

**LYON – 10 Décembre 2009**

**Bâtiments à basse consommation  
Retours d'expérience**

**Le bâtiment de bureaux de l'INEED à Alixan (Drôme)**

*Olivier SIDLER – Sté ENERTECH*

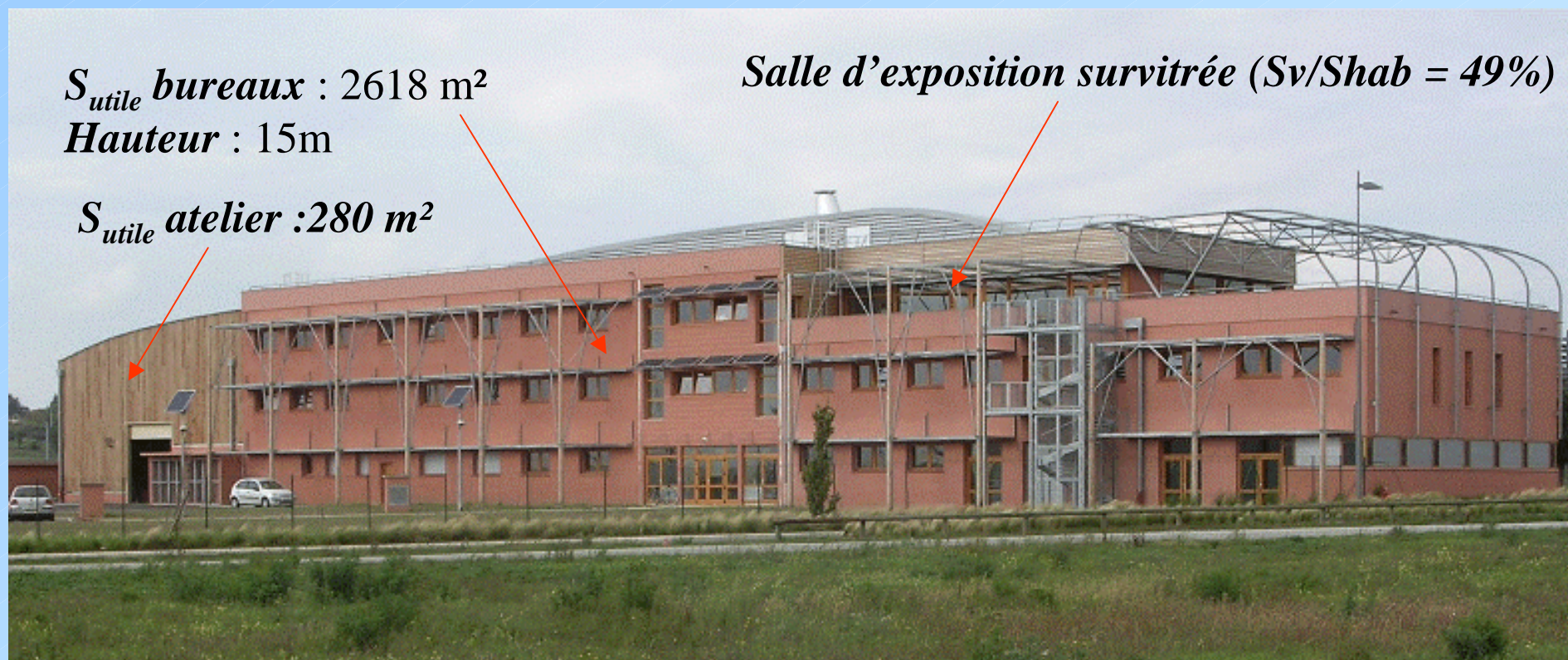
## L'INEED à Alixan (Gare Valence TGV)

Une approche la plus HQE possible pour un bâtiment de bureaux à très faible consommation d'énergie (cible énergie : « très performante »)

**Commanditaire** : Chambre de Commerce et de l'Industrie de la Drôme

**Architecte** : D.DESSUS – **Bet Fluides** : **Cabinet SIDLER**

**Date de livraison** : 01/07/2006





## L'INEED à Alixan



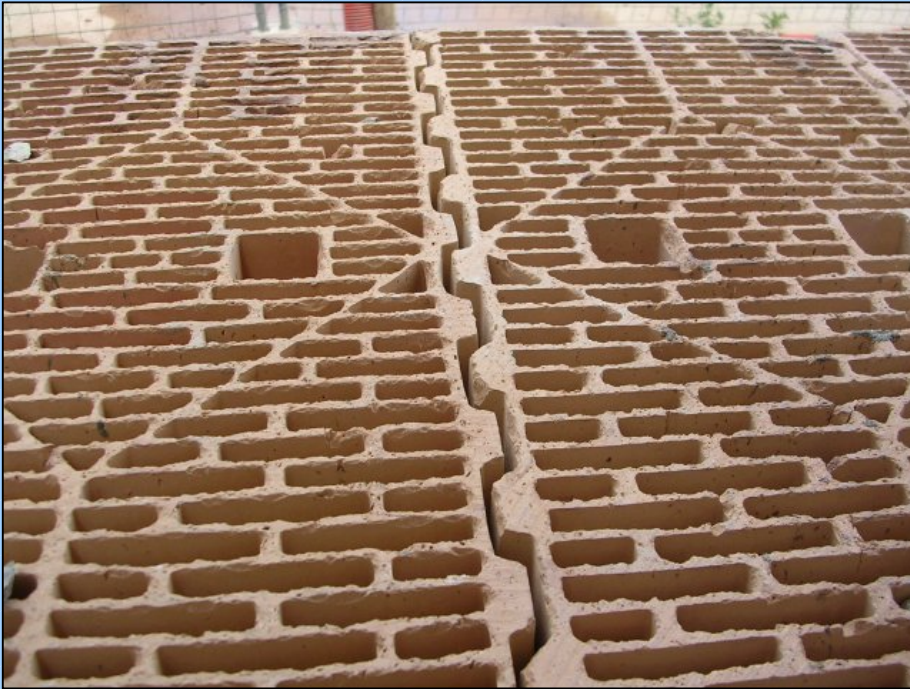
*Une architecture tournée  
vers les basses  
consommations et le  
confort*

- Un bâtiment compact orienté Nord-Sud

- Des ouvertures **limitées à 15%** de la surface habitable.
- Menuiseries bois avec double vitrage peu émissif à lame d'argon



## L'INEED à Alixan



- de très fortes épaisseurs d'isolant en toiture  
 $U=0,14\text{W/m}^2\text{°C}$

$$U_{bat} = 0,45 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

*Une enveloppe à très haute résistance thermique*

- La première construction en France avec de la brique Monomur Bellenberg de 50 cm enduite en terre crue et paille





## L'INEED à Alixan

### *Les matériaux*



- Une utilisation massive de bois sous forme de poutres collaborantes bois/béton constituant un stockage important de carbone (**550 t de CO<sub>2</sub>**)

... et créant une ambiance de qualité exceptionnelle.



## L'INEED à Alixan



- Protection complémentaire par casquettes de photopiles (2 kWc)

*Protection solaire végétale  
(à venir !)*

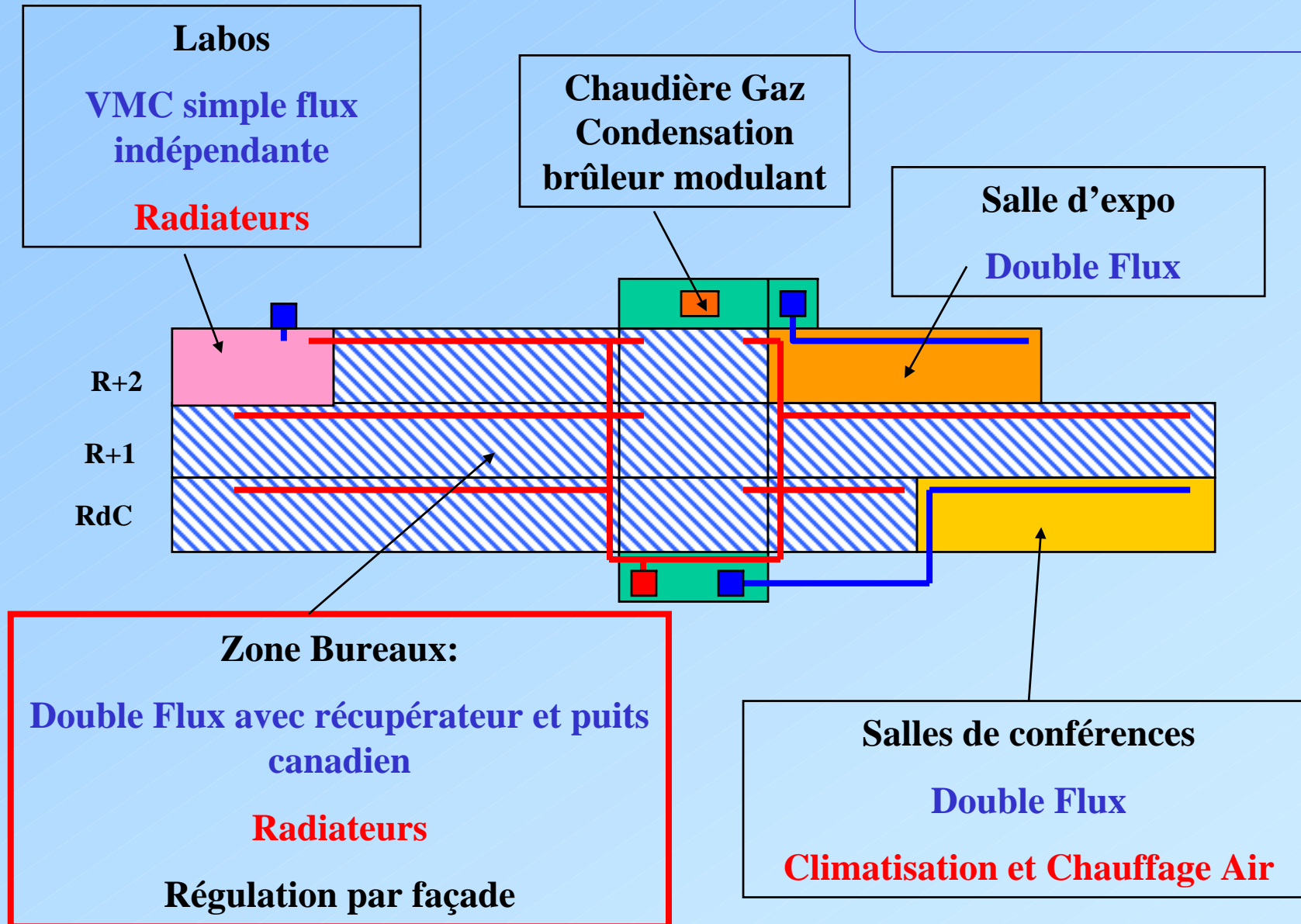
- Treille en façade Sud et toiture végétalisée





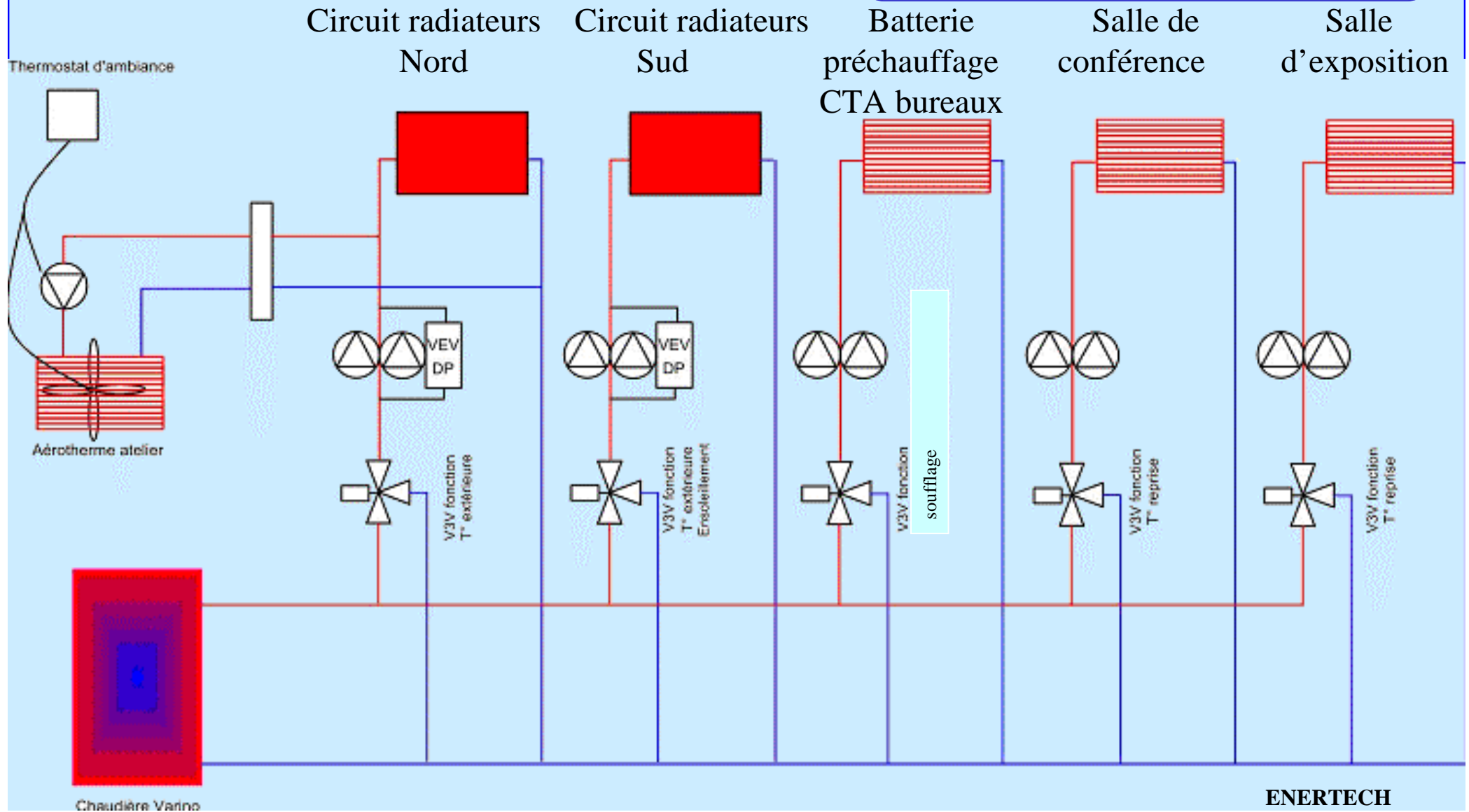
# PRESENTATION

## Schéma général ventilation et chauffage



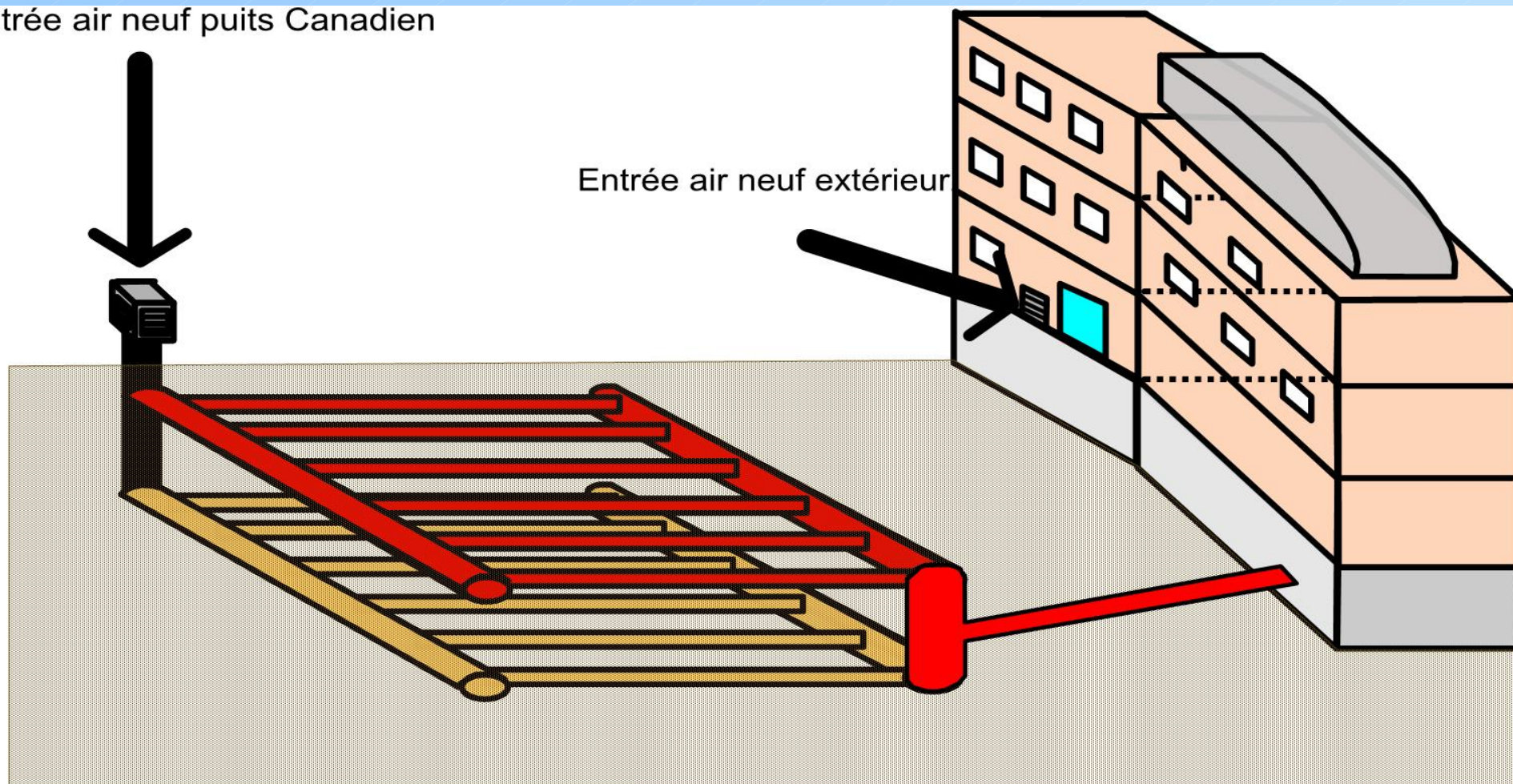
# PRESENTATION

## Synoptique du système de production de chaleur





Entrée air neuf puits Canadien



Puits canadien = 2 nappes de 6 tubes de 40ml diamètre 200mm  
Profondeur 2,5m et 1,5m



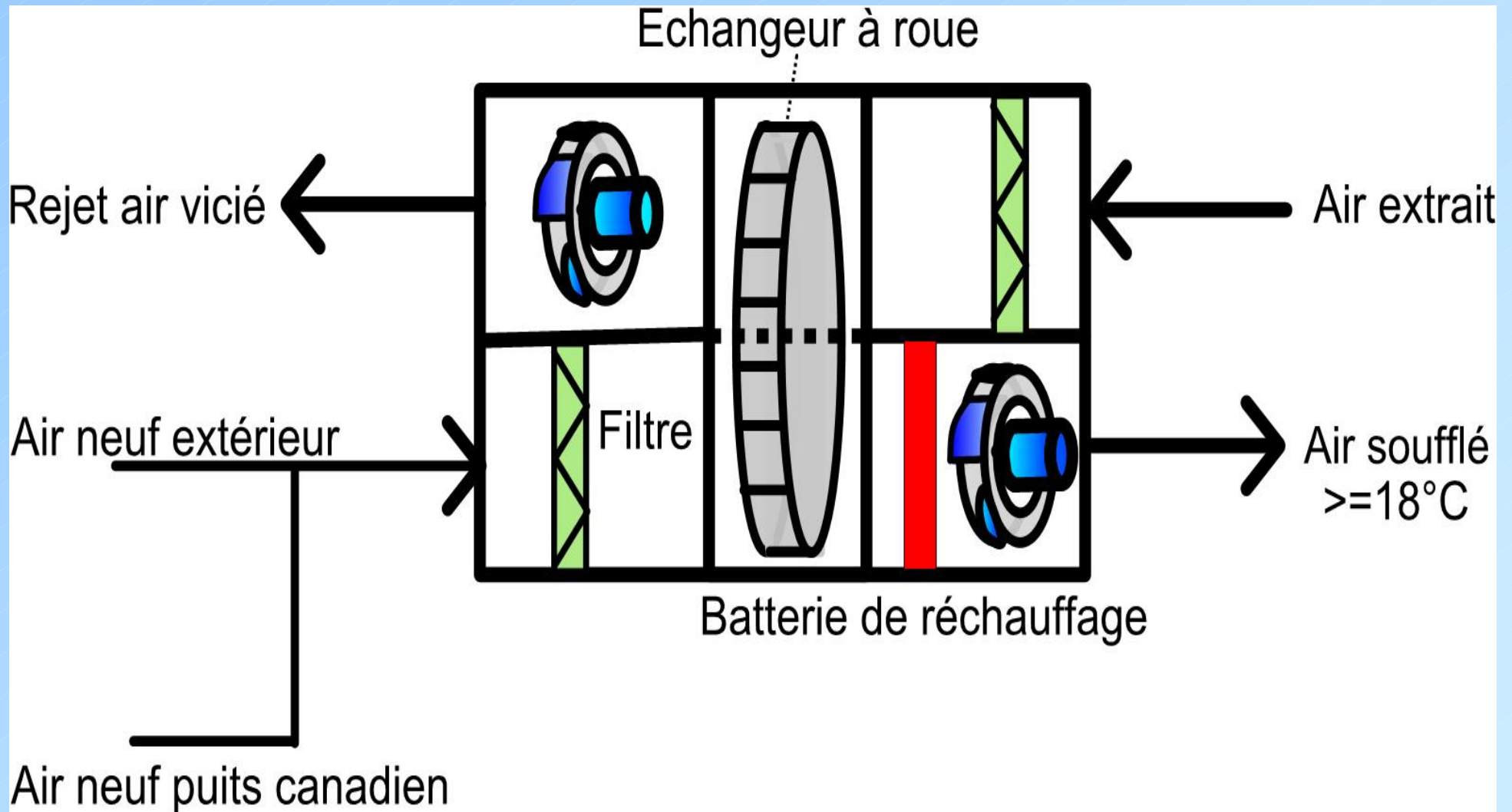
## L'INEED à Alixan

### *Une ventilation mécanique très performante*

- Un puits canadien de 480 m en deux nappes de 40 m de longueur à 2,5 m et 1,5 m de profondeur parcouru par 4000 m<sup>3</sup>/h d'air







## L'INEED à Alixan

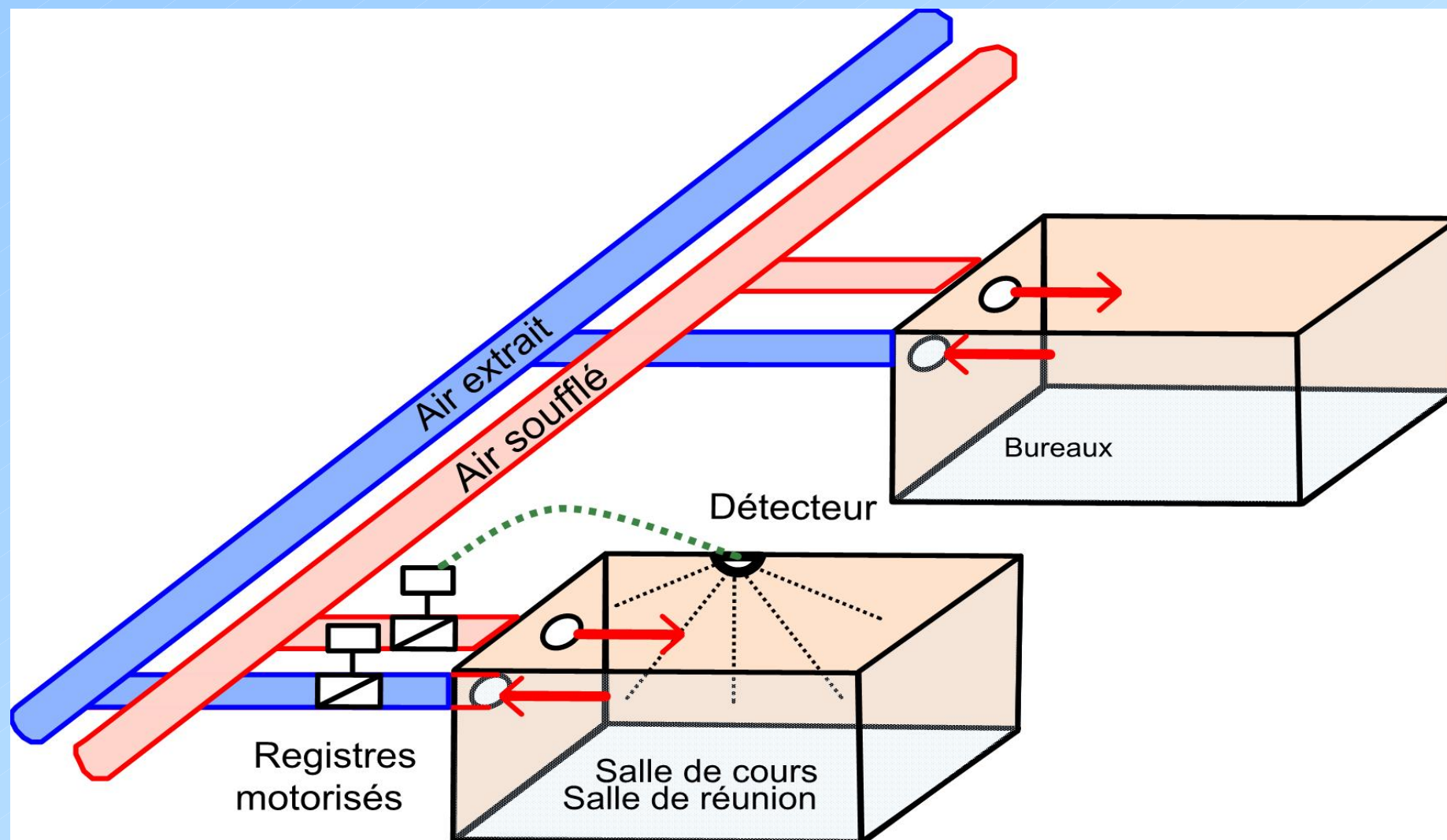
### *Une ventilation mécanique très performante*



- une centrale double flux en aval du puits canadien, munie d'un échangeur rotatif d'efficacité (mesurée) supérieure à 80% ...

... avec sélection de l'entrée d'air neuf soit par le puits canadien, soit directement depuis l'extérieur.

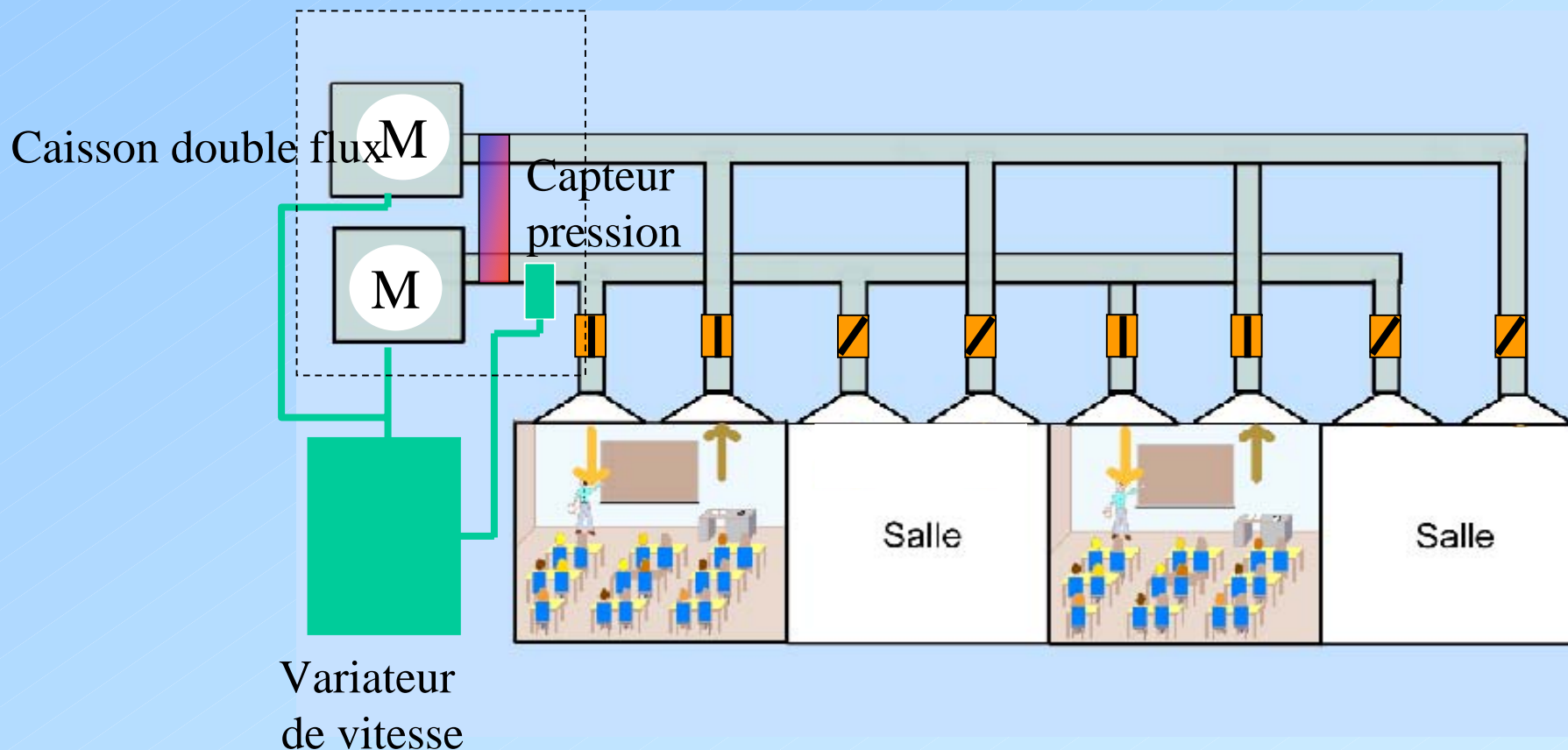




## L'INEED à Alixan

*Une ventilation mécanique très performante*

- Fonctionnement de la ventilation à débit variable grâce à une détection de présence dans les salles de réunion et les salles de cours. Action sur des vannes motorisées en entrée et sortie d'air de chaque local concerné





## L'INEED à Alixan



- Commande de l'éclairage des parties communes et des sanitaires par détecteurs de présence.

*Un impératif pour se passer de climatisation : réduire les consommations des usages électriques*

Un éclairage très performant (**6 W/m<sup>2</sup>**) basé sur :

- Une différenciation entre zone de bureau et tâche de travail (200/400lux)
- Des tubes T5 + ballasts électroniques
- Une lampe de travail avec LBC.



## L'INEED à Alixan

*Un impératif pour se passer de climatisation : réduire les consommations des usages électriques*



Réduire la consommation de la bureautique d'un **facteur au moins 10** grâce à :

- L'usage généralisé des ordinateurs portables qui permet de passer de **400 kWh/an à 40 kWh/an par machine maximum.**
- La suppression des réseaux ondulés centralisés remplacés (qui fonctionnent en permanence en sous charge et à mauvais rendement) par des onduleurs dans chaque bureau.



## L'INEED à Alixan



- de très faibles besoins induisant de très faibles débits,
- des réseaux à très faibles pertes de charge.

*Un impératif pour se passer de climatisation : réduire les consommations des usages électriques*

Une très faible consommation des auxiliaires grâce à :

- des pompes et ventilateurs à vitesse variable



Le coût du bâtiment s'est élevé à :

**1.103 Euros HT/m<sup>2</sup> shon**

soit un **surcoût non visible** par rapport à un bâtiment traditionnel, tout en offrant une qualité de matériaux et de confort sans comparaison, ainsi que

**des niveaux de consommation divisés par un facteur 7,**

**et sans besoin de climatisation.**



# **LES RESULTATS DE L'EVALUATION**

## **1 – Le test à la porte soufflante**

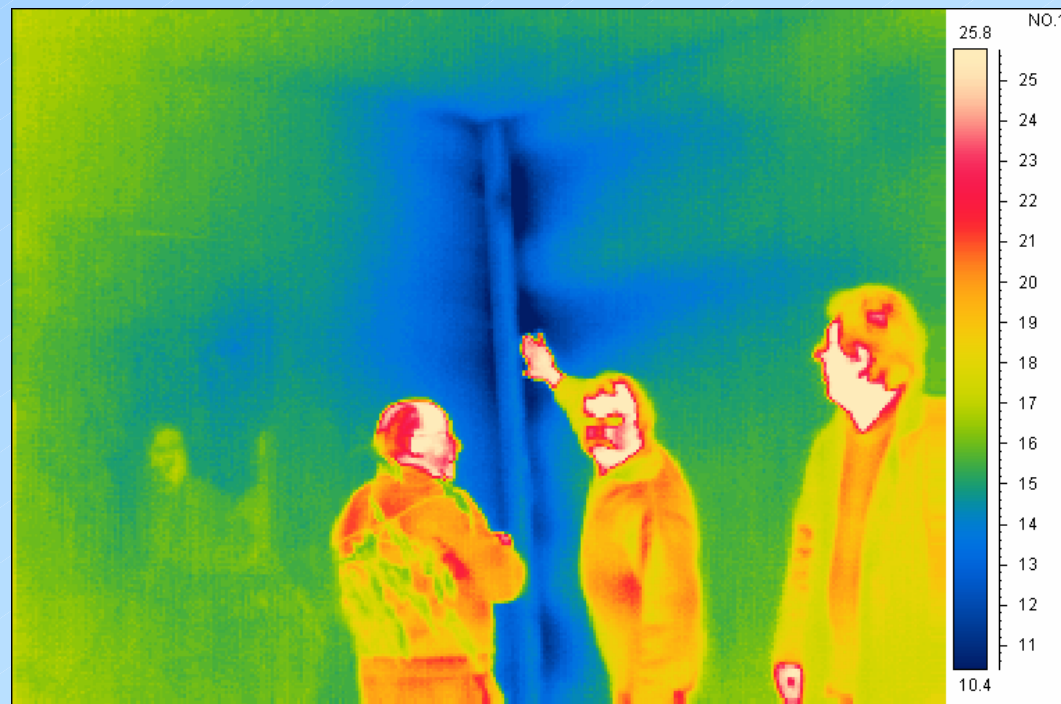
# LE TEST A LA PORTE SOUFFLANTE

*Les taux d'infiltration*

Un test qui fait apparaître :

1 – une bonne étanchéité ouvrant/maçonnerie

2 – le rôle catastrophique des joints de dilatation :





# LE TEST A LA PORTE SOUFFLANTE

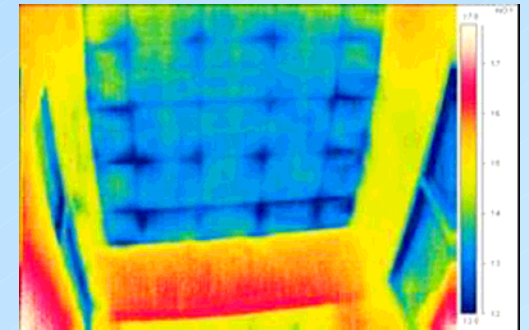
## Les taux d'infiltration

Un test qui fait apparaître :

1 – une bonne étanchéité ouvrant/maçonnerie

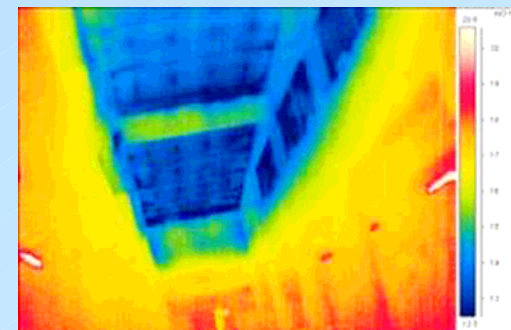
2 – le rôle catastrophique des joints de dilatation :

3 – La faillite totale de la jonction toiture/mur, et même de certaines toitures : **les 2/3 des infiltrations** se font par là. Défaut de conception architecturale.



4 – Les taux d'infiltration mesurés sont de :

$$N_{50} = 1,8 \text{ vol/h}$$
$$Q_4 = 1,3 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$$



la surconsommation de chauffage par comparaison avec une infiltration de 0,6 vol/h (Passivhaus) est de **5 kWh/m<sup>2</sup>/an**.

# LES RESULTATS DE L'EVALUATION

1 – Le test à la porte soufflante

**2 – La campagne de mesures**

# Les mesureurs

*La campagne de mesure :  
Au total 721 mesureurs posés*



Lecteur optique



Système multivoies



Wattmètre série



Lampmètre



Thermomètre



Thermo-hygromètre



Débitmètre



## Les mesureurs

*La campagne de mesure :  
Au total 721 mesureurs posés*



Détecteur de présence



Comptage d'impulsions



Multimètre



Caméra thermique



Mesureur COV / CO2

## CONSOMMATION GENERALE

*Quelques résultats après  
1 an de mesure*

### CHAUFFAGE :

Mesure des compteurs de **chaleur** en aval de la chaudière :  
- **83,9 MWh/an** (hors atelier) soit **32,1 kWh/an/m<sup>2</sup><sub>utile</sub>**

Consommation de **gaz** =

- **92,1 MWh/an** (hors atelier) soit **35,2 kWh/an/m<sup>2</sup><sub>utile</sub>**

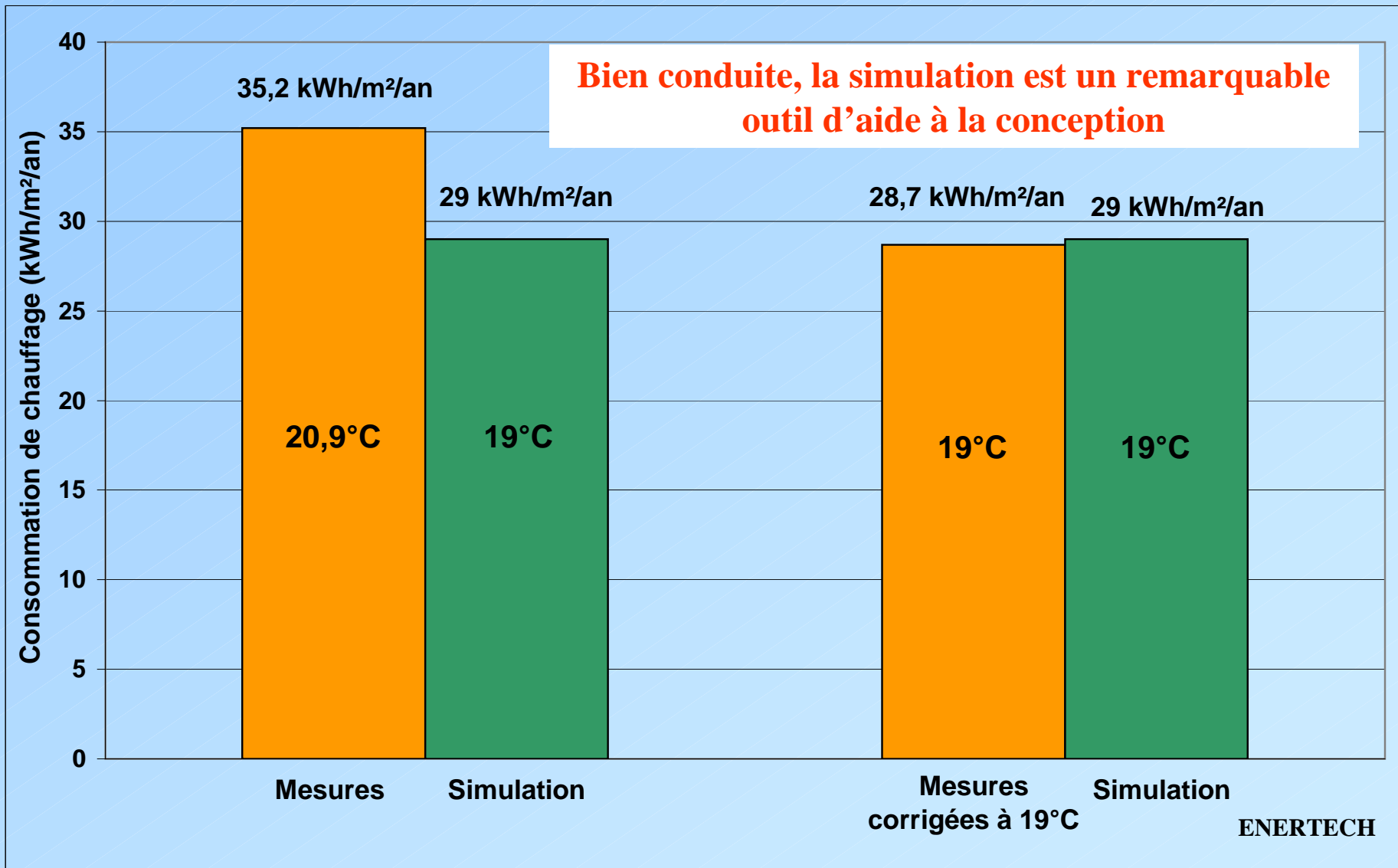
**On en déduit le rendement annuel de la chaudière et de la distribution primaire :**

$$\mathbf{R = 91,2 \%}$$

# CONSOMMATION DE CHAUFFAGE

Comparaison entre simulation dynamique et mesures

Hypothèses de simulation :  $n_{50}=2,0\text{vol/h}$  (1,8 dans la réalité)  
météo conventionnelle





## CONSOMMATION GENERALE

*Quelques résultats après  
1 an de mesure*

### **ELECTRICITE :**

**Consommation d'électricité =**

**68 250 kWh/an soit 26,1 kWh/an/m<sup>2</sup><sub>utile</sub>**

pour l'ensemble des usages (hors atelier), dont 3,4 %  
est produit par les photopiles (soit 0,9 kWh/an/m<sup>2</sup><sub>utile</sub>).

**Consommation tous usages, en énergie primaire (sans  
déduction de la production PV) :**

**102,5 kWh<sub>ep</sub>/an/m<sup>2</sup><sub>utile</sub> (avec équivalence à 2,58)**

**ou 118,7 kWh<sub>ep</sub>/an/m<sup>2</sup><sub>utile</sub> (avec équivalence à 3,2)**

**soit moins que le label Passivhaus (120 kWh<sub>ep</sub>/an/m<sup>2</sup><sub>utile</sub>)**

# CONSOMMATIONS GENERALE

*Les consommations après  
la première année (2006-2007)*

**Rappel des résultats de la première  
année :**

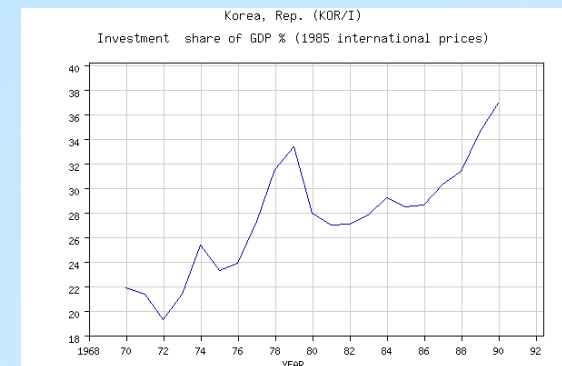
- Consommation de **chauffage** = **25,8 kWh<sub>pcs</sub>/m<sup>2</sup><sub>hab</sub>**  
ou **20,7 kWh<sub>pcs</sub>/m<sup>2</sup><sub>shon</sub>**
- Consommation **d'électricité** = **21,8 kWh/m<sup>2</sup><sub>Sutile</sub>**  
ou **17,5 kWh/m<sup>2</sup><sub>shon</sub>**

**Consommation tous usages, en énergie primaire :**

**82 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup><sub>utile</sub> (avec équivalence à 2,58)**

**ou 96 kWh<sub>ep</sub>/an/m<sup>2</sup><sub>utile</sub> (avec équivalence à 3,2)**

**Par rapport à la première année, on observe  
une augmentation de 36,4 % des  
consommations de chauffage et de 19,7 % des  
consommations d'électricité.**



## CONSOMMATIONS GÉNÉRALE

*Comparaison des consommations de la première et de la troisième année*

**Les causes de cette augmentation de 36,4 % des consommations de chauffage sont au nombre de trois :**

1 – un hiver beaucoup plus rigoureux en 2008-2009 qu'en 2006-2007

2 – un dérèglement de la CTA qui a fonctionné 24h/24 durant toute l'année, à l'exception des WE!

3 – une augmentation des températures de chauffage désormais à 20,9°C en moyenne en période d'occupation.

**Conclusion : la consommation de chauffage du bâtiment devrait pouvoir être ramenée facilement à 25 kWh/m<sup>2</sup><sub>utile</sub>/an.**



# **TEMPERATURES ET CONFORTS**

# Analyse des températures

## *Températures des bureaux sur l'année*

Température été : du 09 mai au 27 octobre

Température hiver : du 27 octobre au 09 mai

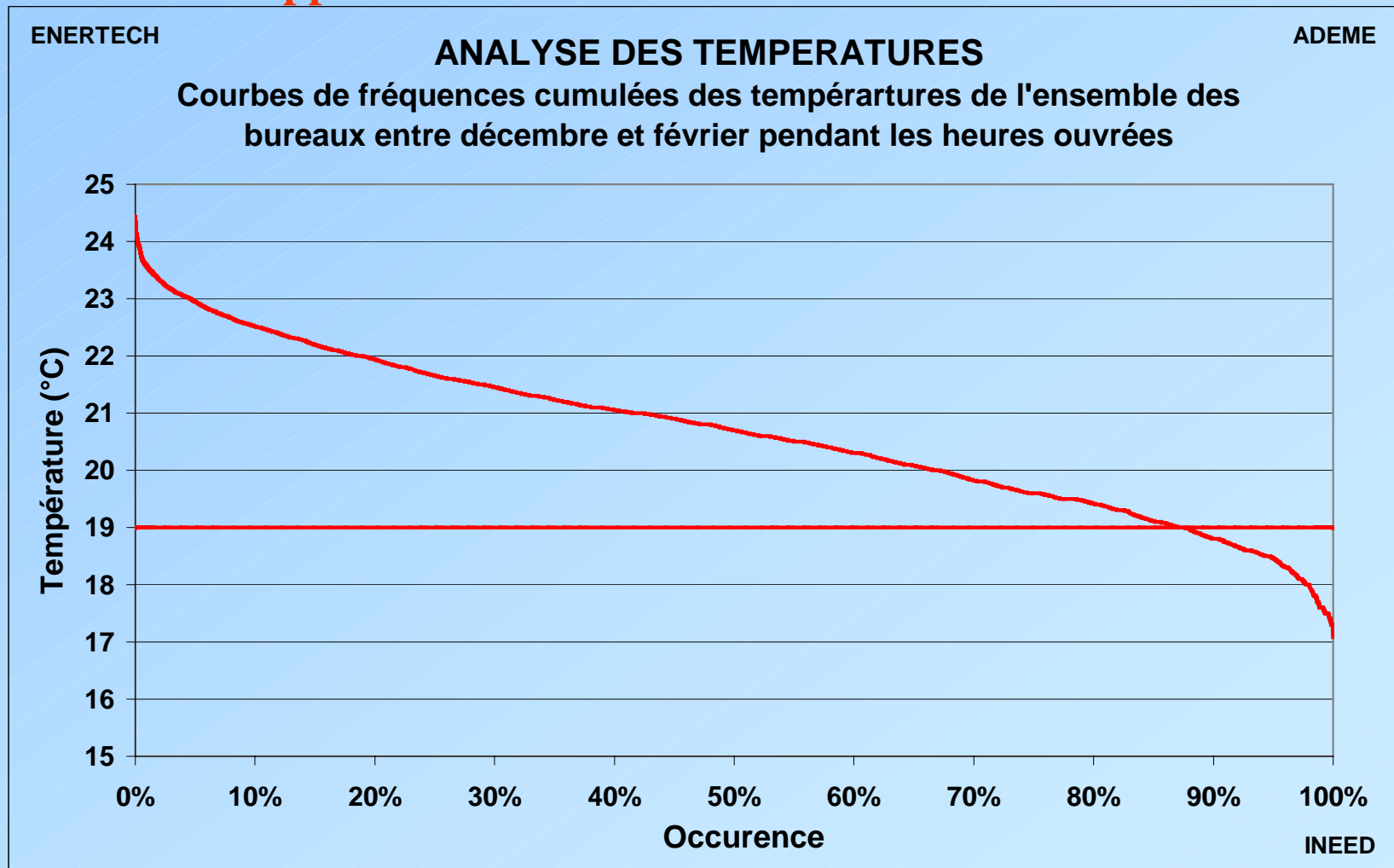
	Données	Inoccupation	Occupation
Eté	Température moyenne	24,2	24,6
	Température minimale	19,7	19,7
	Température maximale	28,2	28,3
Hiver	Température moyenne	20,3	20,9
	Température minimale	18,2	18,6
	Température maximale	22,8	23,3

Peu de différence entre occupation et inoccupation en hiver comme en été. Ceci est probablement dû à la très grande inertie du bâtiment.

# Analyse des températures

*Températures des bureaux  
Hiver*

**Attention : certains occupants sont  
régulièrement absents et coupent leur chauffage  
et leurs apports internes**

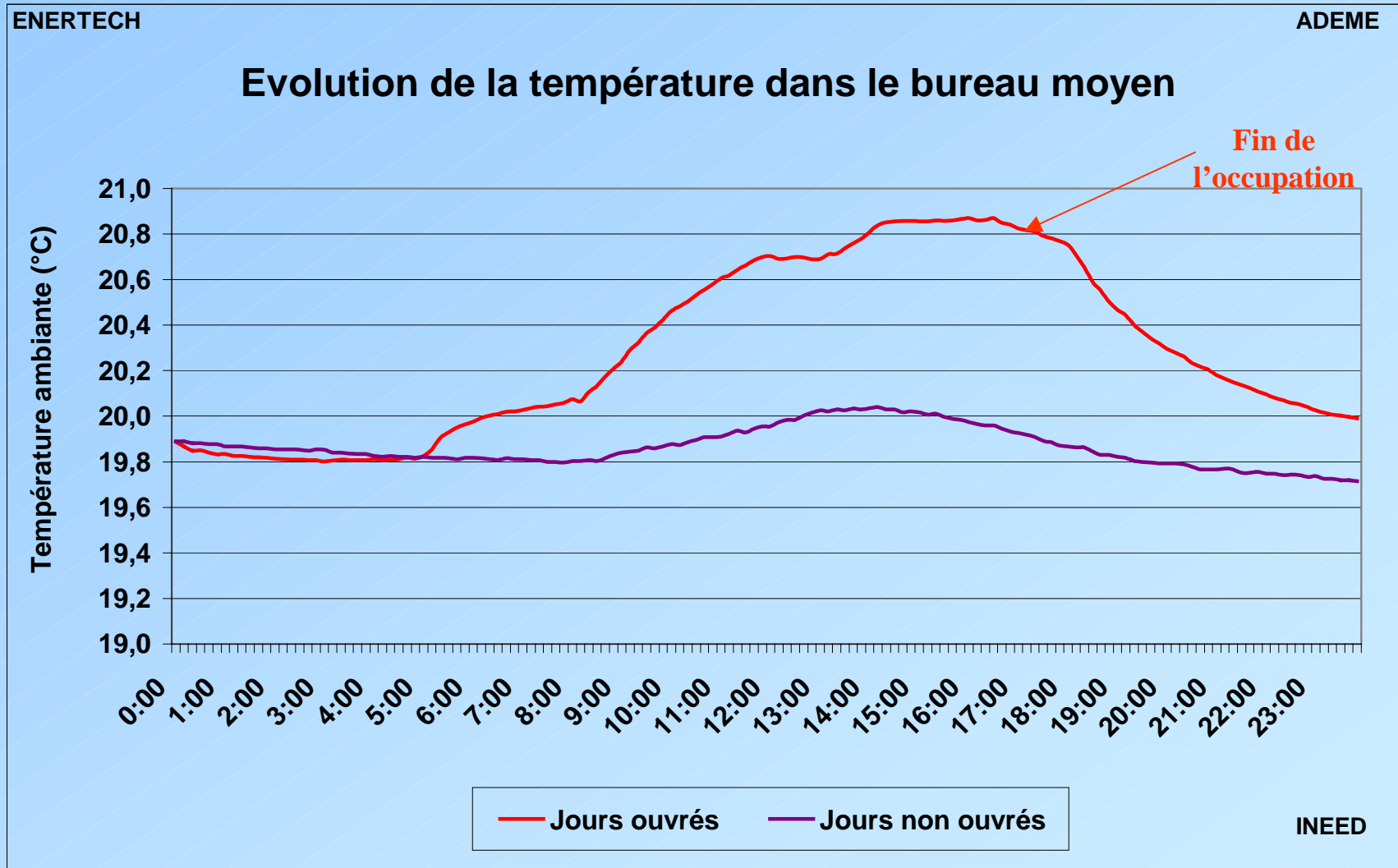




# Analyse des températures

Il existe bien un ralenti de nuit, mais à cause de l'inertie la température ne varie que d'un degré la nuit.

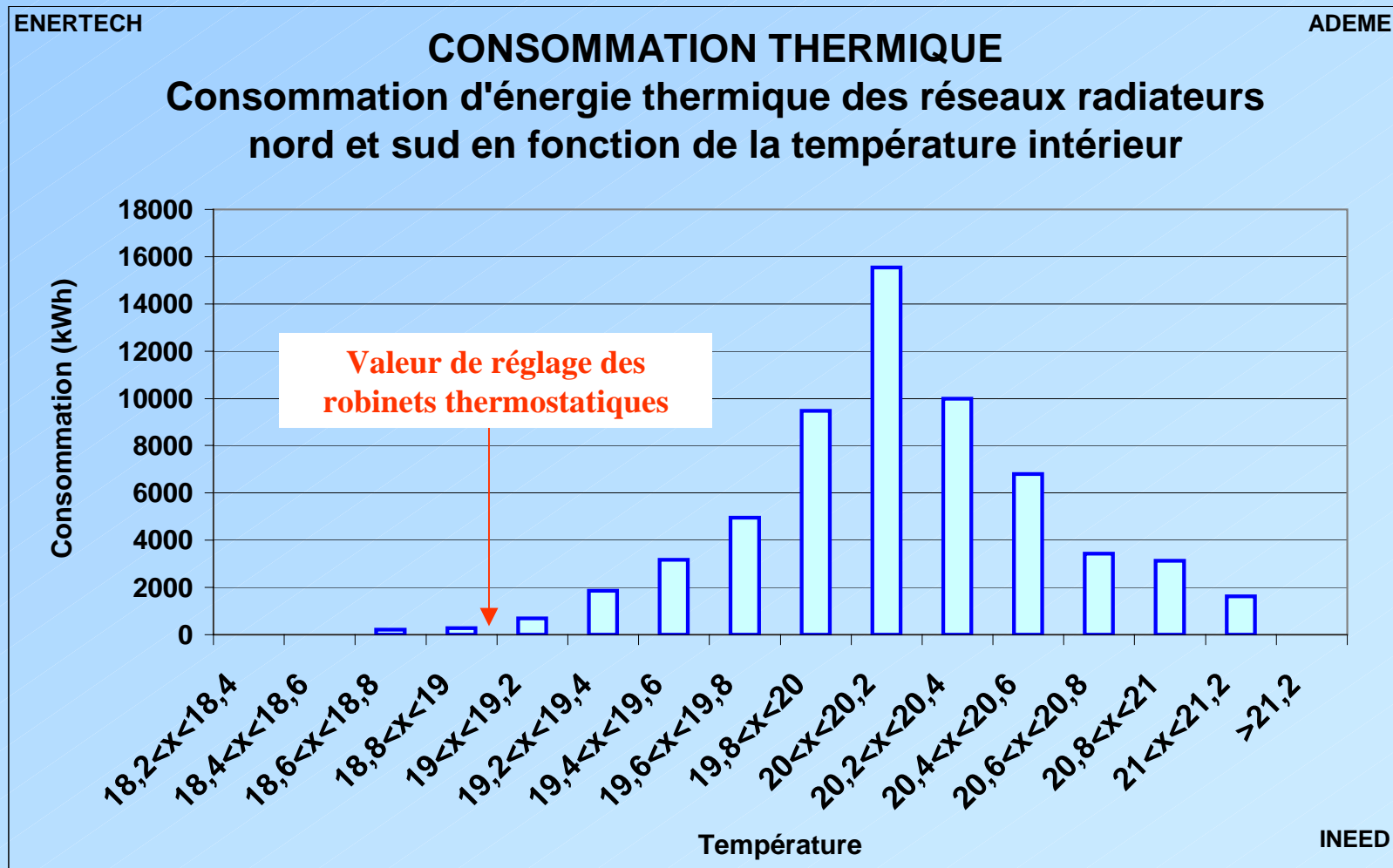
Températures des bureaux  
Hiver



# Consommation de chauffage et température

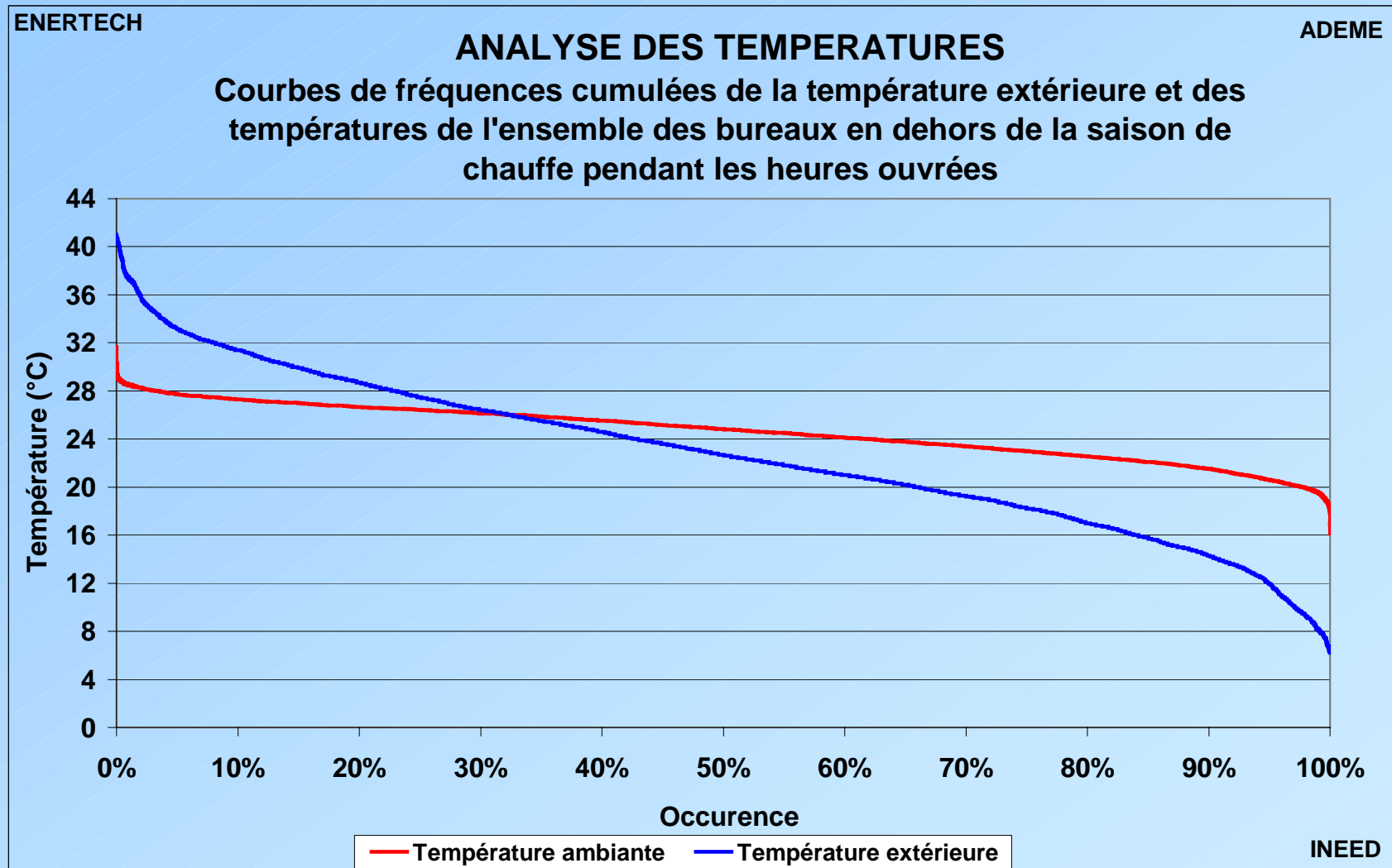
*Circuits radiateurs nord et  
sud*

**...où l'on voit que les robinets  
thermostatiques ne servent à rien....**



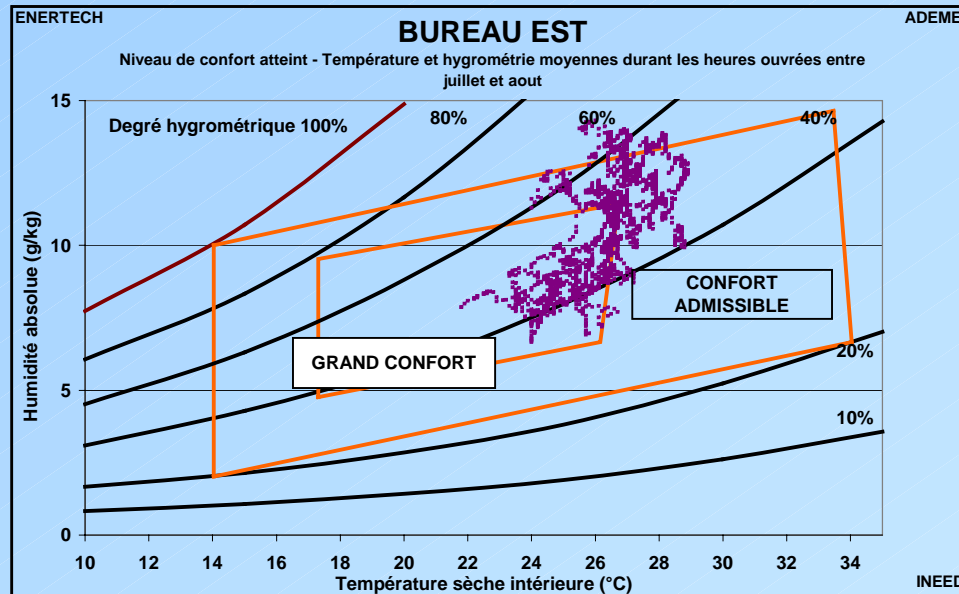
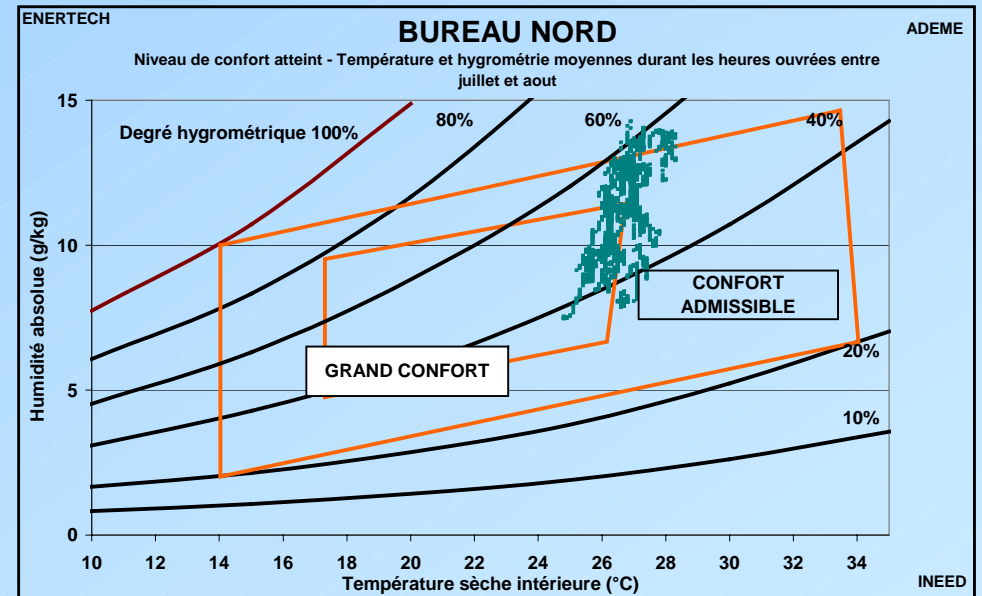
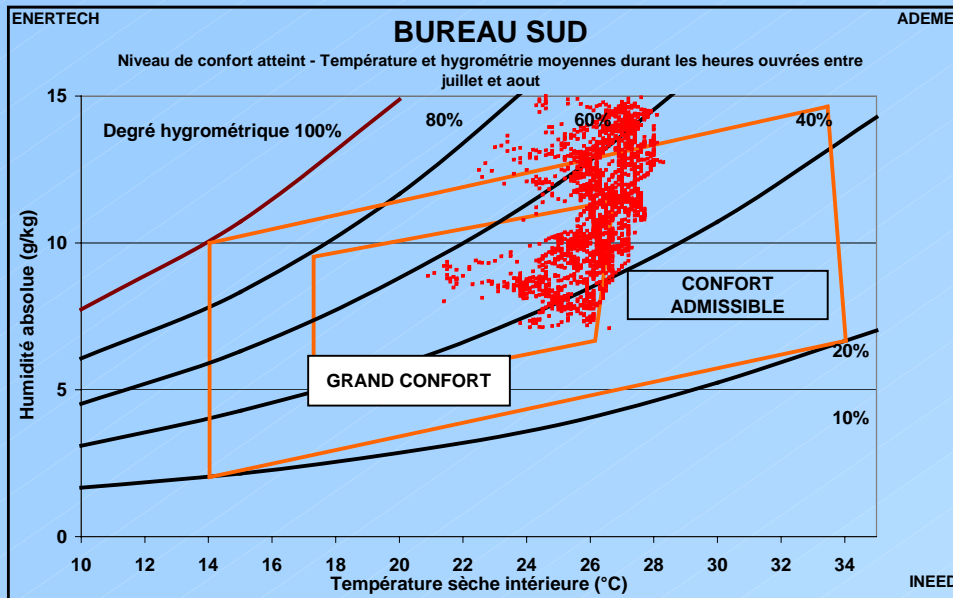
# Analyse des températures

## Températures des bureaux Été



# Analyse des températures

## Confort d'été des bureaux Juillet et Août



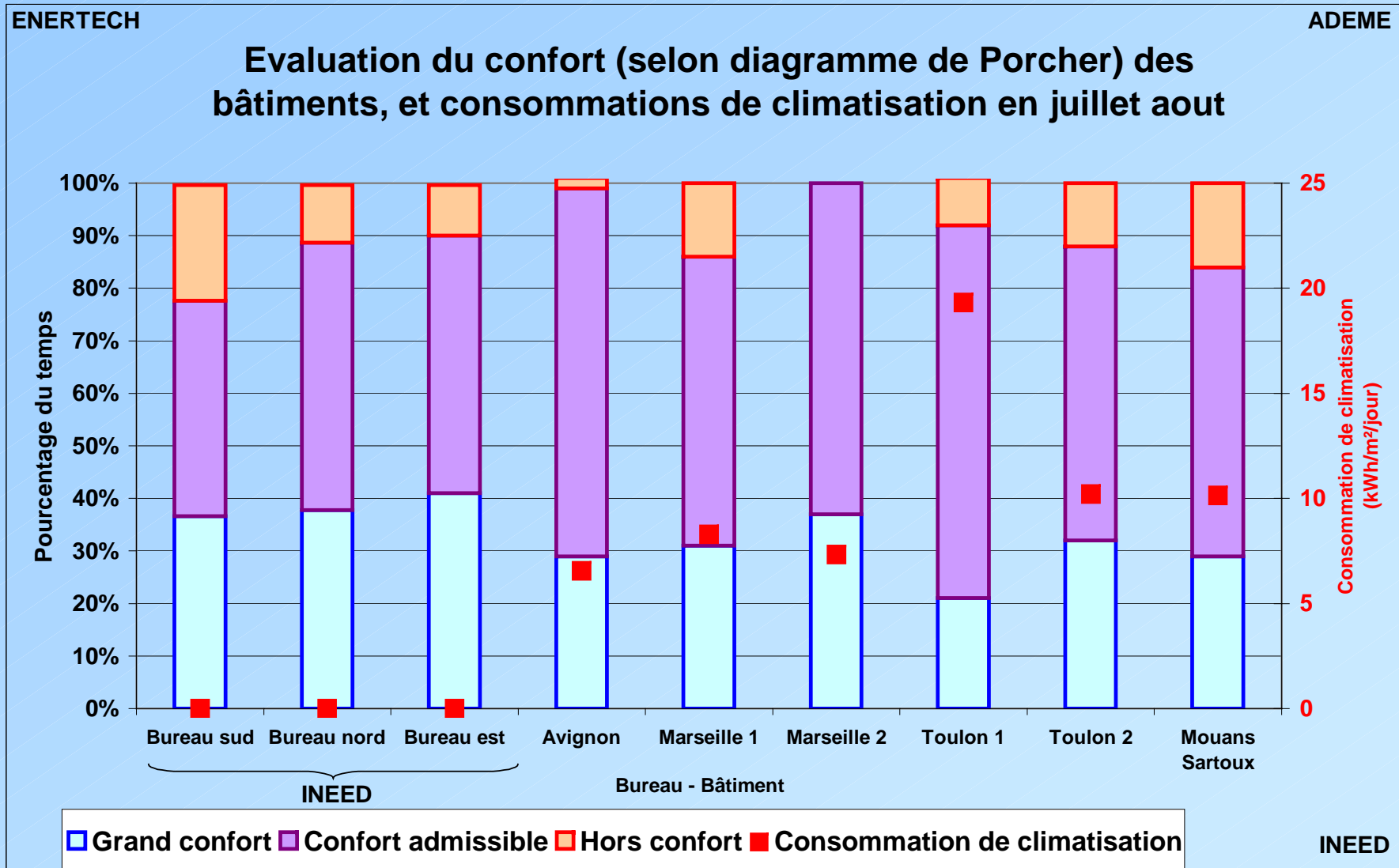
**Conclusion : en l'absence de climatisation, le confort d'été est de très bonne qualité.**



# Analyse des températures

## Comparaison du confort et des consommations de climatisation avec des bâtiments climatisés

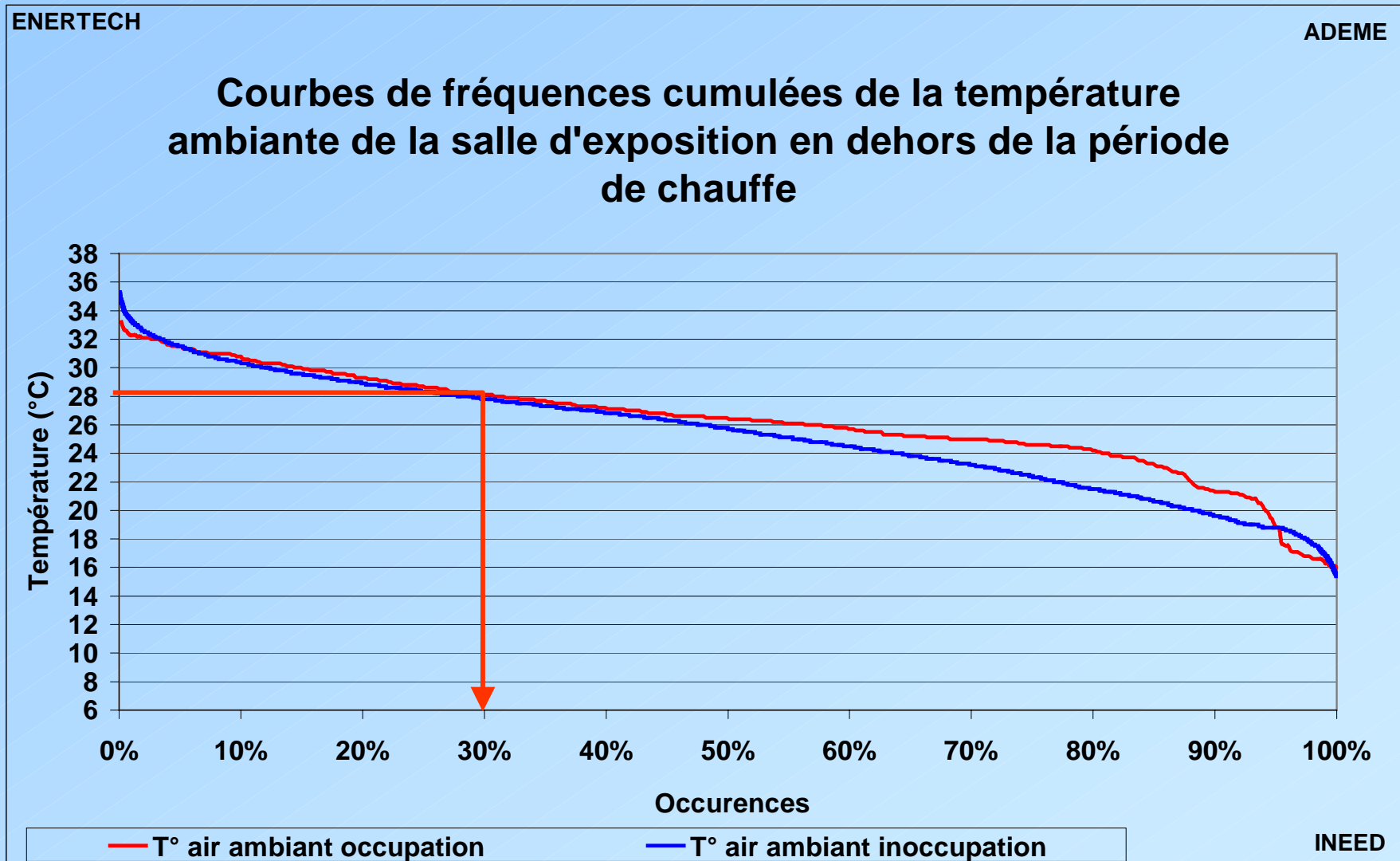
### Confort d'été des bureaux Juillet et Août



# Analyse des températures

Salle d'exposition  
Été

Le rapport  $S_v/S_{utile}$  de cette salle vaut 49%....



**Consommation de chauffage**

---

*Quelques résultats après  
1 an de mesure*

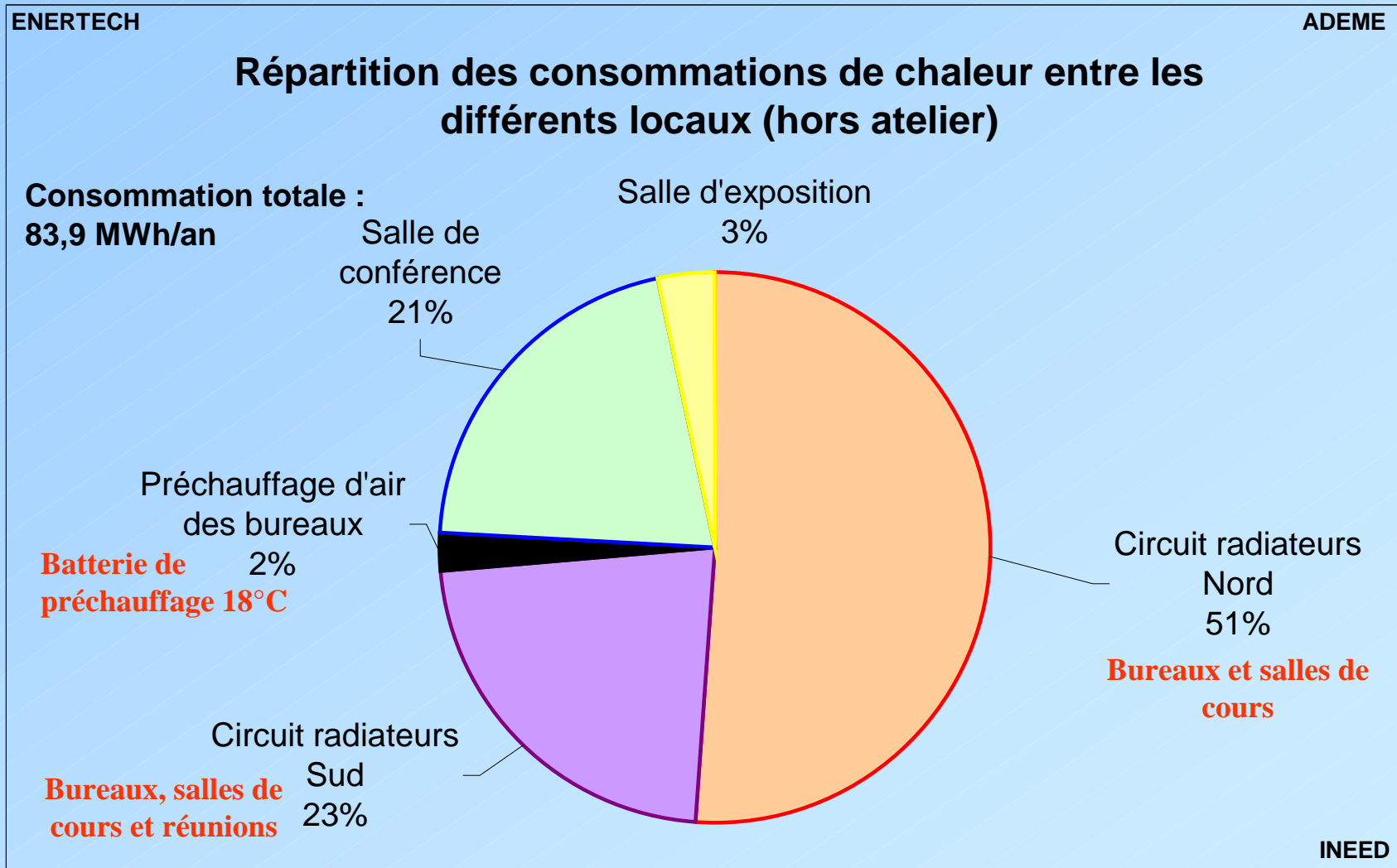
# **CONSOMMATION DE CHAUFFAGE**

# Consommation de chauffage

## Répartition des consommations

Consommation de chaleur sortie chaudière :

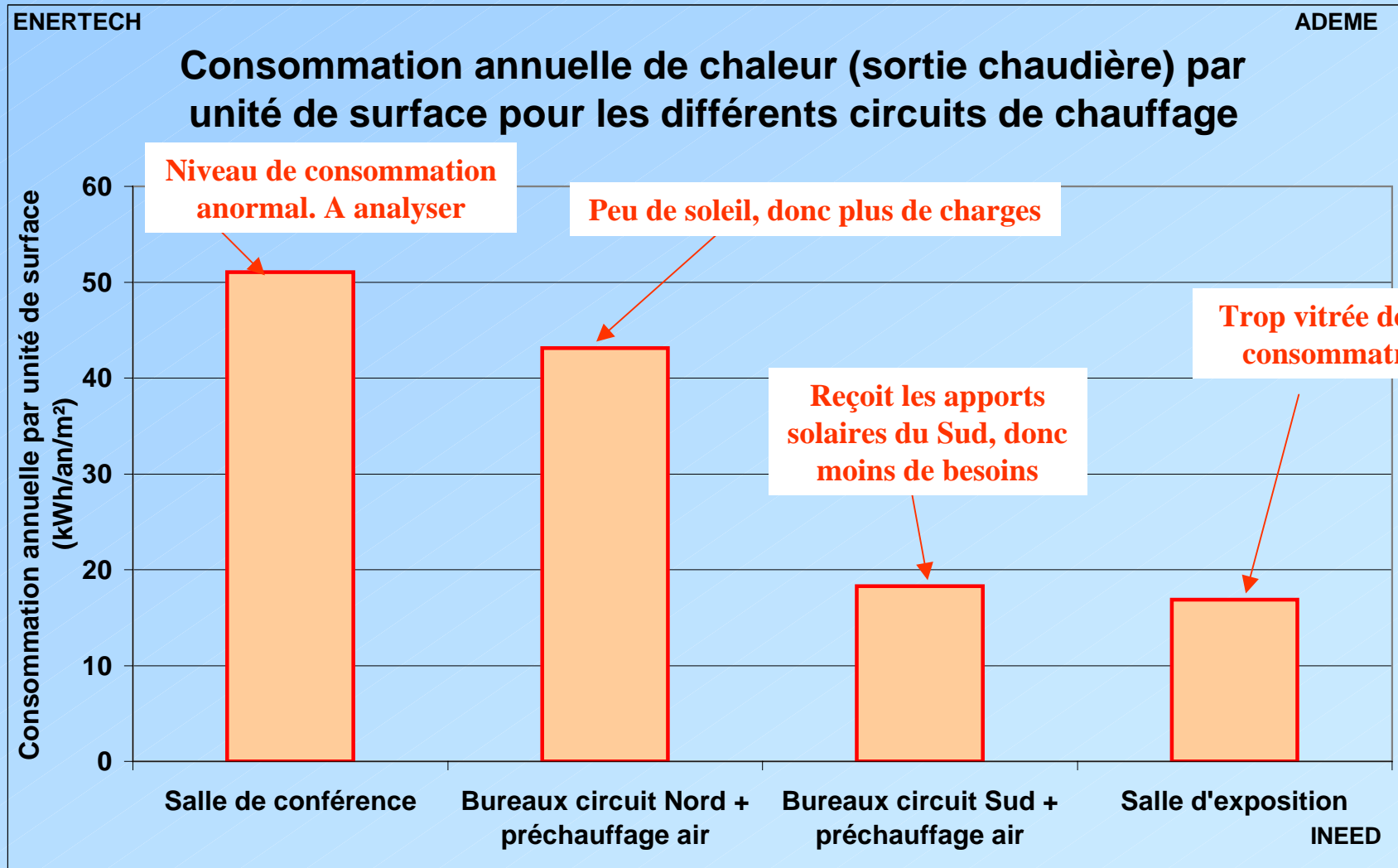
**83,9 MWh/an**





# Consommation de chauffage

Répartition des consommations



**ETUDES THERMIQUES**

---

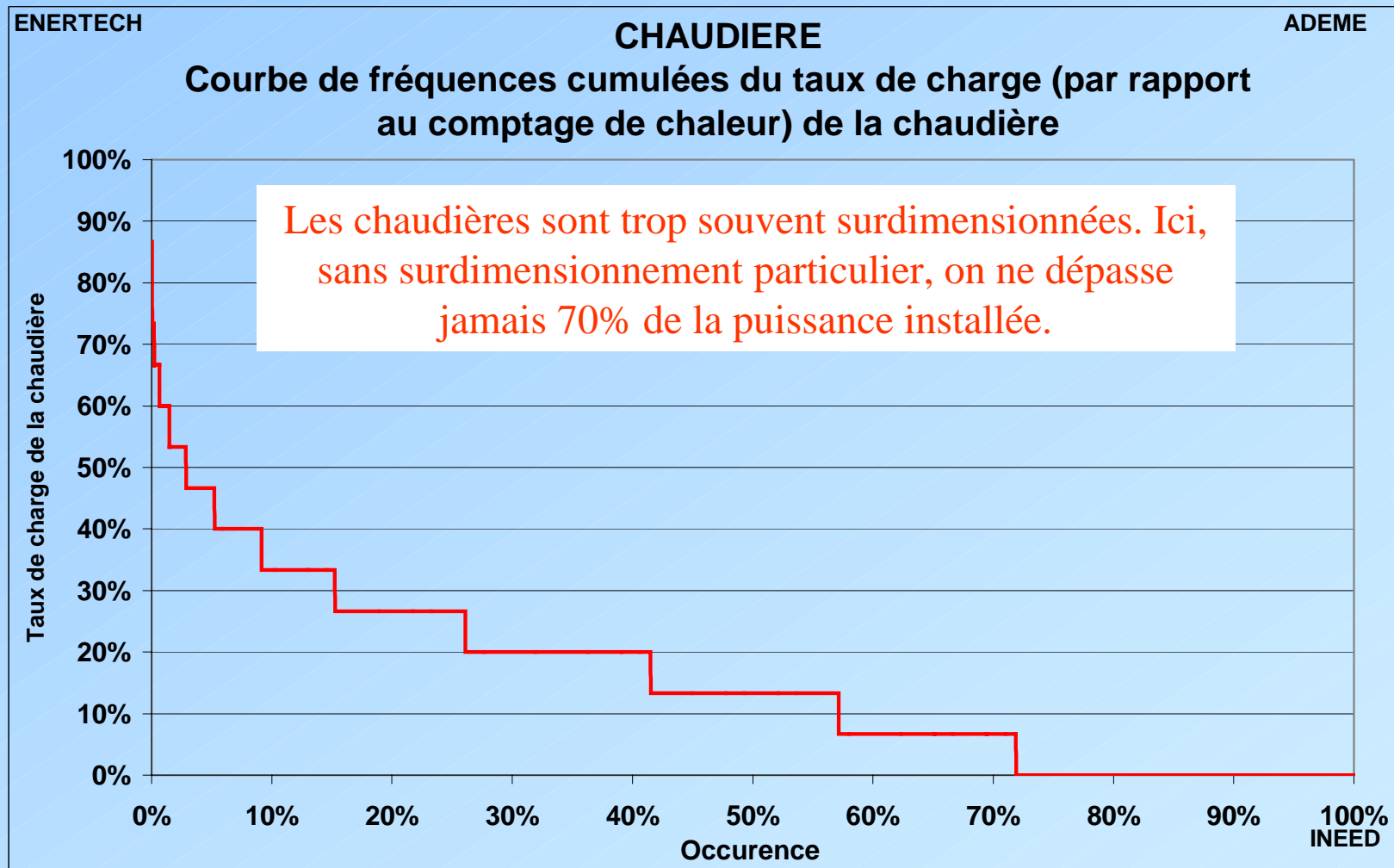
*Quelques résultats après  
1 an de mesure*

# **ETUDES THERMIQUES**

# ETUDES THERMIQUES

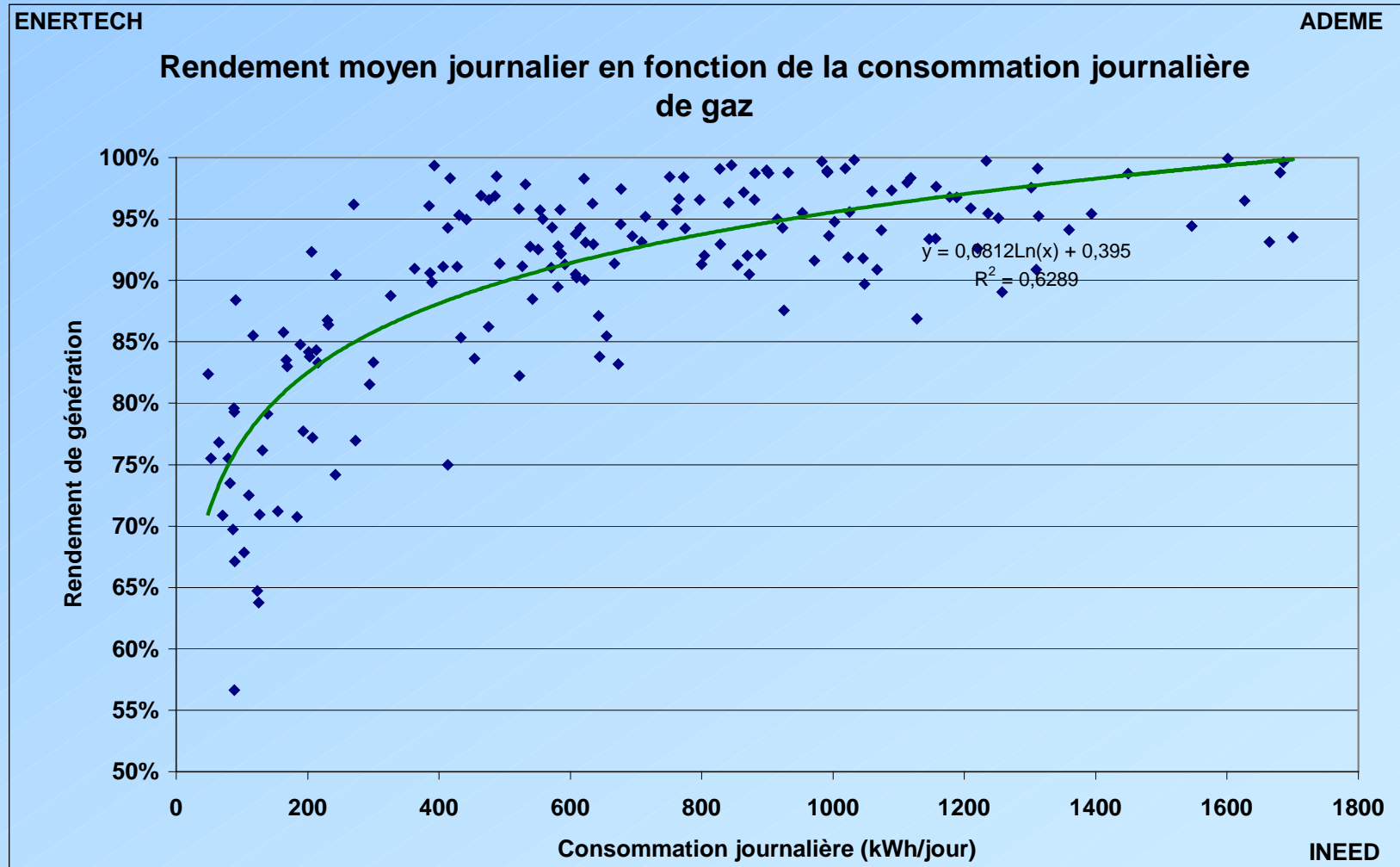
## Taux de charge de la chaudière

Pendant 90 % de la saison de chauffage, le taux de charge de la chaudière est inférieur à 33%....



# ETUDES THERMIQUES

*Rendement de génération de  
la chaudière et de la  
distribution primaire*

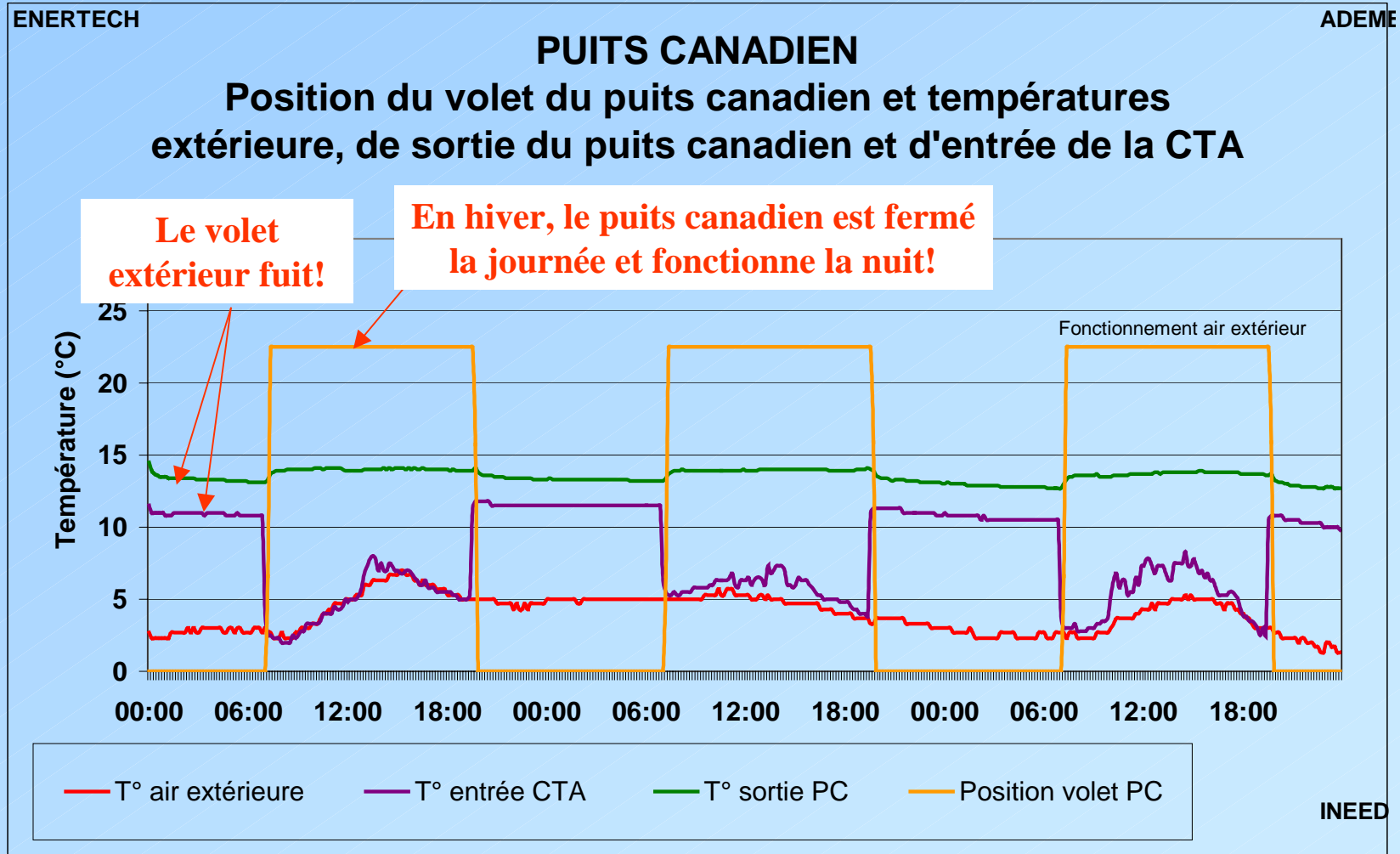




# ETUDES THERMIQUES

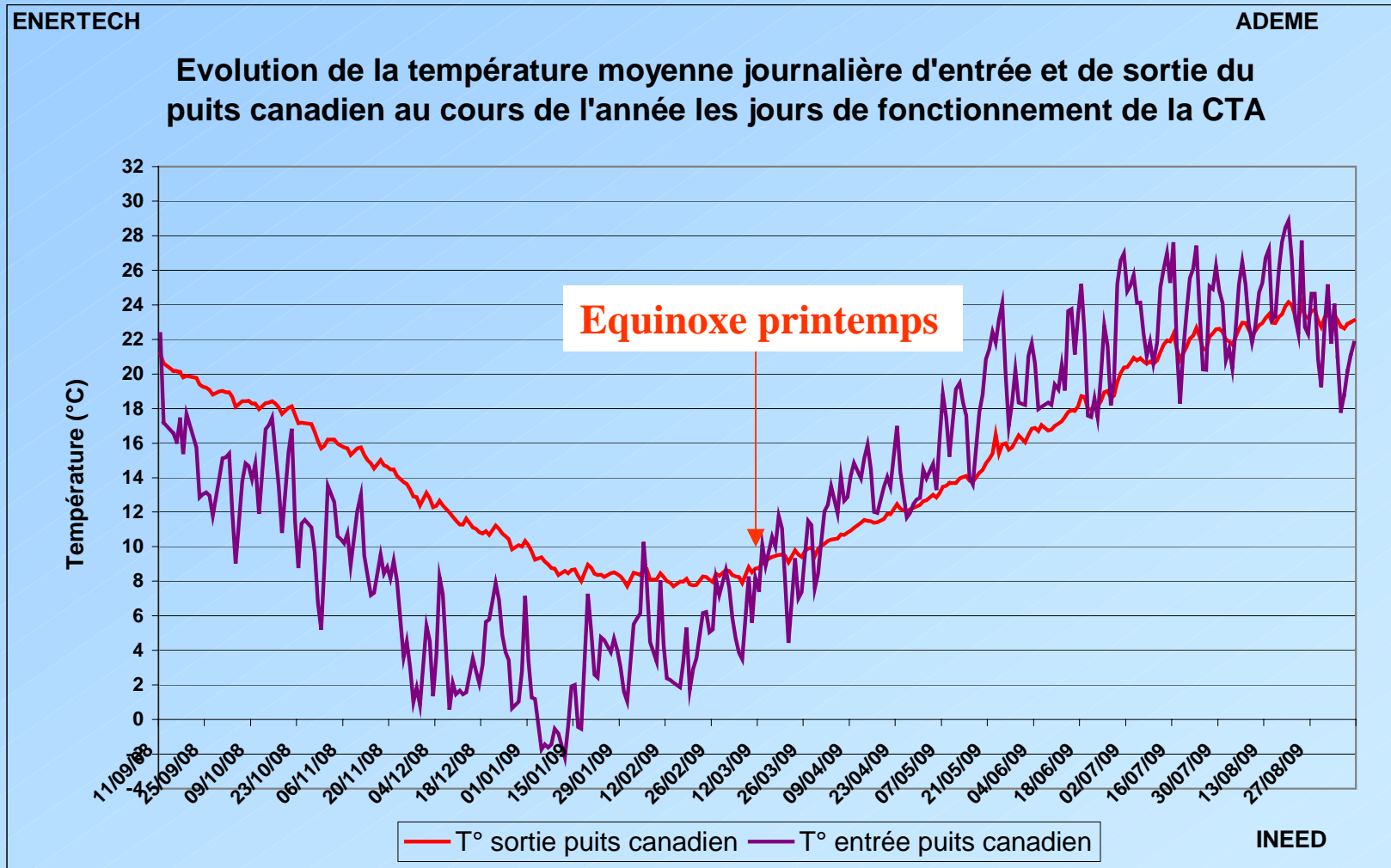
## Étude du puits canadien Hiver

Dysfonctionnement du volet de sélection  
air extérieur/air issu du puits canadien

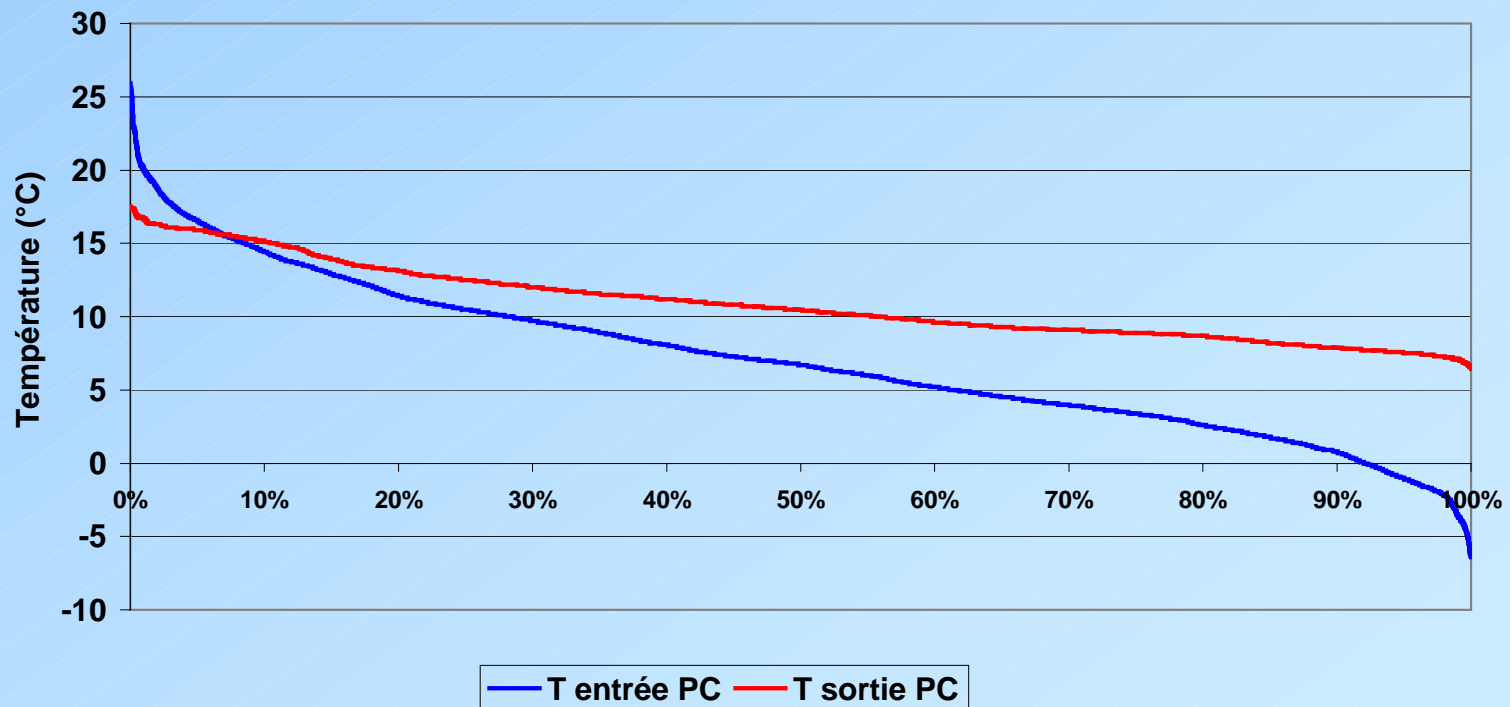


# ETUDES THERMIQUES

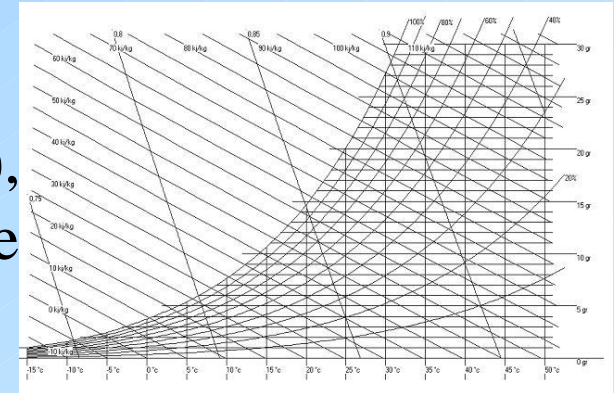
## Étude du puits canadien



**PUITS CANADIEN**  
Courbes de fréquences cumulées des températures  
d'entrée et de sortie du puits canadien pendant la saison de  
chauffe



La mesure des températures et hygrométries entrée/sortie (et donc la connaissance de l'enthalpie), a permis de déterminer précisément l'énergie fournie par le puits canadien :



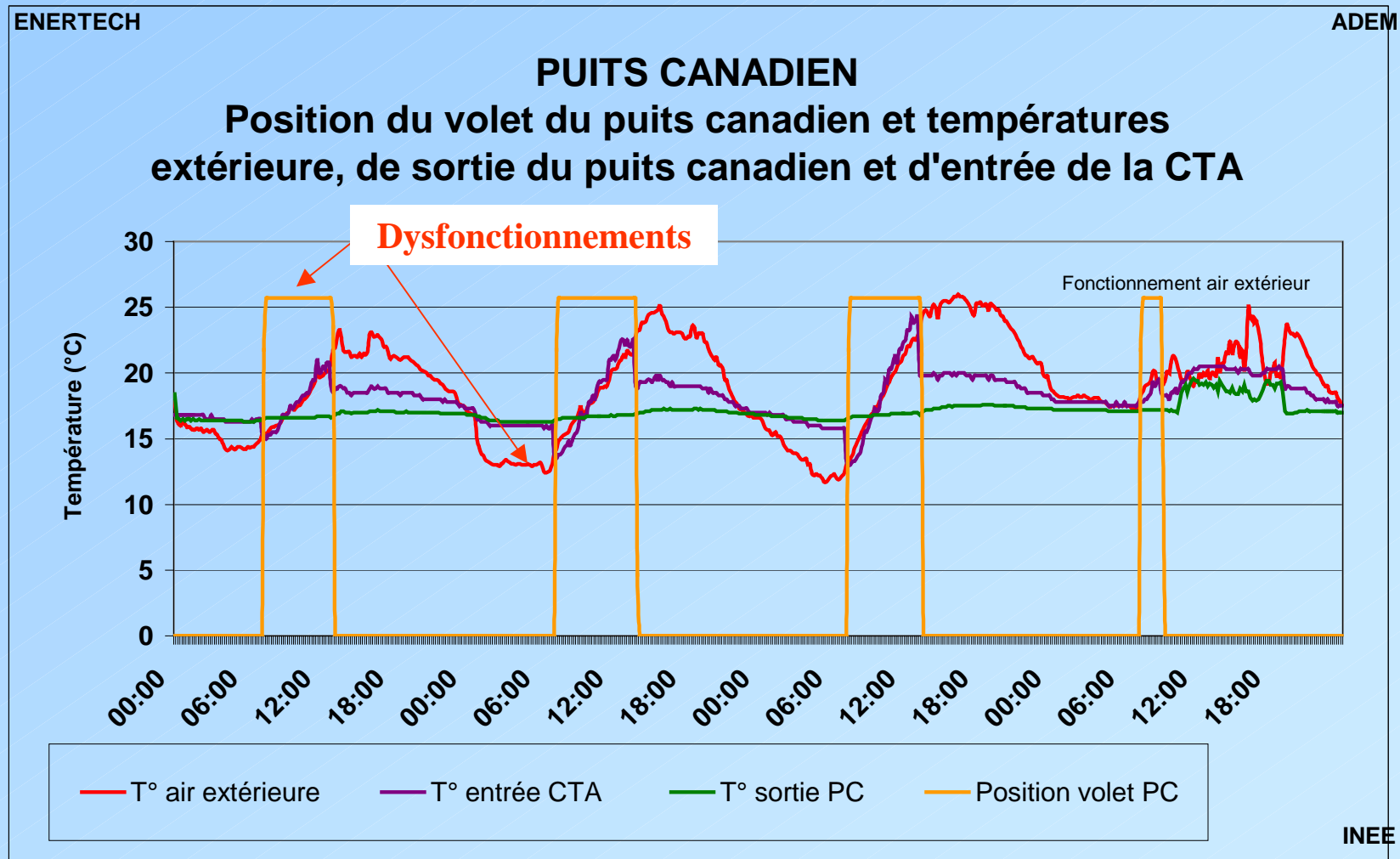
- **5 294 kWh/an (soit 2,5 kWh/m<sup>2</sup>/an)** pour un fonctionnement avec de l'air provenant uniquement du puits canadien et en dehors des périodes d'occupation (cas actuel, donc en dysfonctionnement)
- **6 071 kWh/an (soit 2,88 kWh/m<sup>2</sup>/an)** pour un fonctionnement de la CTA uniquement pendant les heures ouvrées avec le volet de la CTA en position permettant l'amenée d'air depuis le puits canadien (fonctionnement optimum).

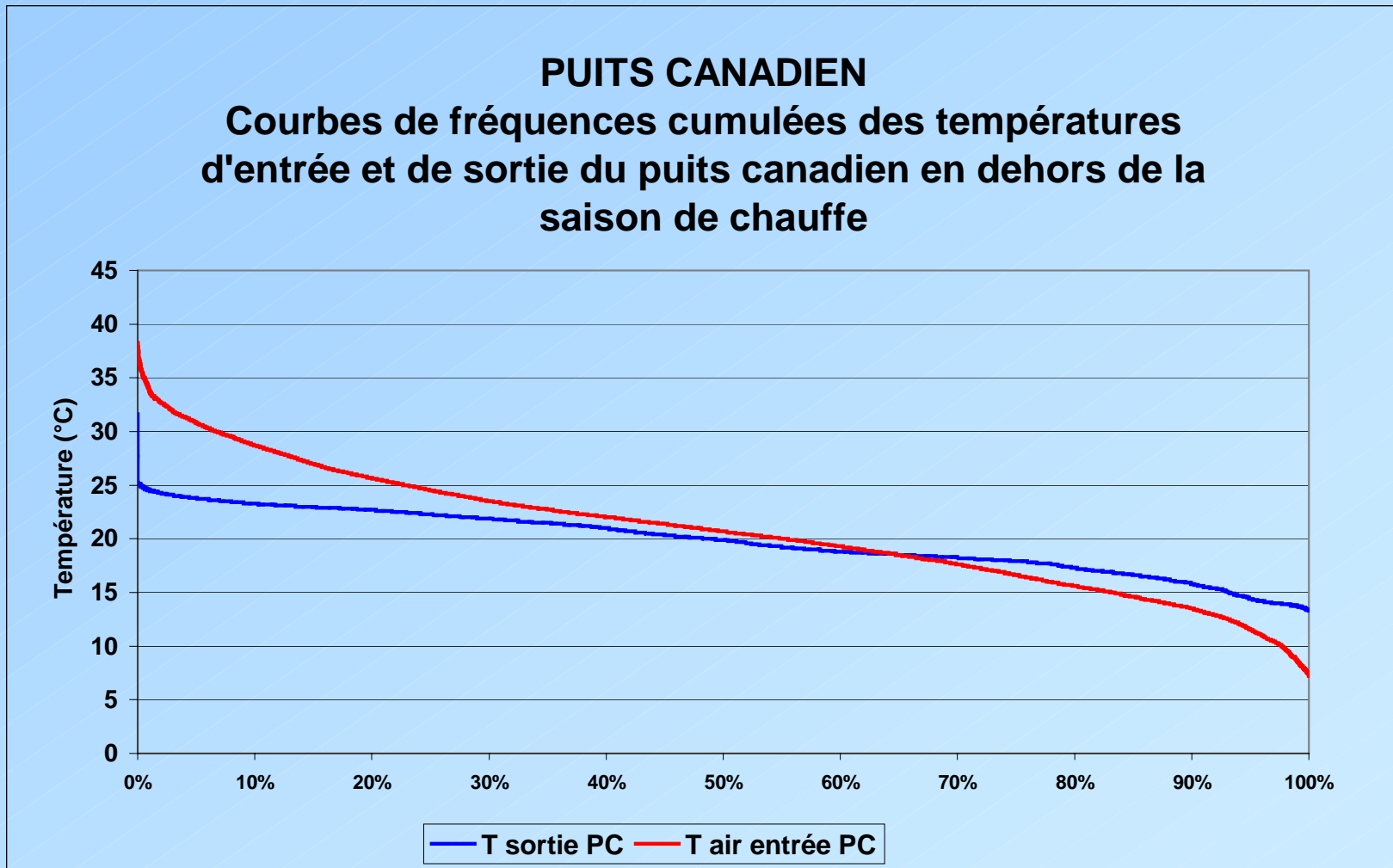


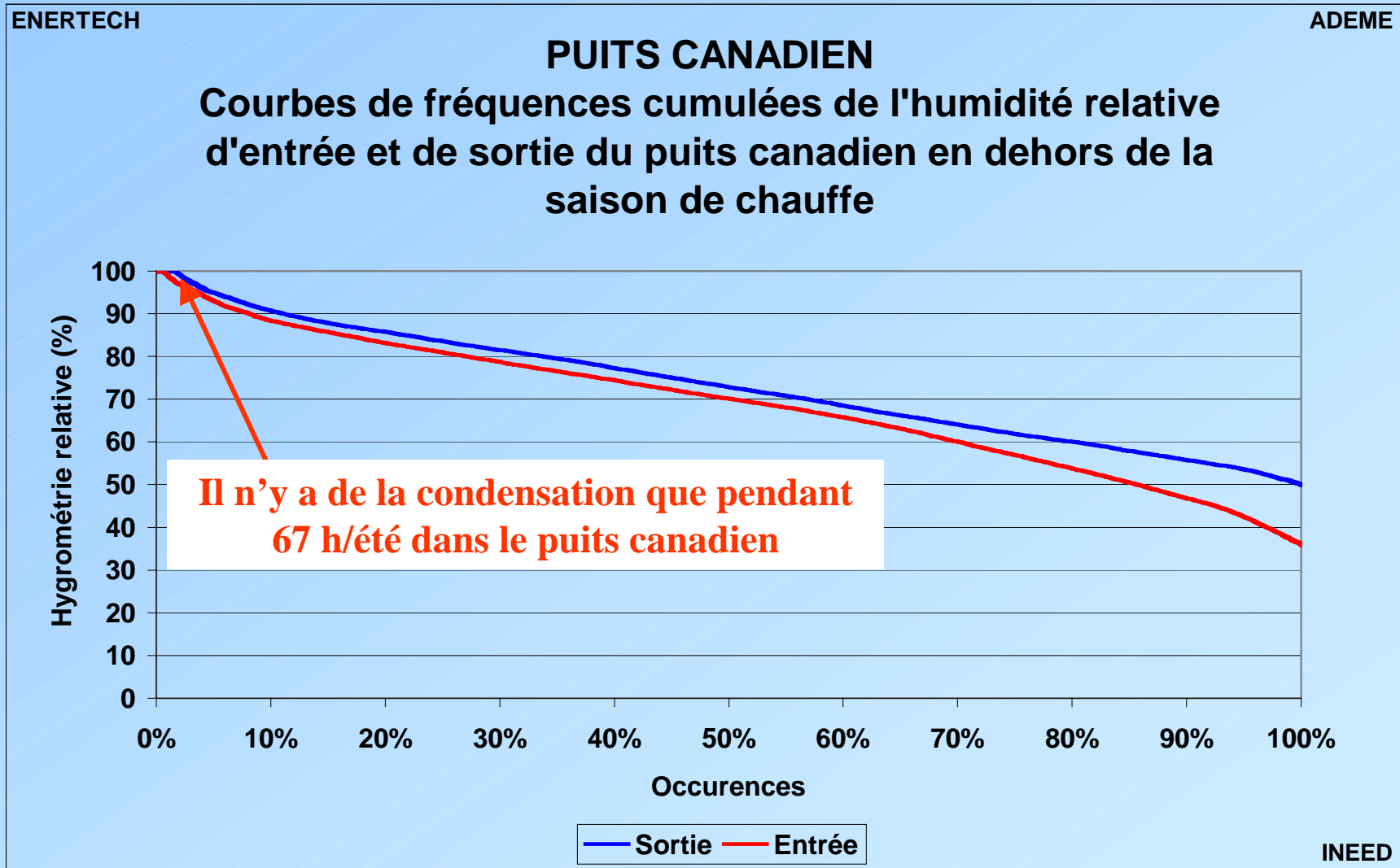
# ETUDES THERMIQUES

## Étude du puits canadien Été

En été, le puits est bypassé la journée! Et la nuit, il fonctionne parfois alors qu'il fait plus frais dehors...



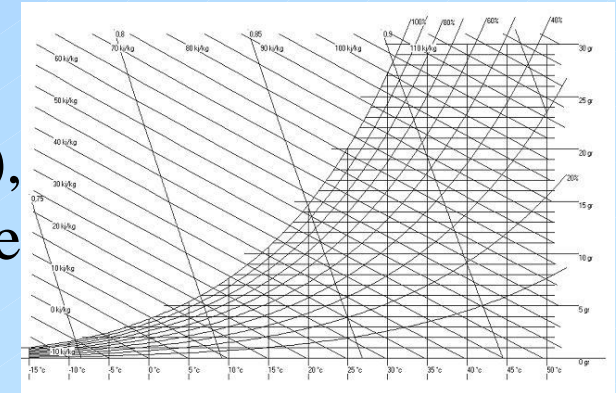




# ETUDES THERMIQUES

## Étude du puits canadien Eté

La mesure des températures et hygrométrie entrée/sortie (et donc la connaissance de l'enthalpie), a permis de déterminer précisément l'énergie fournie par le puits canadien :



**3 816 kWh/an (soit 1,8 kWh/m<sup>2</sup>/an) de rafraîchissement pour un fonctionnement avec de l'air provenant du puits canadien selon la régulation actuelle (donc en dysfonctionnement),**



**ELECTRICITE...**  
**...LES DETAILS**

# CONSOMMATIONS D'ELECTRICITE

Consommation moyenne : 26,1 kWh/m<sup>2</sup><sub>utile</sub>/an

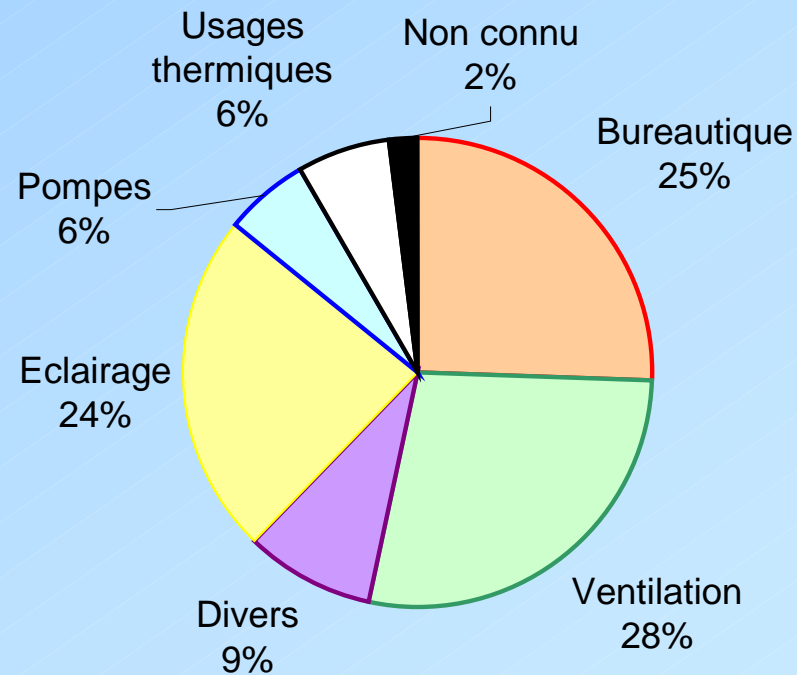
Répartition de la consommation

ENERTECH

ADEME

## Répartition des consommations d'électricité entre les différents postes (hors atelier)

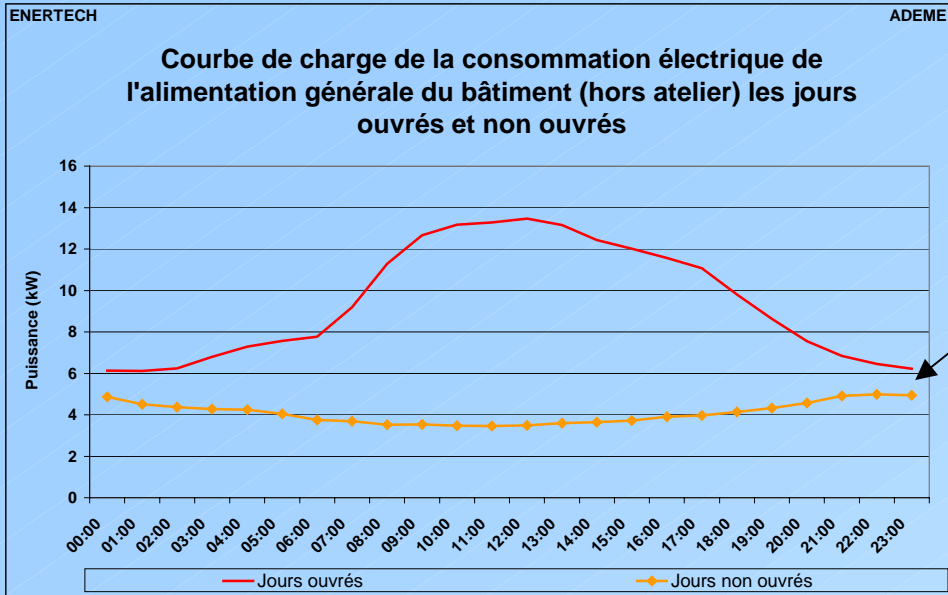
Consommation totale : 68 250 kWh/an



INEED

# CONSOMMATIONS D'ELECTRICITE

## Répartition de la consommation

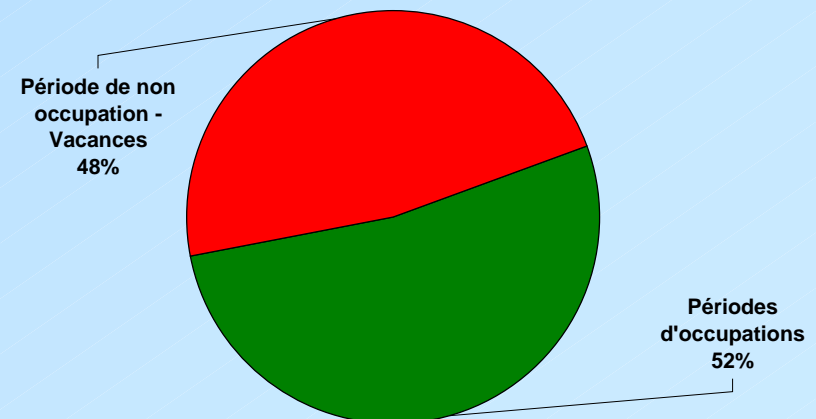


**Puissance de veille comprise entre 4 et 6,5 kW**

**La puissance maximum atteinte par le bâtiment en une année a été de 27,4 kW soit 10,5 W/m<sup>2</sup>. 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



# ECLAIRAGE

Répartition de la consommation

Eclairage :  $6,2 \text{ kWh}_{\text{el}}/\text{m}^2_{\text{utile}}/\text{an}$

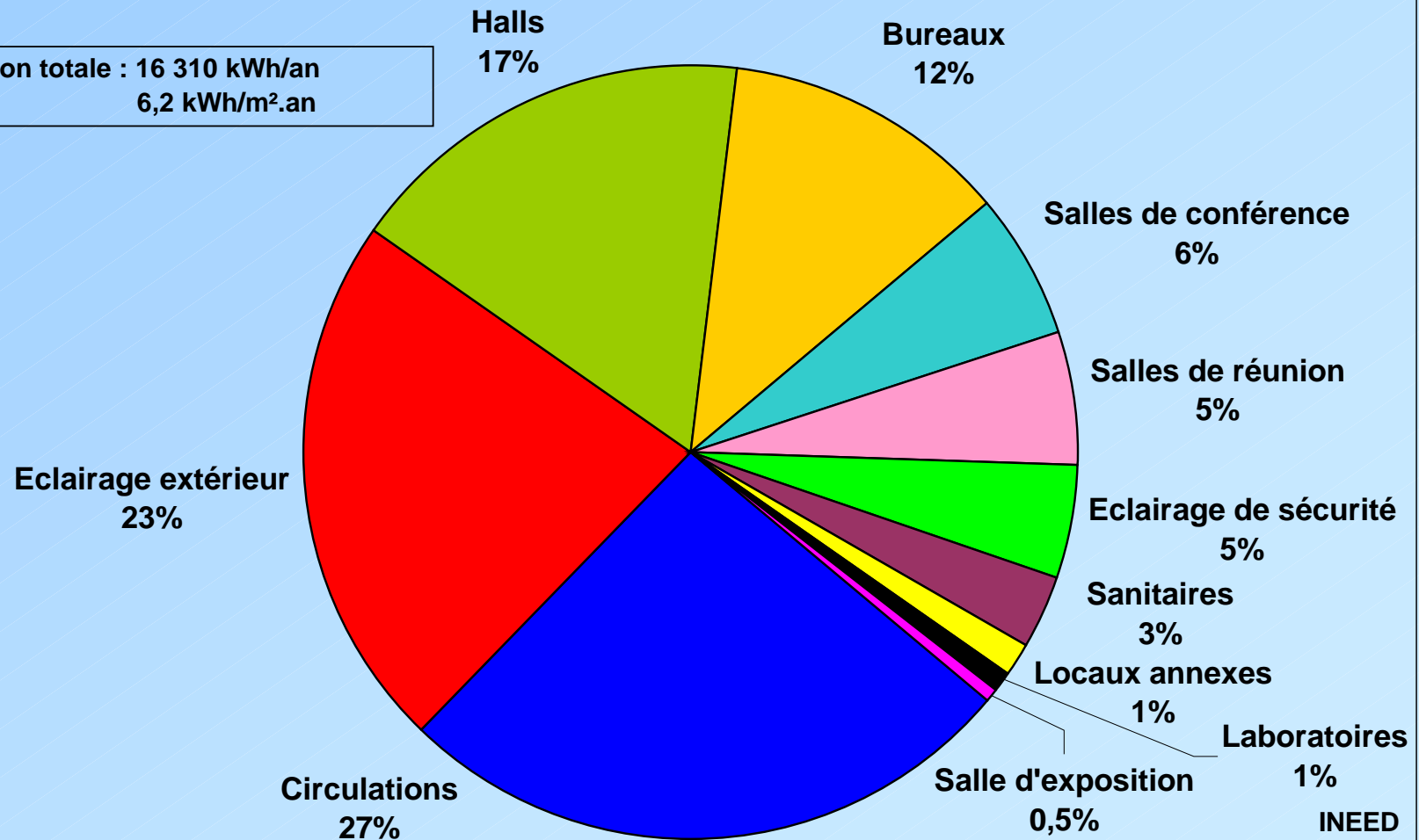
ENERTECH

## ECLAIRAGE - BÂTIMENT (hors atelier)

ADEME

Répartition de la consommation annuelle entre les locaux

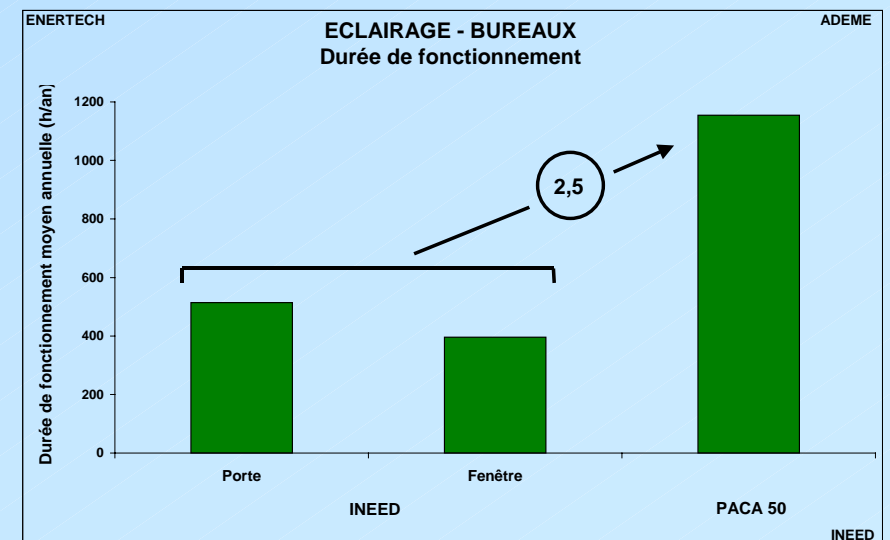
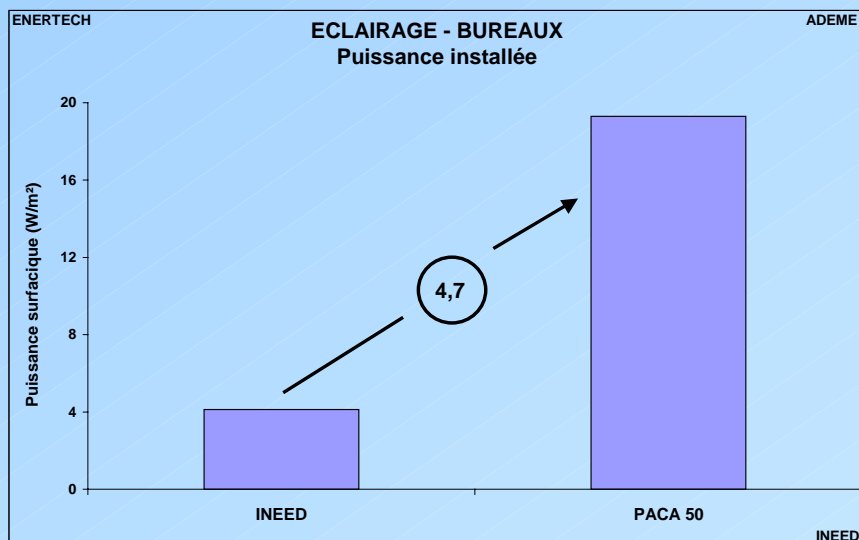
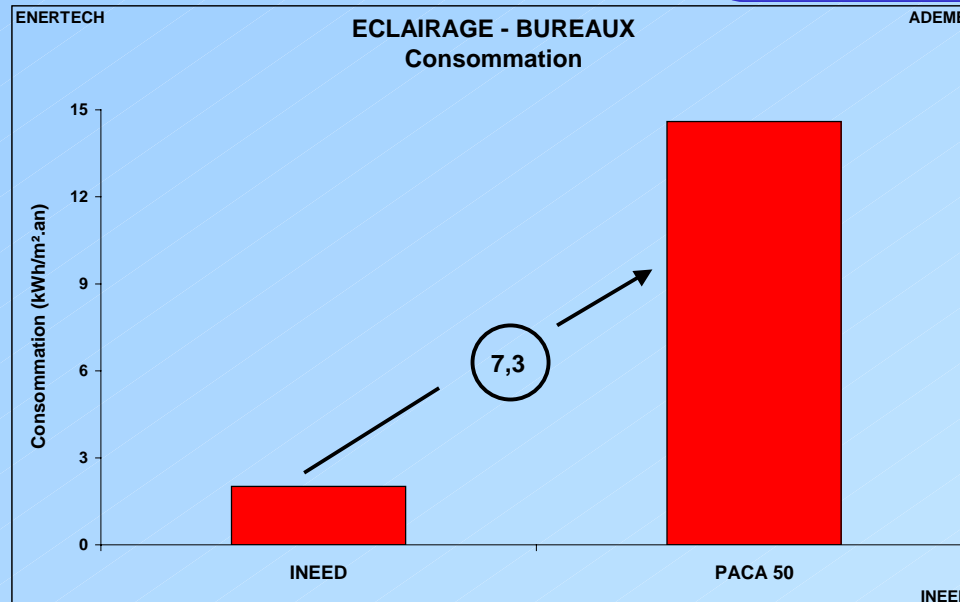
Consommation totale : 16 310 kWh/an  
6,2 kWh/m<sup>2</sup>.an





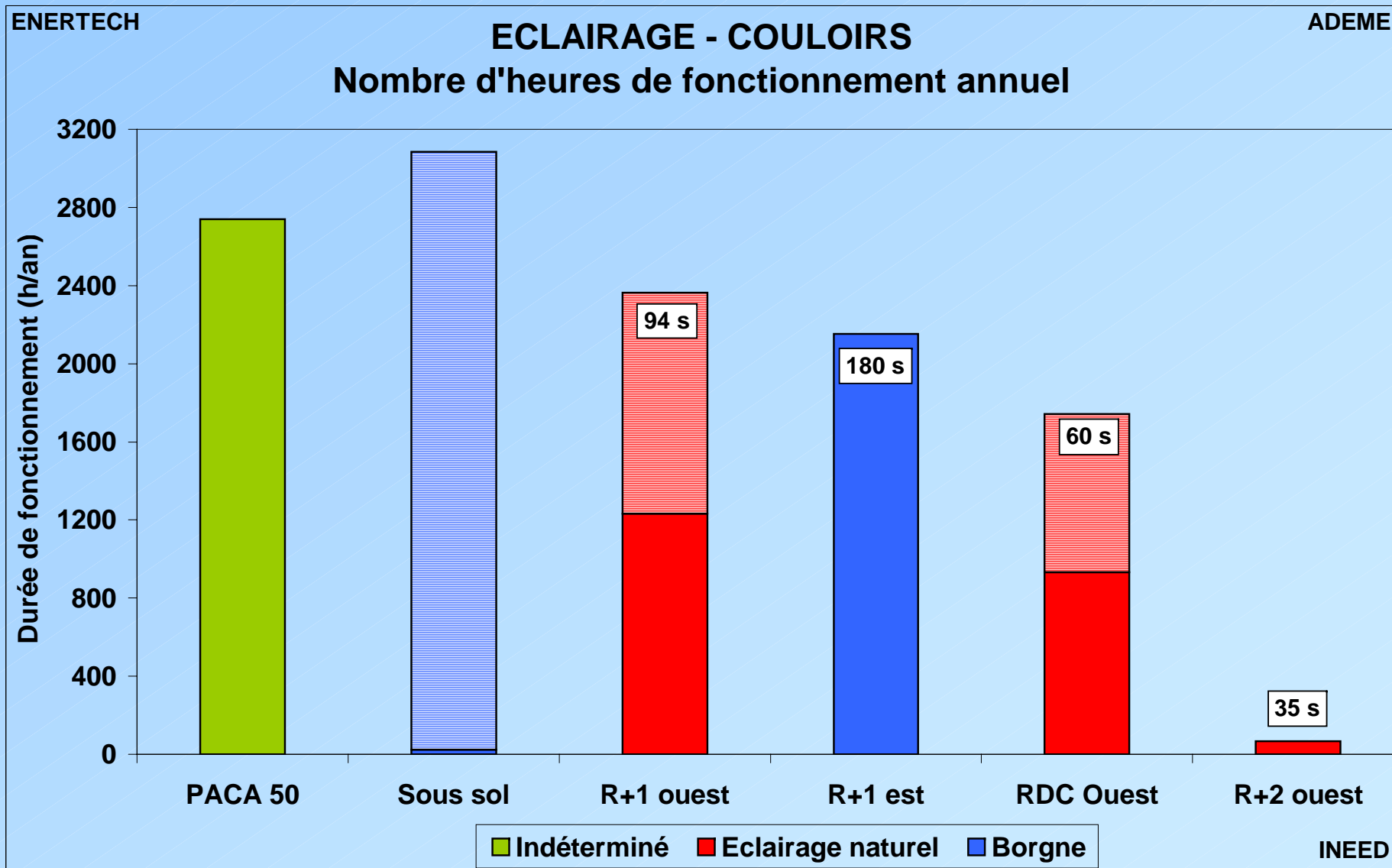
# ECLAIRAGE

## Les bureaux



# ECLAIRAGE

*Les circulations*

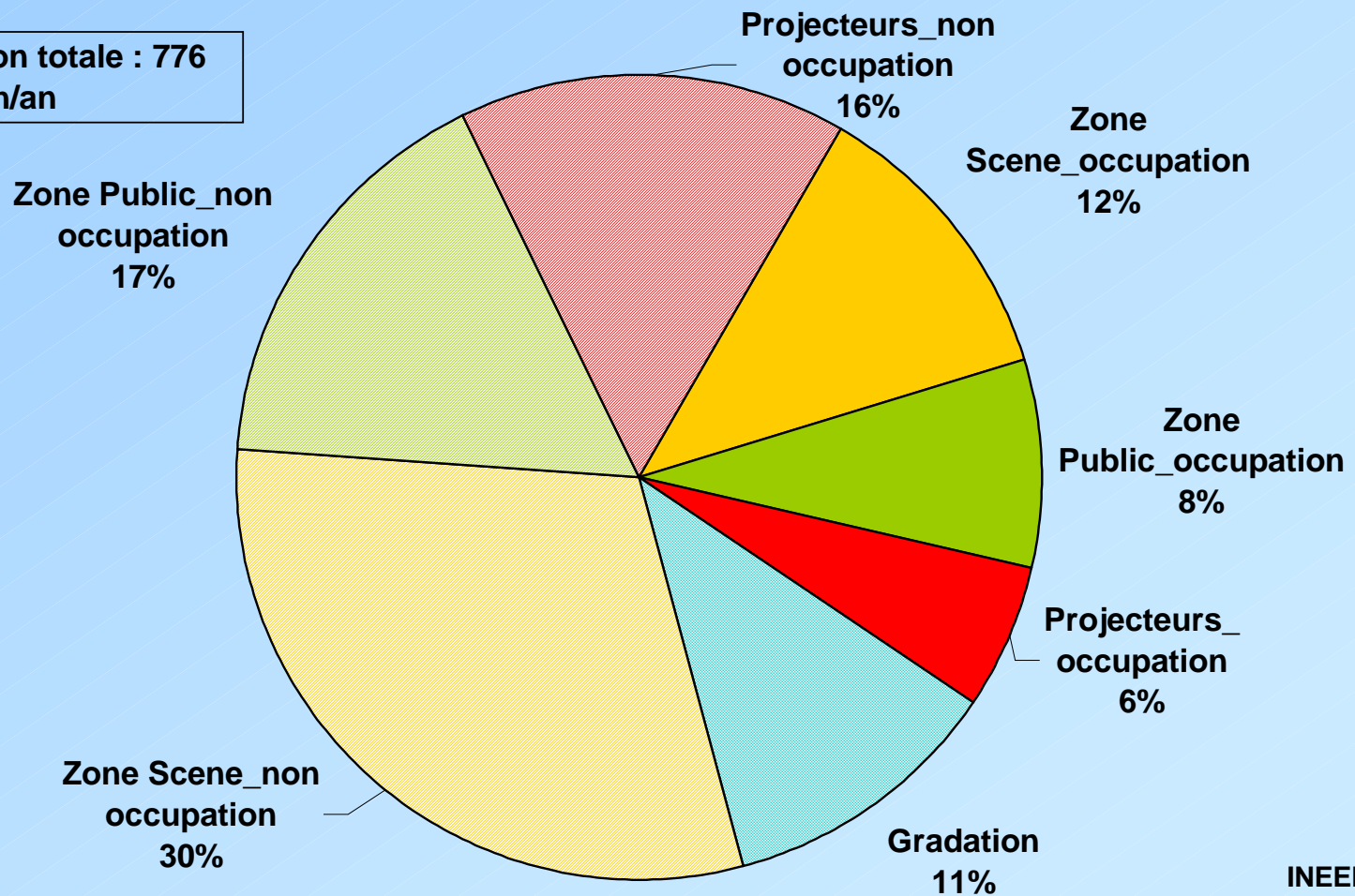


ENERTECH

ADEME

### ECLAIRAGE - SALLE DE CONFERENCE Répartition de la consommation

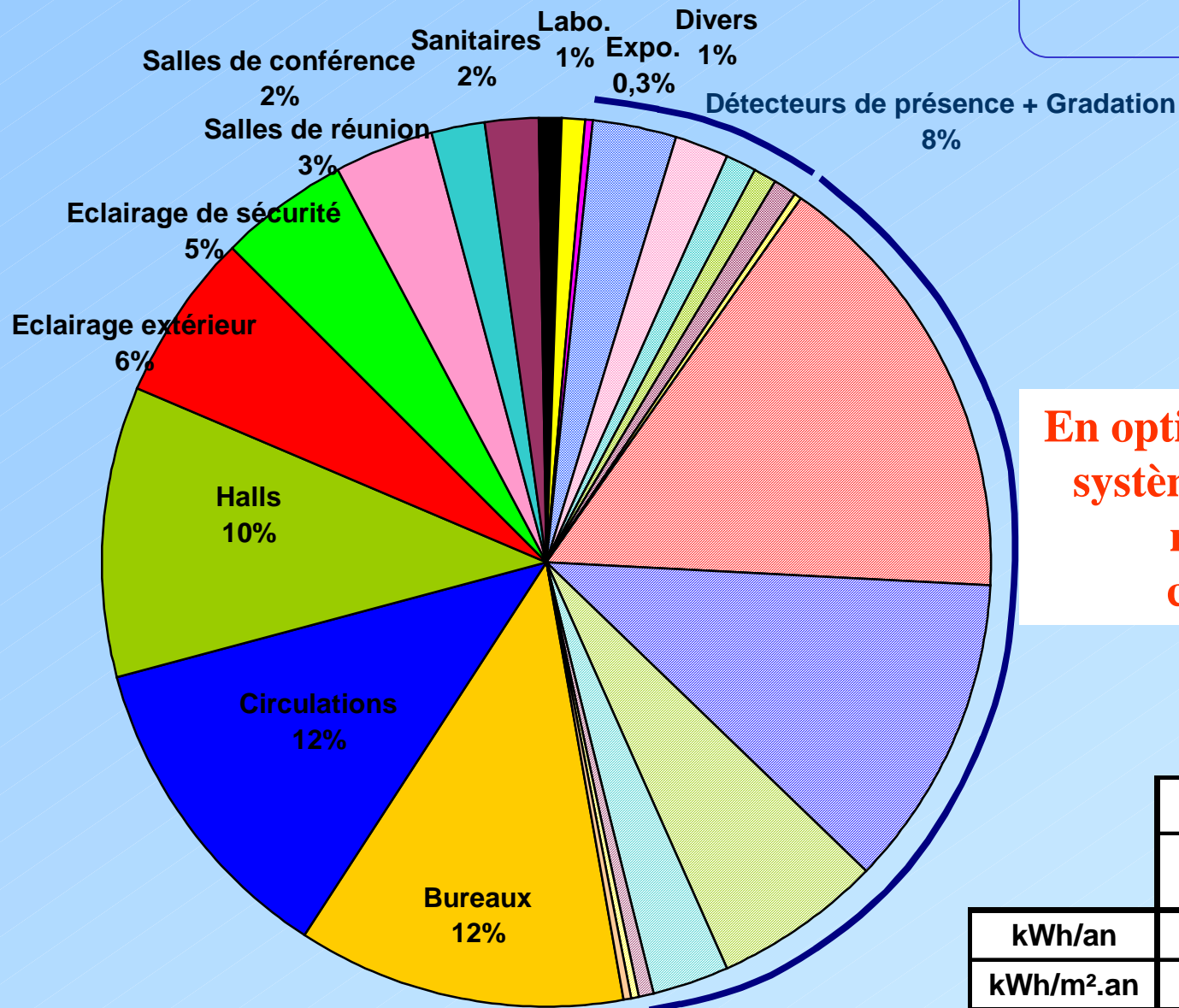
Consommation totale : 776  
kWh/an



INEED

# ECLAIRAGE

*Économies réalisables*



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

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

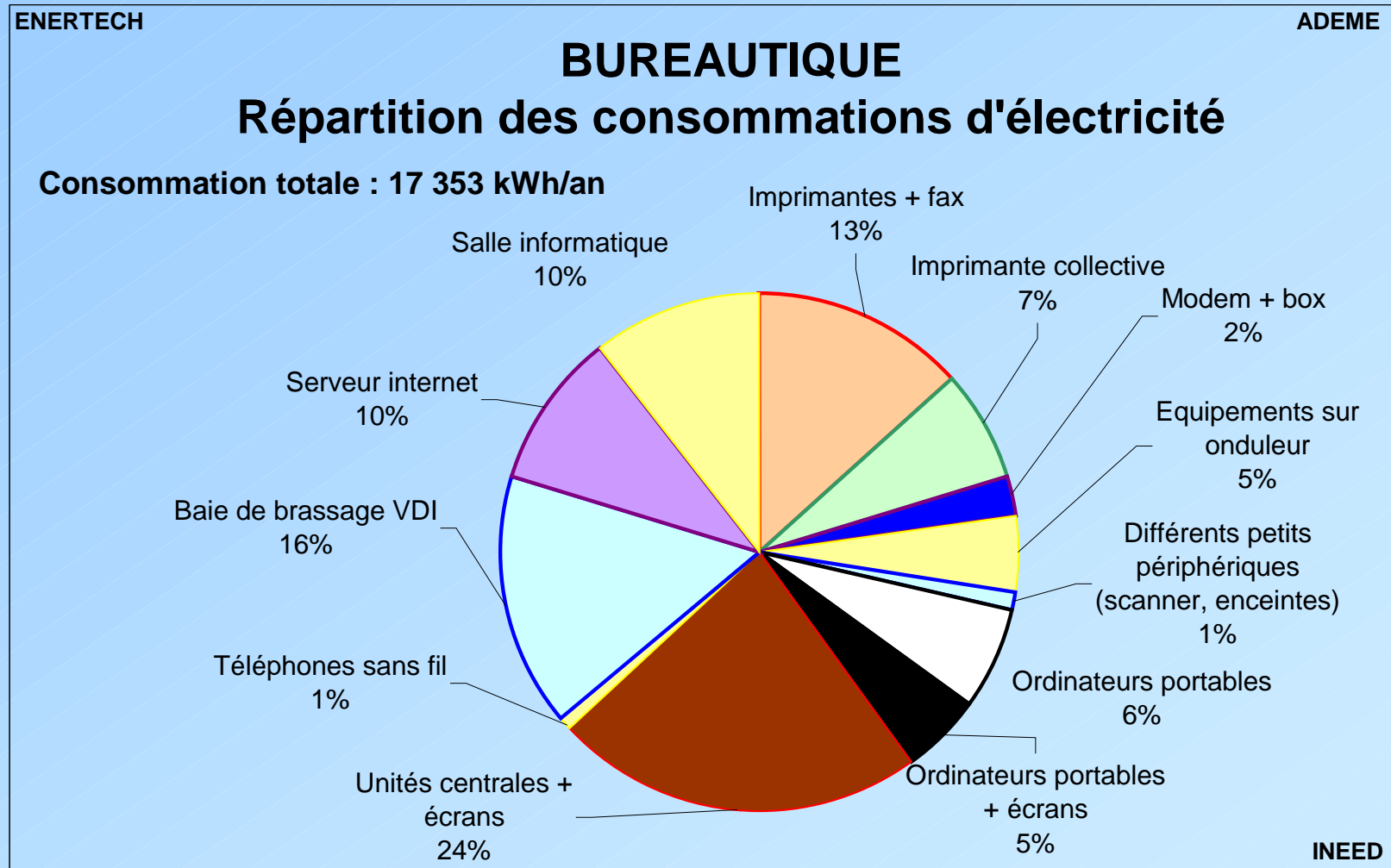


# BUREAUTIQUE

## Répartition de la consommation

Bureautique :  $6,6 \text{ kWh}_{el}/\text{m}^2_{\text{utile}}/\text{an}$

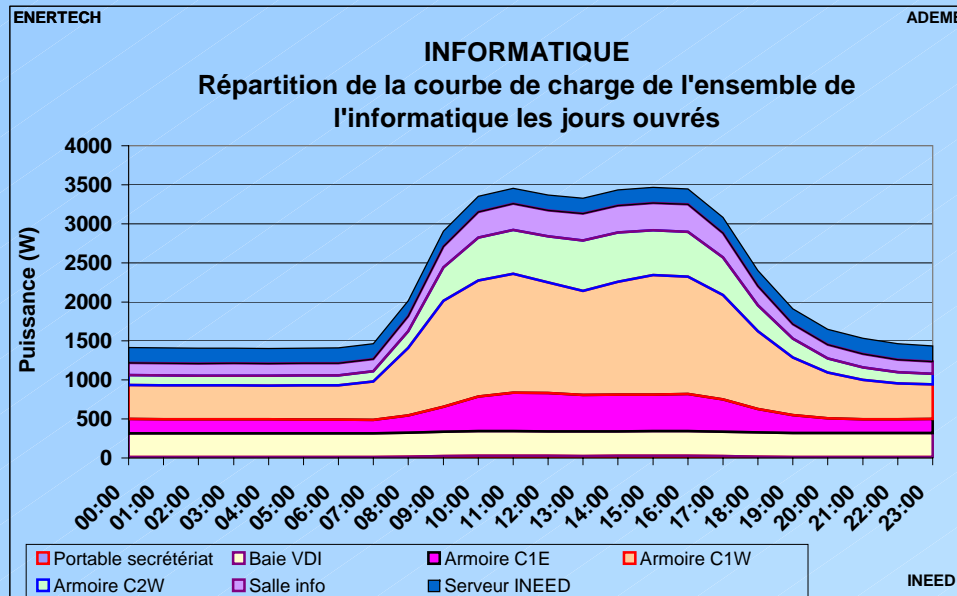
Moyenne française sur 50 bâtiments :  $40,0 \text{ kWh}_{el}/\text{m}^2_{\text{utile}}/\text{an}$



# BUREAUTIQUE

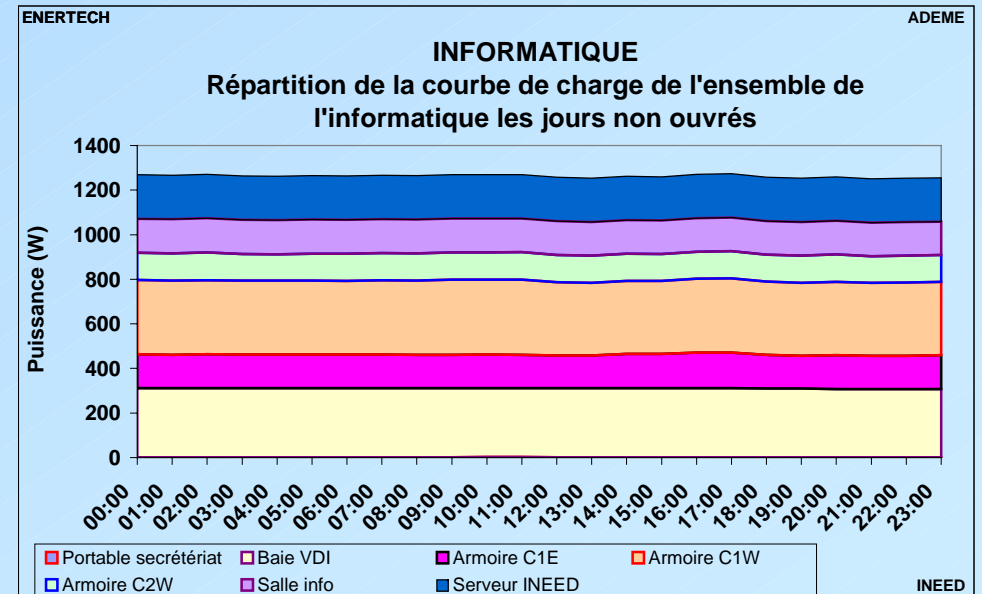
## Étude du poste

### Courbe de charge les jours ouvrés :



Imprimante collective : 120 W de veille  
Baie VDI (Téléphone) : 309 W  
Serveur INEED : environ 200 W

### Courbe de charge les jours non ouvrés (veille) :

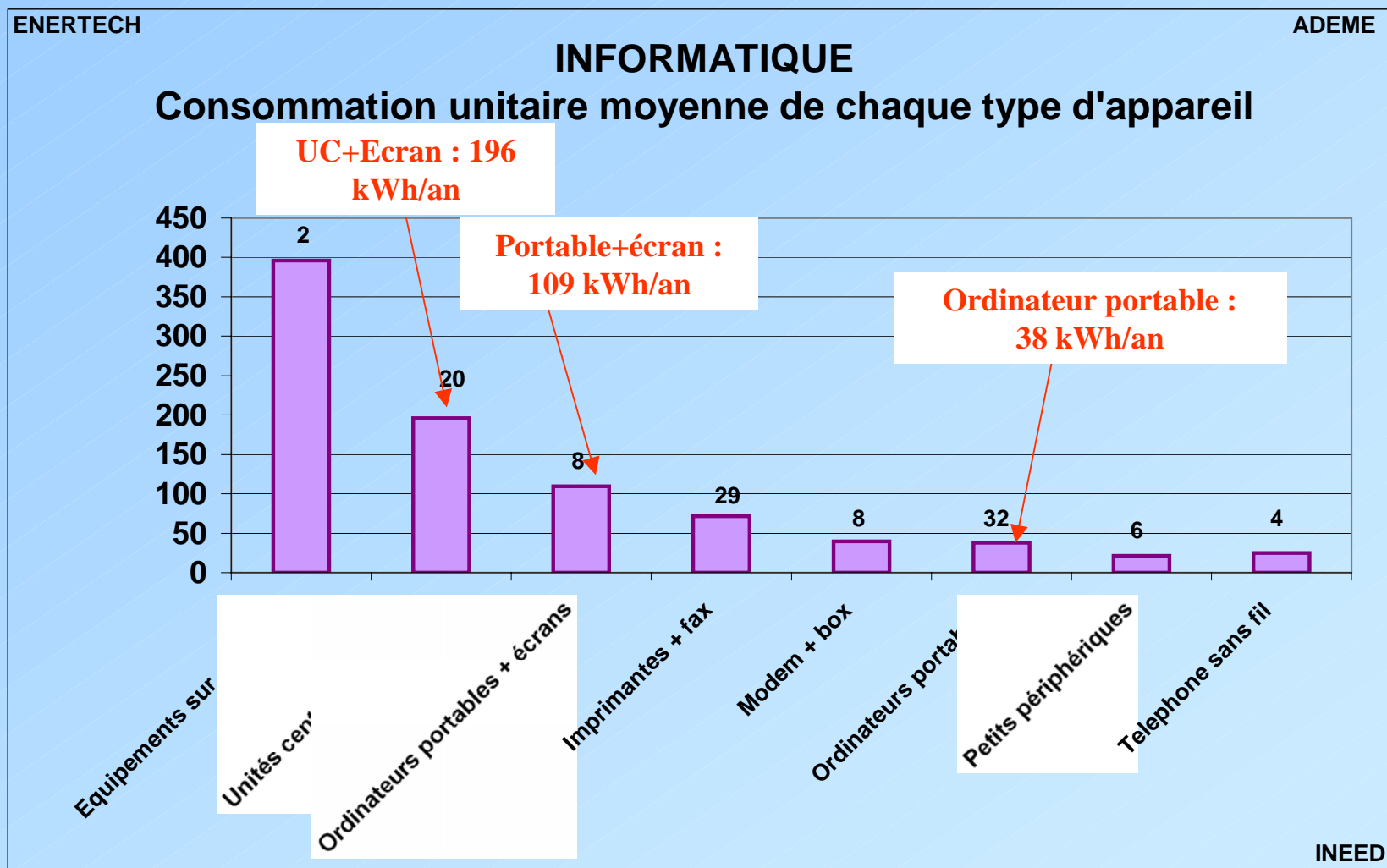


La veille : Pas qu'un seul coupable !

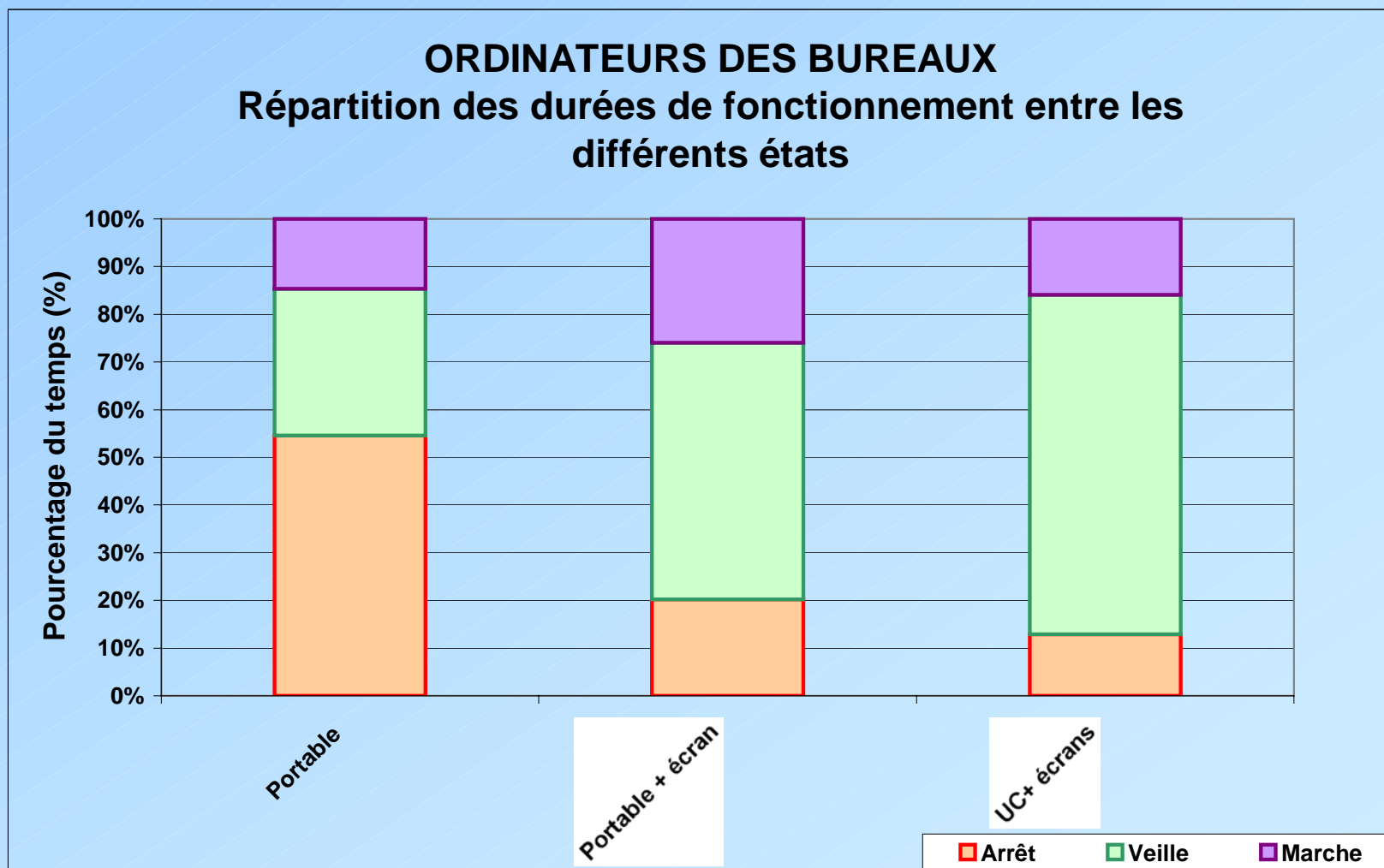
# BUREAUTIQUE

Encore beaucoup trop d'ordinateurs tours et de grands écrans....pour faire du traitement de texte

Répartition de la consommation



### Des veilles à supprimer



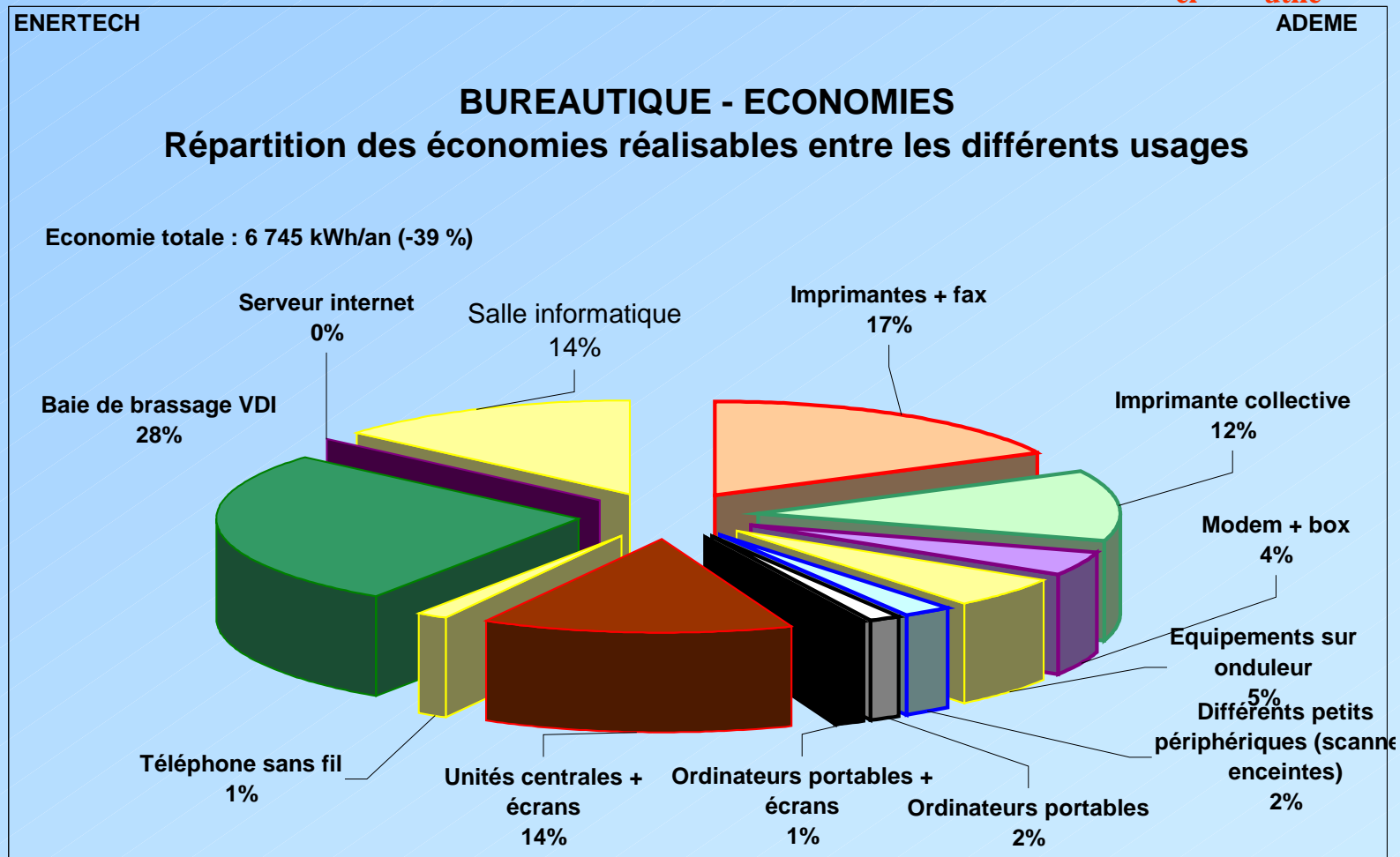


# BUREAUTIQUE

## Economie sur la bureautique

Economies réalisables : **39 %**  
simplement en ne faisant fonctionner les  
équipements que lorsque c'est nécessaire!

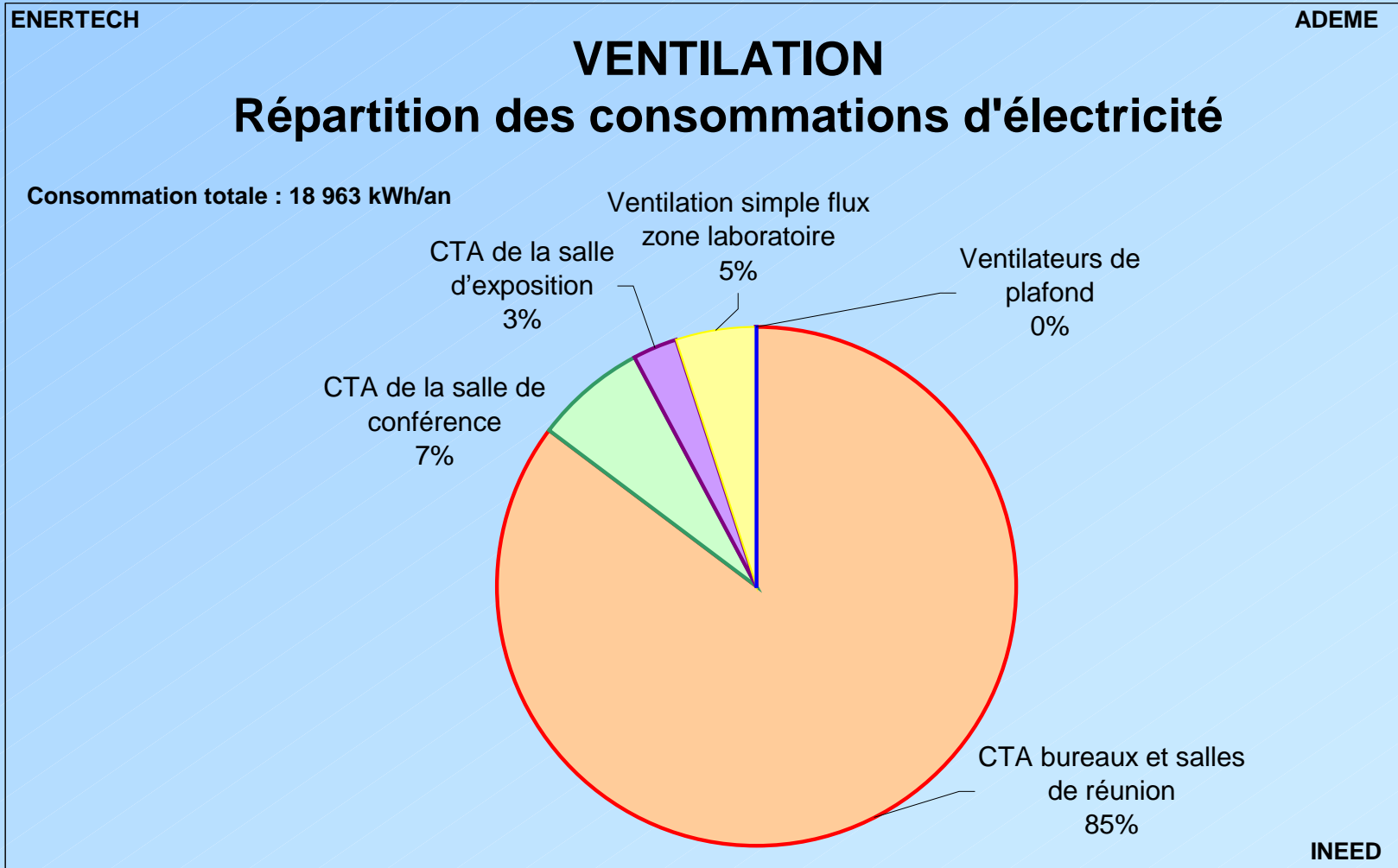
Soit une consommation résiduelle de  
**4,1 kWh<sub>el</sub>/m<sup>2</sup><sub>utile</sub>/an**



# VENTILATION

*Répartition de la consommation*

**Ventilation :  $7,2 \text{ kWh}_{el}/\text{m}^2_{\text{utile}}/\text{an}$**



# VENTILATION

## Étude de la ventilation des bureaux

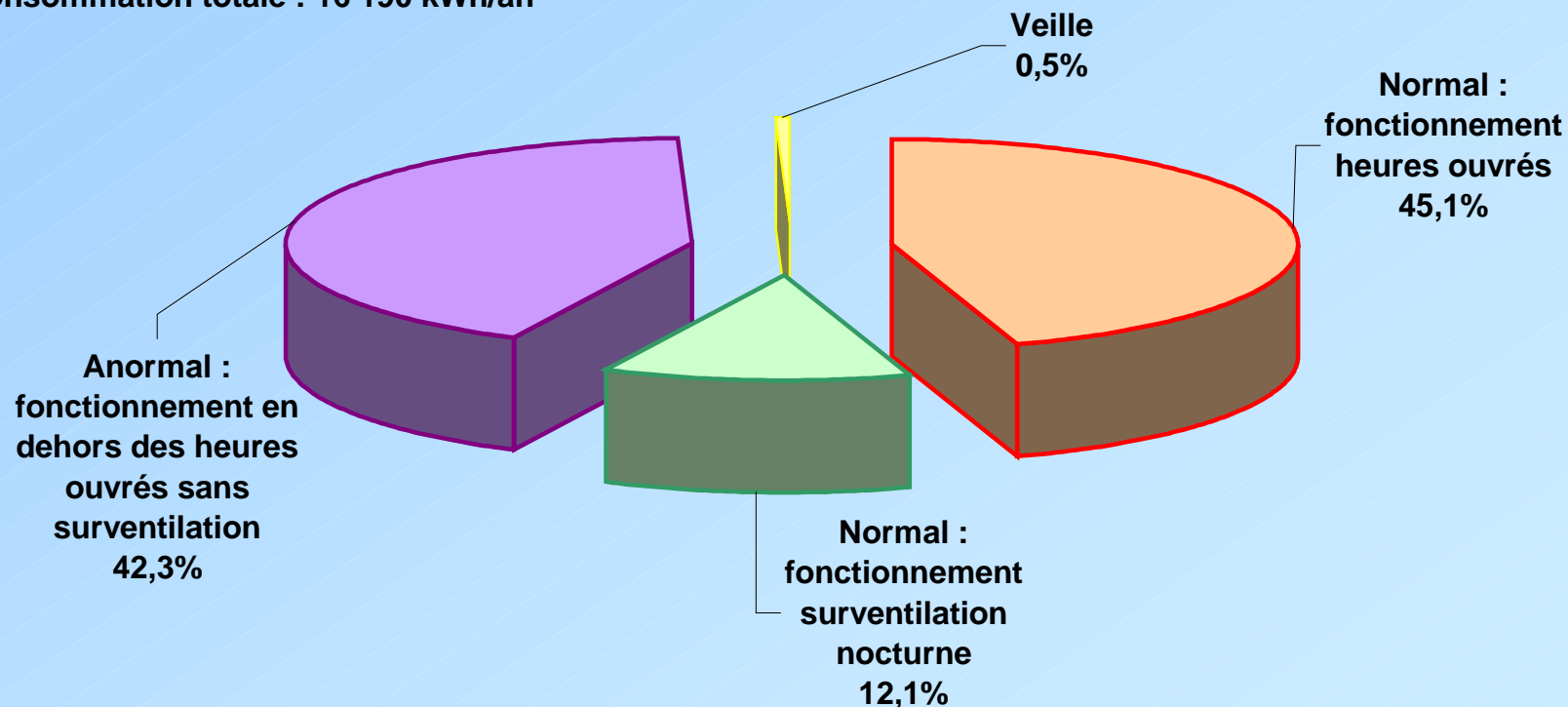
**Ventilation bureaux :  $7,7 \text{ kWh}_{el}/\text{m}^2_{\text{utile}}/\text{an}$**   
dont 42,3 % de fonctionnement anormal !!

ENERTECH

ADEME

### CTA BUREAUX ET SALLES DE REUNION Répartition de la consommation entre les différents régimes de fonctionnement

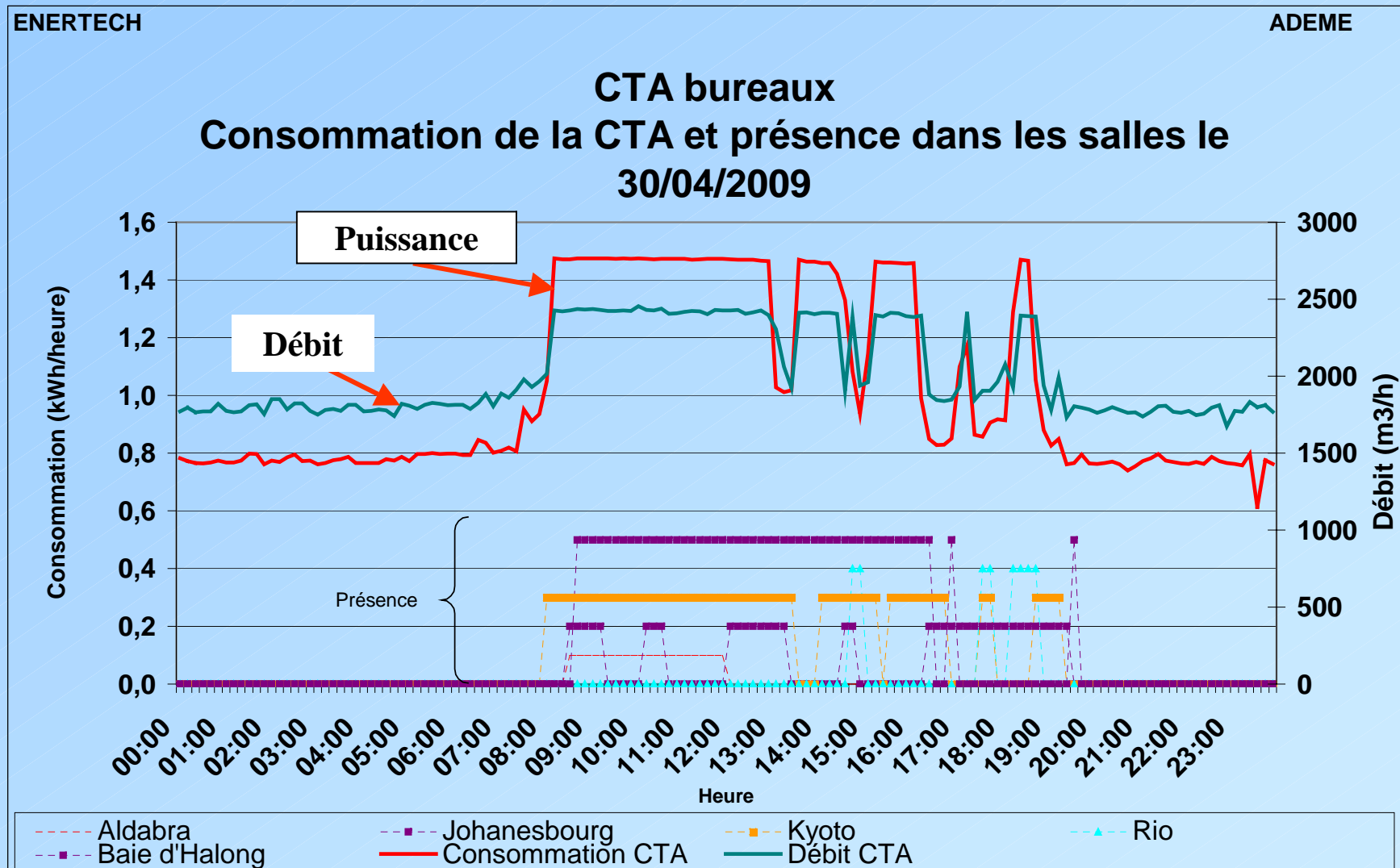
Consommation totale : 16 190 kWh/an



# VENTILATION

## Étude de la ventilation des bureaux

La variation de débit est très efficace!  
La puissance varie avec le carré du débit sur un circuit à caractéristiques variables

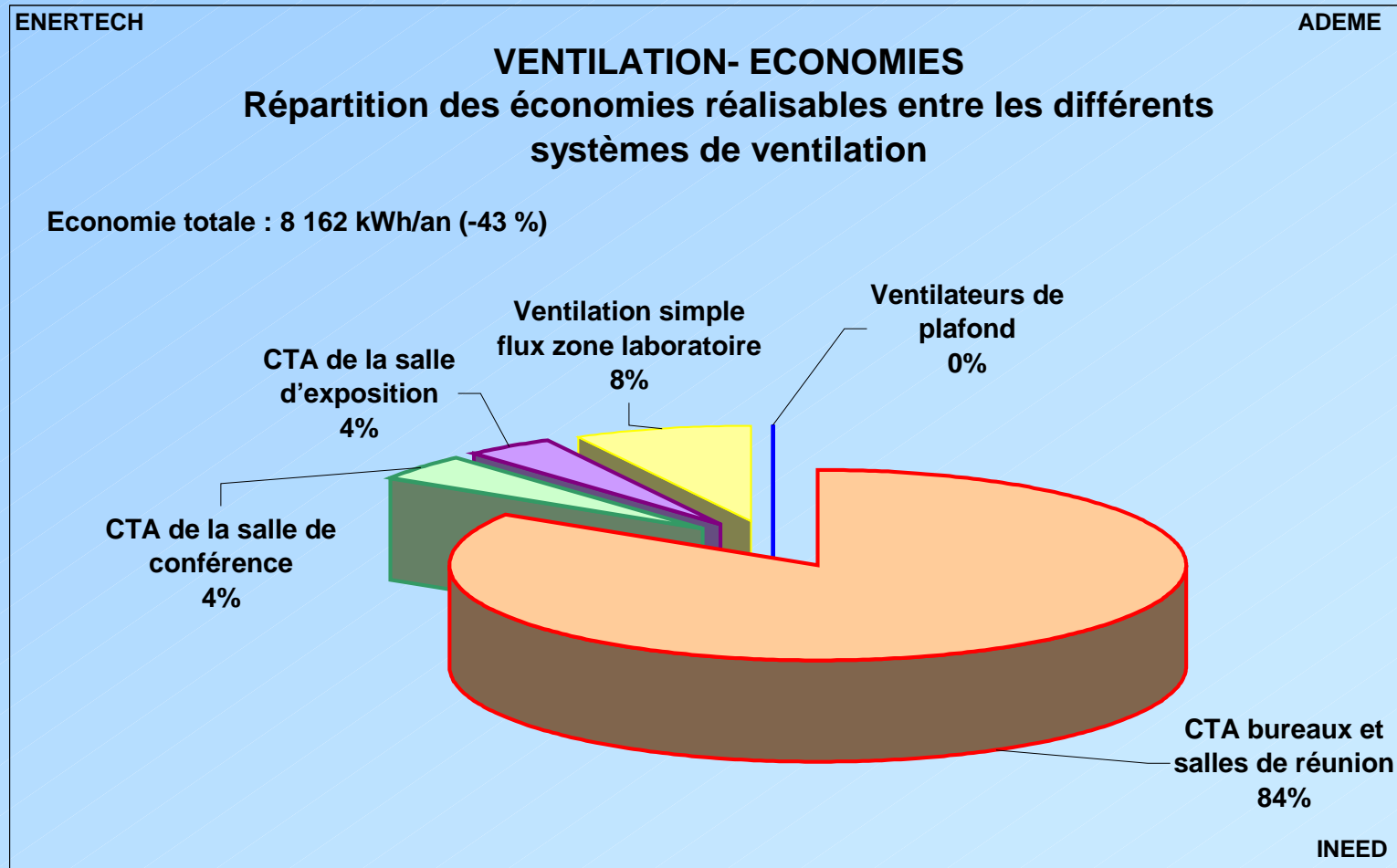


# VENTILATION

*Étude des économies réalisables*

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

**Soit une consommation résiduelle de 4,1 kWh<sub>el</sub>/m<sup>2</sup><sub>utile</sub>/an**

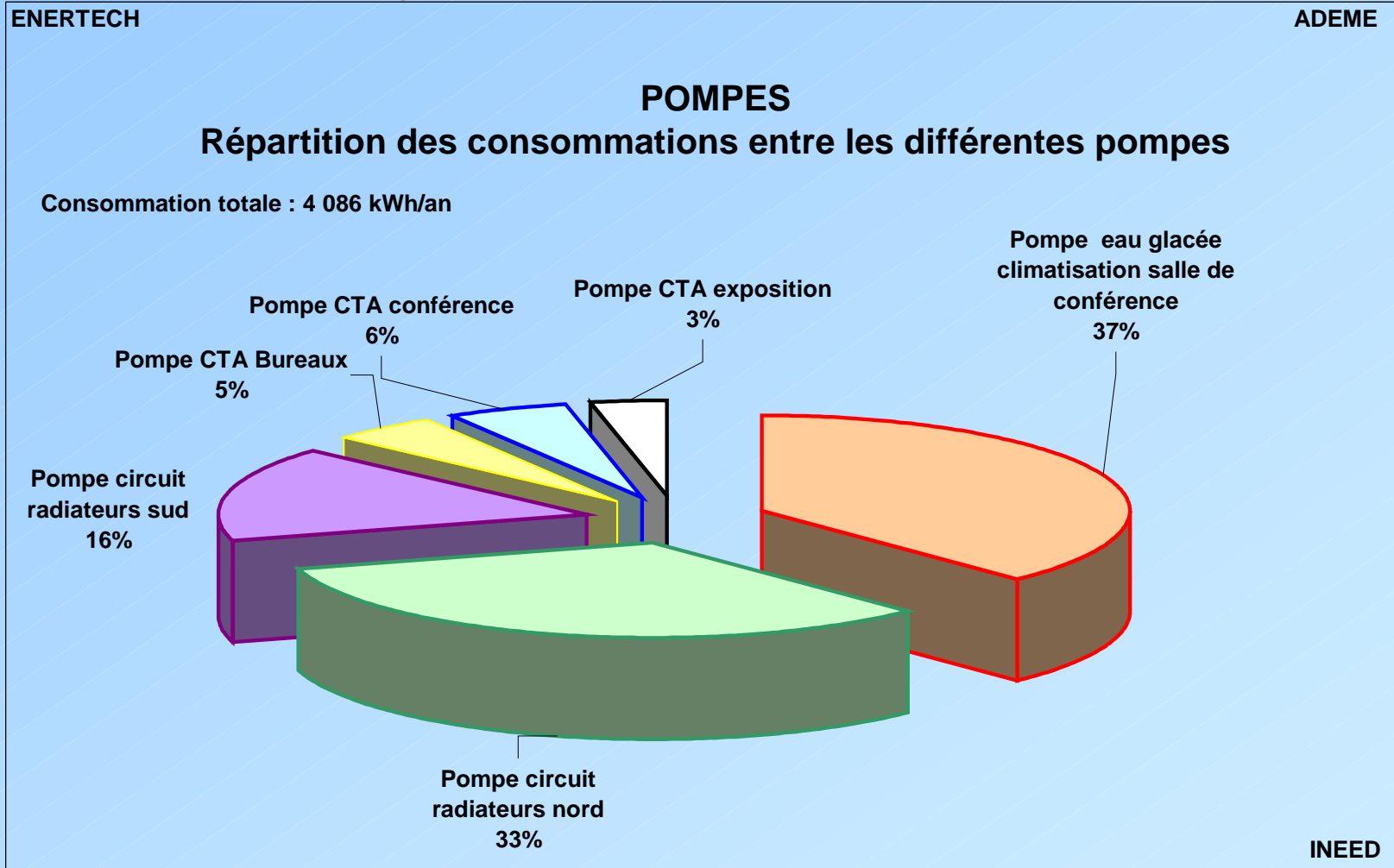




# POMPES

**Pompes :  $1,6 \text{ kWh}_{\text{el}}/\text{m}^2_{\text{utile}}/\text{an}$   
malgré de nombreux dysfonctionnements**

*Répartition de la  
consommation*



# POMPES

Étude des économies  
réalisables

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

ENERTECH

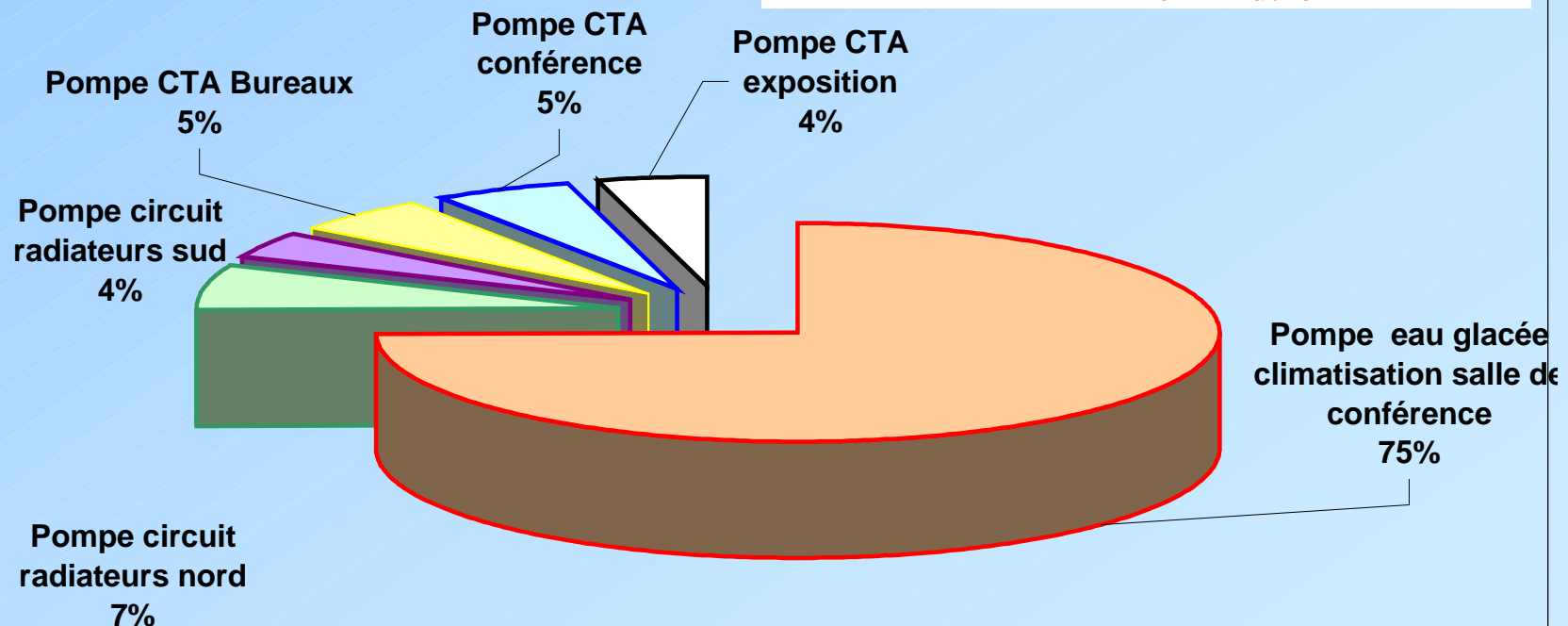
ADEME

## POMPES - ECONOMIES

Répartition des économies réalisables entre les différentes pompes

Economie totale : 2 018 kWh/an (- 49 %)

Soit une consommation résiduelle  
de  $0,8 \text{ kWh}_{el}/\text{m}^2_{\text{utile}}/\text{an}$



INEED

# USAGES THERMIQUES

Usages thermiques :  $1,4 \text{ kWh}_{\text{el}}/\text{m}^2_{\text{utile}}/\text{an}$

*Répartition de la consommation*

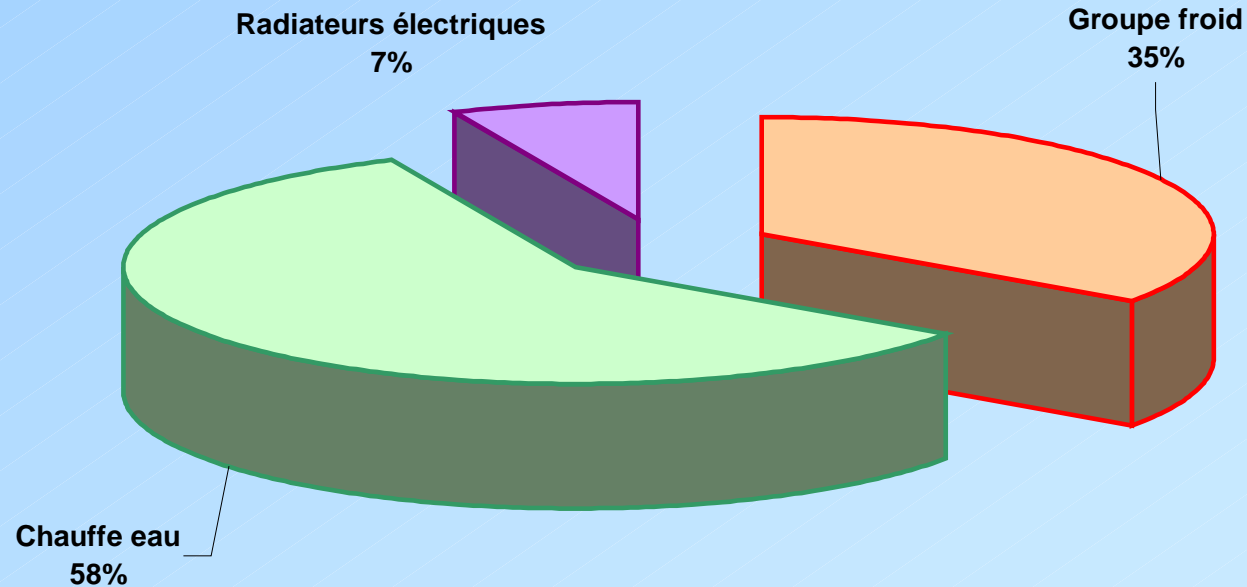
ENERTECH

ADEME

## USAGES THERMIQUES

Répartition des consommations entre les différents usages

Consommation totale : 3 767 kWh/an



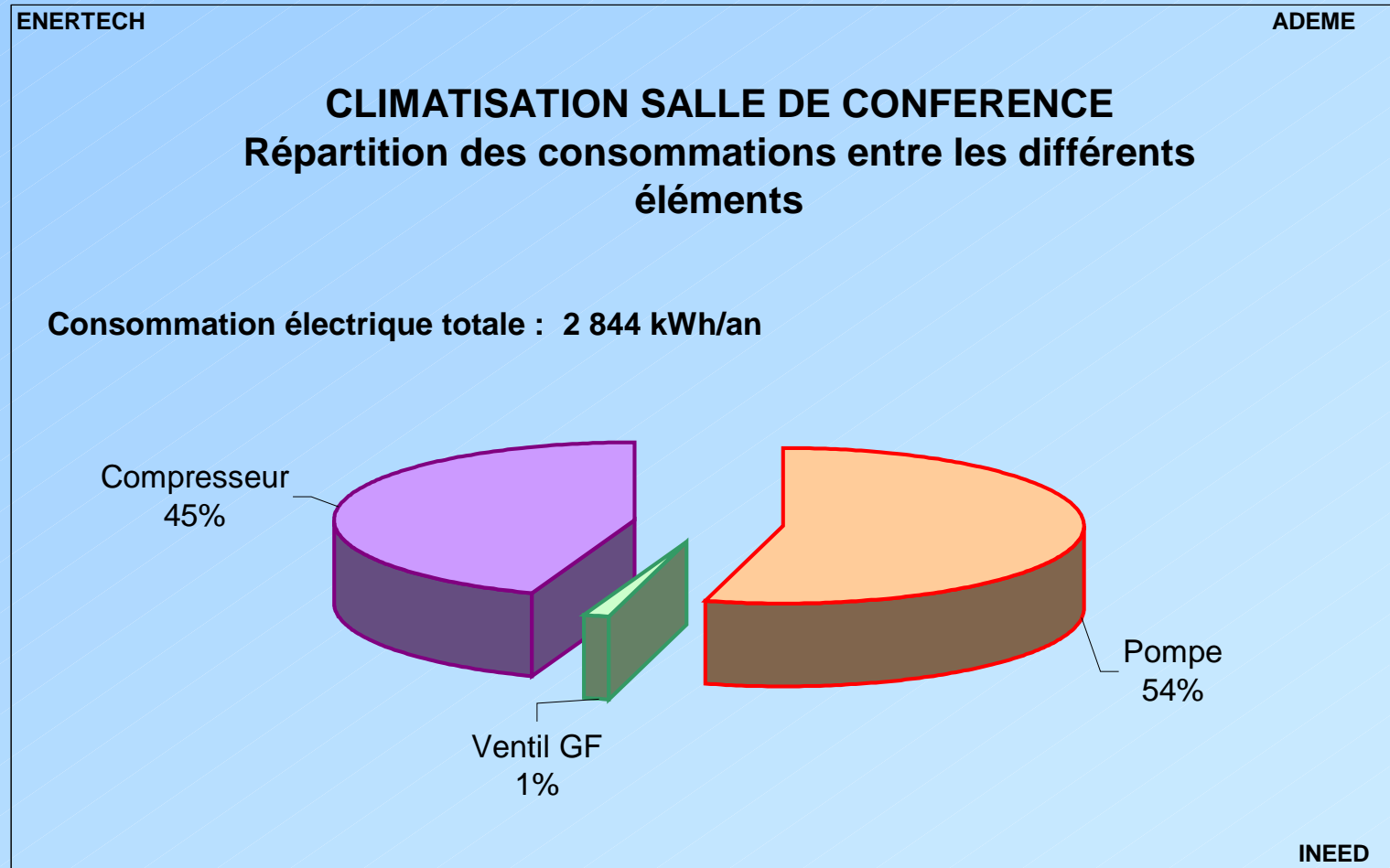
INEED

# USAGES THERMIQUES

*Climatisation  
de la salle de conférence*

**Climatisation salle conférence :**  
**8,3 kWh<sub>el</sub>/m<sup>2</sup> utile salle conférence/an**

**Surface climatisée : 344 m<sup>2</sup>**



# USAGES THERMIQUES

*Climatisation  
de la salle de conférence  
Le groupe froid*

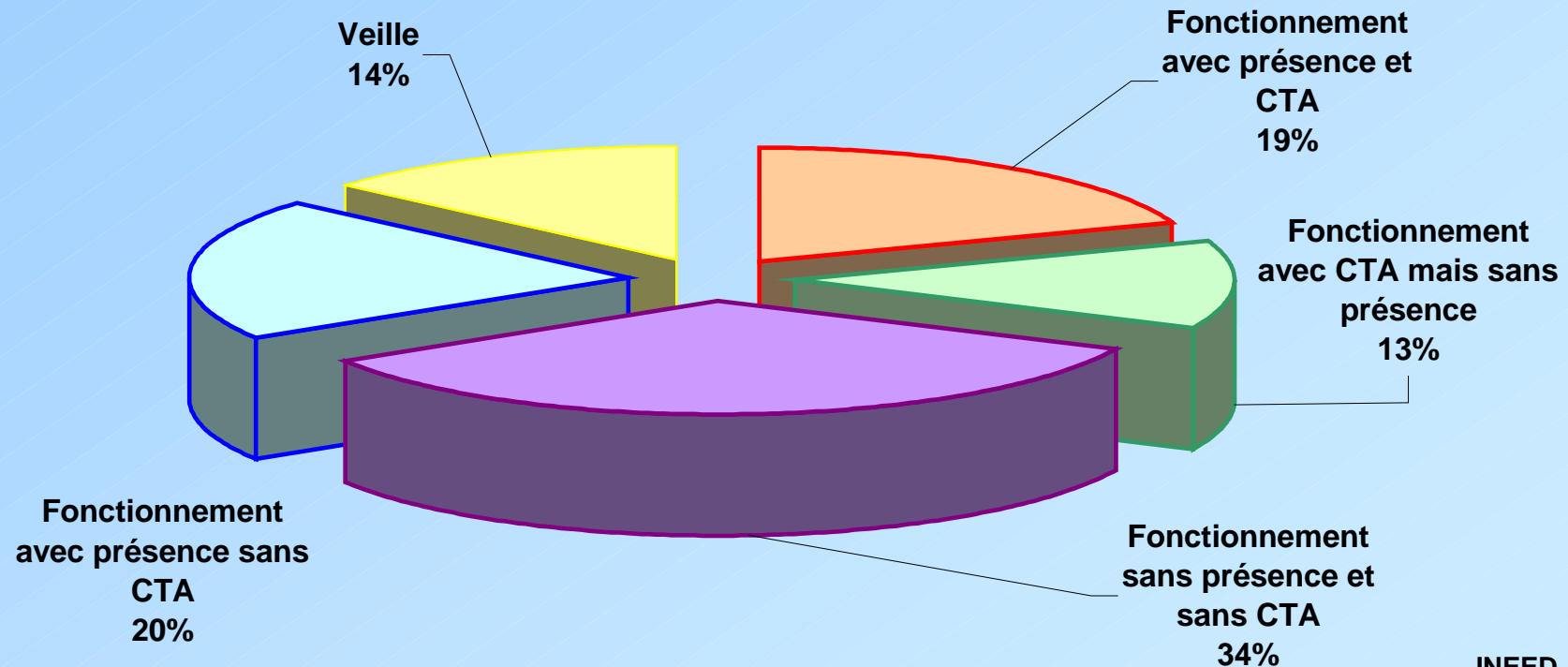
**Beaucoup d'incohérences dans le  
fonctionnement....**

ENERTECH

ADEME

## CLIMATISATION (compresseur et ventilateur) Répartition de la consommation entre les différents régimes de fonctionnement

Consommation annuelle (compresseur et ventilateur) : 1 311 kWh/an



INEED



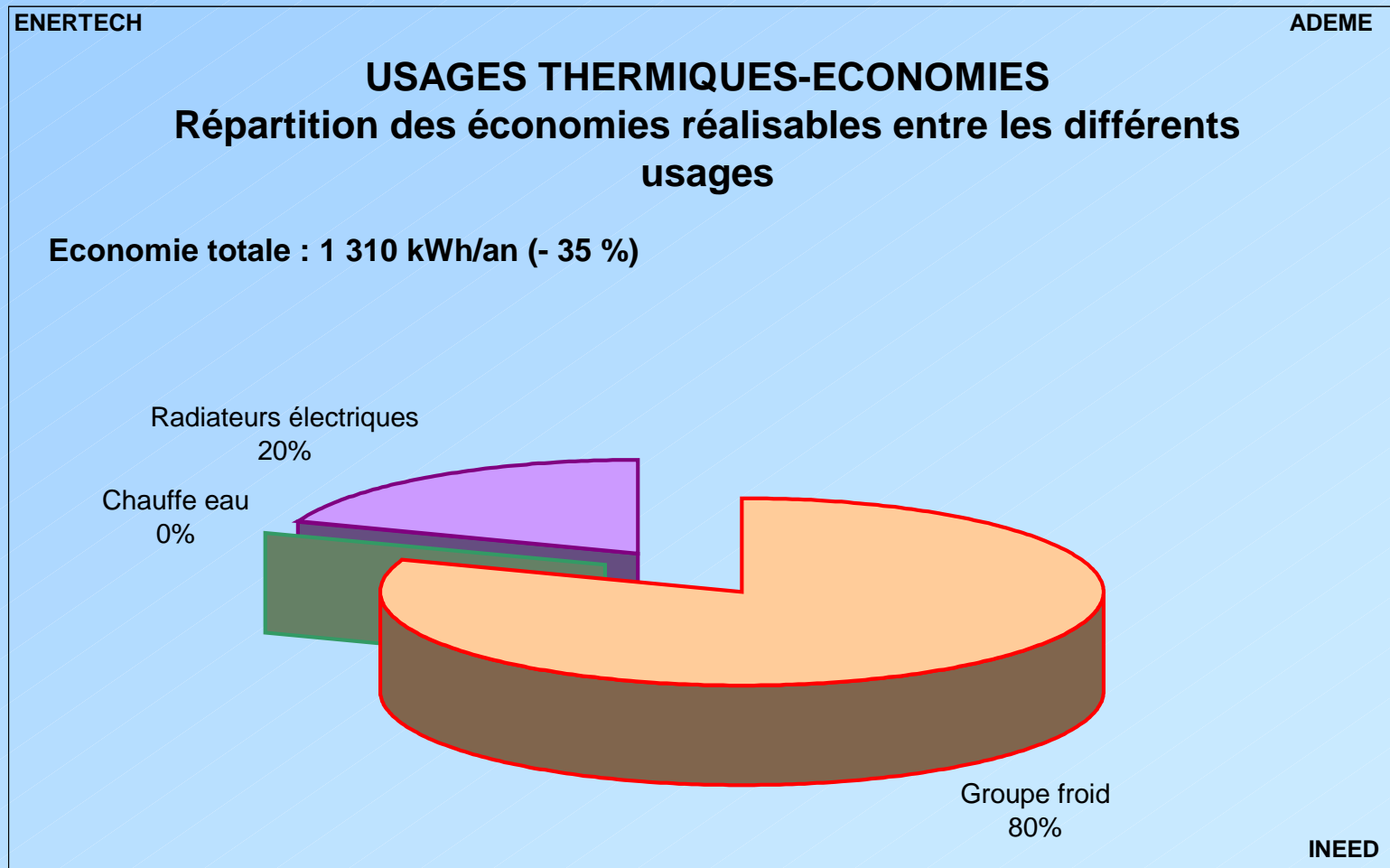
# USAGES THERMIQUES

*Étude des économies  
réalisables*

**Economies réalisables : 35%**

**simplement en ne faisant fonctionner les  
équipements que lorsque c'est nécessaire!**

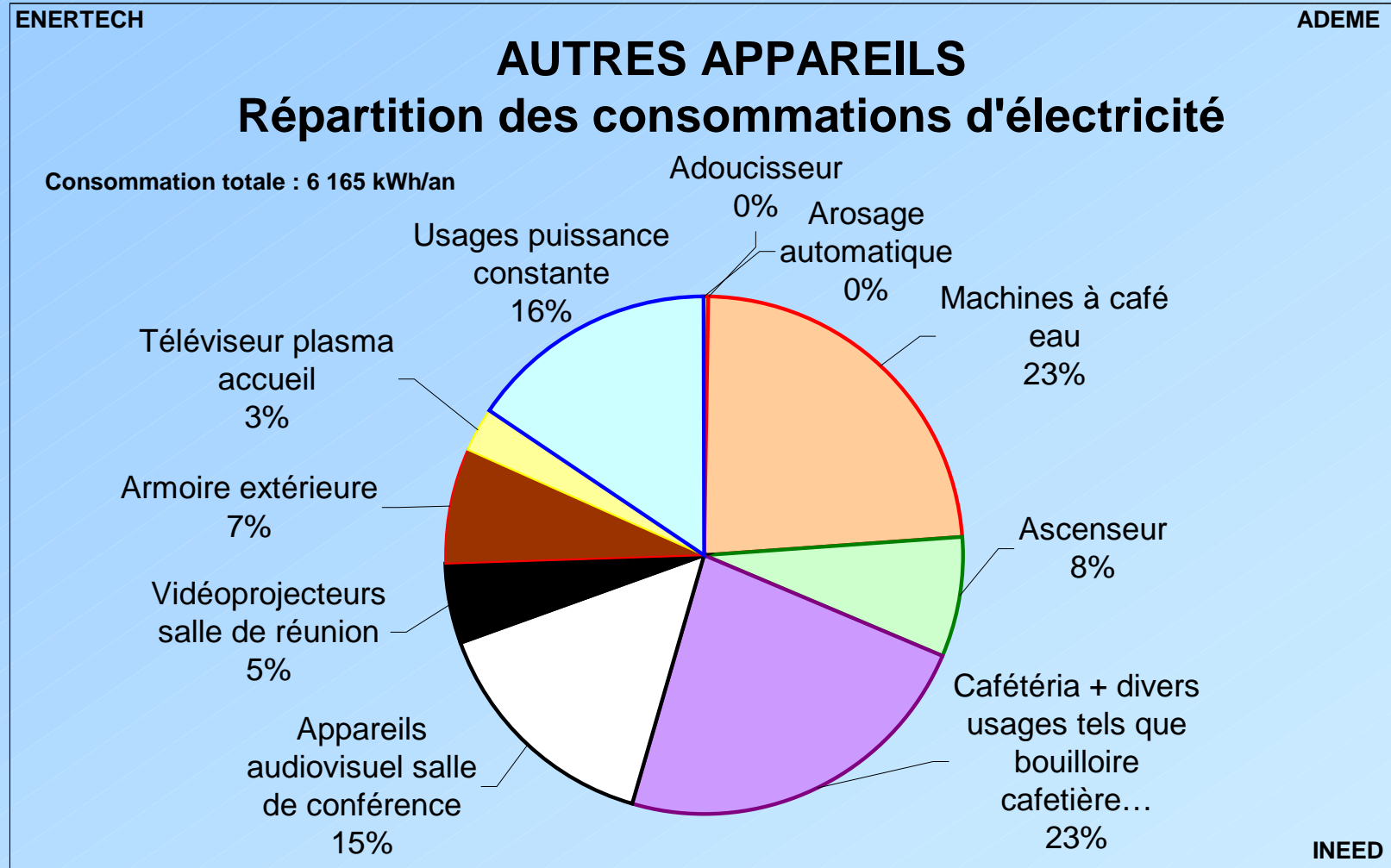
**Soit une consommation résiduelle de  
0,9 kWh<sub>el</sub>/m<sup>2</sup><sub>utile</sub>/an**



# DIVERS

## Répartition de la consommation

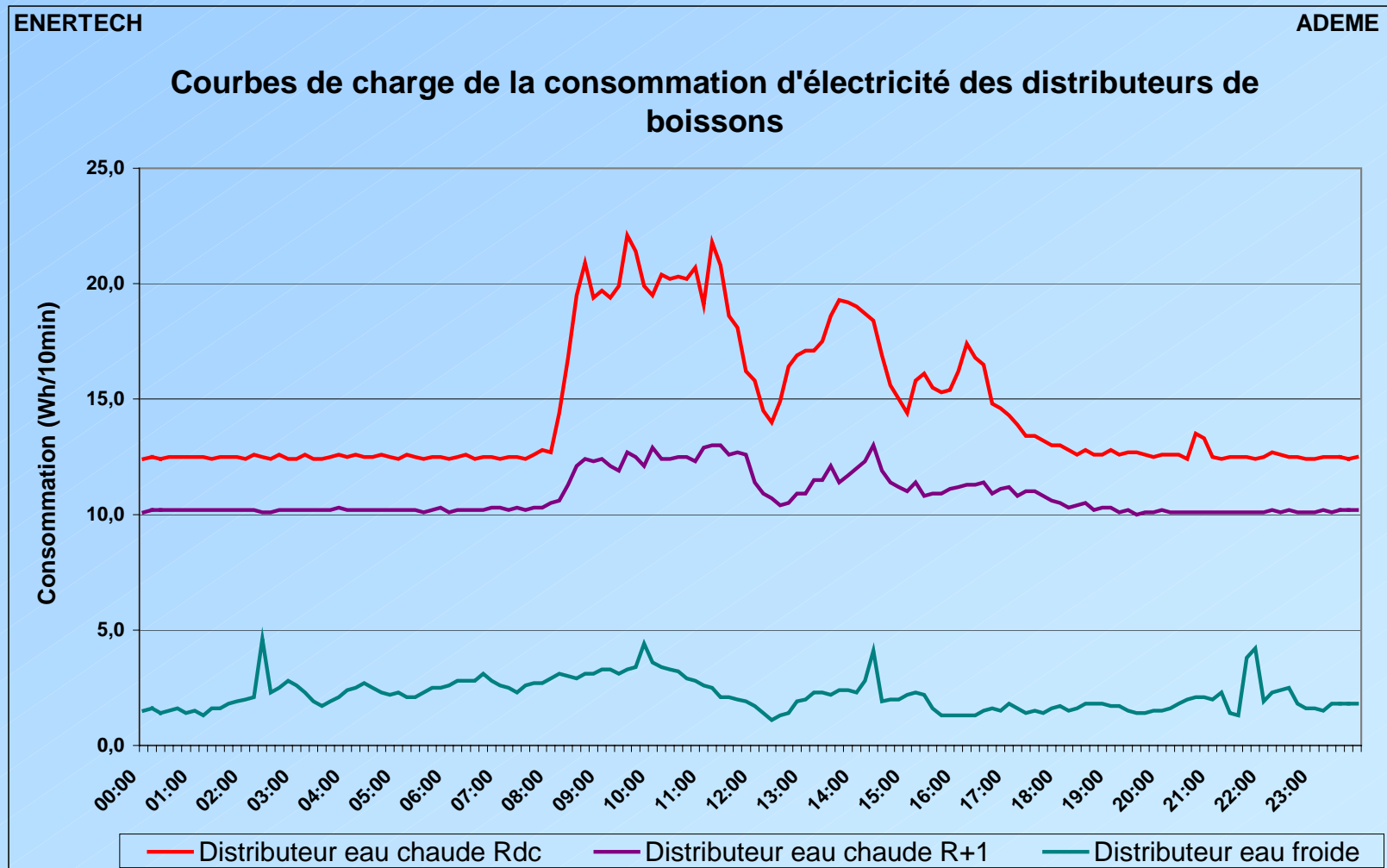
Autres appareils : 2,4 kWh<sub>el</sub>/m<sup>2</sup><sub>utile</sub>/an



# DIVERS

**Pourquoi les machines à boisson ne sont-elles pas arrêtées la nuit ?**

*Machines à boissons*

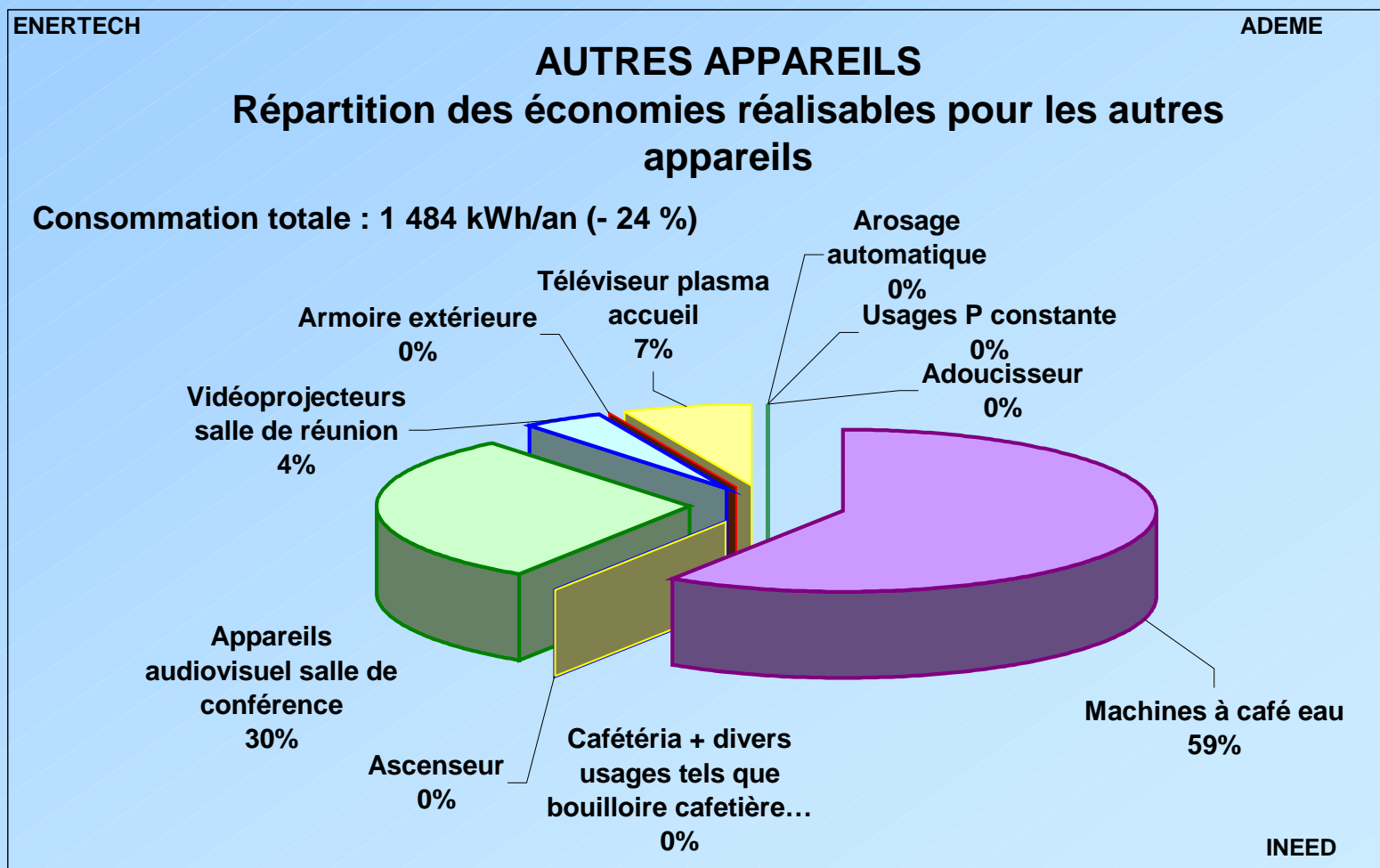


# DIVERS

**Economies réalisables : 23%**  
**simplement en ne faisant fonctionner les équipements que lorsque c'est nécessaire!**

**Répartition de la consommation**

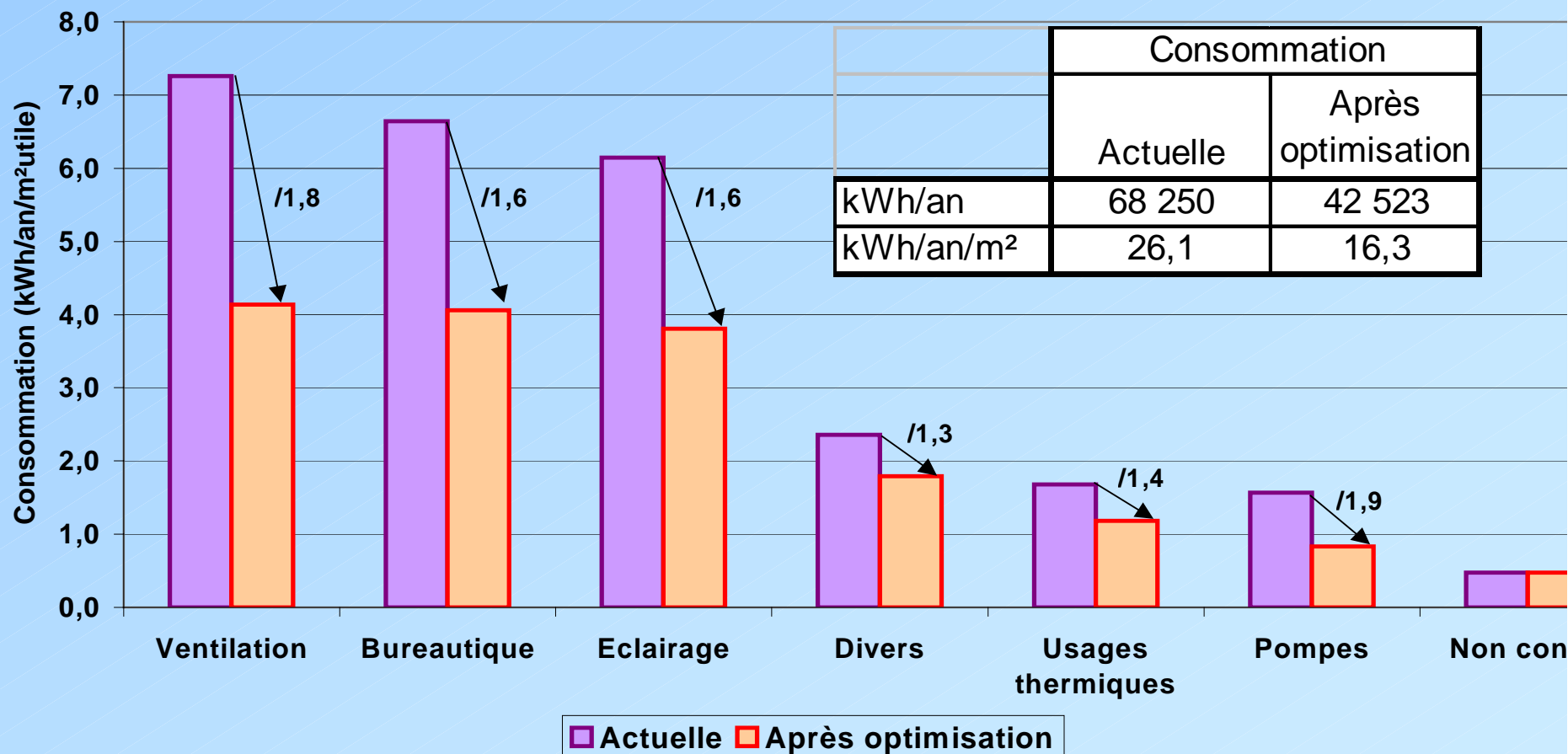
**Soit une consommation résiduelle de 1,8 kWh<sub>el</sub>/m<sup>2</sup><sub>utile</sub>/an**



# BILAN DES ECONOMIES D'ELECTRICITE

38 % d'économie ramènerait à 16,3 kWhel/m<sup>2</sup><sub>utile</sub>/an la consommation d'électricité

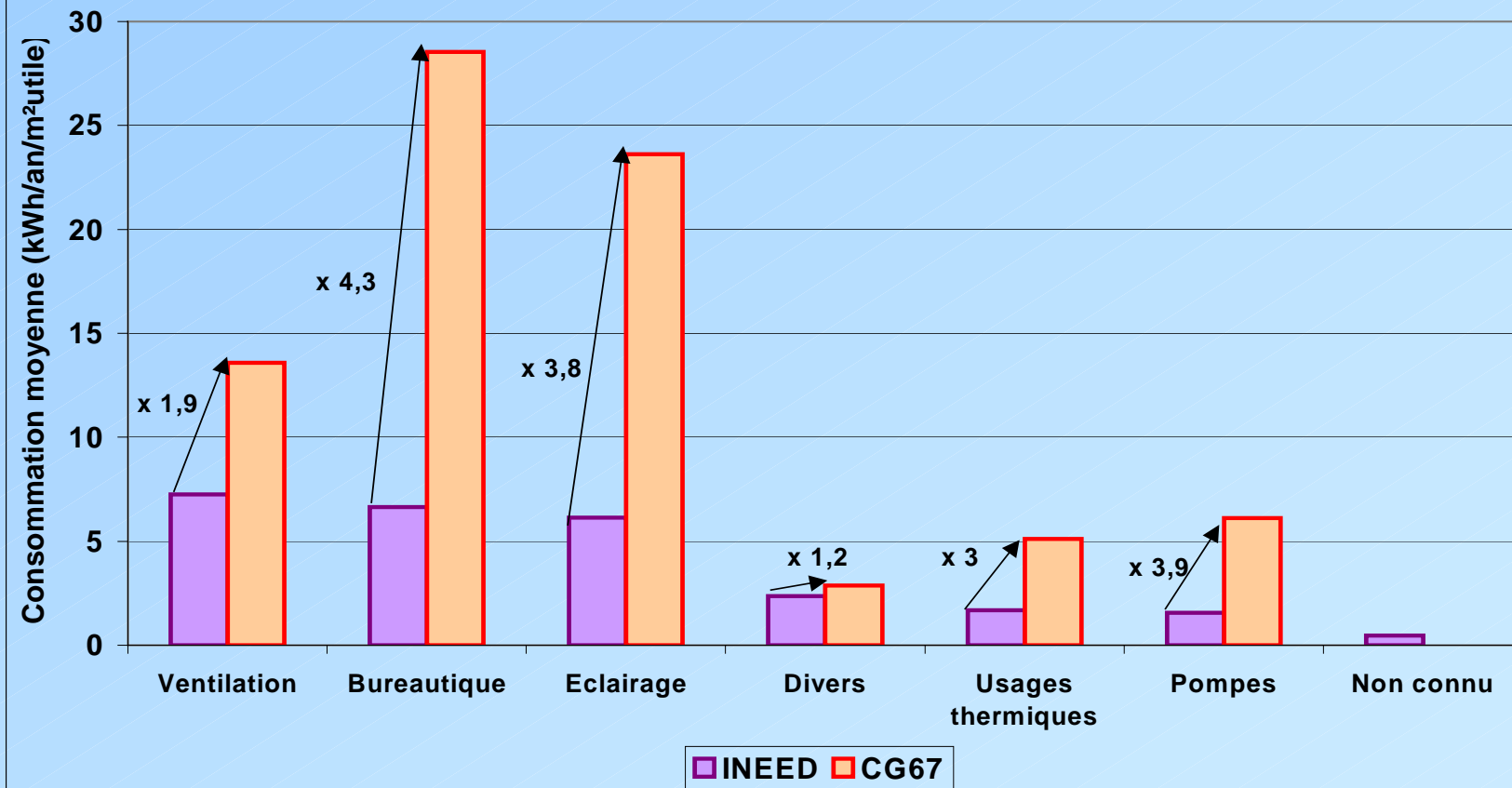
Répartition de la consommation entre les différents postes (avant et après optimisation)





# COMPARAISON DE L'INEED (avant optimisation) AVEC L'HÔTEL DU DEPARTEMENT DU BAS RHIN

Répartition de la consommation entre les différents postes pour le bâtiment de l'INEED et l'hôtel du département (67)



# CONCLUSION

- 1 – Faire des bâtiments neufs de bureaux à **moins de 100 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>utile/an** (tous usages confondus sans exception) est facile. C'est même possible **sans aucun surcoût**.
- 2 – Dans ces bâtiments, **le chauffage ne représente plus que 30 % de la charge totale**, tout le reste est constitué d'usages spécifiques de l'électricité.
- 3 – Les **trois aspects délicats du contrôle des consommations de chauffage** sont :
  - la qualité de l'étanchéité à l'air de l'enveloppe,
  - le contrôle des niveaux de température interne (la loi c'est 19°C MAXI),
  - la qualité de la programmation des périodes de chauffage et de ventilation.
- 4 – Il faut mettre en place **des usages électriques TRES performants**, et ensuite il faut trouver les moyens au cours de l'année de bon achèvement, de contrôler tous les asservissements et de former les usagers à la sobriété (arrêt des machines non utilisées).
- 5 – Il faut réfléchir au moyen de **pérenniser le bon fonctionnement des équipements**. C'est le point le plus faible des installations.

## CONCLUSION

En réalisant toutes les propositions d'optimisation qui précèdent, le bâtiment de l'INEED pourrait ne consommer (tous usages confondus sans exception) que :

-  $67 \text{ kWh}_{ep}/\text{m}^2_{\text{utile}}/\text{an}$ , ou  $60 \text{ kWh}/\text{m}^2_{\text{Shon}}/\text{an}$  avec une conversion à 2,58 de l'électricité,

-  $83 \text{ kWh}/\text{m}^2_{\text{utile}}/\text{an}$  et  $74 \text{ kWh}/\text{m}^2_{\text{Shon}}/\text{an}$  avec un coefficient de 3,20

...et avec  $565 \text{ m}^2$  de photopiles, le bâtiment serait à énergie positive...

Le rapport final de cette campagne de mesure sera téléchargeable gratuitement sur :

[www.enertech.fr](http://www.enertech.fr)