

# Impact des changements climatiques sur les bâtiments

**Michel Parent, ing.**  
**Groupe conseil Technosim inc.**

Avec l'appui de  
**l'Agence de l'efficacité énergétique d**

**BOMA - L'efficacité énergétique appliquée**  
**Montréal, 31 janvier 2008**



## CONTEXTE

- **Étude effectuée pour le compte de l'AEÉ dans le cadre de la mise à jour de la réglementation.**
- **Objectifs de l'étude**
  - Impact des changements sur les critères de conception et des performances requises pour:
    - l'enveloppe
    - le CVC
    - les systèmes électriques
  - Évaluer les mesures de réduction de surchauffe et les mesures de réduction de la charge de climatisation.
  - Évaluer les mesures solaires passives pour le chauffage des locaux

# CONTEXTE

- **Secteurs visés**

- Nouvelles constructions uniquement (& agrandissements)
  - Résidentiel
  - Commercial
  - Institutionnel

- **Scénarios climatiques considérés**

- Scénario de réchauffement moyen (Ouranos)
- Scénario de réchauffement moyen avec effet d'îlot urbain
- Cas de référence moyen WYEC
- Année réelle 2006 (hiver doux)

# PROCÉDURE D'ÉVALUATION

- Simulation détaillée (DOE2, ESP-r)
  - Évaluation de la consommation
  - Évaluation des températures intérieures
  - Impact sur la demande
- 8 bâtiments types, e.g.
  - résidence unifamiliale
  - unités de logements locatifs
  - bureaux
  - commerces
- Bâtiments réels
  - Modèles calibrés sur la facturation

# PARAMÈTRES CLIMATIQUES

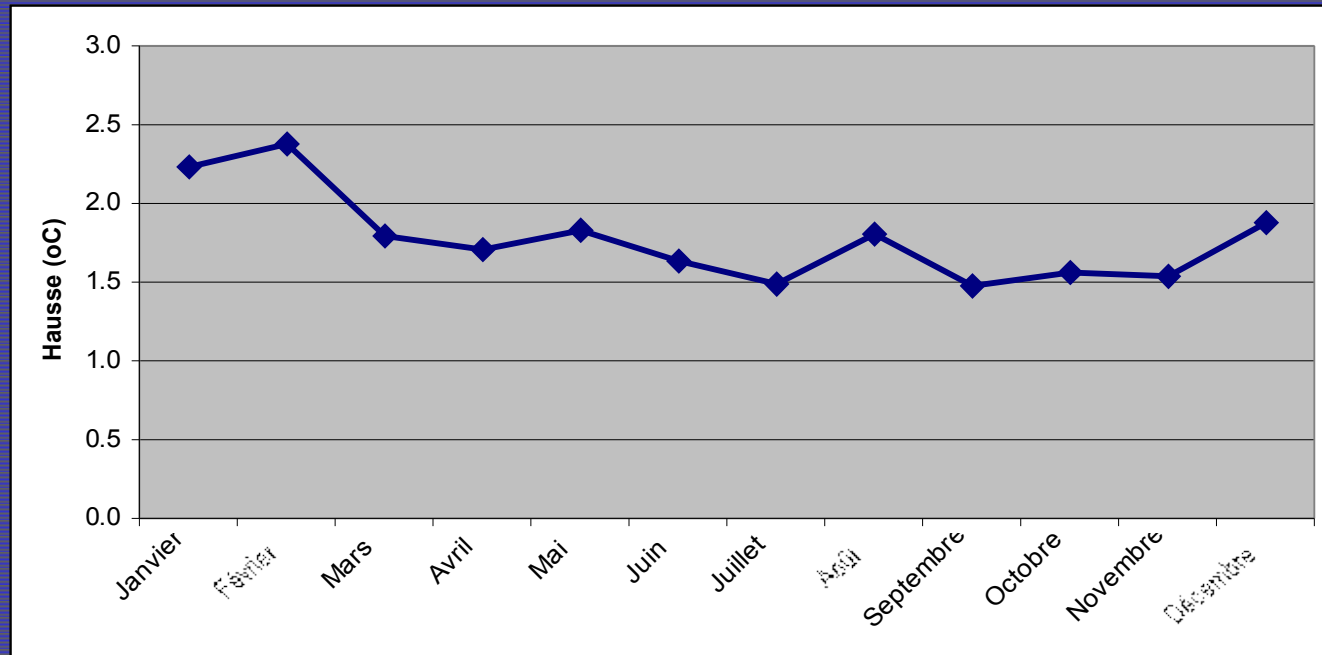
Hypothèses climatiques retenues ...

- 4 scénarios climatiques retenus
  - scénario typique (représentatif de la période ~1950 à ~1990)
  - scénario Ouranos (réchauffement climatique ~2020)
  - scénario Îlot (Ouranos + effet d'îlot de chaleur urbain - Montréal ~2020)
  - cas réel 2006 (hiver doux, assez représentatif du réchauffement hivernal anticipé)
- Tous les scénarios construits à partir de données pour la région de Montréal

# SCÉNARIO DE RÉCHAUFFEMENT MOYEN

Augmentation prévue des moyennes mensuelles ~2020  
(Montréal, scénario Ouranos moyen)

mois	$\Delta T$ (°C)
janvier	2.23
février	2.38
mars	1.79
avril	1.71
mai	1.83
juin	1.63
juillet	1.49
août	1.80
septembre	1.47
octobre	1.56
novembre	1.53
décembre	1.88



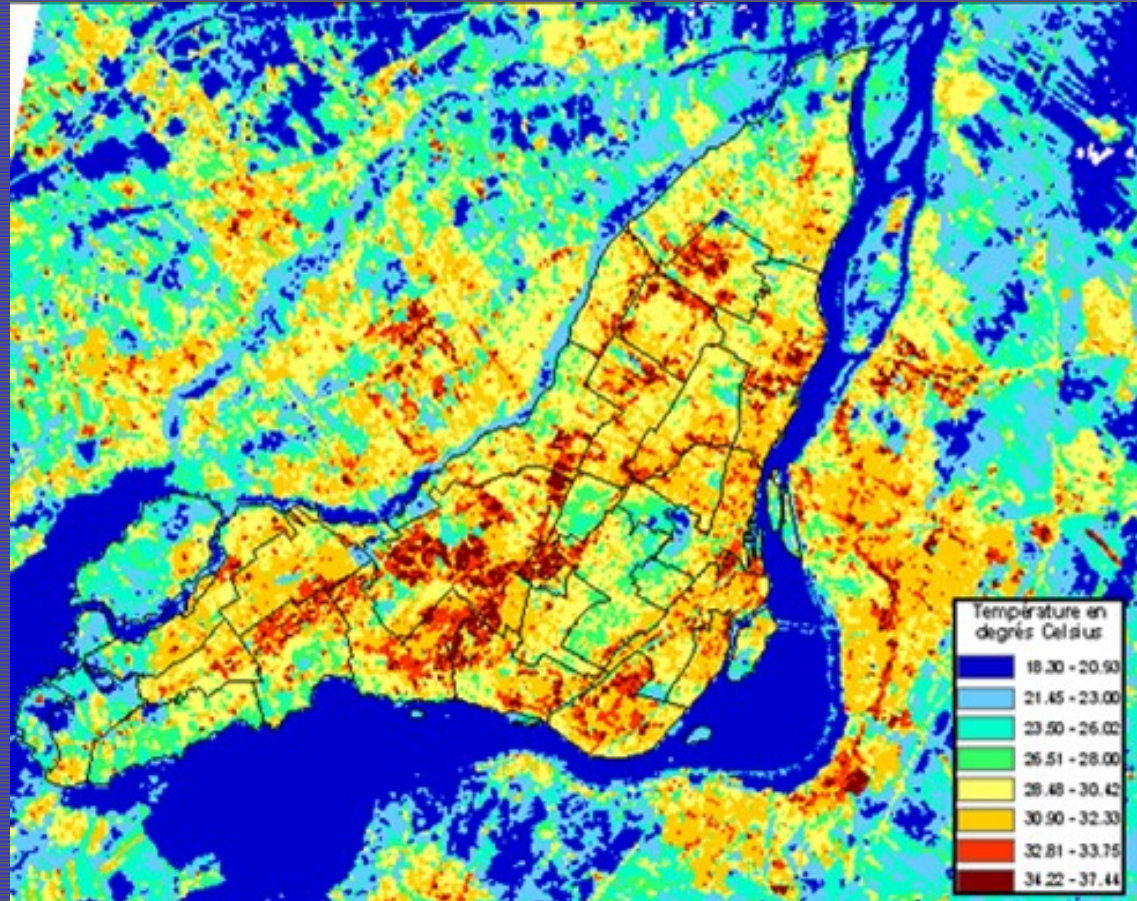
# GÉNÉRATION DES DONNÉES HORAIRES

Hypothèses climatiques retenues ...

- réchauffement climatique
  - génération des paramètres climatiques à partir des données 1956 à 2006
  - adoption des mois les plus représentatifs selon scénarios Ouranos
- effet d'îlot de chaleur urbain
  - estimation des  $\Delta T$  entre centre-ville (McTavish) et campagne (Varennnes)
  - hausse moyenne: 0.6°C à 1.6°C, vitesses de vent réduites
  - plus important l'été (la nuit)
  - génération des paramètres climatiques à partir des données 1997 à 2006

# EFFET D'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN

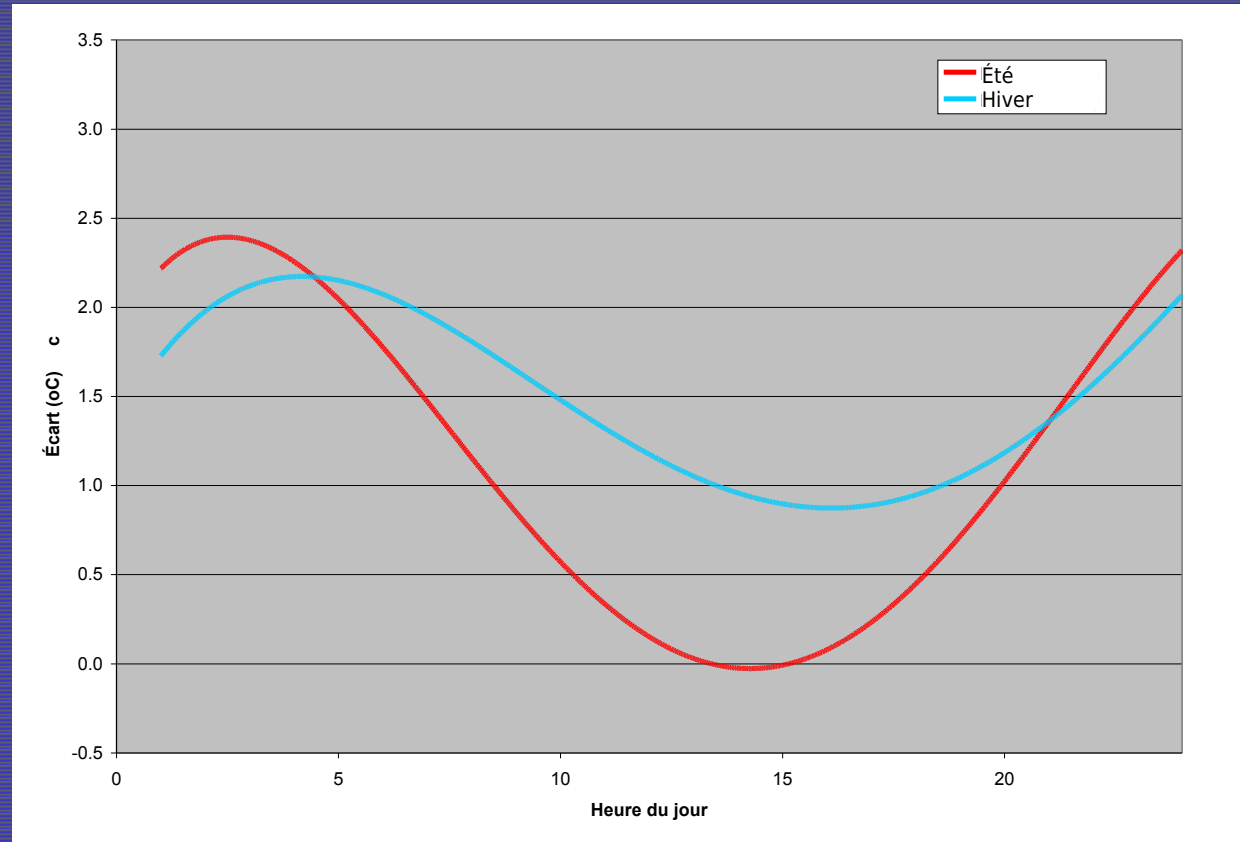
- augmentation locale des températures et du rayonnement ambiants
- lié au manque de végétation
- lié à l'absorption solaire
- lié au transport, à l'activité industrielle, et au smog



# SCÉNARIO D'EFFET D'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN

impact estimé de l'effet d'îlot de chaleur urbain  
(Montréal)

mois	$\Delta T$ (°C)
janvier	1.39
février	1.51
mars	1.39
avril	0.90
mai	0.63
juin	0.68
juillet	1.15
août	1.54
septembre	1.32
octobre	1.08
novembre	1.05
décembre	1.07



# SOMMAIRE DES SCÉNARIOS CLIMATIQUES

- l'année typique (CWEC) est considérablement plus froide
- l'année 2006 est plus tempérée
- l'année îlot est considérablement plus chaude (en période estivale)

scénario	°jours chauffage <sub>18°C</sub>	Max. (°C)	Min. (°C)	#heures $\geq$ 30°C
typique	4690	31.7	-28.9	24
Ouranos	4200	33.2	-21.7	87
îlot	3868	33.5	-20.9	101
2006	3790	33.8	-18.5	29

# CONSÉQUENCES DE LA SURCHAUFFE ESTIVALE

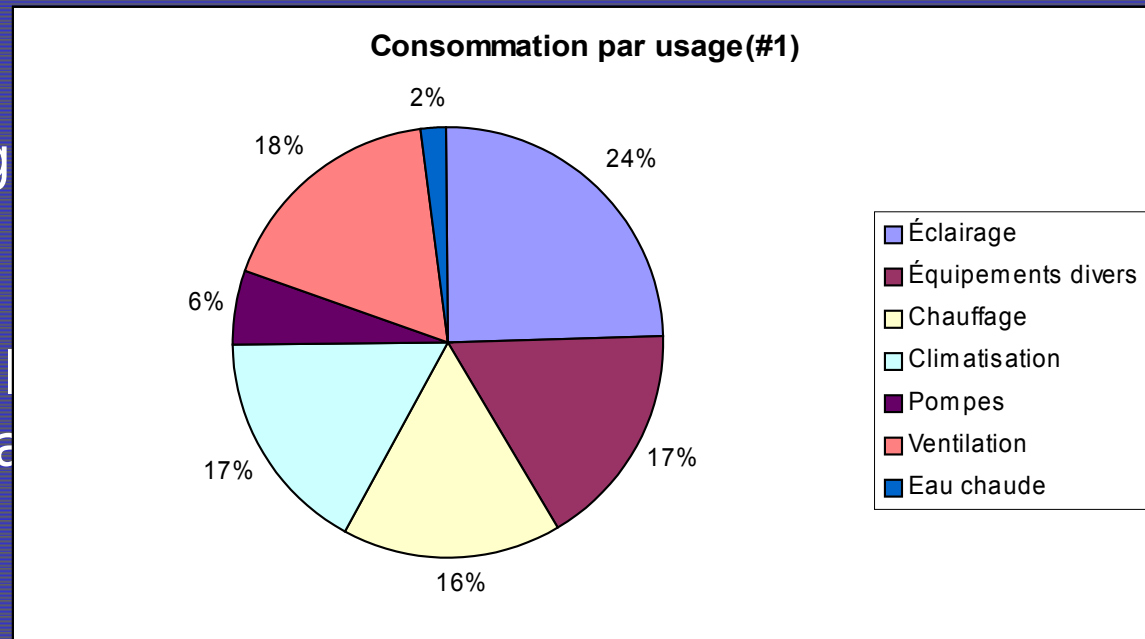
- inconfort thermique ( $> 26^{\circ}\text{C}$ )
  - humeur
  - productivité
  - absentéisme
- santé (surtout enfants & aînés)
  - risques de stress thermique ( $T^{\circ}_i > 32^{\circ}\text{C}$ )
- énergie
  - climatisation accrue
  - stress potentiel sur le réseau de distribution électrique

# RÉSULTATS DES ANALYSES

Édifices à bureaux  
Commerces  
Résidentiel

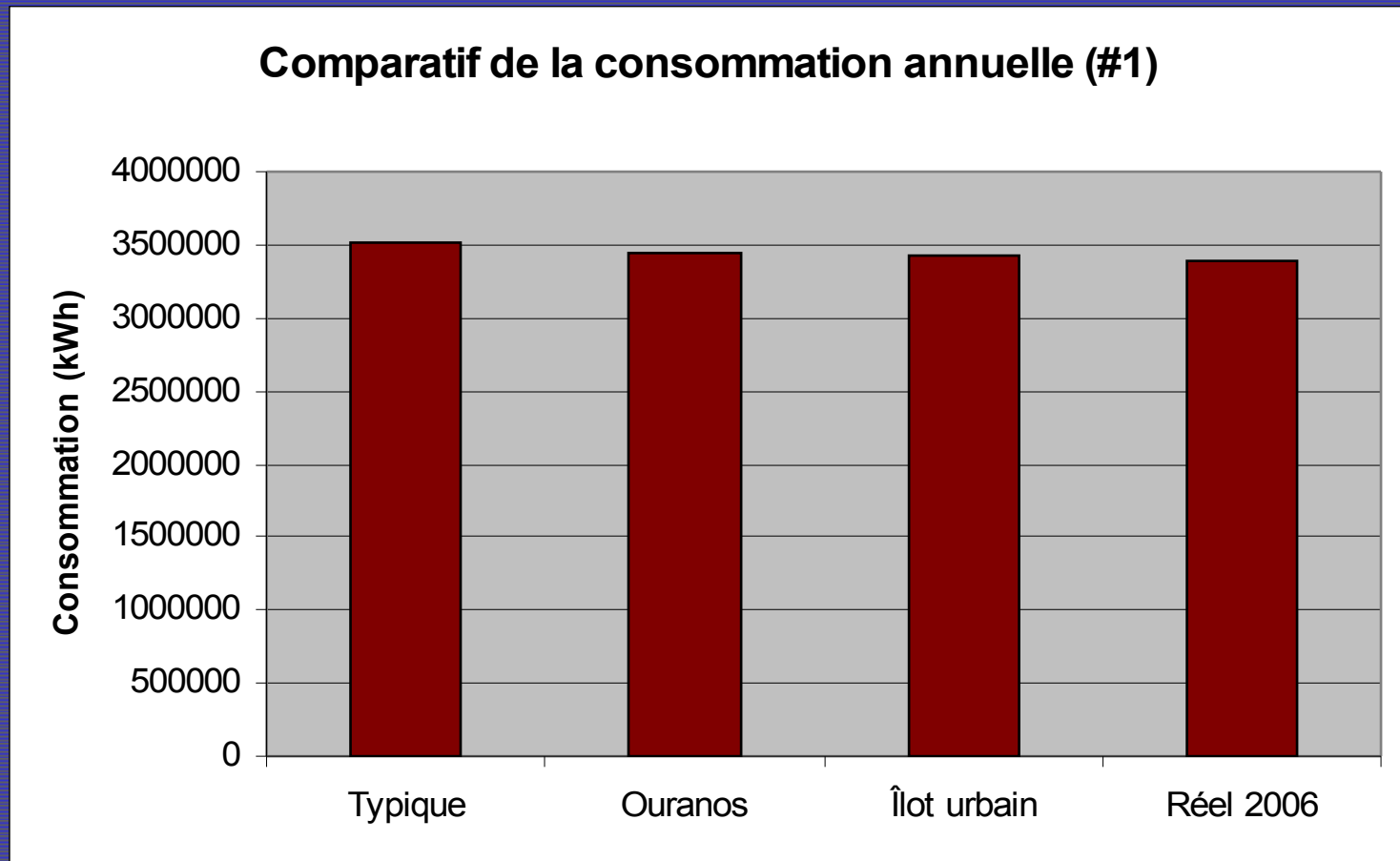
# ÉDIFICES À BUREAUX

- Deux bâtiment modélisés
- Bâtiment #1
  - bâtiment de 4 étages
  - 136 000 pi<sup>2</sup>
  - Systèmes VAV
  - Refroidisseur central
- Bâtiment #2
  - bâtiment de 12 étages
  - 318 000 pi<sup>2</sup>
  - Systèmes VAV
  - Refroidisseur central
  - Fenestration importante



# ÉDIFICE À BUREAUX - ÉNERGIE

- Économies nettes de 3% à 4% pour les 3 scénarios atypiques
- Hausse de la pointe estivale de 1% à 2%
- Hausse de la consommation de climatisation de 5% à 8%

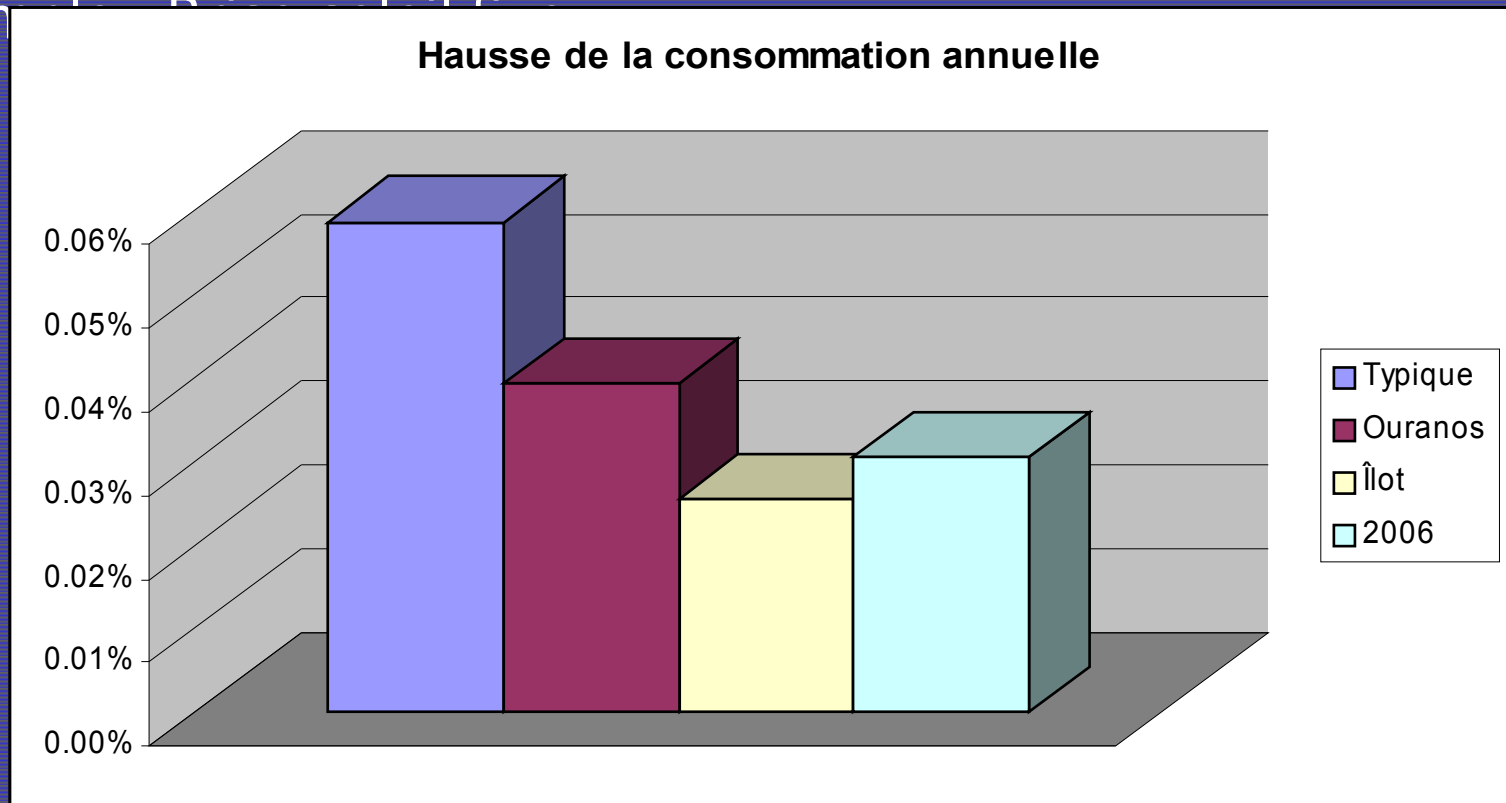


# ÉDIFICES À BUREAUX - MESURES ÉVALUÉES

- Mesures évaluées
  - Architecturales
    - Brise-soleil
    - Auvents
    - Toits végétaux
    - Couleur des parements
    - Fenestration, type et superficie
    - Masse thermique
  - CVC et électrique
    - Réduction des gains internes (éclairage, charge aux prises)
    - Refroidissement gratuit
    - Stockage
    - Stratégie de ventilation
    - Rendement des équipements

# ÉDIFICES À BUREAUX - RÉDUCTION DE LA CLIMATISATION

- Les mesures visant la réduction des gains solaires produisent généralement des pénalités énergétiques nettes dans tous les scénarios.
  - Exception : Auvents, écran végétal (sans ombrage hivernal)
- Exemple de l'impact de la réduction de la climatisation



# ÉDIFICES À BUREAUX - RÉDUCTION DE LA CLIMATISATION

- Exemple : Toiture végétale - faible gain énergétique annuel

Scénario climatique	Économie électrique kWh	Économie annuelle \$	Coût d'implantation \$	PRI
Scénario moyen	10 500	897 \$	184 000 \$	Nil
Scénario Ouranos	14 100	1 200 \$	184 000 \$	Nil
Scénario îlot urbain	15 000	1 280 \$	184 000 \$	Nil
Scénario réel 2006	11 400	972 \$	184 000 \$	Nil

# ÉDIFICES À BUREAUX - MESURES ÉVALUÉES

- Fenestration

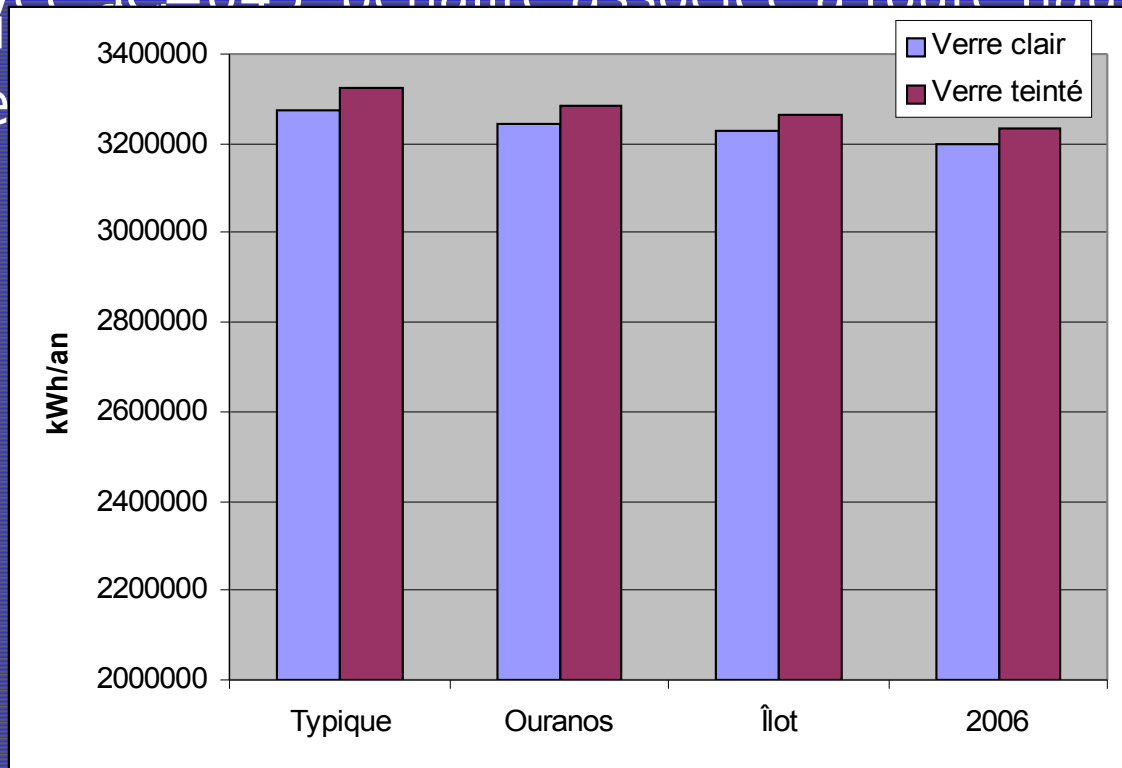
- Hausse de la superficie = pénalité énergétique

- Mesure évaluée  $\Rightarrow$  fenêtre low-e R-5 (global) et SC = 0.2

- Valeur de R-7 à R-8 requise avant d'avoir un gain net (SC=0.2)

- Avec SC=0.45 pénalité associée à toute hausse de SU

- Verre teinté

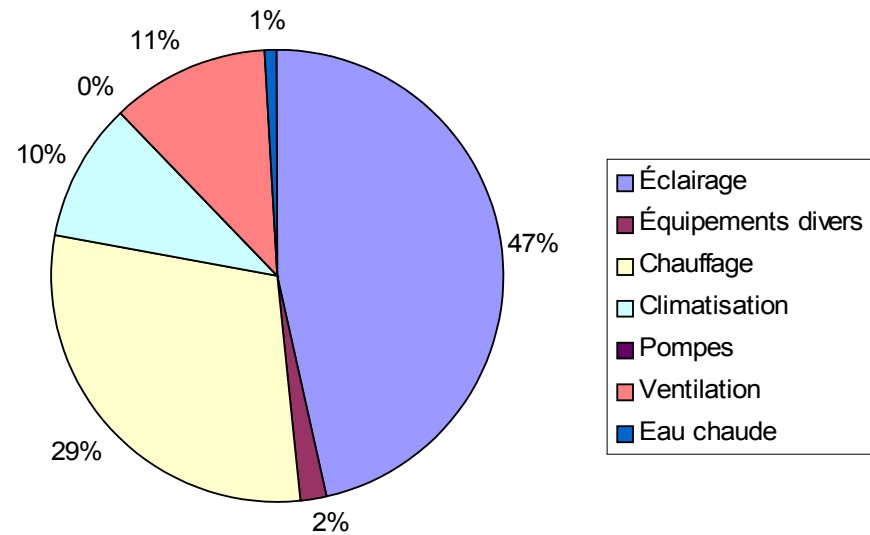


(u de 0.45)

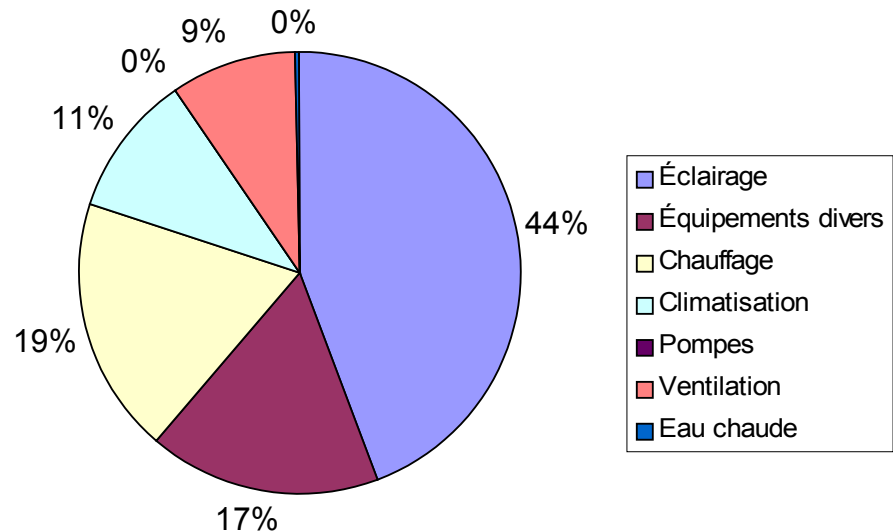
# COMMERCES

- Deux bâtiment modélisés
- Petit commerce
  - bâtiments de 1 étage
  - 4 800 pi<sup>2</sup>
  - Unité de toiture
  - Éclairage important
- Grand commerce
  - bâtiments de 4 étages
  - 107 000 pi<sup>2</sup>
  - Unités de toiture

Répartition de la consommation

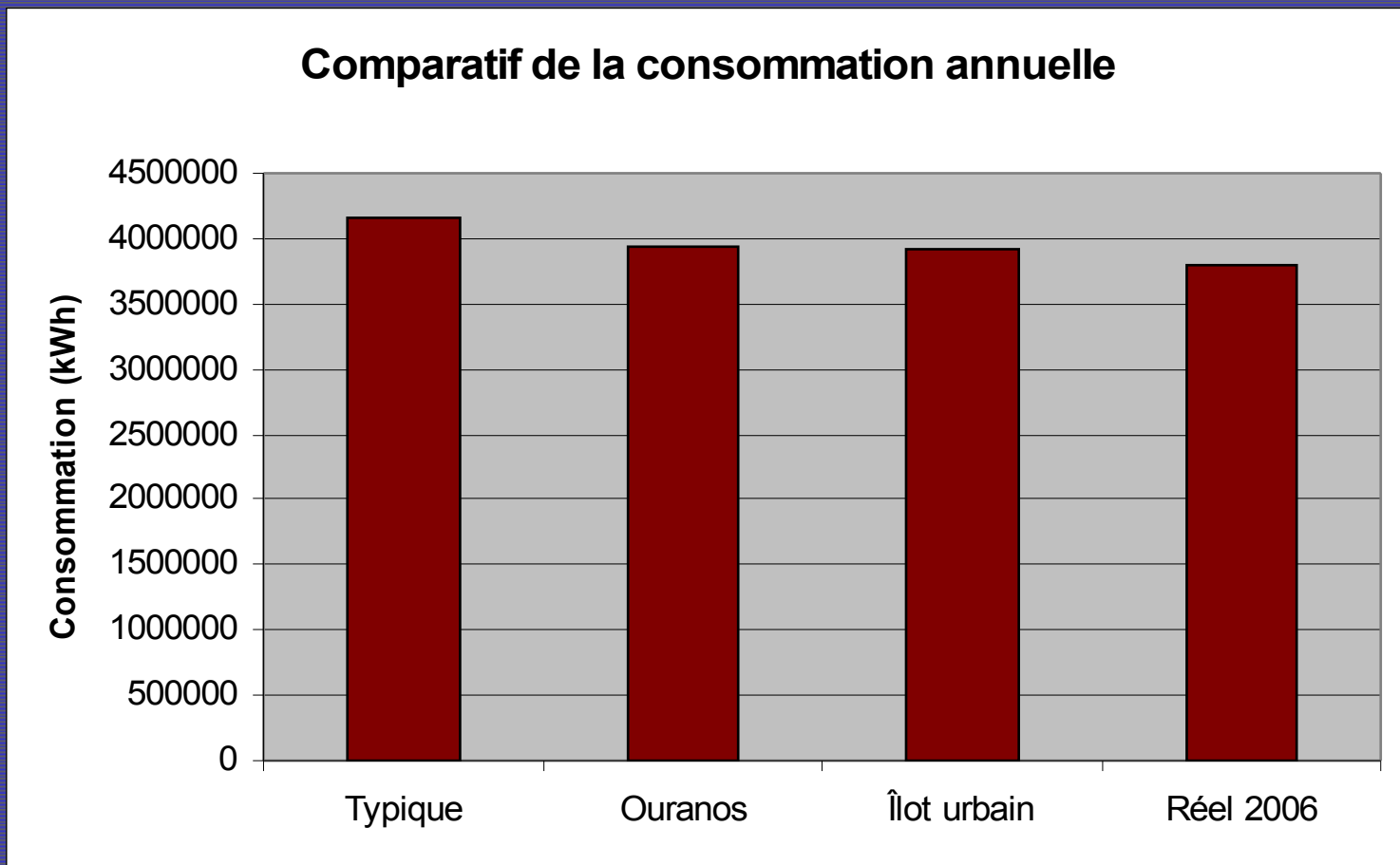


Répartition de la consommation



# COMMERCE - ÉNERGIE

- Économies nettes ~5% à 9% pour les 3 scénarios atypiques
- Hausse de la pointe estivale de 1% à 2%
- Hausse de la consommation de climatisation de 9% à 17%



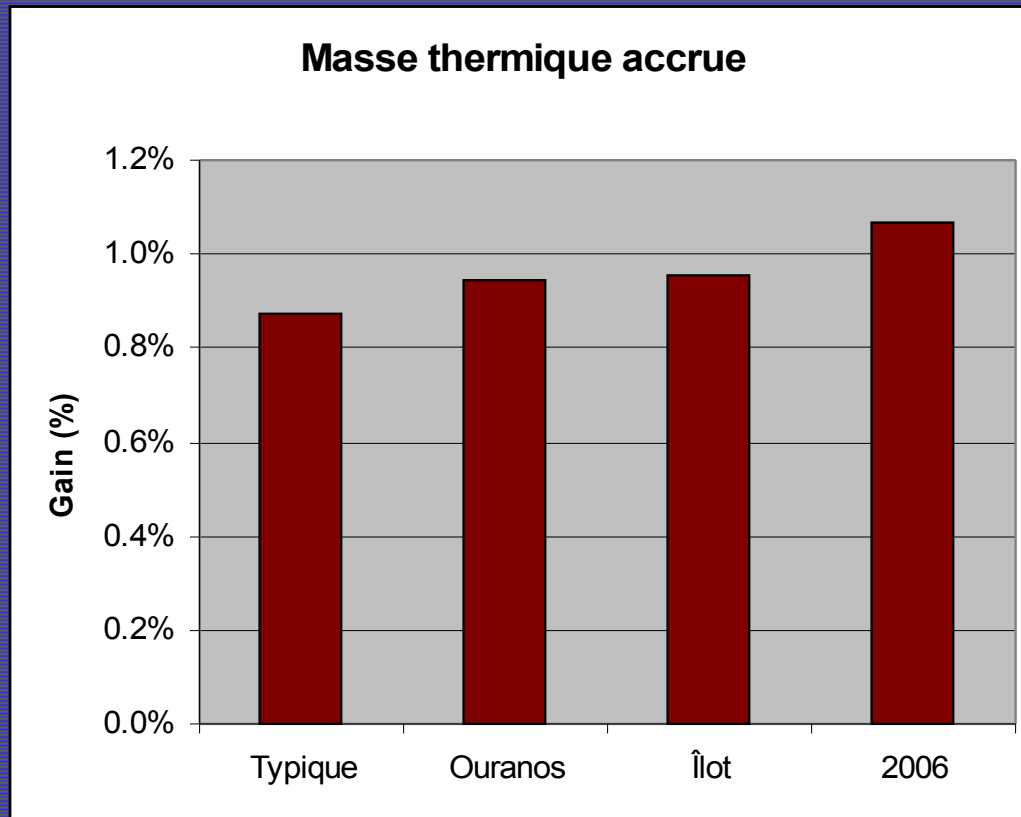
# COMMERCES - MESURES ÉVALUÉES

- Même liste de mesures que pour les édifices à bureaux
- Résultats similaires, avec quelques distinctions
- Exemple : couleurs du revêtement de toiture (agrégats réfléchissants), Grand commerce (seul cas de gain positif pour cette mesure)

Scénario climatique	Économie électrique kWh	Économie de combustible kWh éq.	Économie nette \$/an	Coût de la mesure \$	PRI ans
Scénario moyen	41470	-25593	952.84 \$	\$ 11 400.00	12.0
Scénario Ouranos	58700	-27528	1 774.68 \$	\$ 11 400.00	6.4
Scénario îlot urbain	58867	-24654	1 909.30 \$	\$ 11 400.00	6.0
Scénario réel 2006	43225	-20257	1 115.61 \$	\$ 11 400.00	10.2

# COMMERCES - MESURES ÉVALUÉES

- Masse thermique accrue
  - Impact énergétique similaire dans toutes les vocations
    - Gain énergétique faible, PRI nul
    - Emplacement idéal = intérieur
    - Coffrage isolant : peu d'impact lié à la masse thermique

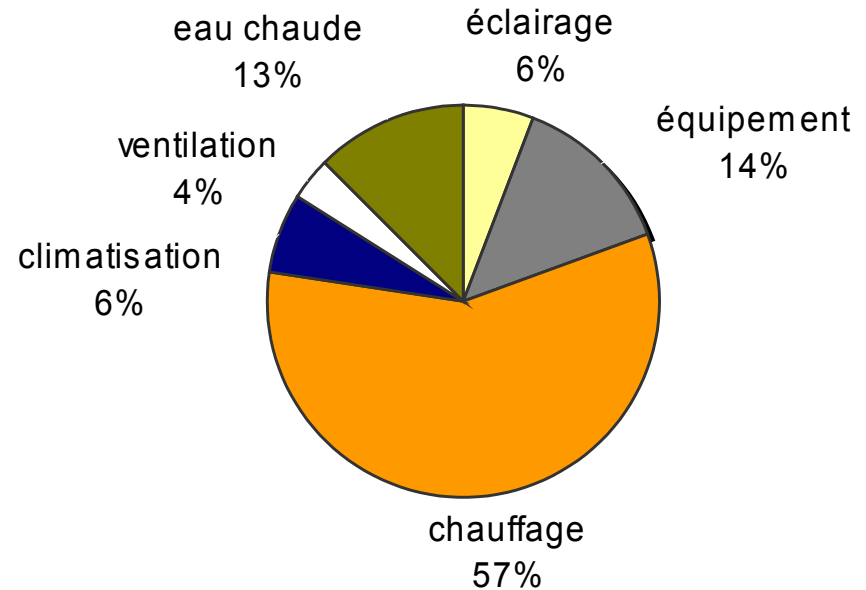


## SECTEUR RÉSIDENTIEL

- Divisé entre l'unifamilial et le multifamilial
- Le seul secteur où les modèles n'incorporent pas de climatisation
- Inclut également un centre d'accueil (personnes âgées)
- L'analyse couvre l'impact des scénarios sur la température (santé)

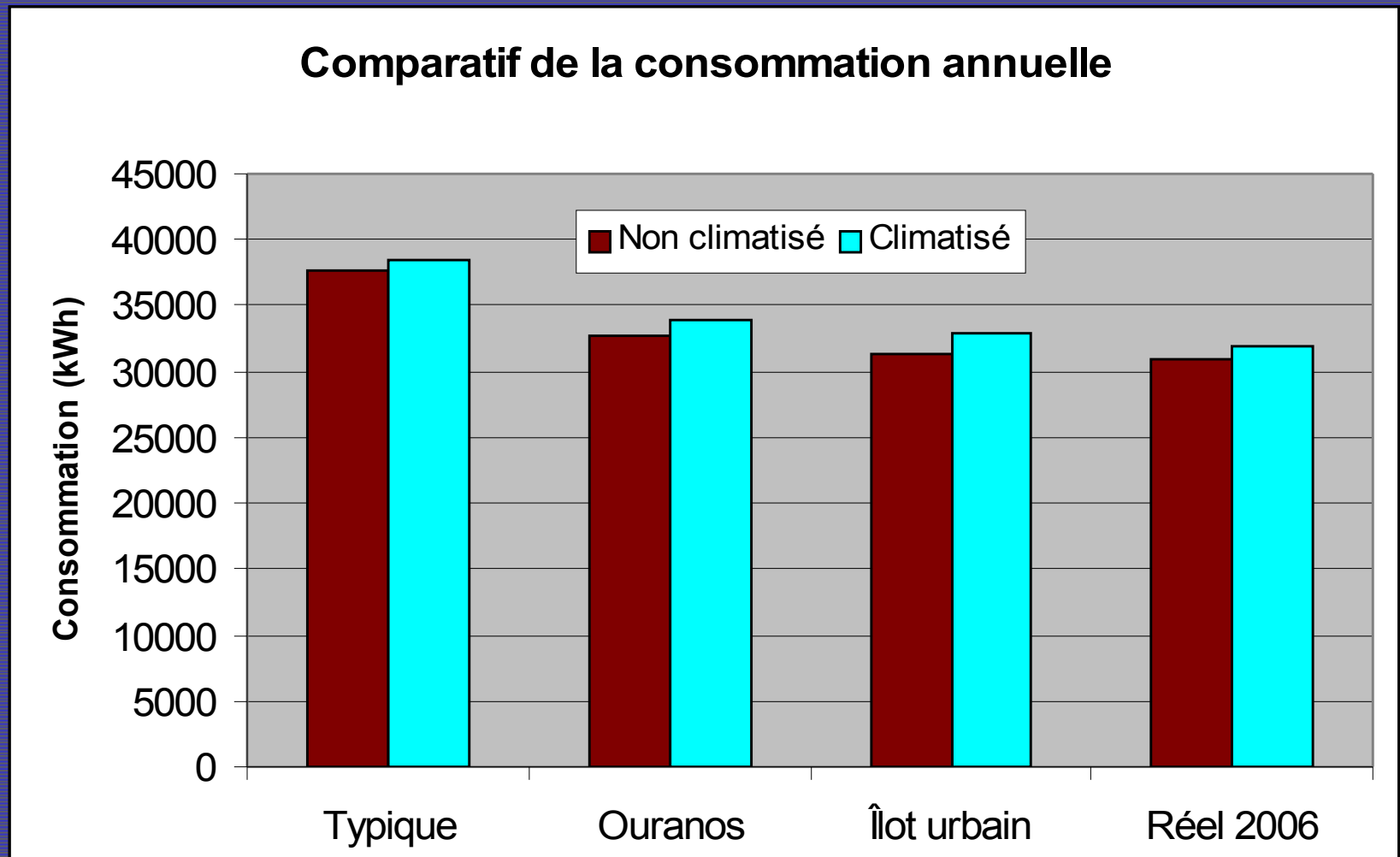
# RÉSIDENCES UNFAMILIALES

- la résidence unifamiliale modélisée
  - 2 étages
  - 2950 pi<sup>2</sup>
  - ~ 40 000 kWh / an
  - retrait de la climatisation pour évaluer l'impact sur les températures
- à 7¢ / kWh ...
  - clim. centrale = ~ 165\$
  - piscine = ~ 90 à 155 \$ / an



# RÉSIDENCES UNIFAMILIALES - ÉNERGIE

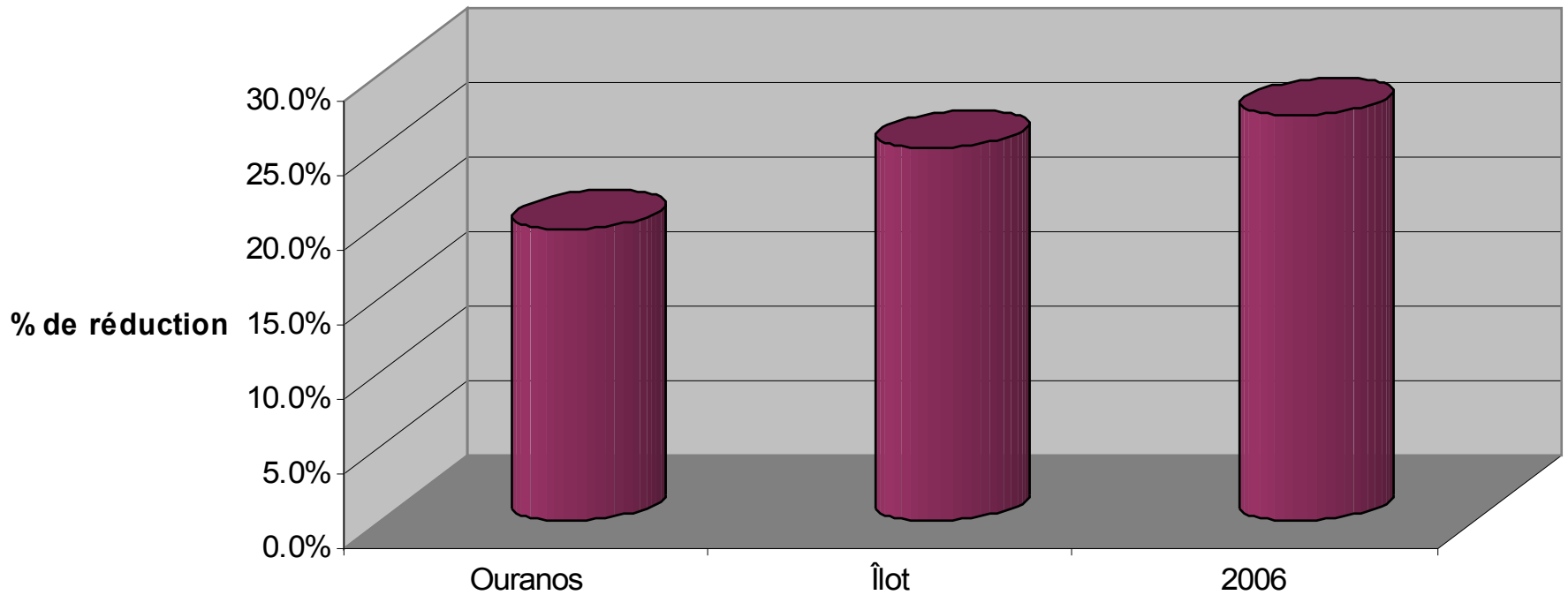
- économies nettes ~20% pour les 3 scénarios atypiques (non-climatisé)



# RÉSIDENTIEL - ÉNERGIE / GES

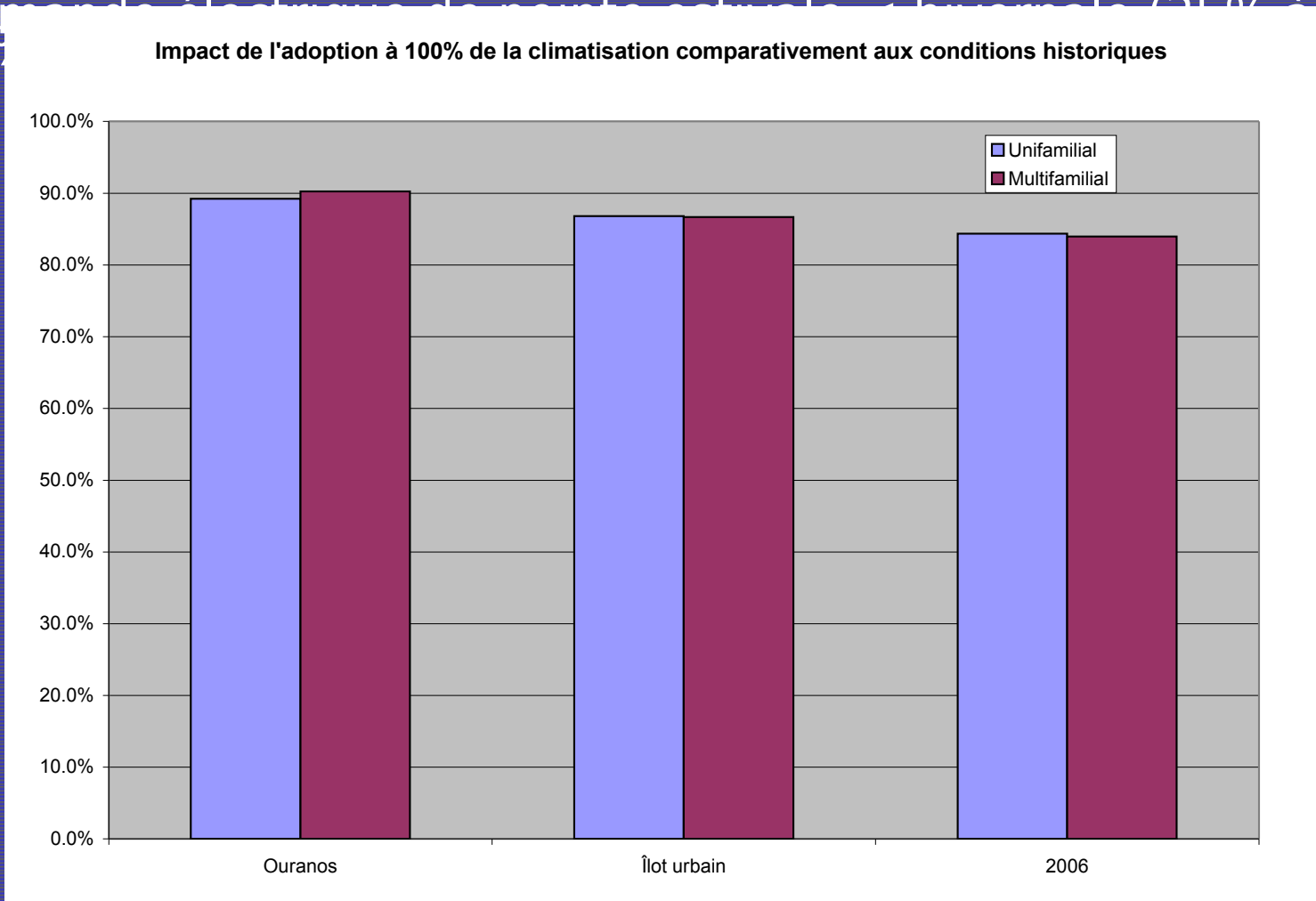
- Réduction nette des gaz à effet de serre

Réduction des GES - estimé du secteur résidentiel



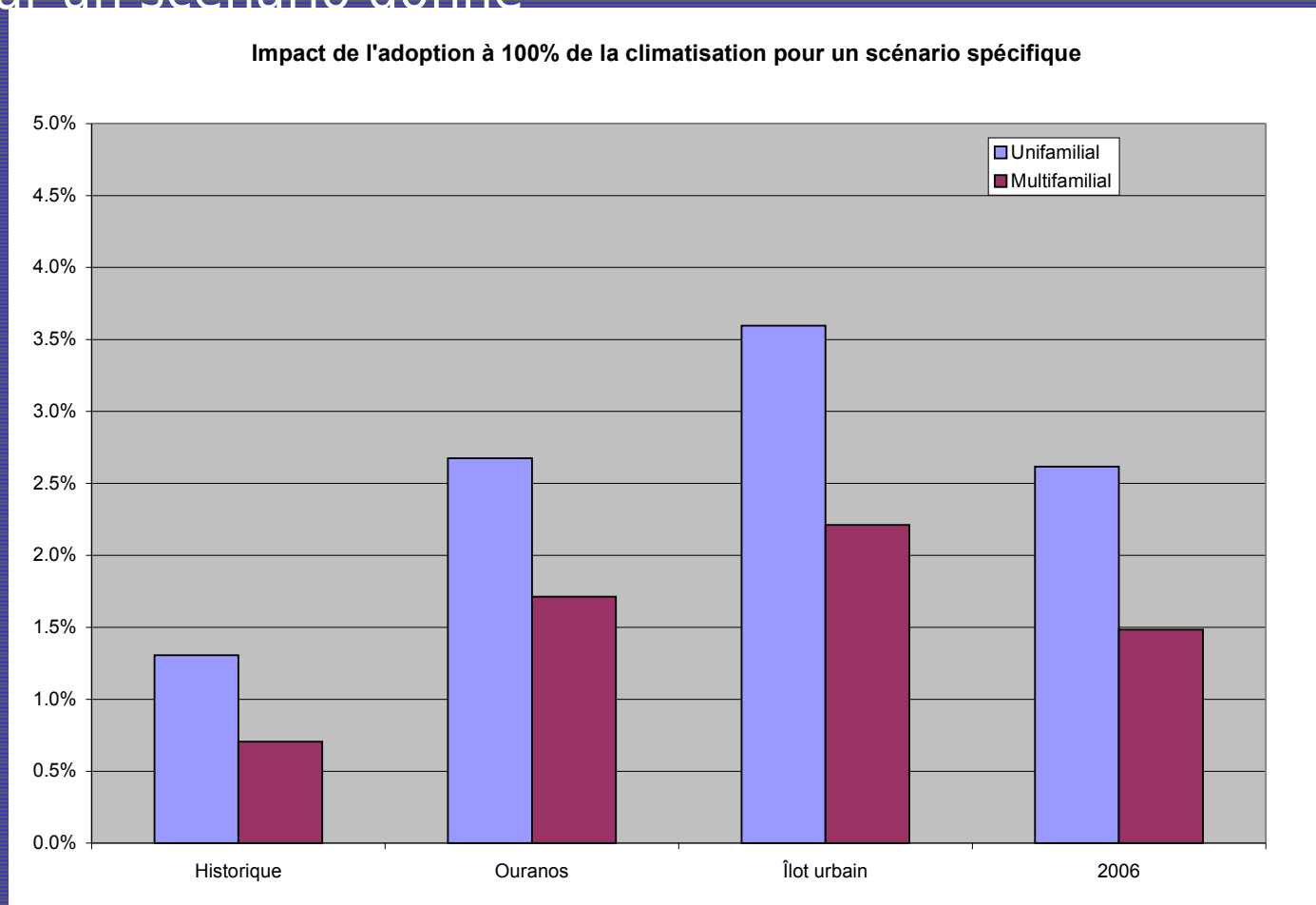
# RÉSIDENTIEL - ÉNERGIE

- Adoption complète de la climatisation dans le résidentiel
  - Réduction de consommation totale comparativement au scénario de référence
  - Demande électrique de pointe estivale (250%)



# RÉSIDENTIEL - ÉNERGIE

- Adoption complète de la climatisation dans le résidentiel
  - hausse ~4% des besoins énergétiques du parc résidentiel pour un scénario donné



# RÉSIDENTIEL - CONFORT et SANTÉ

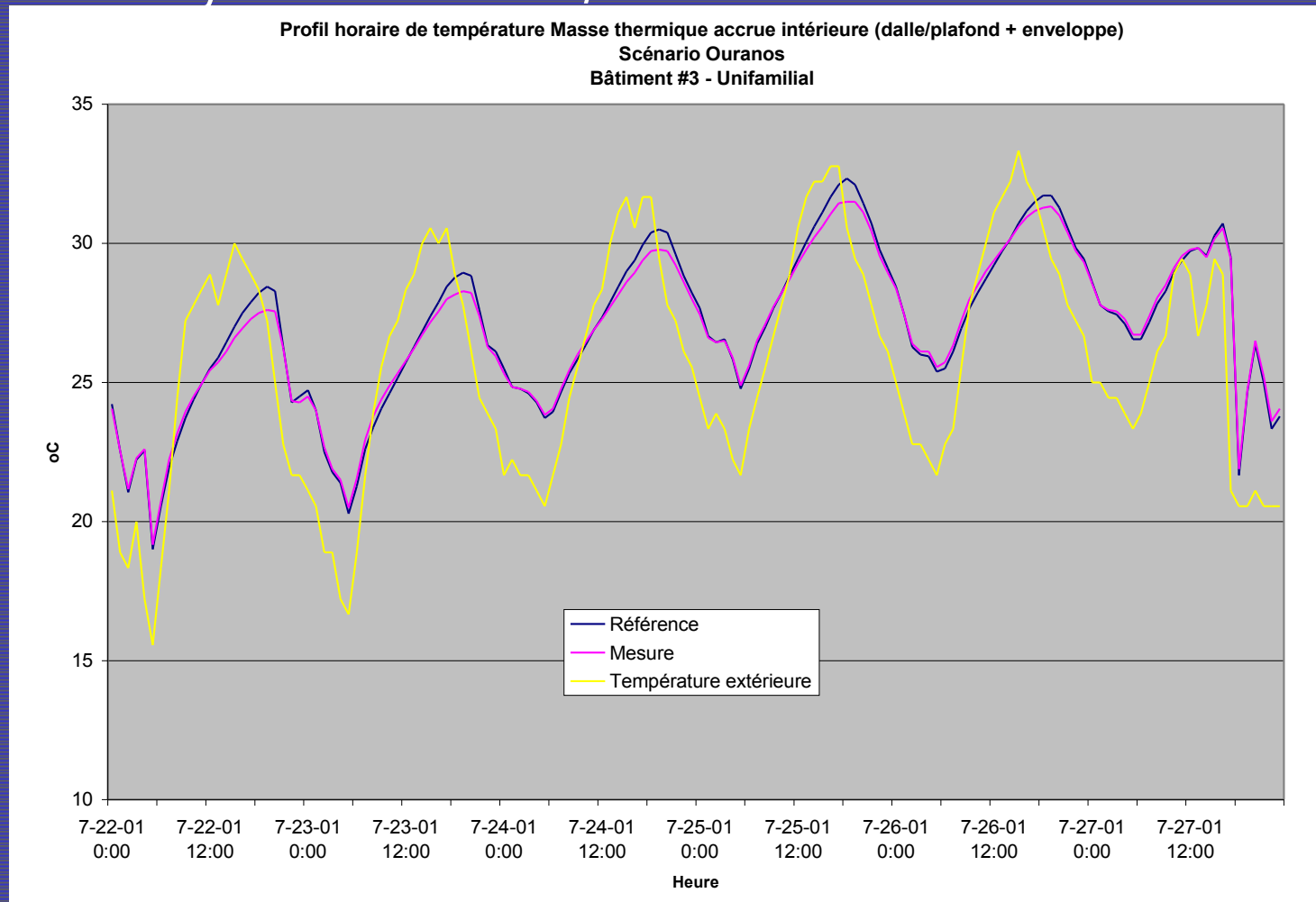
- évaluation des risques de surchauffe en fonction des seuils critiques
  - ISO 7933
  - $T_i > 32^\circ\text{C}$  (foyers pour personnes âgées - Ontario)
- hypothèses
  - hydratation possible
  - habillement approprié
  - refroidissement aéraulique  $\sim 0.5$  m/s

# RÉSIDENCES UNIFAMILIALES - CONFORT et SANTÉ

- Le secteur unifamilial ne présente pas de risques accrus significatifs dus à la ventilation naturelle qui y est possible et la présence du sous-sol qui demeure frais.
- stratégies comportementales efficaces
  - ventilation naturelle nocturne
    - ouverture de toutes les fenêtres
    - végétation (i.e. arbres avec cimes à 15m)
- stratégies architecturales
  - masse thermique accrue, occultation solaire extérieure (auvents)

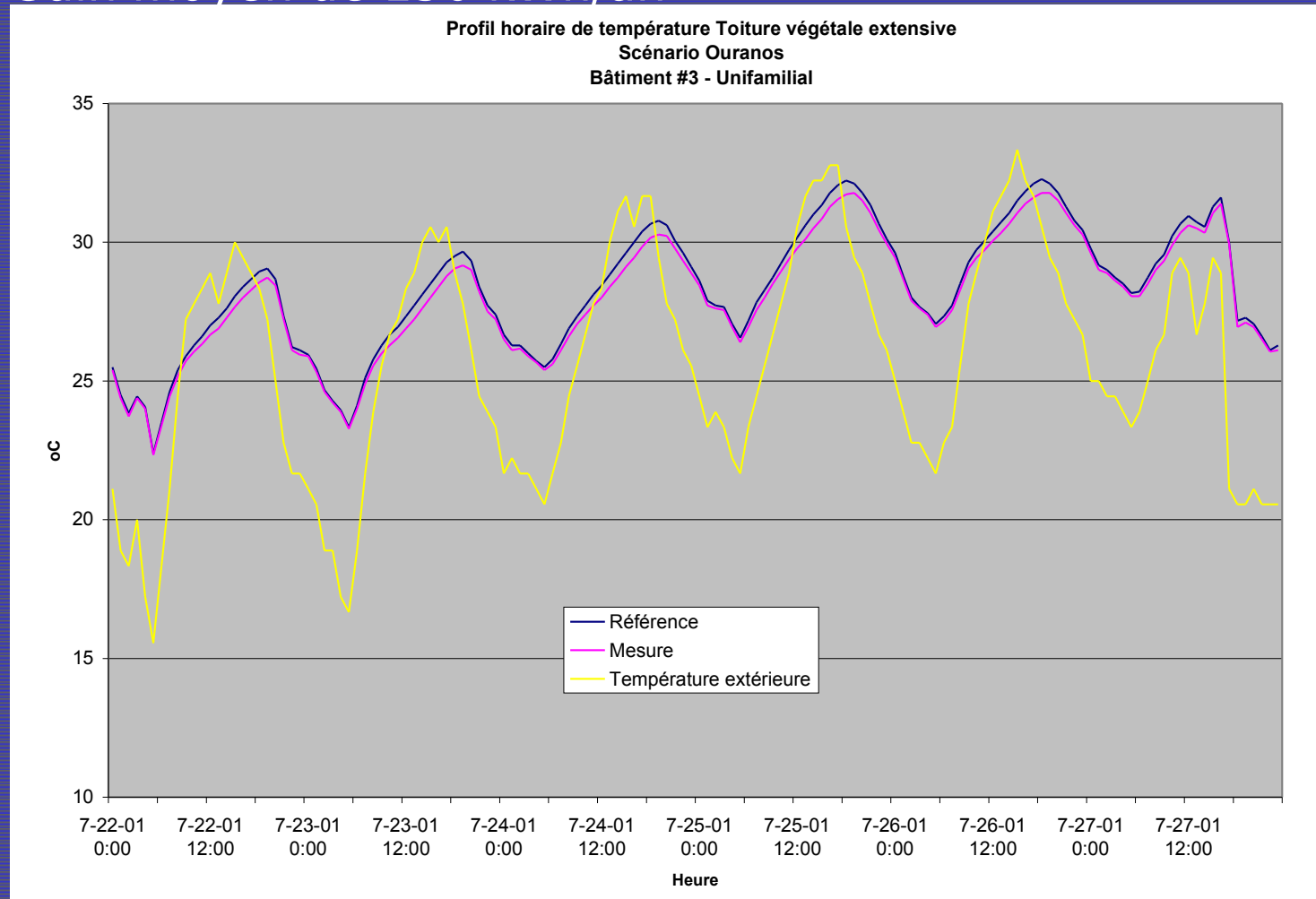
# RÉSIDENCES UNIFAMILIALES - CONFORT et SANTÉ

- Exemple de mesure : masse thermique intérieure accrue
- Gain moyen de 100 kWh/an



# RÉSIDENCES UNIFAMILIALES - CONFORT et SANTÉ

- Exemple de mesure : toiture végétale
- Gain moyen de 150 kWh/an



# MULTILOGEMENT ET RÉSIDENCES POUR PERSONNES ÂGÉES

- Édifices à logements : plus à risque car la ventilation naturelle peut y être significativement réduite.
- Les résidences pour personnes âgées présentent la même problématique mais ont l'avantage d'offrir habituellement des zones climatisées.
- Le nombre d'heures au-delà de la limite de 32 °C s'accroît beaucoup dans le cas du scénario d'îlot urbain dû aux températures nocturnes élevées.
- Les personnes les plus à risque : personnes âgées dans le multilogement (i.e. sans supervision).

# MULTILOGEMENT ET RÉSIDENCES POUR PERSONNES ÂGÉES

% des heures annuelles en période de stress thermique			
	Unifamilial	Multilogement	Personnes âgées
<i>Scénario Historique</i>	0.1%	0.5%	0.6%
<i>Scénario Ouranos</i>	0.4%	1.2%	1.8%
<i>Scénario Îlot urbain</i>	1.2%	3.2%	3.9%
<i>Scénario Réel 2006</i>	0.2%	0.7%	1.2%

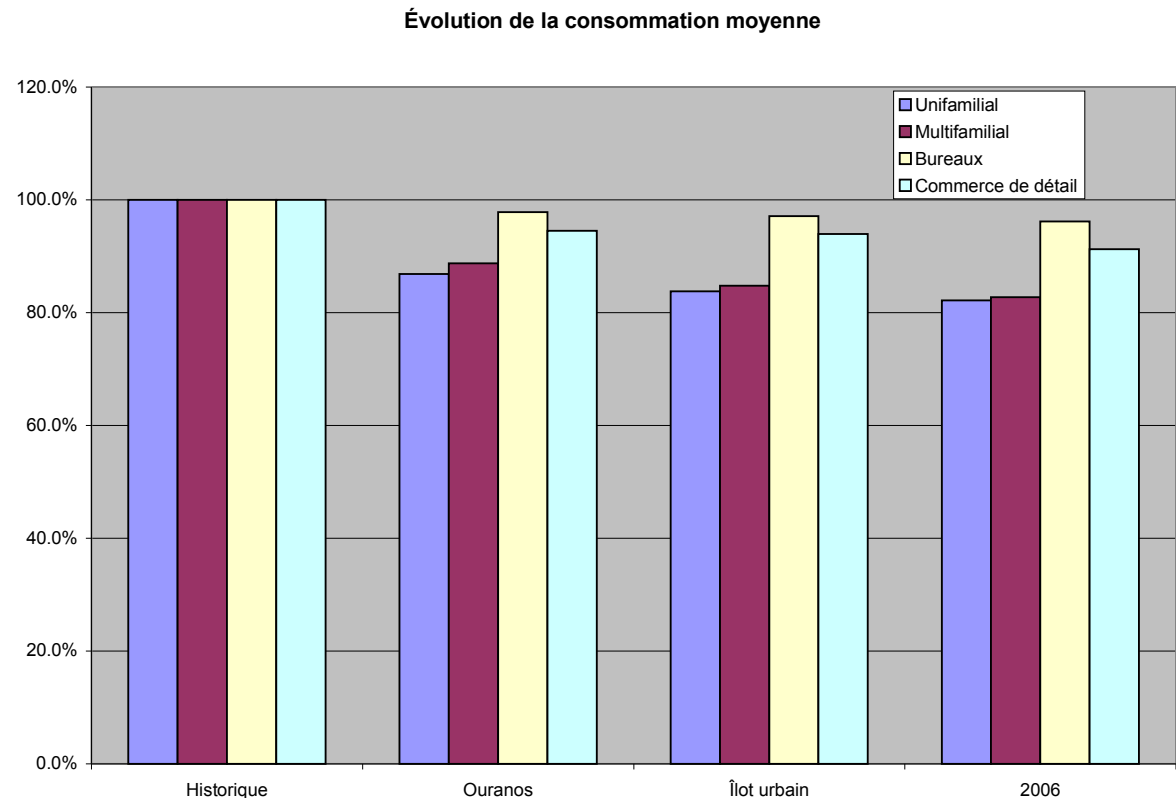
Nombre d'heures annuelles au-delà de 32 oC			
	Unifamilial	Multilogement	Personnes âgées
<i>Scénario Historique</i>	0	0	6
<i>Scénario Ouranos</i>	3	27	42
<i>Scénario Îlot urbain</i>	21	92	112
<i>Scénario Réel 2006</i>	3	7	10

# MULTILOGEMENT ET RÉSIDENCES POUR PERSONNES ÂGÉES

Mesure	Climat	Bâtiment		
		#3	#9	#11
Construction de base	<i>Moyen</i>	0.1%	0.5%	0.6%
	<i>Ouranos</i>	0.4%	1.2%	1.8%
	<i>Îlot urbain</i>	1.2%	<b>3.2%</b>	<b>3.9%</b>
	<i>Réel 2006</i>	0.2%	0.7%	<b>1.2%</b>
Masse thermique accrue intérieure	<i>Moyen</i>	0.1%	0.2%	0.3%
	<i>Ouranos</i>	0.3%	0.6%	1.1%
	<i>Îlot urbain</i>	0.9%	<b>2.2%</b>	<b>2.8%</b>
	<i>Réel 2006</i>	0.1%	0.3%	<b>0.8%</b>
Masse thermique accrue intérieure + refroidissement naturel	<i>Moyen</i>	0.2%	0.1%	0.3%
	<i>Ouranos</i>	0.5%	0.6%	0.9%
	<i>Îlot urbain</i>	1.3%	<b>2.2%</b>	<b>2.7%</b>
	<i>Réel 2006</i>	0.2%	0.3%	0.7%
Éclairage efficace	<i>Moyen</i>	0.2%	0.4%	0.5%
	<i>Ouranos</i>	0.6%	1.0%	1.5%
	<i>Îlot urbain</i>	1.4%	<b>2.7%</b>	<b>3.4%</b>
	<i>Réel 2006</i>	0.3%	0.5%	1.0%
Traitement réfléchissant, Sud	<i>Moyen</i>	0.1%	0.4%	0.2%
	<i>Ouranos</i>	0.5%	0.8%	0.7%
	<i>Îlot urbain</i>	1.3%	<b>2.0%</b>	<b>2.0%</b>
	<i>Réel 2006</i>	0.1%	0.3%	0.3%
Toiture végétale intensive	<i>Moyen</i>	0.2%	0.5%	0.4%
	<i>Ouranos</i>	0.7%	1.2%	0.8%
	<i>Îlot urbain</i>	1.7%	<b>3.2%</b>	<b>2.3%</b>
	<i>Réel 2006</i>	0.3%	0.7%	0.5%

# CONCLUSIONS

- Le scénario de réchauffement climatique et celui d'îlot urbain conduisent à une réduction significative de la consommation d'énergie comparativement aux conditions historiques (1950 - 1990) .
- La réduction de la consommation en chauffage est plus importante que la hausse de la consommation en climatisation.
- L'année 2006 présente des consommations totales plus faibles que celles prévues dans les autres scénarios dû à un hiver plus chaud combiné à un été avec moins de vagues de chaleur.



## CONCLUSIONS

- Les résultats indiquent que les scénarios envisagés n'ont que peu d'impact sur la conception des équipements (taille).
- Les mesures d'atténuation des charges de climatisation ont souvent un impact négatif sur la consommation totale du bâtiment, particulièrement les mesures servant à réduire les gains solaires.
- La plupart des mesures de chauffage solaire passif ont démontrées des PRI longues.

# CONCLUSIONS - CONFORT et SANTÉ

- Dans l'unifamilial
  - pas de risques selon les scénarios évalués
  - importante ventilation naturelle nocturne possible
  - période ~60 heures de stress thermique continu (scénario îlot)
  - ~20 heures >32°C (scénario îlot)
  - pas de risques accrus (selon le comportement des occupants)
- Dans le multilogement & personnes âgées, **un risque accru est évalué**
  - stress actuel (> 32°C) ~7-10 heures
  - ventilation naturelle nocturne plus difficile
  - ~100 heures > 32°C (scénario îlot)
  - personnes âgées (semi autonomes) plus à risque
  - aucune mesure unique ne permet d'éliminer les périodes à risque