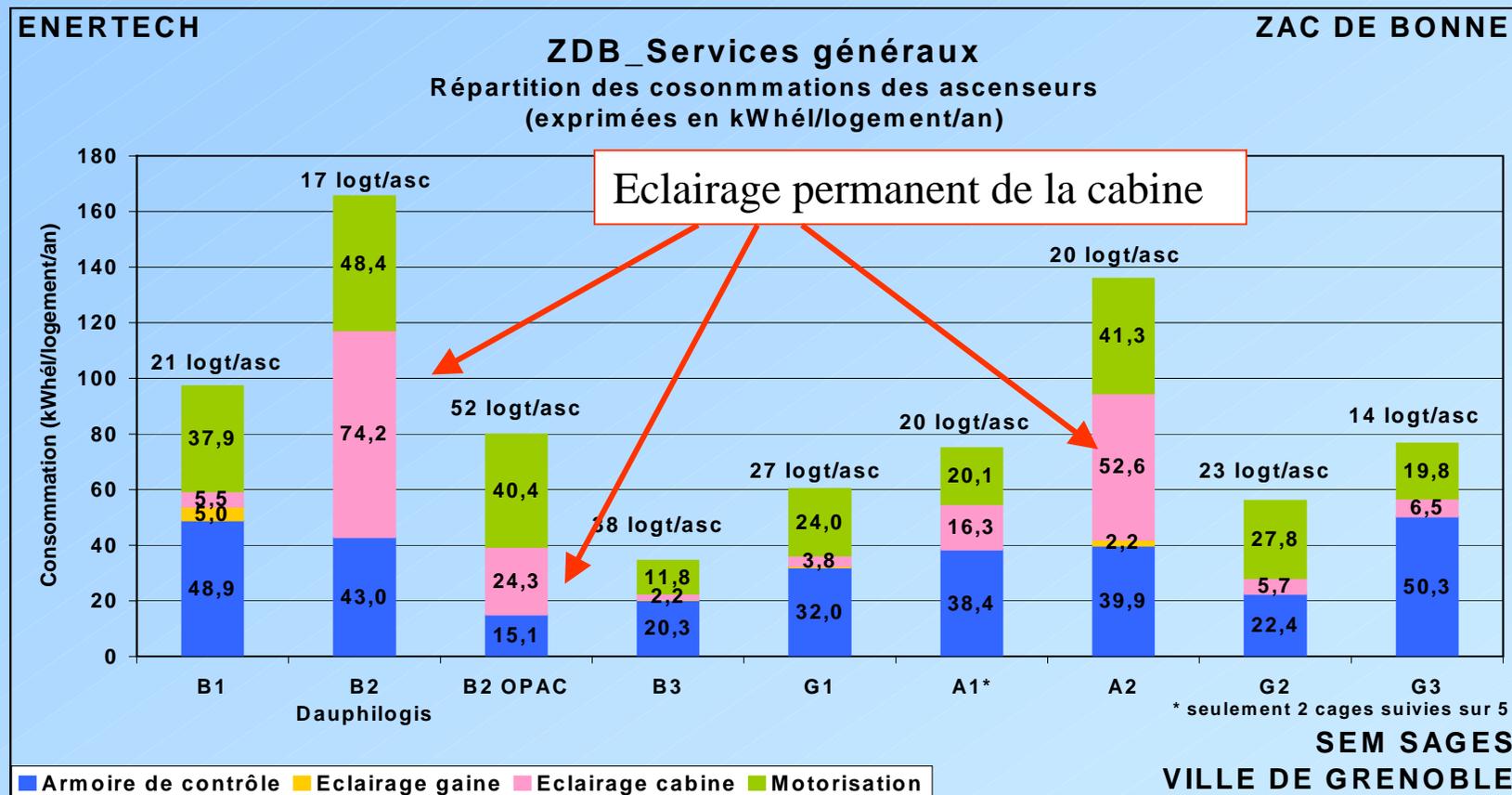
Bien asservies les pompes de préparation ECS ne représentent qu'une faible part de la consommation des chaufferies

Bien asservies, les pompes de préparation ECS peuvent tourner seulement 1700 h/an au lieu de 8760. Leur part dans la consommation des services généraux devient alors très faible. Cet asservissement devrait toujours être mis en œuvre par la maintenance.

6 – Défaits de maintenance observés Les services généraux

4 – Fonctionnement permanent de l'éclairage d'une cabine d'ascenseur

Attention : les consommations fixes avantagent les ascenseurs desservant beaucoup de logements

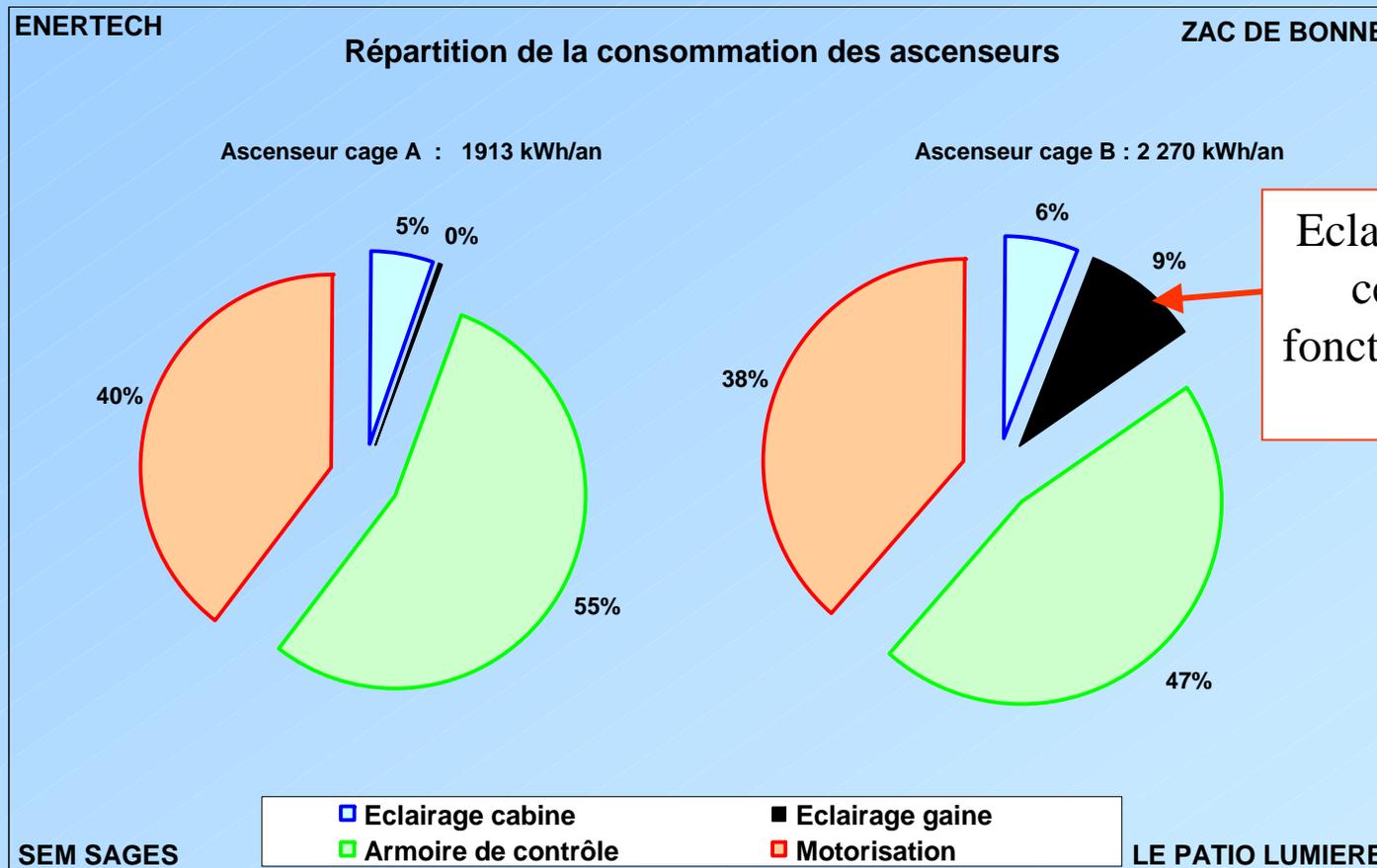


L'éclairage permanent de la cabine peut représenter 43% de la consommation totale.
Rappelons que l'arrêt de cet éclairage est autorisé par l'art. 8.17.3 de la directive EN 81-1

6 – Défaits de maintenance observés Les services généraux

L'éclairage de la gaine d'ascenseur ne sert en principe que pour l'entretien. En principe seulement....

5 – Fonctionnement permanent de l'éclairage d'une gaine d'ascenseur



Eclairage de la gaine :
cet éclairage n'a
fonctionné que **13 jours**
(650 W)

Lors de l'instrumentation Zac de Bonne à Grenoble, **40 %** des gaines d'ascenseur étaient éclairées inutilement au moment de notre intervention....

7 – Les défauts de maintenance et de pilotage observés

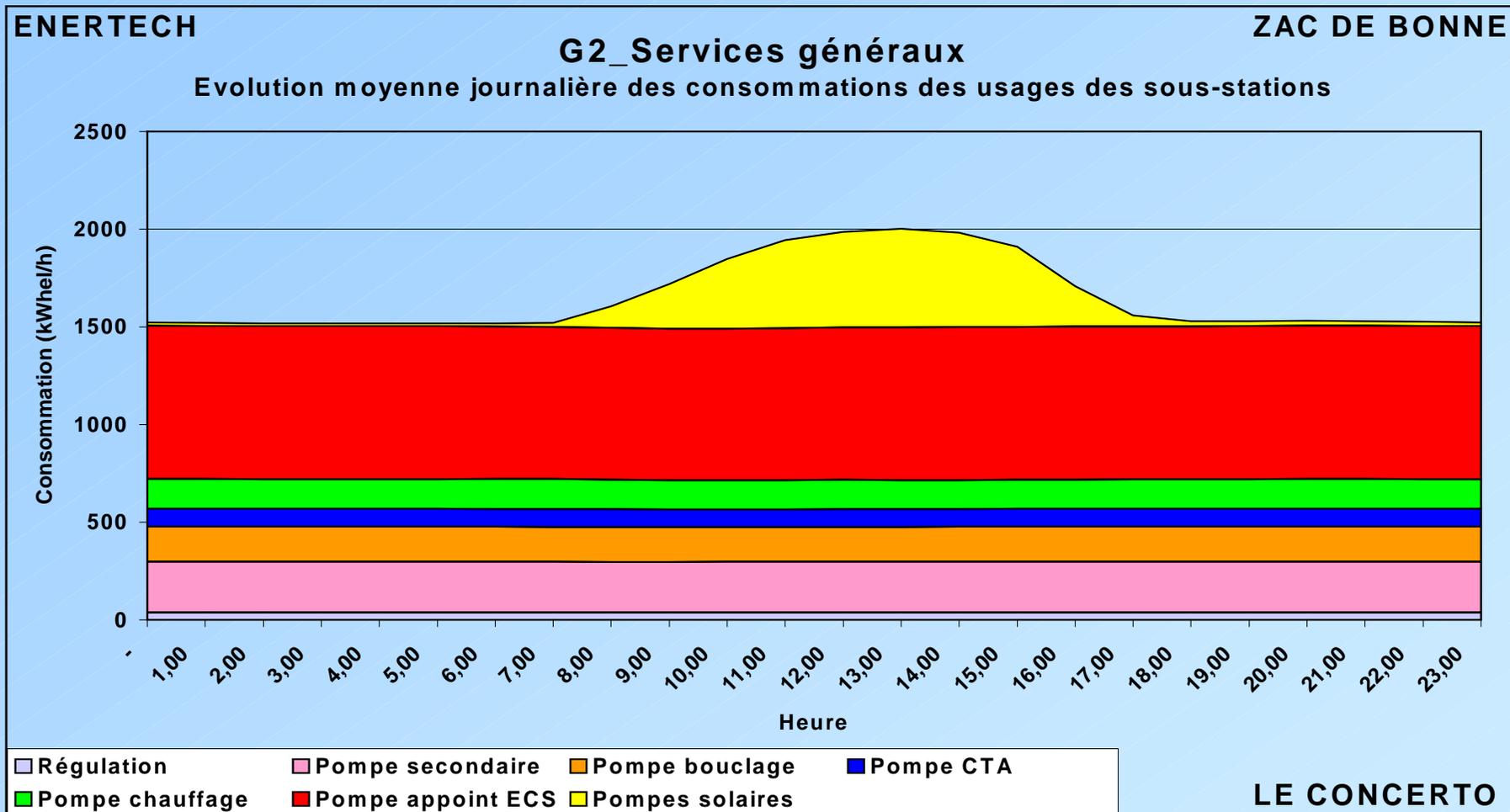
Le pilotage des installations

7 – Défaits de maintenance observés

Le pilotage des installations

1 – Des pompes non asservies aux besoins

Toutes les pompes tournent sans discontinuer

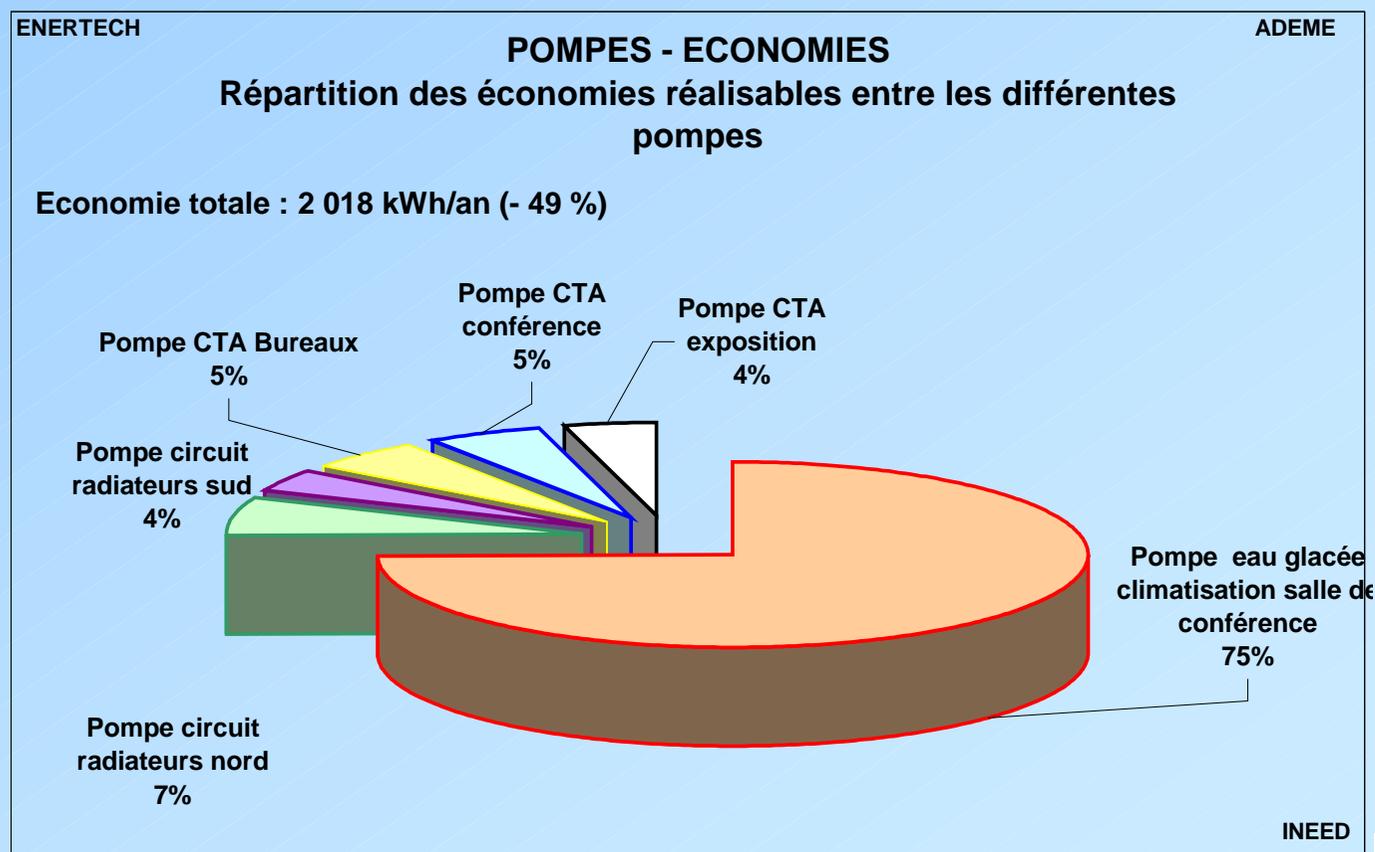


7 – Défauts de maintenance observés Le pilotage des installations

Economies réalisables : **49%**
simplement en ne faisant fonctionner les
équipements que lorsque c'est nécessaire!

1 – Des pompes non
asservies aux besoins
Evaluation des économies

Soit une consommation
résiduelle de **0,8 kWh_{el}/m²_{utile}/an**

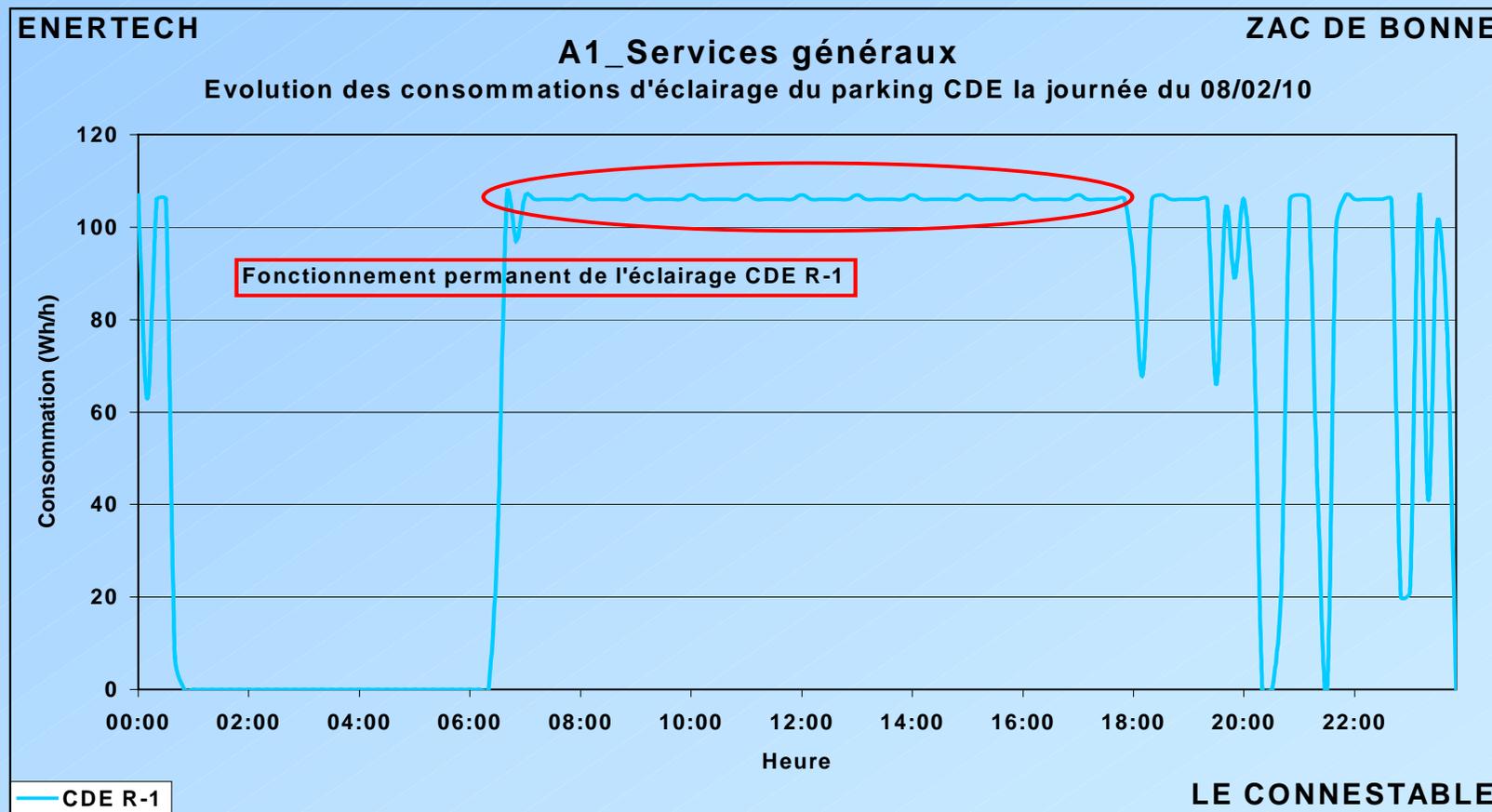


INeed

7 – Défaits de maintenance observés Le pilotage des installations

2 – Circuits d'éclairage :
en fonctionnement permanent

Exemple d'un circuit d'éclairage fonctionnant
plusieurs heures d'affilées

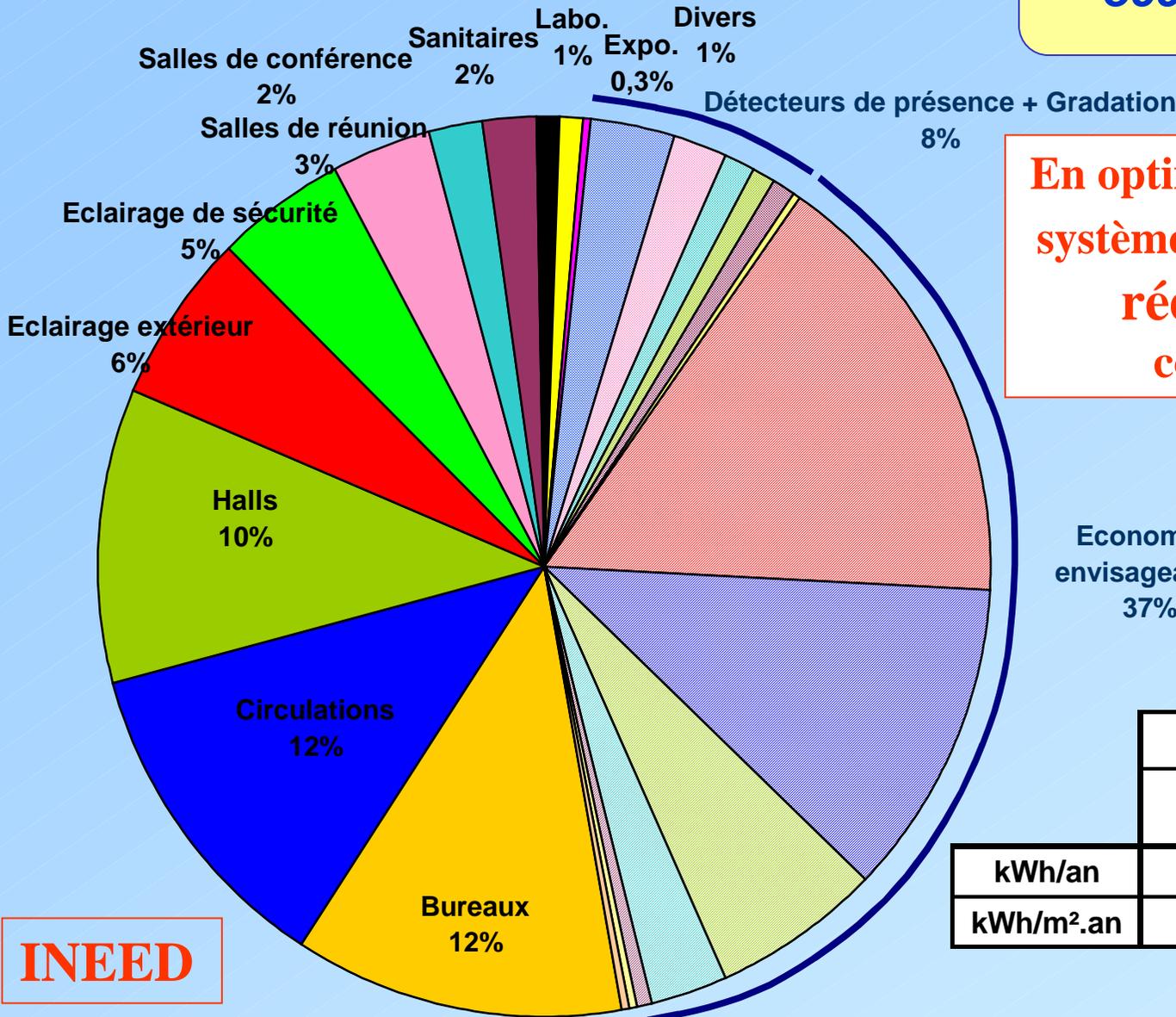


Des consommations d'éclairage de parking pouvant atteindre 30% de la
consommation totale d'éclairage

7 – Défaits de maintenance observés

Le pilotage des installations

**3 – Circuits d'éclairage :
Fonctionnement hors
occupation ou mal réglés**



**En optimisant mieux le pilotage des
systèmes d'éclairage on pourrait
réduire de 37,5 % leur
consommation actuelle**

**Soit une
consommation
résiduelle de 3,9
kWh_{el}/m²_{utile}/an**

Economies envisageables
37%

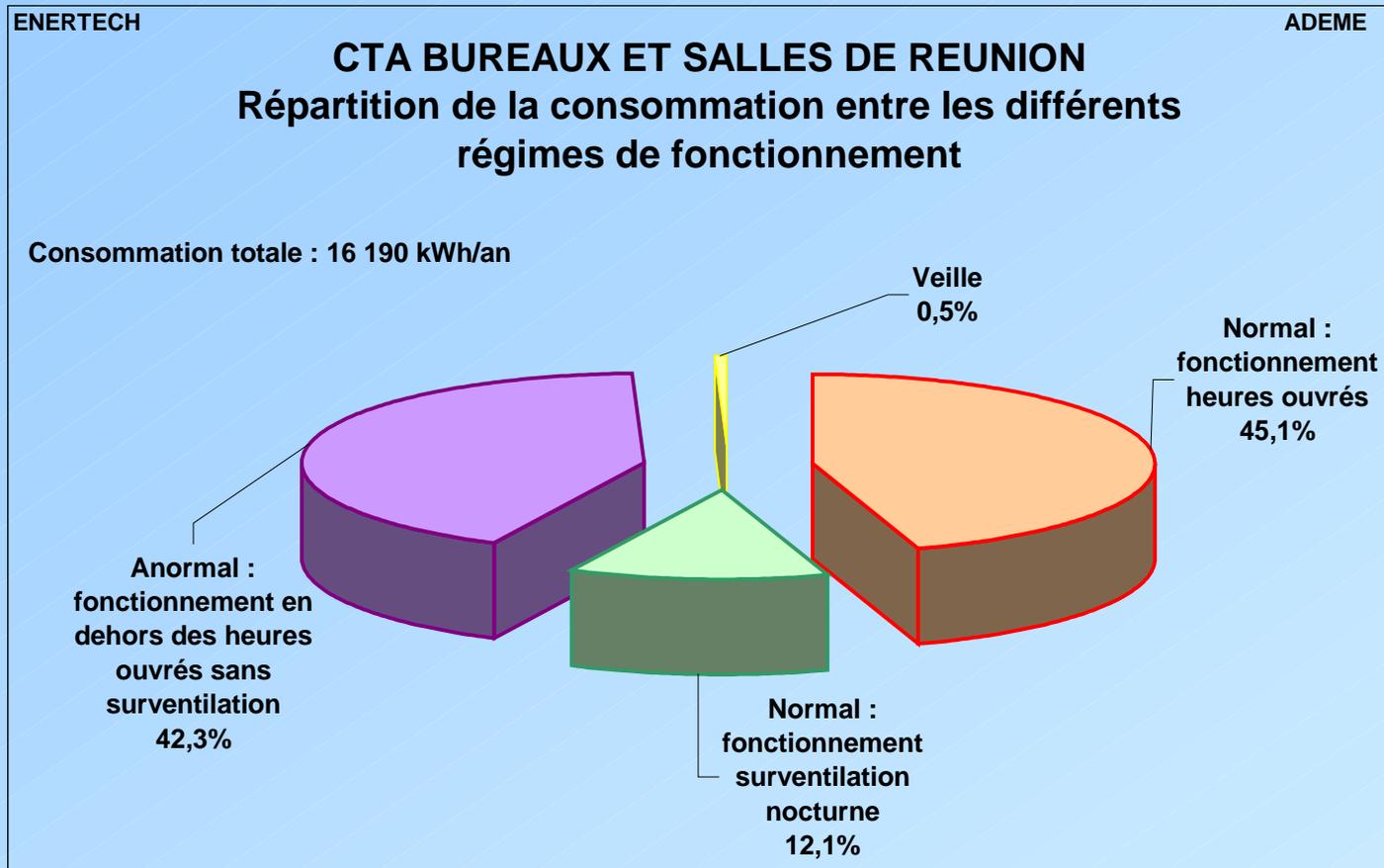
	CONSOMMATION		
	Actuelle	Après économies	dont veille
kWh/an	16 310	10 195	1300
kWh/m ² .an	6,2	3,9	0,5

INEED

7 – Défaits de maintenance observés Le pilotage des installations

Ventilation bureaux : $7,7 \text{ kWh}_{el}/\text{m}^2_{\text{utile}}/\text{an}$
dont 42,3 % de fonctionnement anormal !!

4 – Fonctionnement de la ventilation hors occupation



INEED

A la réception, tout fonctionnait de manière nominale. Deux ans après, la VMC fonctionne 24h/24, le puits canadien est parcouru en hiver la nuit (!), mais pas le jour, et en été de 6 à 14h (!). Ceci occasionne des surconsommations d'électricité mais aussi de chauffage!

7 – Défaits de maintenance observés

Le pilotage des installations

Economies réalisables : **43 %**
simplement en ne faisant fonctionner les
équipements que lorsque c'est nécessaire!

4 – Fonctionnement de la
ventilation hors occupation
Evaluation des économies

Soit une consommation
résiduelle de **4,1 kWh_{el}/m²_{utile}/an**

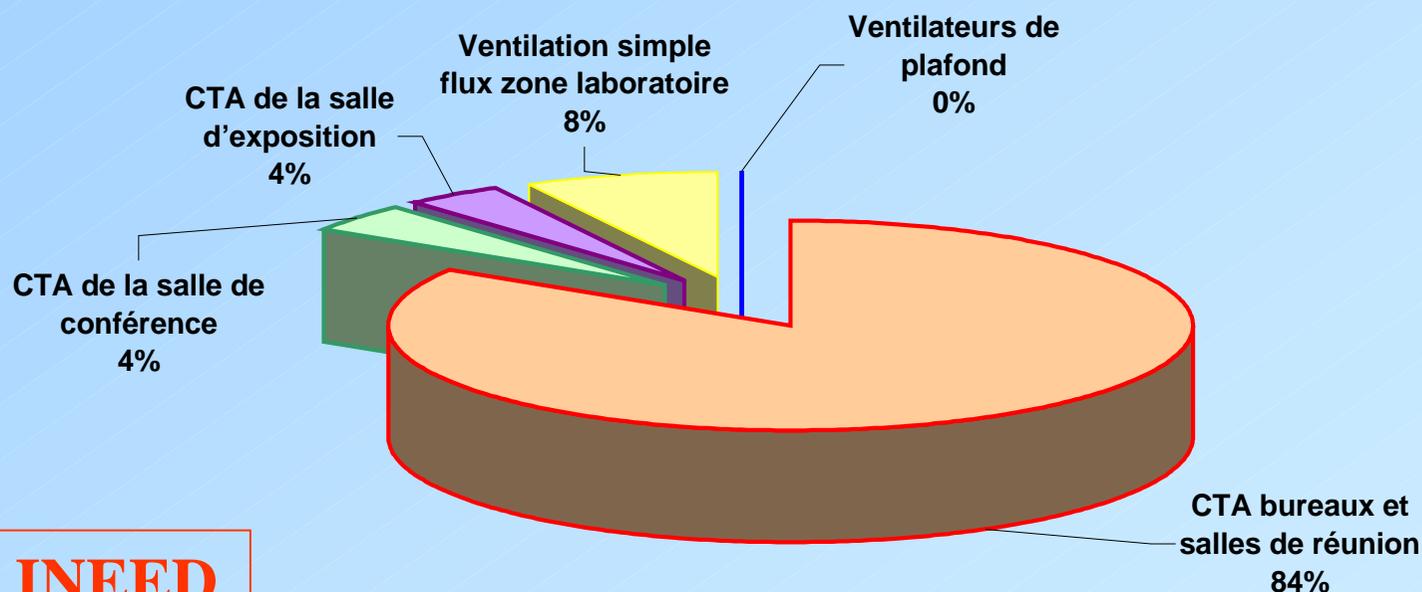
ENERTECH

ADEME

VENTILATION- ECONOMIES

Répartition des économies réalisables entre les différents
systèmes de ventilation

Economie totale : 8 162 kWh/an (-43 %)



INEED

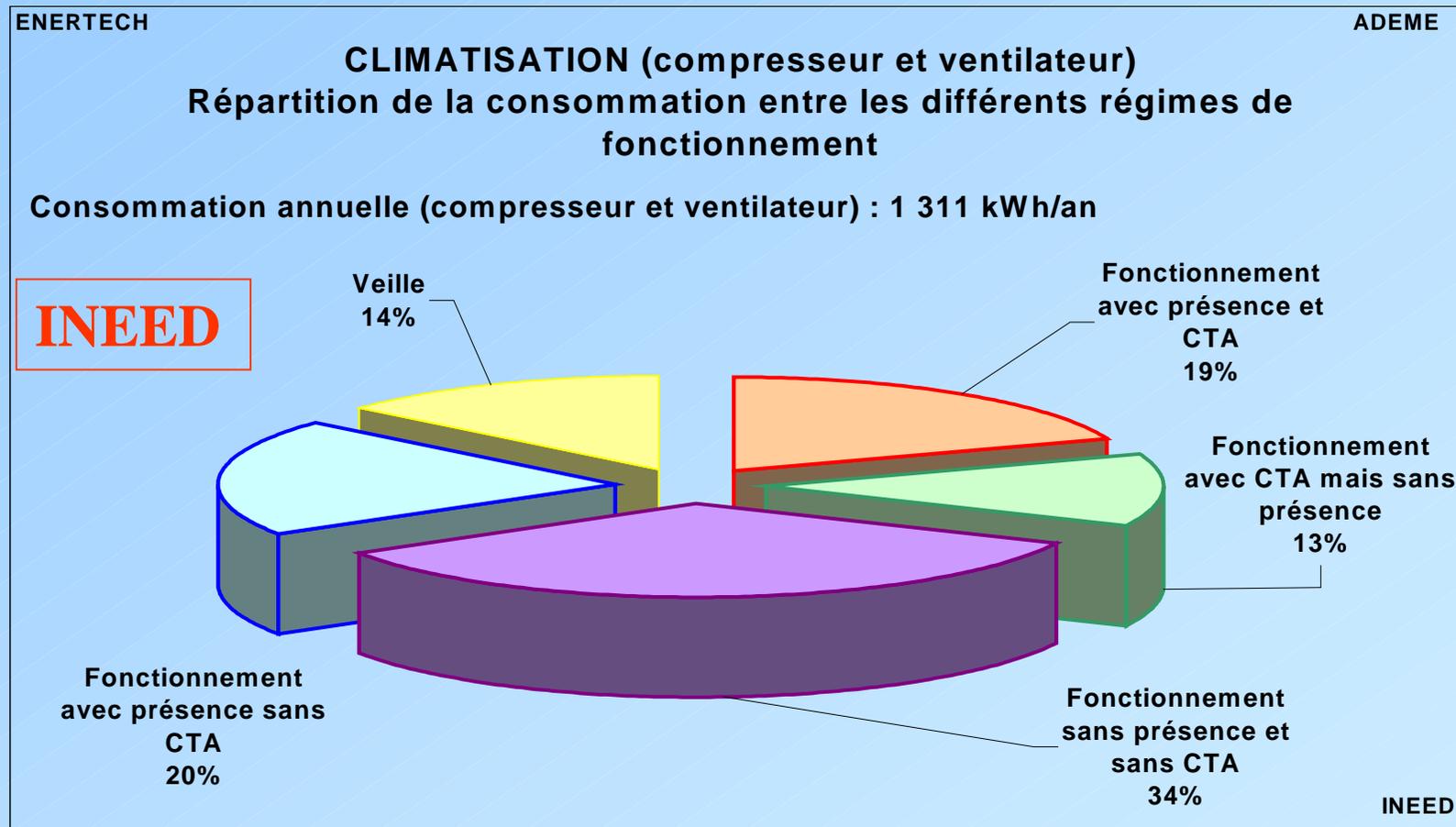
INEED

7 – Défaits de maintenance observés

Le pilotage des installations

Beaucoup d'incohérences dans le fonctionnement....

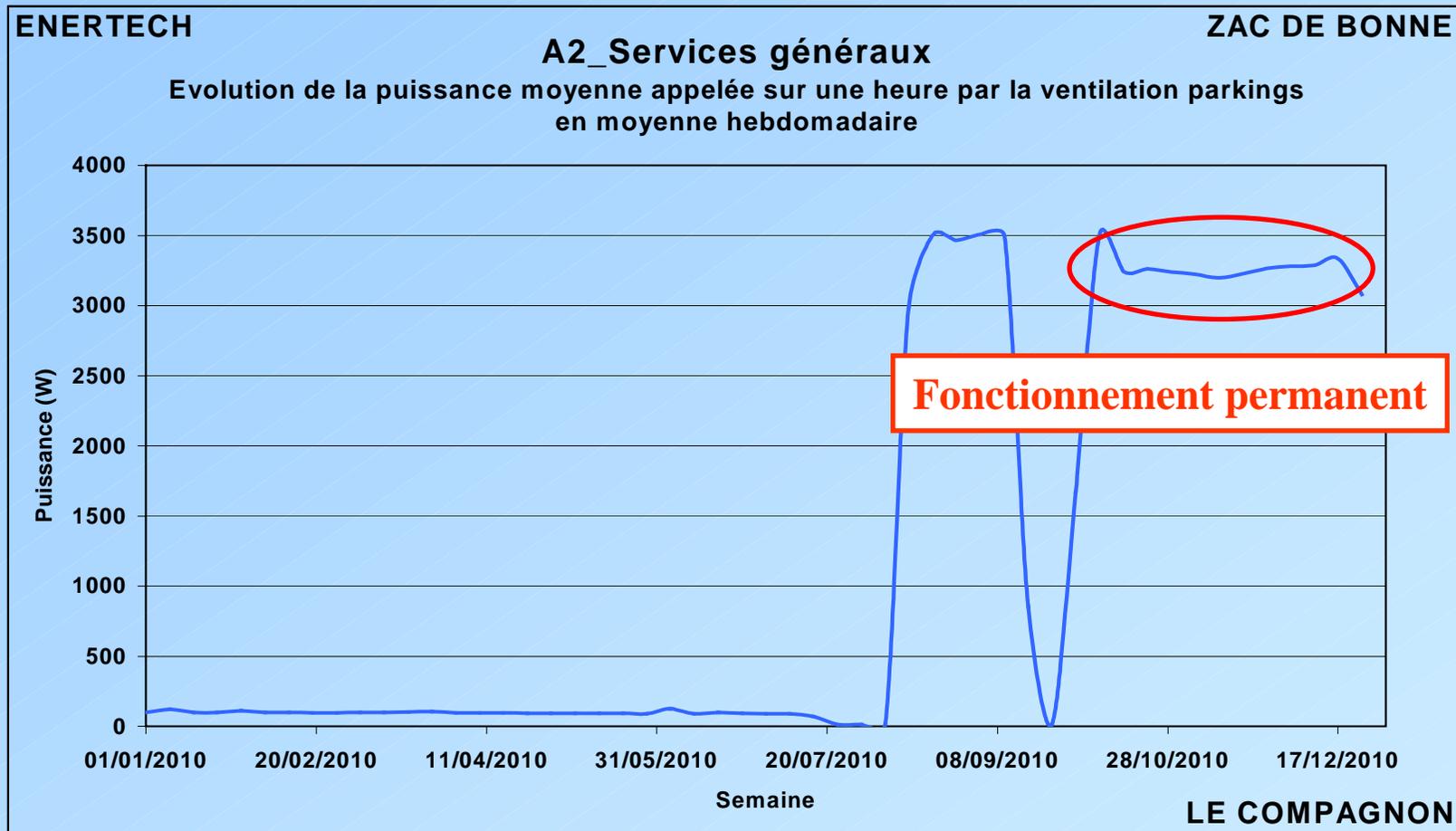
5 – *Fonctionnement inapproprié climatisation salle de conférence*



Le groupe froid et surtout la pompe eau glacée de la salle de conférence ont souvent fonctionné sur une CTA à l'arrêt, ou dans une salle vide, etc. Des consommations et des charges thermiques qui pourraient être évitées

7 – Défaits de maintenance observés Le pilotage des installations

6 – Fonctionnement permanent des ventilations de parkings

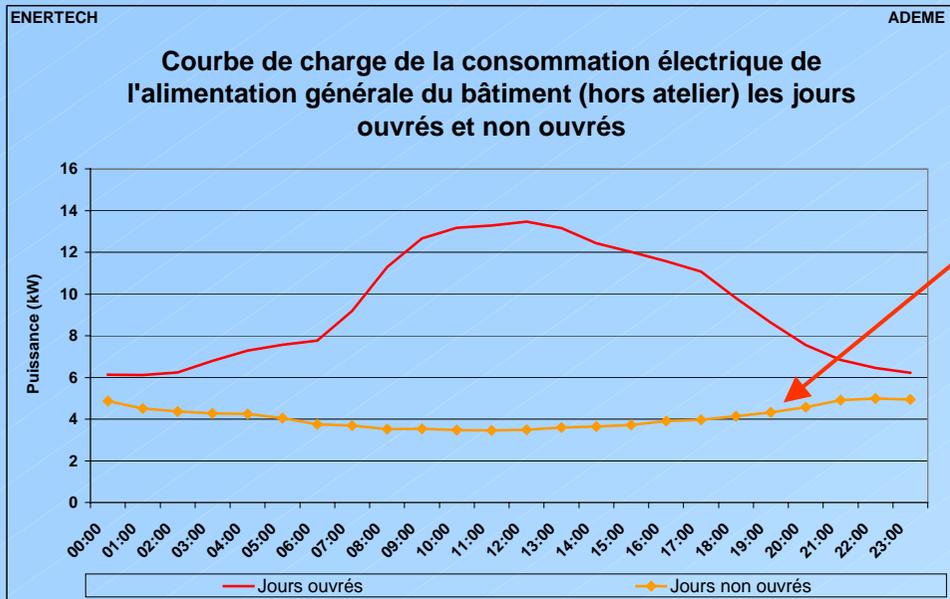


**Les ventilations de parking peuvent représenter des puissances importantes.
Pourquoi les faire fonctionner en dehors des heures de trafic?**

7 – Défaits de maintenance observés

Le pilotage des installations

7 – Les veilles

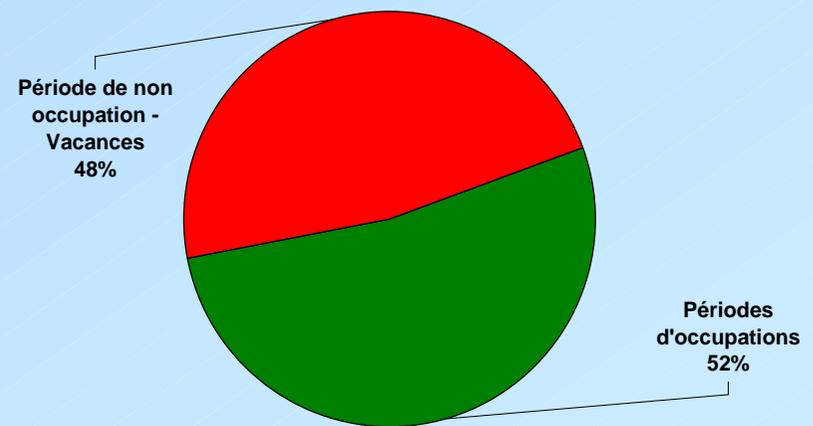


Puissance de veille comprise entre 4 et 6,5 kW

La puissance maximum atteinte par le bâtiment en une année a été de 27,4 kW soit 10,5 W/m². Un abonnement 36 kVA suffit.

48 % des consommations
=
INNOCCUPATION!!!

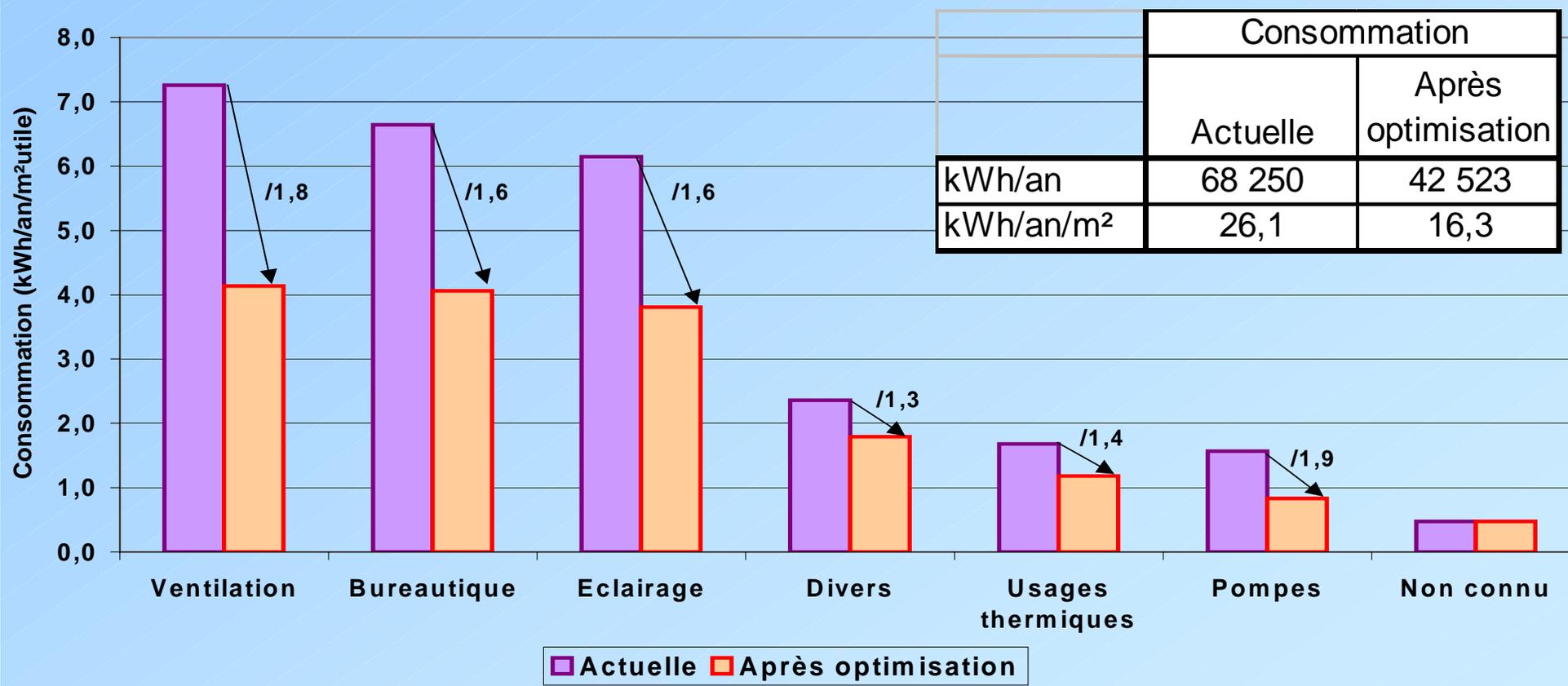
Répartition de la consommation annuelle entre les heures d'occupation et de non occupation du bâtiment



EXEMPLE de l'INEED : BILAN DES ECONOMIES D'ELECTRICITE

Par un pilotage soigneux des équipements, on peut économiser 38 % d'électricité, ce qui ramènerait à $16,3 \text{ kWh/m}^2_{\text{utile}}/\text{an}$ la consommation annuelle tous usages. De leur côté, les consommations de chauffage pourraient être de $25 \text{ kWh/m}^2/\text{an}$, soit une consommation totale, exprimée en énergie primaire, de $67 \text{ kWh/m}^2_{\text{utile}}/\text{an}$.

Répartition de la consommation entre les différents postes (avant et après optimisation)



7 – Défaits de maintenance observés Le pilotage des installations

8 – Conclusion sur le pilotage

1 – Après deux ans de fonctionnement à l'INEED : **tous les paramètres totalement déréglés**

2 – Est-ce **anormal ? Oui**. Mais également **Non**. Car :

- un responsable de maintenance a en charge un grand nombre d'installations
- il ne connaît pas les points de consigne et la programmation en entrant dans une chaufferie : qui les devait (bet, entreprise)? Où sont-ils indiqués?
- où peut-on les trouver ? Comment les vérifier? Y a-t-il des mesureurs pour cela?

Action : et si on affichait **en clair** dans la chaufferie tous les éléments nécessaires au pilotage et à la maintenance ?

3 – **Cela suffira ? NON**. Car :

- comment voir vite ce qui est programmé?
- interroger tous les programmeurs et automates à chaque fois : pas le temps! Peu de bâtiments sont équipés de GTB! Et quand il y en a, elles ne marchent pas toujours.

DONC : développer des tableaux synoptiques affichant à tout instant tous les paramètres de réglage de l'installation, les heures de fonctionnement de chaque équipement et afficher en clair tous les paramètres et programmes en chaufferie.

8 – Ce qu’il faudrait pour assurer une maintenance de qualité

8 – Ce qu’il faudrait pour améliorer la qualité de la maintenance

1 – Un constat

- 1 – **La maintenance telle qu’elle est assurée aujourd’hui n’est pas à la hauteur des enjeux du BBC.** Car elle ne contribue pas à générer de la performance. Elle continue de fournir un service (avoir chaud par exemple), sans chercher à le faire avec la moindre dépense énergétique et au moindre coût.
- 2 – **Les fonctions de maintenance ne sont souvent pas assurées de façon correcte** (changement des filtres pas fait alors que c’est la base). C’était déjà ainsi dans le passé, mais ça ne se voyait pas autant que dans des bâtiments BBC.
- 3 – **Les fonctions de pilotage sont rarement assurées correctement.** Pourtant ce sont souvent elles qui contribueraient le plus directement à créer de la performance.
- 4 – **La maintenance et le pilotage sont absolument nécessaires pour atteindre les performances des bâtiments BBC.**

MAIS

8 – Ce qu’il faudrait pour améliorer la qualité de la maintenance

1 – Un constat

- 1 – **L’état des installations livrées est souvent non fonctionnel et non conforme au cahier des charges**, malgré les opérations de réception. En préalable il faudrait donc plus de rigueur de la part des Maîtres d’ouvrage et des Maîtres d’œuvre.
- 2 – **Les paramètres de fonctionnement** dans les locaux techniques ne sont souvent pas connus clairement une fois l’installation en fonctionnement
- 3 – **Les moyens de vérifier facilement par mesure** la valeur des paramètres opérationnels sont rares.
- 4 – **L’affichage permanent de ces paramètres** opérationnels n’existe pas.

Tout ceci n’excuse pas les défauts de maintenance observés, mais montre que si on veut une maintenance de qualité et performante demain, il va aussi falloir améliorer la qualité de ce qui est livré, la transparence des consignes, et l’efficacité des interfaces avec l’installation en locaux techniques.

8 – Ce qu’il faudrait pour améliorer la qualité de la maintenance

2 – Mieux assurer la transmission entre concepteur/réalisateur et entreprise de maintenance

Aujourd’hui la transmission entre concepteur/réalisateur et l’entreprise de maintenance est beaucoup trop sommaire, voire inexistante. Il faudrait :

- 1- Impliquer le bureau d’études systématiquement dans un suivi de deux ans de son installation pour contribuer à la mettre au point (et voir ce qui ne fonctionne pas...).
- 2 - Confier la maintenance de l’année de bon achèvement à l’entreprise réalisatrice, ce qui évitera les conflits de responsabilité entre bon achèvement et maintenance.
- 3 - Acter la transmission à la fin de la première année après mise en concurrence pour la mission de maintenance, avec l’entreprise retenue.
- 4 - le bet transmettra les éléments de la conception (DOE), les points de consigne théoriques, et ceux réels qui seront apparus après la première année d’exploitation,
- 5 - l’entreprise réalisatrice procèdera à la transmission contradictoire des installations avec l’entreprise de maintenance. Elle présentera les difficultés qu’elle a rencontrées dans la maintenance et les raisons qui les expliquent.

8 – Ce qu'il faudrait pour améliorer la qualité de la maintenance

3 – Affichage des consignes dans les locaux techniques

Observation : Quand on entre dans une chaufferie on n'a aucune idée des valeurs de consigne de la conception.

Proposition : Afficher en chaufferie ou en locaux techniques :

- le schéma de principe (c'est déjà le cas)
- des explications sur le mode de fonctionnement, de régulation et de programmation,
- les points de consigne et les paramètres de réglage en clair (ne pas avoir besoin d'aller chercher les valeurs dans les automates ou les optimiseurs),
- les contraintes de maintenance (périodicité de changement des filtres de soufflage, d'extraction, périodicité de nettoyage des filtres sur retour, vidanges pots à boues, etc.
- etc.

8 – Ce qu'il faudrait pour améliorer la qualité de la maintenance

4 – Affichage des paramètres en continu sur un tableau synoptique

Observation : Quand on entre dans une chaufferie on n'a aucune idée des valeurs des paramètres de réglage et de pilotage qui sont programmés.

Proposition : Affichage sur tableau synoptique (à développer) :

- des principaux paramètres en vigueur à chaque instant (température départ, débit, etc.)
- de tous les paramètres de la programmation : heures de fonctionnement de la ventilation, chaque jour de la semaine, logique de fonctionnement de chaque pompe, etc
- des reports de compteurs de chaleur.

L'objectif de ce tableau, c'est de ne pas être obligé d'aller chercher tous les paramètres à chaque fois qu'on entre en chaufferie, mais d'avoir immédiatement le tableau de bord. Et de pouvoir instantanément savoir si tout est nominal ou non en se tournant vers l'affichage permanent des valeurs théoriques.

8 – Ce qu’il faudrait pour améliorer la qualité de la maintenance

5 – Se former et évoluer vers la performance

La **maintenance** de demain n’a plus grand chose à voir avec celle d’hier :

- se **référer aux degrés.jours n’a plus de sens**
- le rôle des apports internes et solaires est prédominant sur le résultat des consommations,
- les matériels se sont sophistiqués
- les logiques ont changé et « qui peut le plus peut le moins » n’est plus au goût du jour : on fuit la surpuissance, on fuit les surdimensionnements, on raisonne consommation et plus seulement « service rendu »,
- etc.

Il faut donc que les entreprises de maintenance, comme tous les acteurs du bâtiment, se forment et évoluent vers l’idée que demain on ne leur demandera pas seulement de faire marcher une installation, mais en plus de le faire avec peu d’énergie....et pour un prix raisonnable.

**On a oublié de parler de la Garantie de
Performance Energétique?**

**Ce n'est pas un oubli! Mais c'est un autre sujet à
lui tout seul....pour une autre fois!**

Pour en savoir plus :

www.enertech.fr