

# **CONSULTATION NATIONALE SUR LES TECHNOLOGIES & LE FINANCEMENT DE LA MAÎTRISE DE L'ENERGIE DANS LE BÂTIMENT**

**Tunis, Tunisie – 27 Mars 2008**

**MEILLEURES TECHNOLOGIES ME/ER  
EXPERIENCES EN TUNISIE ET DANS LA REGION MEDA  
BATIMENTS PUBLICS & HOTELS**

**Mongi BIDA – Ingénieur Conseil  
Cabinet d'Etudes des Equipements et Systèmes Energétiques (CEESEN)**

# CONTEXTE DU SECTEUR TERTIAIRE EN TUNISIE

- En 2004, le secteur tertiaire représentait 10% de la consommation nationale d'énergie finale
- Dans les 5 prochaines années,
  - Plus de 300.000 m<sup>2</sup> par an de nouveaux bâtiments à usage commercial et de bureau viendront s'ajouter à un parc estimé à 5 - 7 millions m<sup>2</sup>
  - Prés de 4.000 lits d'hôtels (10 à 12 hôtels) par an, qui s'ajoutent à un stock de 230.000 lits (plus de 800 hôtels), et un programme national de mise à niveau pour le secteur
- Il faut donc aussi mobiliser des moyens efficaces pour permettre d'assurer les différents services /fonctionnalités (usages finaux) de ces bâtiments, en ayant recours à moins de ressources énergétiques conventionnelles:

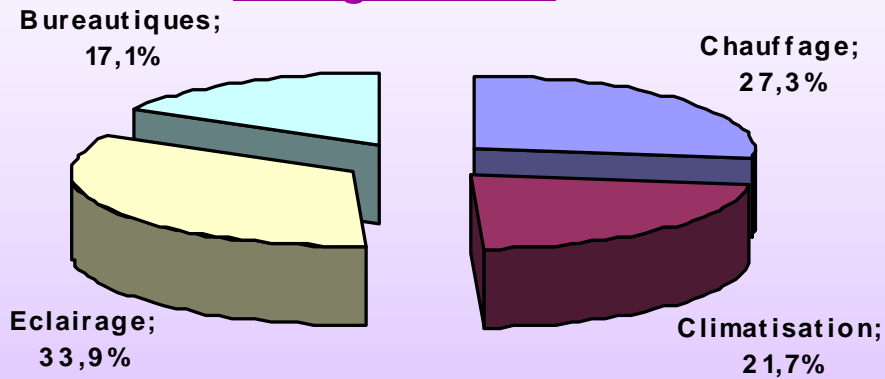
La solution: **EFFICACITÉ ENERGÉTIQUE**

**+**

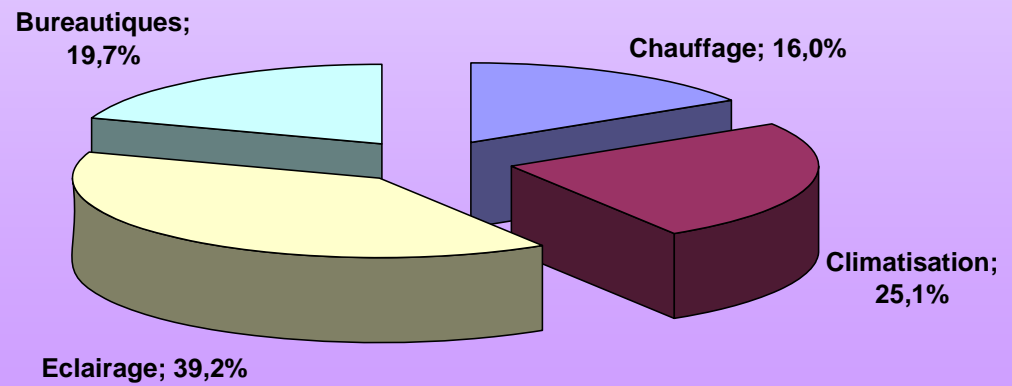
**ENERGIES RENOUVELABLES**

# Structure de la consommation d'énergie dans un bâtiment à usage de bureaux

## Energie finale



## Energie primaire



# SPECIFICITES DES BATIMENTS DU SECTEUR TERTIAIRE

## 3 Catégories principales de locaux en terme de besoins de confort:

- 1. Locaux ayant un faible taux d'occupation ( $> 5 \text{ m}^2 / \text{Occupant}$ ) & Occupés essentiellement le jour:**
  - **Locaux à usage de bureaux**
  - **Certains petits commerces et locaux similaires**
  - ⇒ **Besoins énergétiques pour le confort dominés par :**
    - **l'éclairage de tous les locaux**
    - **le refroidissement de l'ambiance de tous les locaux**
    - **le chauffage de l'ambiance des zones situées sur la périphérie extérieure du bâtiment**

# SPECIFICITE DES BATIMENTS DU SECTEUR TERTIAIRE

## 3 Catégories principales de locaux :

**2. Locaux ayant un faible taux d'occupation ( $> 5 \text{ m}^2 / \text{Occupant}$ ) & Occupés jour et nuit (*locaux destinés à l'hébergement, généralement situés sur la périphérie extérieure du bâtiment*) :**

- **Chambres d'hôtel**
  - **Chambres de malades (Ets. de santé)**
  - **Locaux d'hébergement dans les foyers**
- ⇒ **Besoins énergétiques pour le confort dominés par :**
- **le chauffage de l'ambiance**
  - **le refroidissement de l'ambiance des locaux conditionnés**
  - **La production d'eau chaude sanitaire**

# SPECIFICITE DES BATIMENTS DU SECTEUR TERTIAIRE

## 3 Catégories principales de locaux :

### **3. Locaux ayant un taux d'occupation élevé ( $< 2 \text{ m}^2 / \text{Occupant}$ ) & Occupés durant certaines périodes de la journée:**

- Salles de réunion
- Salles de restauration
- Salles de spectacle et similaires

⇒ **Besoins énergétiques pour le confort dominés par :**

- le transport, chauffage et refroidissement de l'air neuf introduit pour les besoins hygiéniques des occupants
- l'éclairage d'ambiance

# DEMARCHE DES ACTIONS DE MAITRISE DE L'ENERGIE

Différentes priorités selon catégorie des locaux concernés, mais toujours 2 Types de moyens à combiner:

## **1. Réduire les besoins énergétiques relatifs à l'usage final;**

Exemple: Utiliser un dispositif permettant l'utilisation de l'éclairage naturel et sa prise en compte dans le contrôle de l'éclairage artificiel >> donc réduire les besoins en terme d'éclairage artificiel

## **2. Utiliser un équipement plus efficace pour répondre aux besoins relatifs à l'usage final;**

Exemple: Utiliser des {luminaires à haut rendement + ballasts électroniques + lampes à haute efficacité lumineuse} pour répondre aux reliquats des besoins d'éclairage artificiel

# APPROCHE POUR L'AMELIORATION DE L'EFFICACITE ENERGETIQUE DANS LE BATIMENT

Identifier les actions les plus pertinentes pour la réduction des consommations d'énergie associés à un usage spécifique, et assurer leur mise en œuvre

## 2 Types d'actions qui sont pertinentes:

- 1. Actions prioritaires concernant des postes dont l'importance et la part dans la consommation finale est tributaire de la configuration du bâtiment concerné** (nécessitent un examen approfondi et une étude de rentabilité spécifique)
- 2. Actions très facile à identifier et à mettre en place** (actions génériques, ne dépendant pas de la configuration du bâtiment, nécessitent un diagnostic sommaire et un coût de mise en œuvre relativement faible ou nul).

# EQUIPEMENTS & SYSTEMES CONCERNES PAR L'EFFICACITE ENERGETIQUE DANS LE TERTIAIRE

- 1. Les systèmes constructifs:** Enveloppe extérieur du bâtiment (Toiture, murs extérieurs opaques et baies vitrée, etc.)
- 2. Les systèmes assurant le confort thermique:** Les systèmes de chauffage, refroidissement et ventilation des locaux / les systèmes de production et distribution d'eau chaude sanitaire
- 3. Les systèmes électriques:** Les systèmes d'éclairage, d'alimentation et de distribution électrique
- 4. Les divers équipements utilitaires:** Equipements de cuisine, équipements frigorifiques de conservation, équipements de buanderie, ascenseurs , équipements bureautiques, etc.

LES ACTIONS RELATIVES A 1, 2 , 3 & LA MAJORITE DE 4 SONT  
BEAUCOUPS PLUS RENTABLES QUAND INTEGREES DEPUIS LES  
PHASES PRELIMINAIRES DE LA CONCEPTION DU BATIMENT

# Possibilités d'action d'amélioration dans les bâtiments du tertiaire: 1. Enveloppe

## AMELIORATION DE LA QUALITE THERMIQUE & OPTIQUE DES BAIES VITREES ET DE L'ETANCHEITE A L'AIR DES MENUISERIES

Types de vitrage	Coef. U du vitrage [W/m <sup>2</sup> -°C]	Propriétés optiques du Vitrage		
		SHGC	SC	Tvis
Simple Vitrage clair, ép.=6 mm	6,172	0,815	0,95	0,881
Simple Vitrage Bronze, ép.=6 mm	6,172	0,61	0,71	0,534
Simple Vitrage faible émissivité, ép.=6 mm	4,270	0,719	0,84	0,81
Simple Vitrage Réfléchissant, ép.=6 mm	6,121	0,499	0,58	0,334
Double Vitrage Isolant, ép.= 6 / 6 / 6 mm	3,163	0,695	0,81	0,781
Double Vitrage Isolant Bronze, ép.= 6 / 6 / 6 mm	3,160	0,492	0,57	0,473
Double Vitrage isolant à faible émissivité, ép. = 6 / 12 / 6 mm	1,658	0,417	0,48	0,682

PARMI LES ACTIONS LES PLUS PERTINENTES ⇨ CONSISTE A :

U ↘

SC ↘

Tvis ↗

Un vitrage performant permet de réduire considérablement les besoins de chauffage et climatisation



## Recours à un VITRAGE A HAUTE PERFORMANCE ENERGETIQUE

- Faible conductivité thermique:  
 $U \leq 2,2 \text{ W/m}^2\text{-}^\circ\text{C}$  (faible émissivité)
- Faible transmission des apports solaires thermiques:  
 $G \leq 55 \%$
- Bonne transmission de la lumière :  
 $T > 60 \%$

### Surcoût:

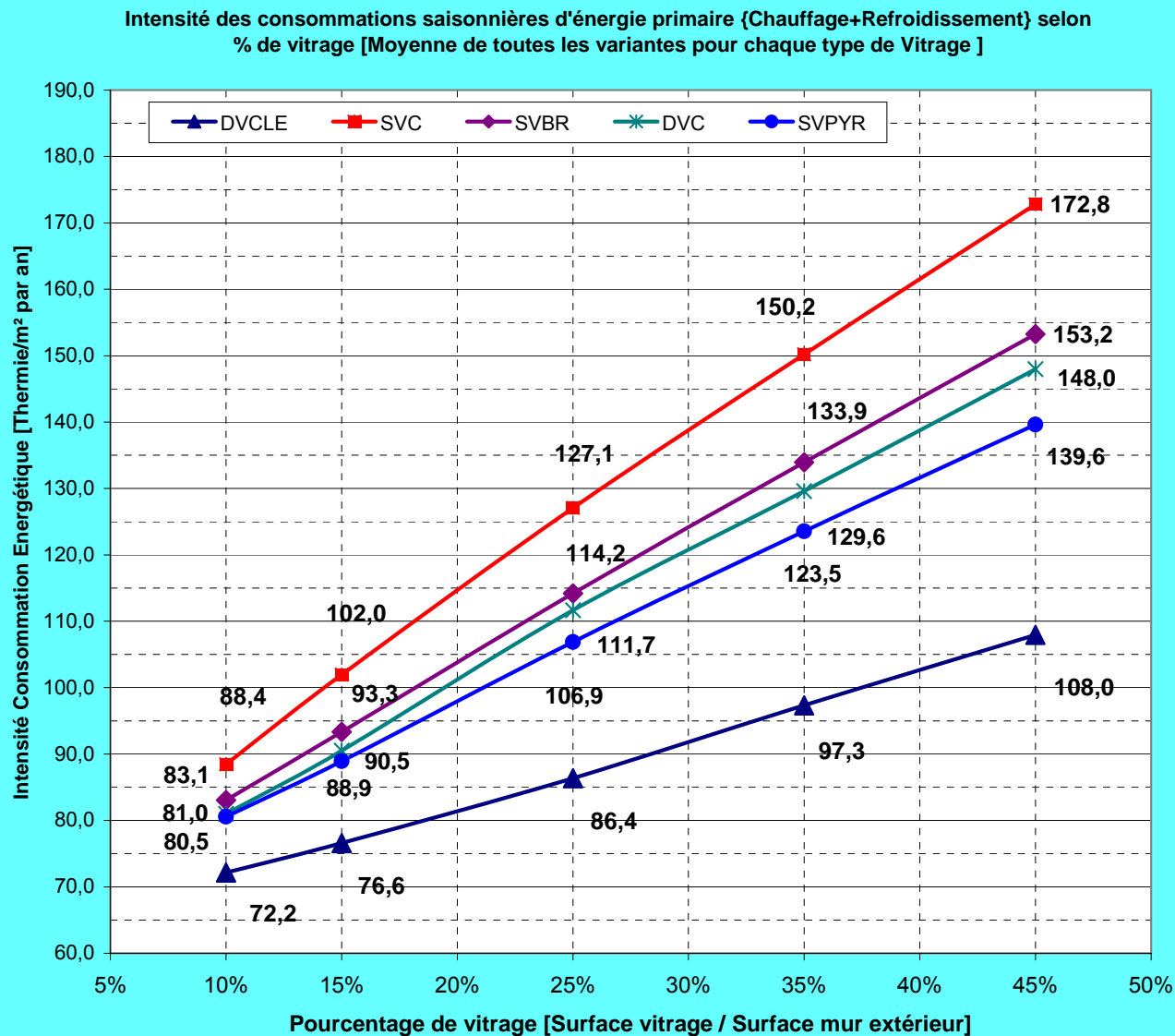
50 à 75 DT / m<sup>2</sup> (par rapport à un vitrage simple clair)

### Economies d'énergie réalisées:

Jusqu'à 40% des besoins de chauffage & climatisation

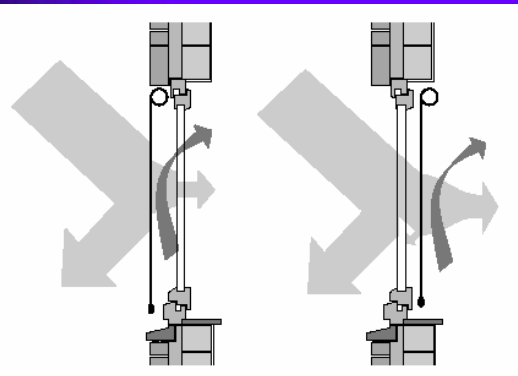
# Possibilités d'action d'amélioration dans les bâtiments du tertiaire: 1. Enveloppe

## AMELIORATION DE LA QUALITE THERMIQUE & OPTIQUE DU VITRAGE

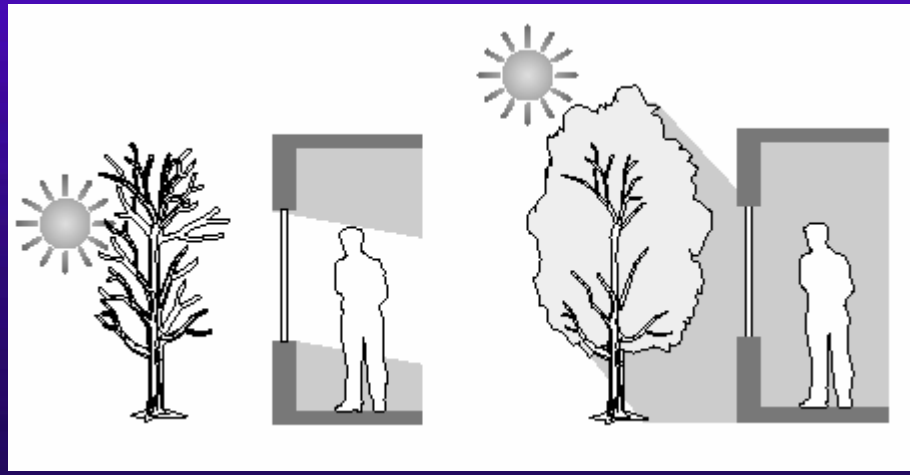
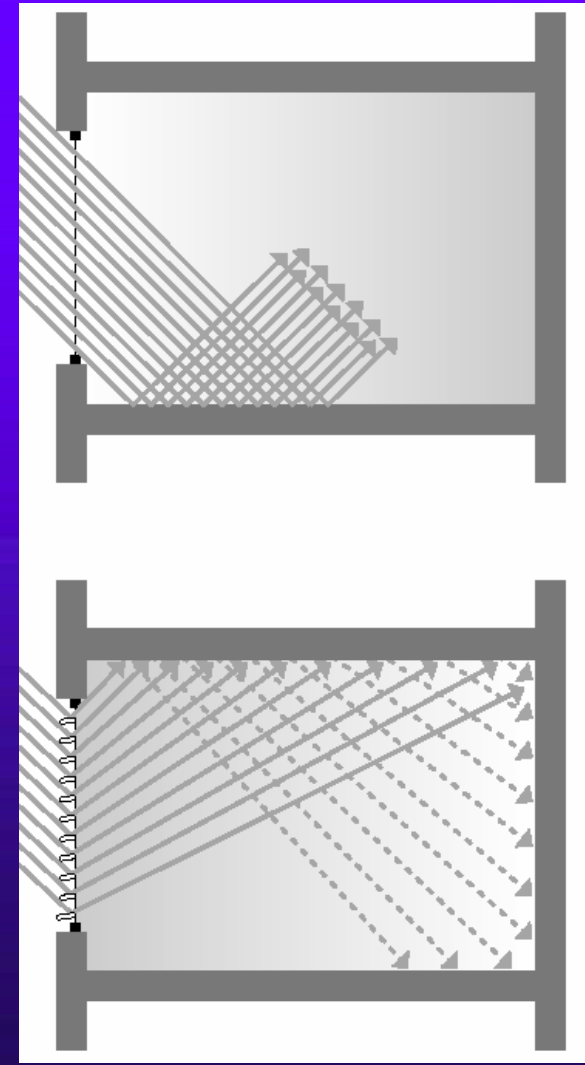


# Possibilités d'action d'amélioration dans les bâtiments du tertiaire: 1. Enveloppe

## MISE EN PLACE DE PROTECTIONS SOLAIRES APPROPRIÉES



Un même store en tissu (non réfléchissant)  
à l'extérieur ou à l'intérieur :  
FS = 0,15                      FS = 0,43



# Mise en place de protections solaires appropriées

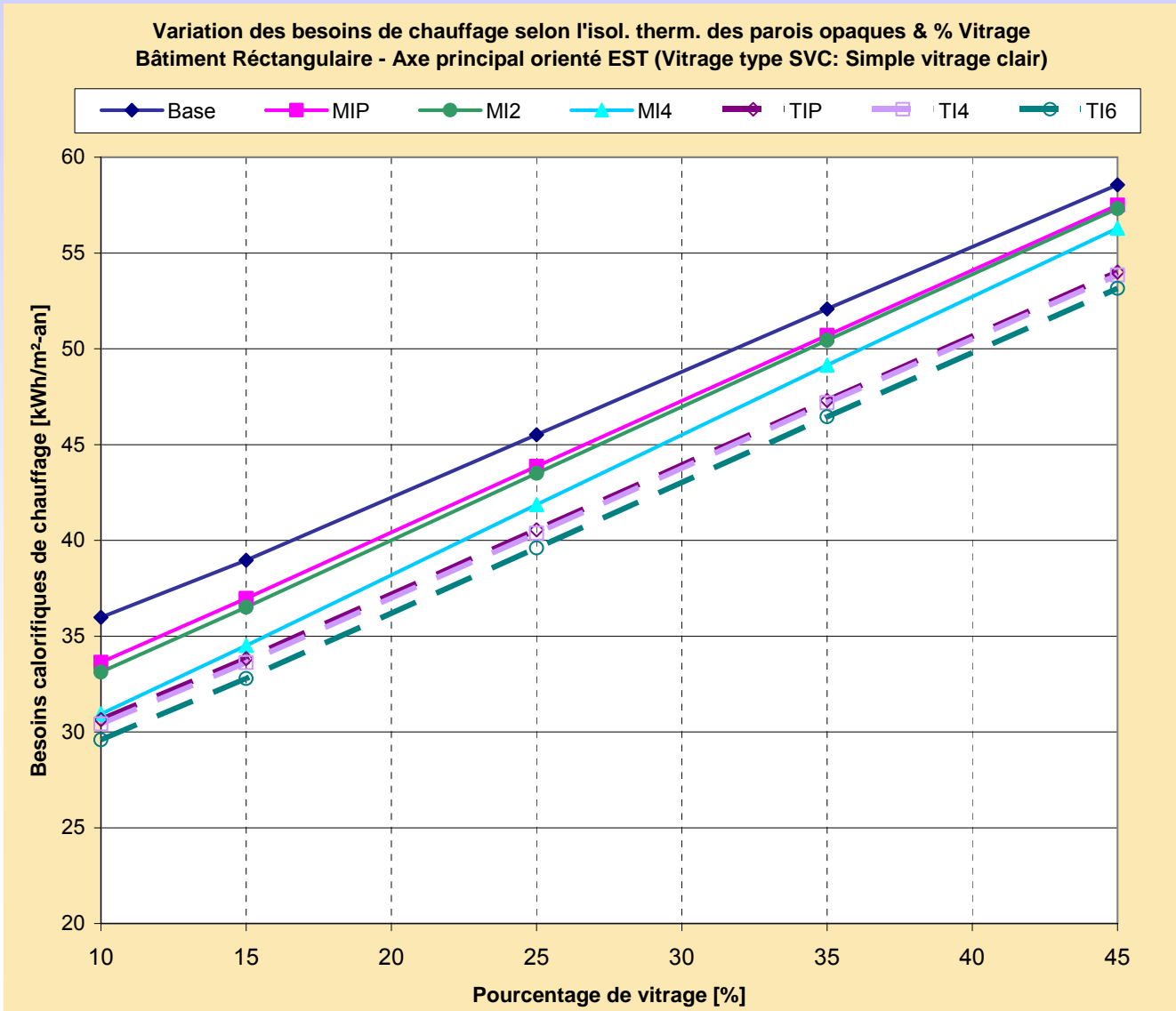


## DISPOSITIFS EXTERNES DE PROTECTION SOLAIRE

- Protections verticales:
  - Orientations EST / OUEST;
  - Permet de bloquer les rayons solaires quand le soleil est bas
- Protections horizontales:
  - Orientations SUD
  - Permet de bloquer les rayons solaires quand le soleil est haut

# Possibilités d'action d'amélioration dans les bâtiments du tertiaire: 1. Enveloppe

## MISE EN PLACE D'UNE ISOLATION THERMIQUE DE LA TOITURE

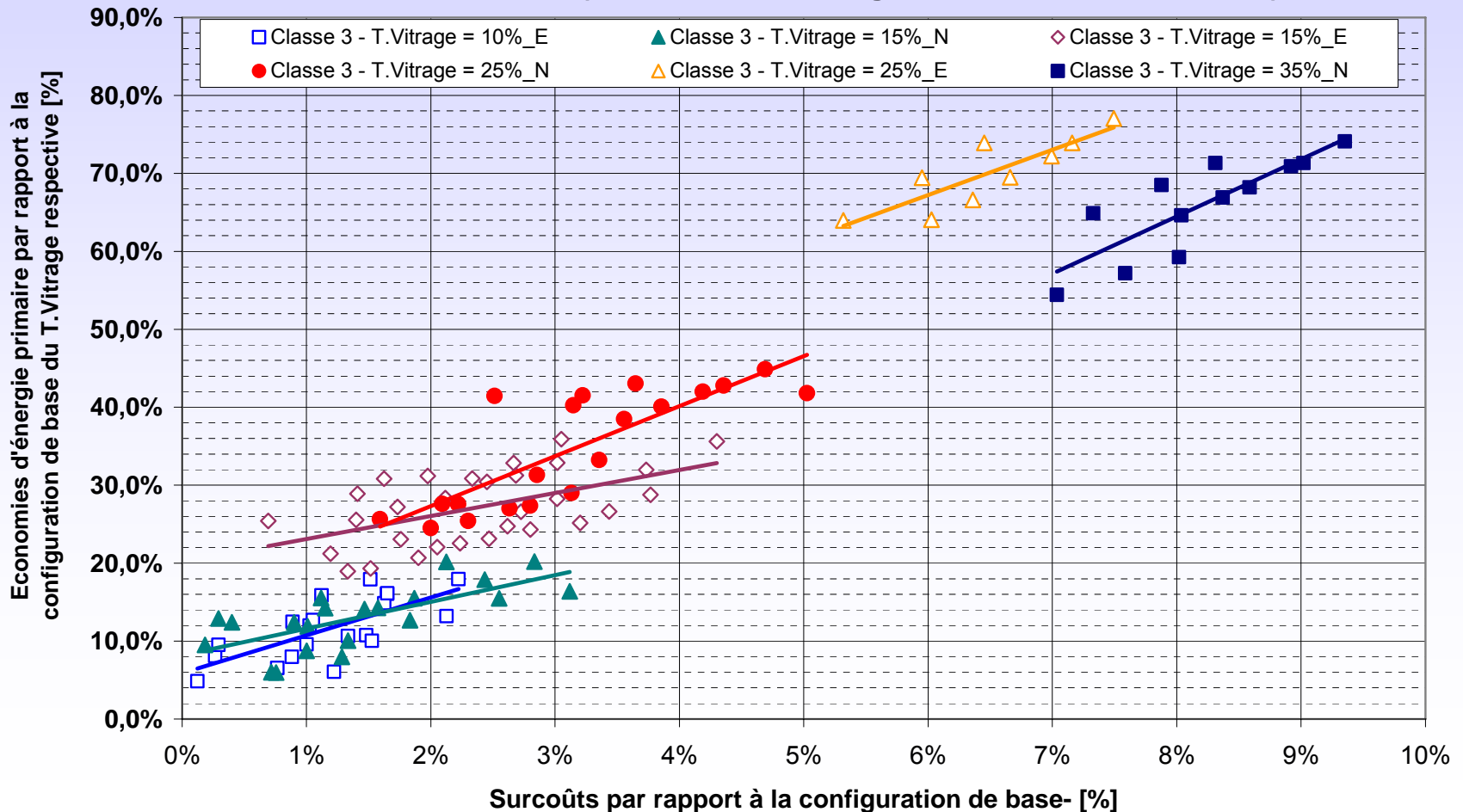


# MISE EN PLACE D'UN SYSTEME DE LABEL POUR L'ENVELOPPE DU BATIMENT

## Economies d'énergie associés à l'application du Label

Réduction de la consommation énergétique primaire annuelle {Chauffage + Refroidissement} en fonction des surcoûts par rapport à la Configuration de Base du Taux de Vitrage respective

### CLASSE 3 - Tunis (Ensemble des configurations avec Toiture Isolée)

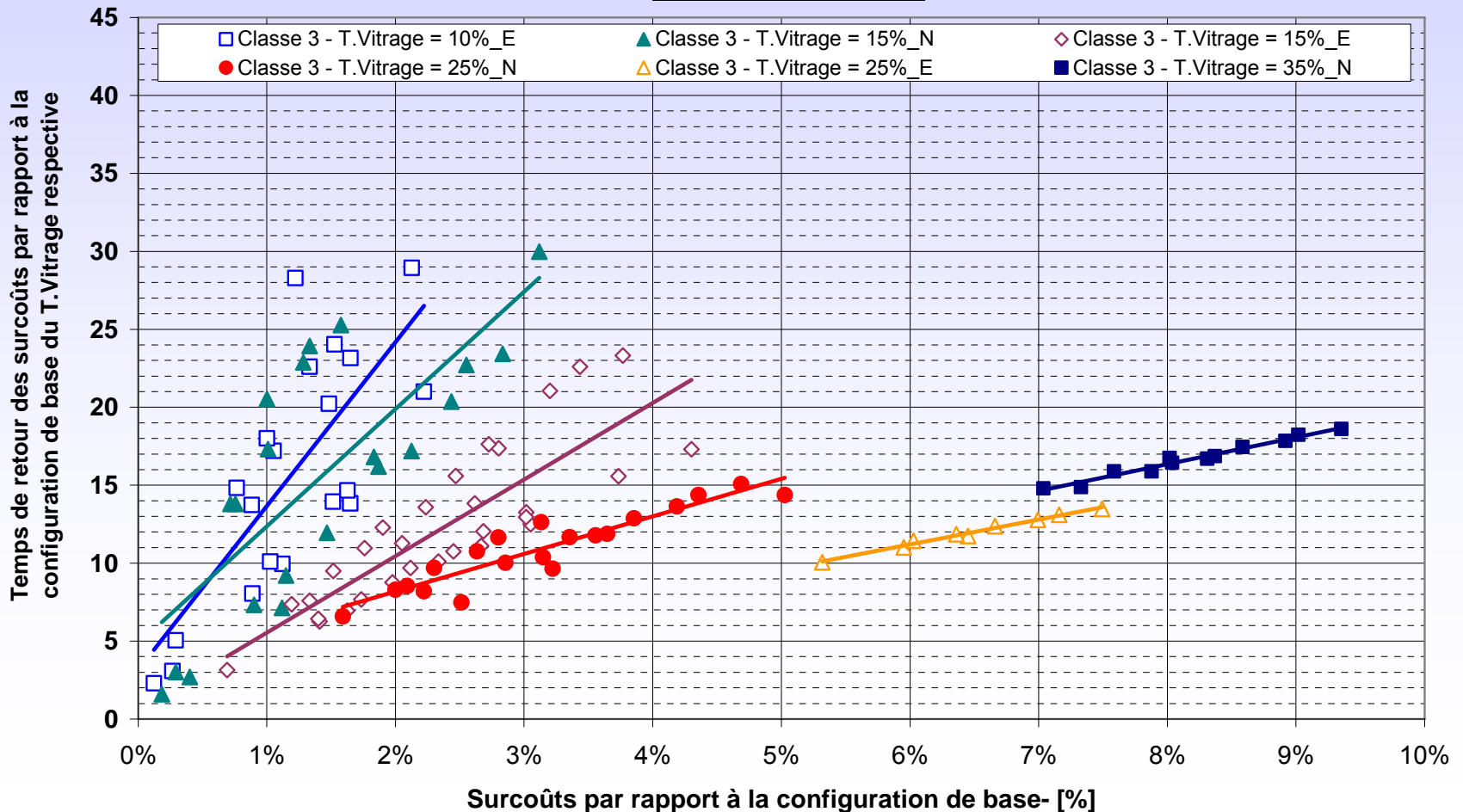


# MISE EN PLACE D'UN SYSTEME DE LABEL POUR L'ENVELOPPE DU BATIMENT

## Temps de retour pour les surcoûts dus à l'application du Label

Temps de Retour sur Surcoûts investissement par rapport à la configuration de base du Taux de Vitrage respective (*Configurations avec Toiture Isolée uniquement*)

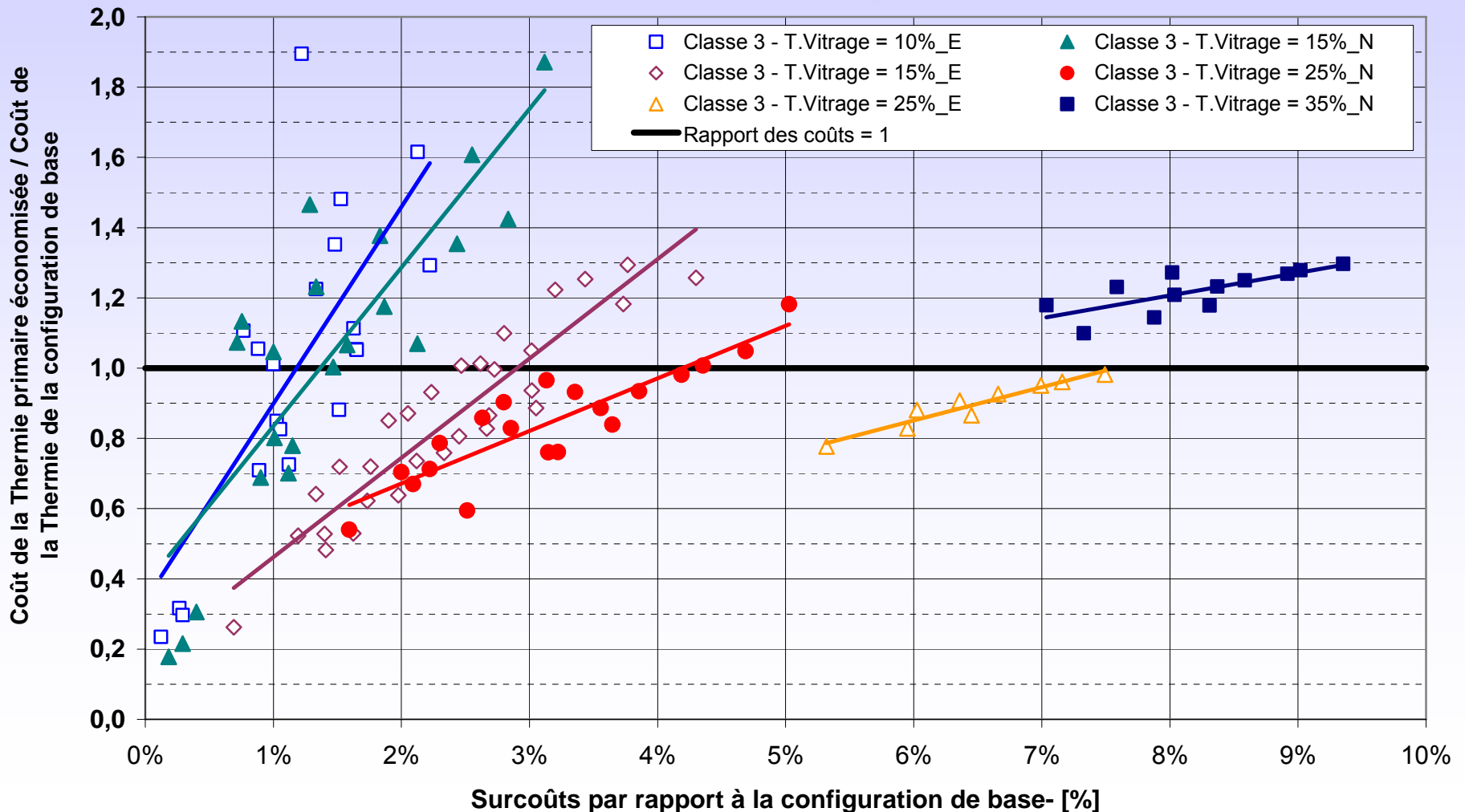
### CLASSE 3 - Tunis



# MISE EN PLACE D'UN SYSTEME DE LABEL POUR L'ENVELOPPE DU BATIMENT

Rapport du Coût de la Thermie Economisée sur le Coût de la Thermie de la Configuration de Base du Taux de Vitrage respective (Taux d'Actualisation des Surcoûts = 7%)

## CLASSE 3 - TUNIS (Ensemble des configurations avec Toiture Isolée)



# Possibilités d'action d'amélioration dans les bâtiments du tertiaire: 2. Systèmes assurant le confort thermique

## AMELIORATION DES PERFORMANCES DES SYSTEMES DE CHAUFFAGE ET DE CLIMATISATION

- Mise en place de systèmes de modulation de l'air neuf en fonction du taux d'occupation (action prioritaire pour les locaux ayant un taux d'occupation élevé & variable)
- Mise en place d'équipements de régulation adéquat et d'un système de Gestion Technique du Bâtiment (GTB) assurant la régulation, la programmation et le suivi des équipements (appliquer les consignes et adapter le fonctionnement des équipements aux besoins réels)
- Mise en place de systèmes de récupération de chaleurs (bénéficier de quantités d'énergie qui serait autrement rejetées à l'extérieur)
- Mise en place de système de déshumidification utilisant un média dessiccant sur les unités de traitement d'air à débit d'air neuf élevé (assurer une bonne partie de la déshumidification sans refroidissement)

# Possibilités d'action d'amélioration dans les bâtiments du tertiaire: 2. Systèmes assurant le confort thermique

## AMELIORATION DES PERFORMANCES DES SYSTEMES DE CHAUFFAGE ET DE CLIMATISATION

- ◆ Choix de systèmes performants lors des opérations de rénovations ou réalisation de nouveaux projets, au niveau des installations concernées (équipements à Haut rendement, système VAV ou VRV, etc.)
- ◆ Intégration du solaire thermique quand c'est possible
- ◆ Mise en place de microcontacts au niveau des fenêtres & portes-fenêtres, permettant l'arrêt de la climatisation du local en cas d'ouverture (Chambres d'hôtels, bureau individuel, etc.)
- ◆ Mise en place de sondes de présence pour la gestion marche-arrêt des unités individuelles de climatisation
- ◆ Calorifuge des conduits des divers fluides caloporteurs (Tuyauterie de distribution d'EG, EC et conduits de distribution d'air)

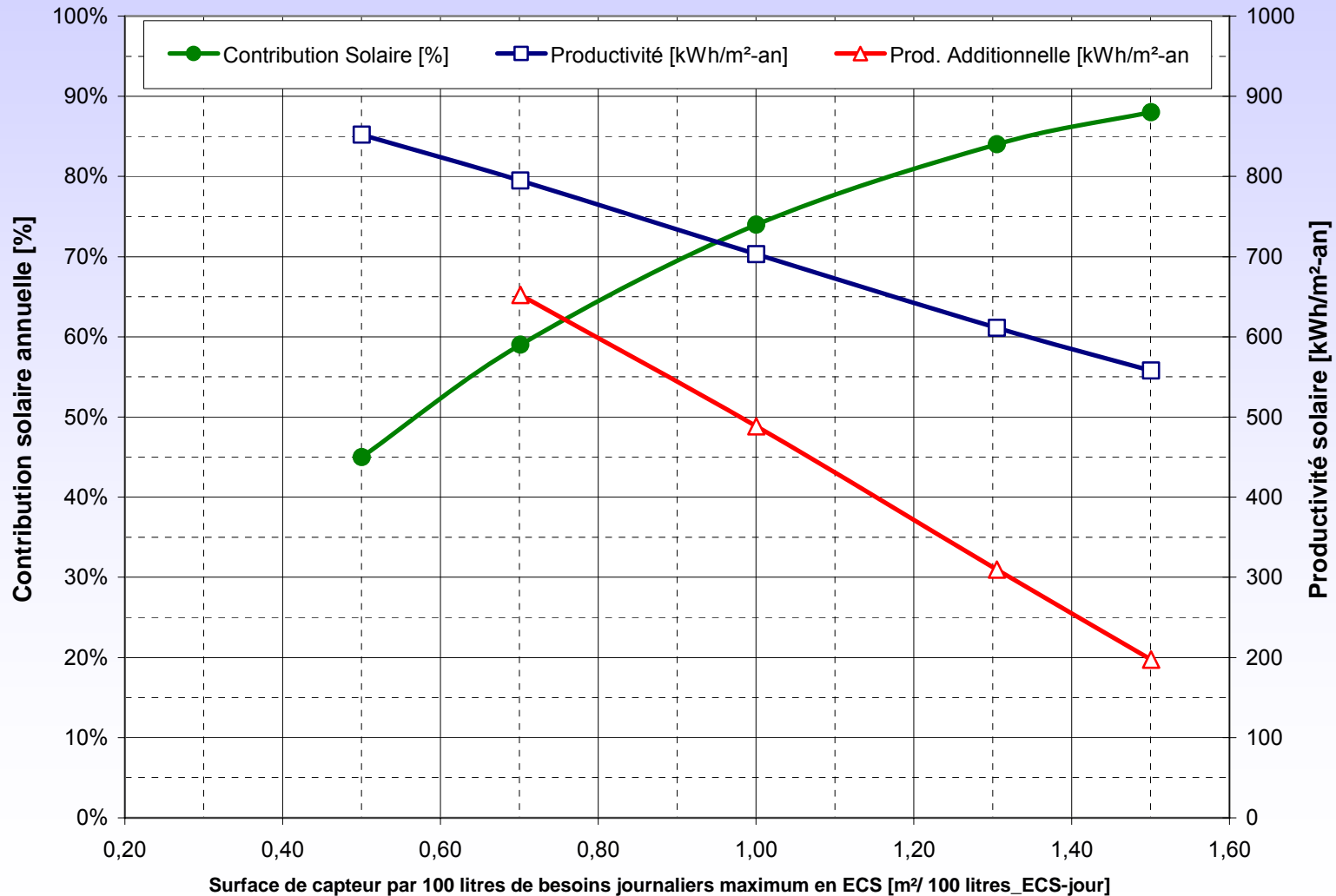
# RECOURS AU SOLAIRE THERMIQUE QUAND APPROPRIE

## APPLICATIONS COURANTES DE CHAUFFAGE SOLAIRE DE L'EAU ET COMPOSANTS TYPE DU SYSTEME SOLAIRE

Considérations de base	Températures d'utilisation										
	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C	80°C	90°C	100°C	>100°C	
<b>Champ d'application</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Chauffage de l'eau de piscine</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Eau Chaude Sanitaire</b></li> <li>Chauffage basse température des locaux (Chauffage par le sol)</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>Chauffage des locaux</li> <li>Process industriels</li> <li>Production de froid par machine à absorption /simple effet</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>Process industriels à haute température</li> <li>Production de froid par machine à absorption / double effet</li> </ul>		
<b>Type de bâtiment Concerné</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Piscines (Surtout extérieures)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Hôtels</li> <li>Stations touristiques</li> <li>Hôpitaux</li> <li>Foyers</li> <li>Casernes militaires</li> <li>Habitation (résidentiel)</li> <li>Vestiaires</li> <li>Hammams</li> <li>Restaurants</li> <li>Petit tertiaire</li> <li>etc.</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>Usage de bureaux</li> <li>Espaces Commerciaux</li> <li>Industrie</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>Usage de bureaux</li> <li>Espaces Commerciaux</li> <li>Industrie</li> </ul>		
<b>Capteurs solaires</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Capteurs sans vitrage (capteurs souples)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Capteurs plans couverts (absorbeur sélectif / Non sélectif)</li> <li>Tubes sous vide –TSV (performance moyenne)</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>Tubes sous vide TSV – à haute performance</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>Systèmes de concentrateurs / Tubes sous vide à très haute performance</li> </ul>		
<b>Circulation / stockage</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aucun stockage (la masse d'eau de la piscine constitue le stockage)</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Multi thermosiphon ou multi ballons stockeurs (stockage à l'extérieur)</li> <li>Circulation forcée (stockage extérieur ou intérieur)</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>Circulation forcée (stockage tampon extérieur ou intérieur)</li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>Circulation forcée (stockage tampon extérieur ou intérieur)</li> </ul>		
<b>Remarques</b>	<p>En Tunisie, les piscines extérieures sont généralement chauffées durant les saisons intermédiaires (du 15/09 au 31/10 et du 15/04 au 15/06)</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Vérifier si la toiture peut accepter les surcharges dues au système solaire retenu</li> <li>TSV avec performance moyenne: <math>U_{\text{capteur}} &gt; 2 \text{ W/m}^2/\text{K}</math></li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>Vérifier si la toiture peut accepter les surcharges dues au système solaire retenu</li> <li>TSV à haute performance: <math>U_{\text{capteur}} &lt; 2 \text{ W/m}^2/\text{K}</math></li> </ul>			<ul style="list-style-type: none"> <li>Vérifier si la toiture peut accepter les surcharges dues au système solaire retenu</li> <li>TSV à très haute performance</li> </ul>		

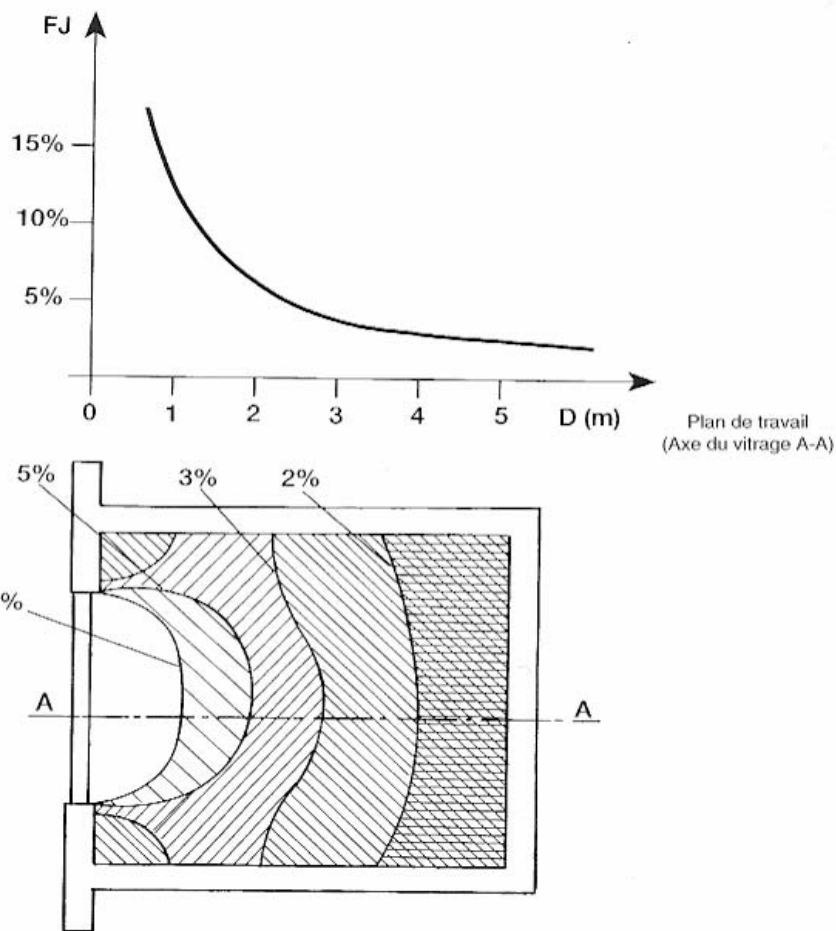
# CHAUFFAGE SOLAIRE DE L'EAU CHAUDE SANITAIRE: Dimensionner Convenablement l'installation!

Variation de la productivité d'une installation solaire pour un hotel à Hammamet en fonction de la taille de l'installation  
Volume de stockage = Consommation journalière (> 60 litres / m<sup>2</sup> de capteur)



# Possibilités d'action d'amélioration dans les bâtiments du tertiaire: 3. Systèmes électriques

## AMELIORATION DES PERFORMANCES DES SYSTEMES D'ECLAIRAGE



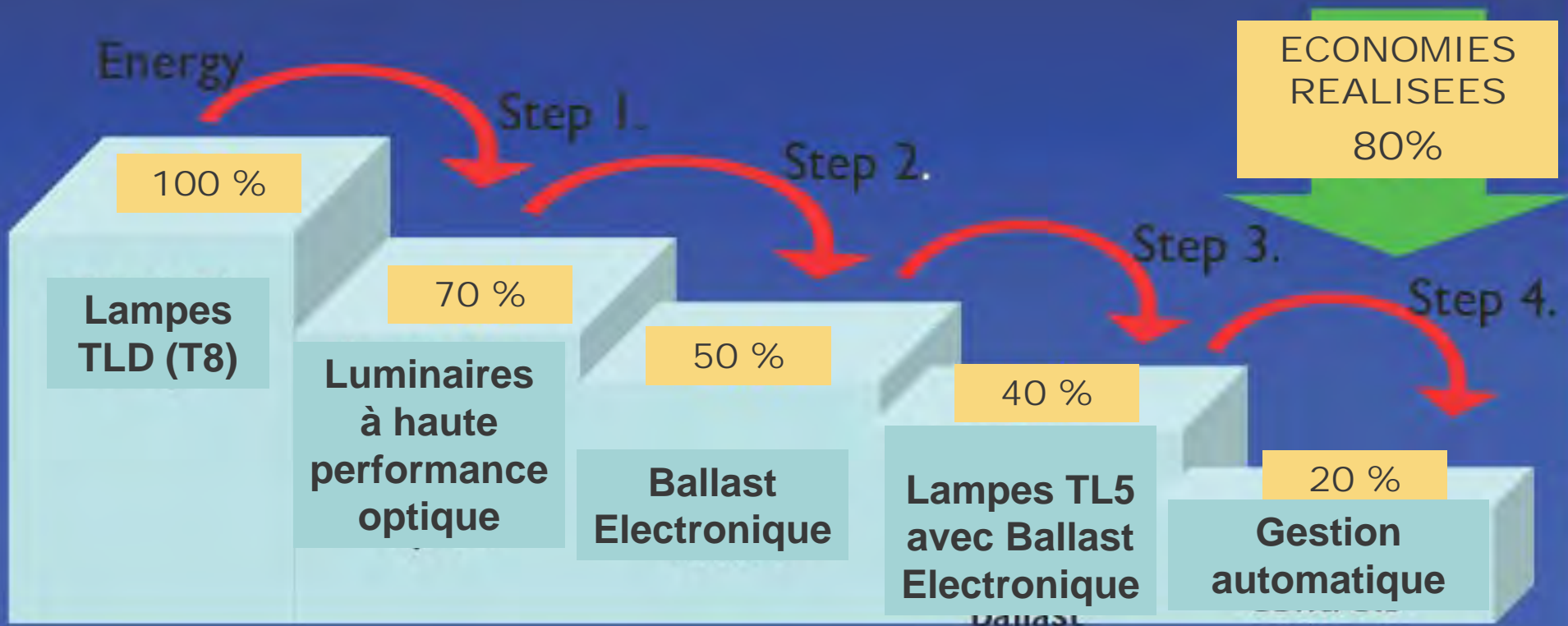
- ◆ En plus des actions déjà énumérées pour les édifices résidentiels (qui sont aussi applicables pour les bâtiments du tertiaire)
- ◆ Mettre en place des systèmes permettant de bénéficier de l'éclairage naturel quand il est disponible (Systèmes automatisés permettant de varier l'intensité de l'éclairage artificiel en fonction de l'éclairage naturel)

$$FJ = E_{cl \text{ plan travail}} / E_{cl \text{ Extérieur}}$$

$$E_{cl \text{ Extérieur}} = 10000 \text{ lux (ciel clair)}$$

$$FJ = 3\% \rightarrow E_{cl \text{ plan travail}} = 300 \text{ lux}$$

## UTILISATION DE SYSTEMES D'ECLAIRAGE ARTIFICIEL PERFORMANT



Le surcoût global de telles mesures, en tenant compte des réductions de puissances électriques engendrées, est souvent *négligeable* et parfois *négatifs!* (réduction des coûts au niveau de la distribution électrique)

# QUELQUES EXEMPLES CONCRETS

## 1. Recours à des ballasts électroniques:

- ◆ Réduction de la consommation électrique des luminaires à base de lampe T8 d'environ **15 %** pour un surcoût d'environ **15 DT** par luminaire

## 2. Généralisation des lampes LBC à toutes les chambres dans un foyer universitaire à Djerba – Tunisie:

- ◆ Réduction du bilan de puissance et par conséquent la taille des transformateurs (500 kVA au lieu de 630 kVA)
- ◆ Réduction des sections de câbles de distrib. électrique
- ◆ Réduction des tailles des organes de sécurité et organes de coupure dans le TGBT et les armoires électriques
- ◆ Incidence sur le coût global des installations:  
**Réduction de 5% !!! (La maîtrise de l'énergie permet aussi de réduire les coûts d'investissement, quand prévue dès la conception)**

# La consultation préalable: Un outil pour promouvoir la maîtrise de l'énergie dans les nouveaux projets de bâtiment

## ➤ Cadre Règlementaire:

1. Réglementation thermique et énergétiques des bâtiments en Tunisie (Textes d'application)
2. Décret N°2004-2144 du 02/09/2004, relatif à la consultation préalable
3. Cahier des Charges relatif à l'audit énergétique sur plan dans les secteurs tertiaire & résidentiel

# La consultation préalable: Un outil pour promouvoir la maîtrise de l'énergie dans les nouveaux projets de bâtiment

## ➤ OBJECTIF:

Anticiper sur les performances thermiques et énergétiques d'un projet en amont de sa réalisation, afin de pouvoir :

- ◆ Vérifier sa conformité vis-à-vis de la réglementation thermique et énergétique en vigueur
- ◆ Explorer les différentes options d'amélioration possibles

# La consultation préalable: Un outil pour promouvoir la maîtrise de l'énergie dans les nouveaux projets de bâtiment

- **Audit énergétique préalable à travers une approche systématique couvrant toutes les phases de réalisation du projet**
  - ◆ **EQUIPE: Architecte + Ingénieur spécialisé**
  - ◆ **PROCESSUS:**
    - Evaluer le niveau de performance du projet dans sa version initiale / conformité à la réglementation ou niveau de label visé,
    - Recommander des mesures d'amélioration,
    - S'assurer que les solutions préconisées sont mises en œuvre

# **EN CONCLUSION ET POUR ABOUTIR A DES SOLUTIONS EFFICACES:**

- 1. Analyser correctement le comportement énergétique du bâtiment et ses différentes zones: (Enveloppe / densité d'occupants)**
- 2. Utiliser la forme d'énergie la plus indiquée pour l'usage**
- 3. Conduire, si nécessaire, un audit énergétique préalable, mais au minimum un diagnostic avisé des solutions préconisées**
- 4. Identifier les actions possibles et évaluer leurs impacts**



**Merci pour votre attention**

Mongi Bida

[bida.ceesen@planet.tn](mailto:bida.ceesen@planet.tn)