

# Analyse des consommations réelles des systèmes de climatisation

**Les leçons du terrain et du projet Harmonac et  
les attentes du projet iSERV**

*Philippe ANDRE, Stéphane BERTAGNOLIO, Vincent DOLISY,  
Vincent LEMORT François RANDAXHE, ULg*

15/03/2012



# Audit énergétique des bâtiments

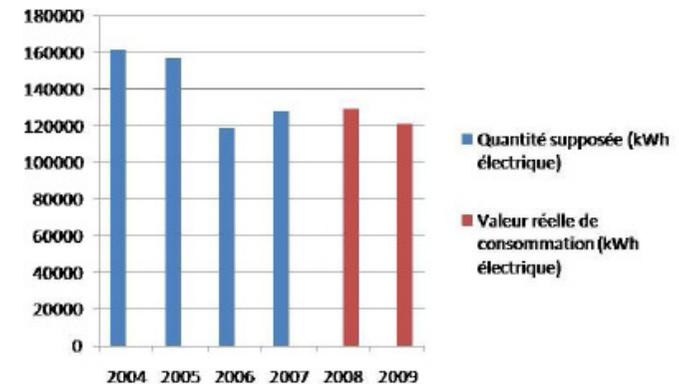
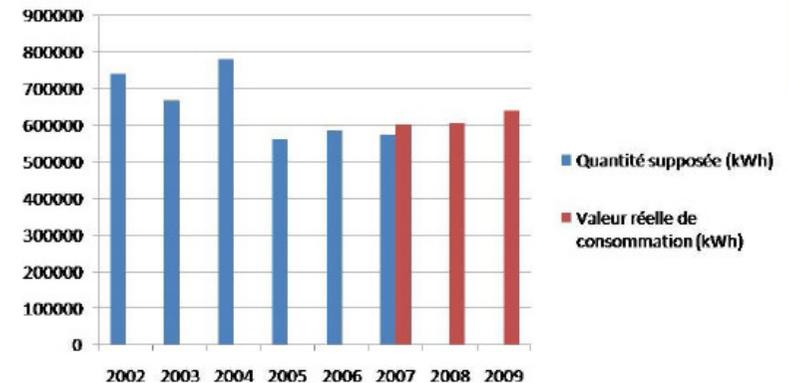
- Terme générique qui peut regrouper différentes types d'actions
  - Visite du site et inspection sommaire
  - Relevé et analyse des factures énergétiques
  - Exploitation des données recueillies par le système de gestion du bâtiment
  - Déploiement d'appareils de mesure et réalisation de campagnes

# La vision réglementaire

- Se situe dans le cadre de la « Directive Européenne sur la performance énergétique des bâtiments », transposée dans chacun des états-membres:
- Deux aspects:
  - Certification énergétique des bâtiments
  - **Inspection** des systèmes de chauffage et de climatisation

# Objectifs d'un audit énergétique

- Analyser les consommations énergétiques d'un bâtiment existant
  - en rapport avec les caractéristiques du **bâtiment** et de l'**équipement** consommateur d'énergie
  - En rapport avec la finalité d'un bâtiment: assurer un certain niveau de bien-être (**confort**) dans le bâtiment



# La situation difficile de l'auditeur énergétique

## Information globale et limitée

- Facture énergétiques mensuelles
- Données « as-built » souvent incomplètes voire inexistantes
- Mesures in-situ



## Contraintes pratiques

- Temps
- Argent

## Réponses à donner

- Analyse de la consommation énergétique
- Identification des postes de consommations
- Identification des opportunités d'économie d'énergie
- Evaluation quantitative des opportunités d'économie d'énergie

# Projet Harmonac

- A poursuivi les travaux engagés dans le projet **Auditac**, consacré au développement de procédures d'inspection des installations de climatisation (> 12kW)
- Cette inspection constitue le cœur de **l'article 9** de la directive EPBD
- Harmonac poursuivait le but de tester les procédures d'inspection sur le terrain au travers d'études de cas et de « field trials »

# Projet HARMONAC

- European Project of 3 years length (2007-2010): [www.harmonac.info](http://www.harmonac.info) has all outputs
- Budget: 1.8 M€
- Objective:

**Establish the energy savings achieved in air conditioning systems through inspections/audits**



---

## Participant MS

---

Austria

Belgium

France

Greece

Italy

Portugal

Slovenia

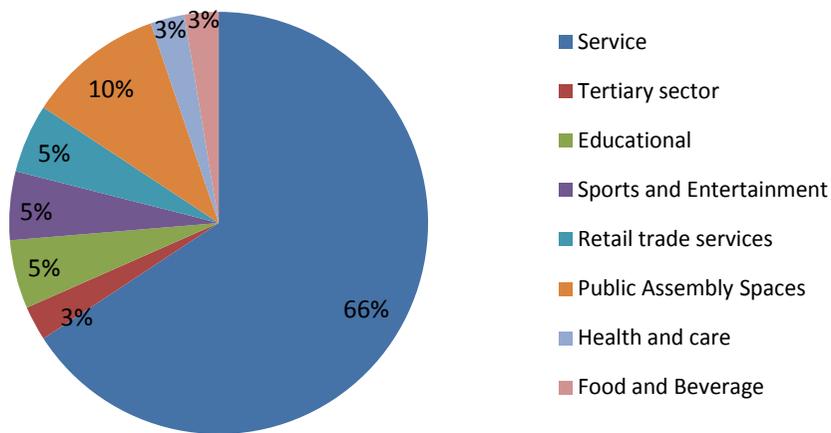
United Kingdom

---

# Les systèmes investigués dans HARMONAC

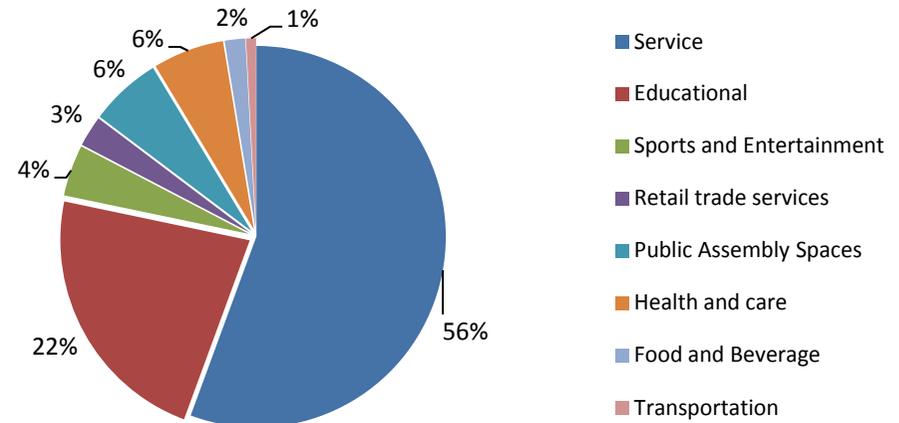
- 400 field trials et 40 études de cas ont été réalisés.

Distribution by activity sector- CS



8% des études de cas concernaient des systèmes centralisés

Distribution by activity sector - FT



29% des field trials concernaient des systèmes centralisés

# Méthodologie « Harmonac »

## Utilisation d'outils de simulation simples pour aider l'auditeur

- **Benchmarking**: première évaluation de la performance du bâtiment (comparaison entre la consommation réelle et une consommation de référence)
  - calcul des performances de référence
- **Pre-audit (ou Inspection)**: étude du système installé, analyse détaillée de la consommation énergétique globale mesurée
  - “désagrégation” de la consommation énergétique mesurée
- **Audit détaillé**: évaluation quantitative des opportunités d'économie d'énergie sélectionnées
  - comparaison entre options, évaluation des gisements d'économie
- **Audit “pré-investissement”**: étude détaillée technique et économique

# Les outils de simulation développés dans le cadre d'Harmonac

BENCHMARK

- **Benchmarking** (Identification des besoins d'audit et première évaluation de l'installation)

SIMAUDIT

- **Analyse** de la performance de l'installation (consommations, confort,...)

SIMAUDIT

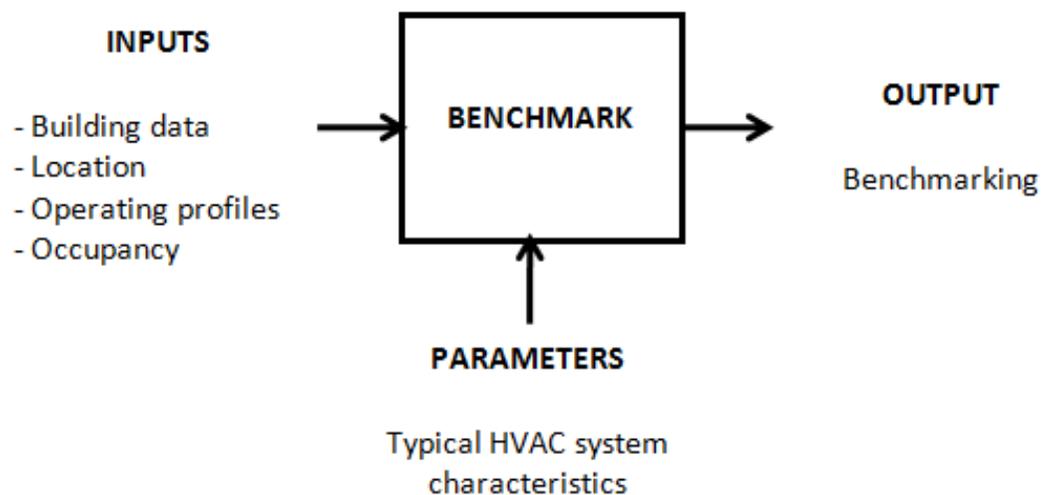
- Analyse et désagrégation des **consommations d'énergie**

SIMAUDIT

- **Evaluation de mesures d'économie d'énergie (ECO's) et estimation des économies d'énergie et de CO2**

# Etape n° 1: Benchmarking

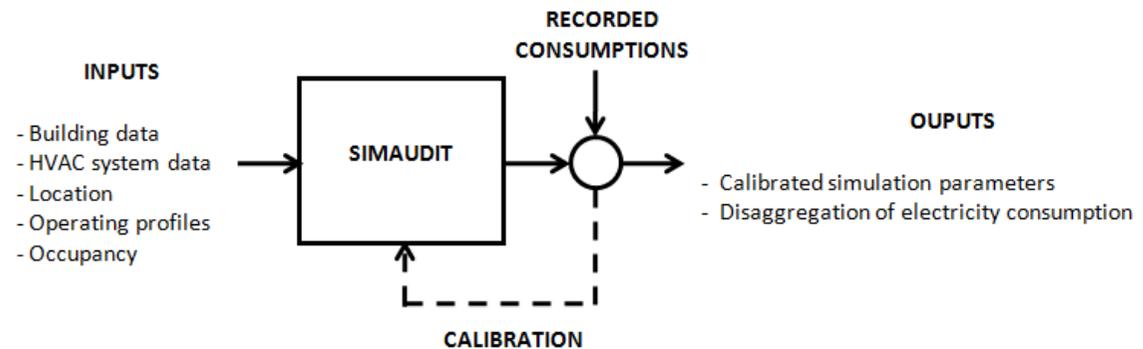
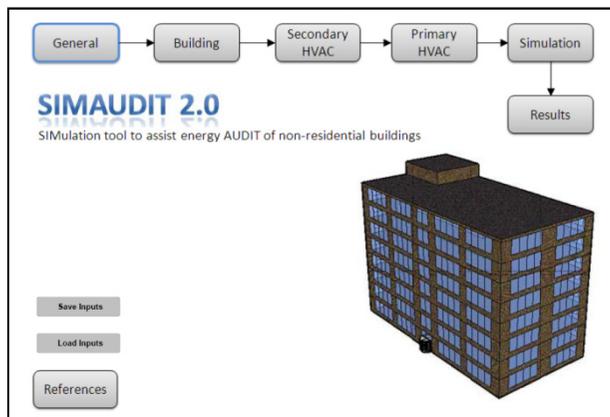
- *Benchmark*
  - Utilisé pour calculer des **performances de référence**
  - Simulation mono-zone du bâtiment réel couplé à un **système de référence typique**
  - Caractéristiques du système basées sur des normes européennes : PrEN13779 / PrEN13053



# Etape n°2: Simulation + détaillée

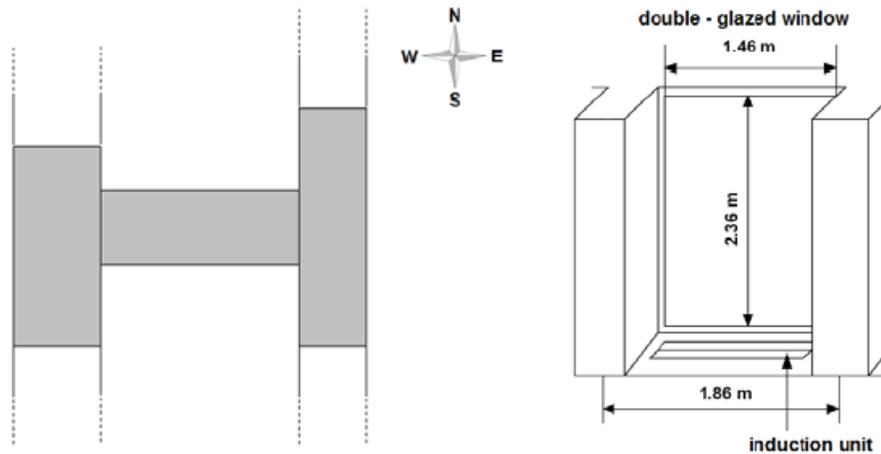
- *SimAudit*

- Utilisé pour désagréger les consommations d'énergie mesurées et évaluer les ECOs sélectionnées
- Simulation **Mono-zone ou Multi-zone du bâtiment réel et du système réel**  
**Calibration** du modèle sur les données mesurées



# Etude de cas

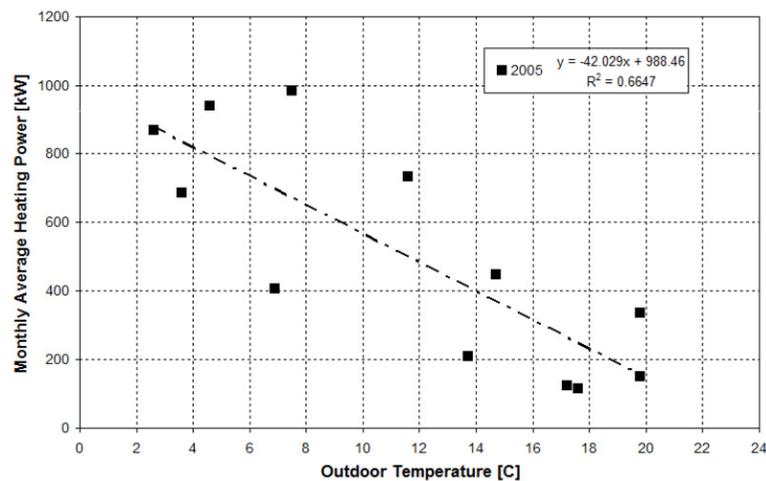
- Bâtiment de bureaux de taille moyenne situé à Bruxelles
- Plan en forme de H, orienté nord-sud
- Système CAV couplé à des unités terminales de type éjecto-convecteurs
- 1100 occupants : 10 heures/jour et 5 jours/semaine



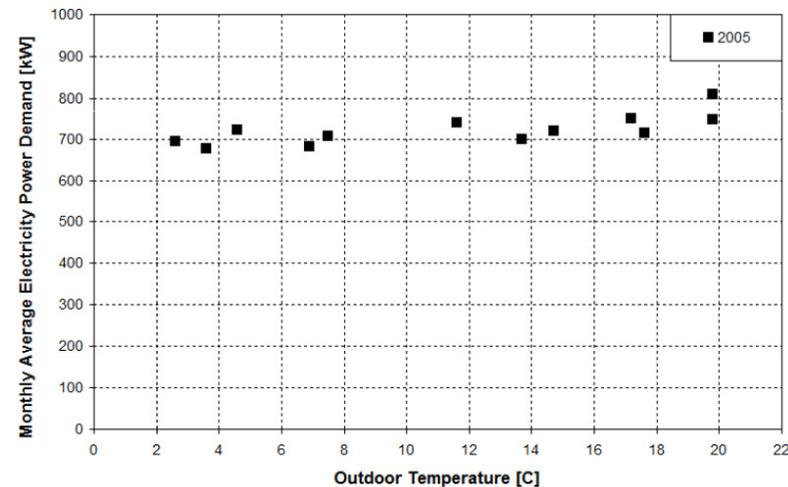
# Données mesurées

- 30 années de consommations de fuel et d'électricité
- 2 années de consommations électriques totales mensuelles

*Thermal Signature*



*Electrical Signature*

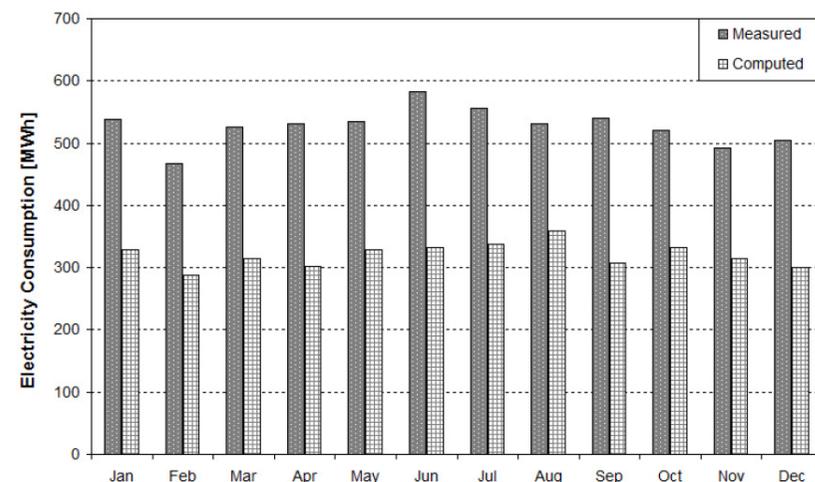
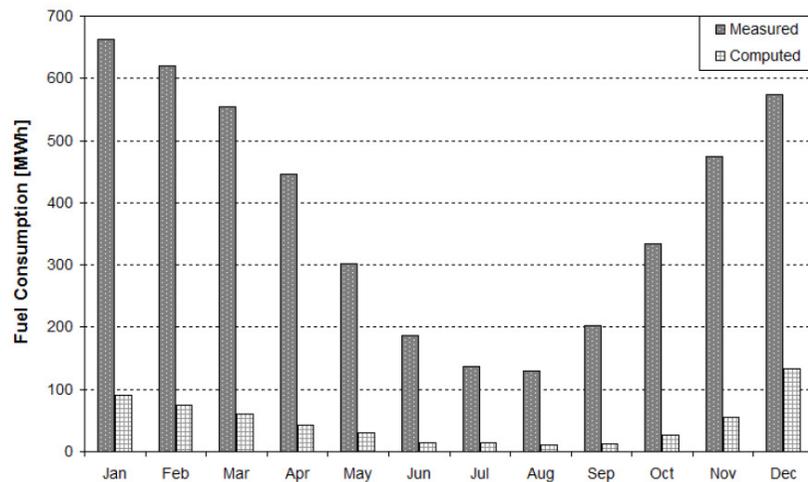


- Pente ~ Coef. de déperditions global.
- Corrélation médiocre

- Pas d'effet saisonnier
- Impossible d'identifier les différents consommateurs

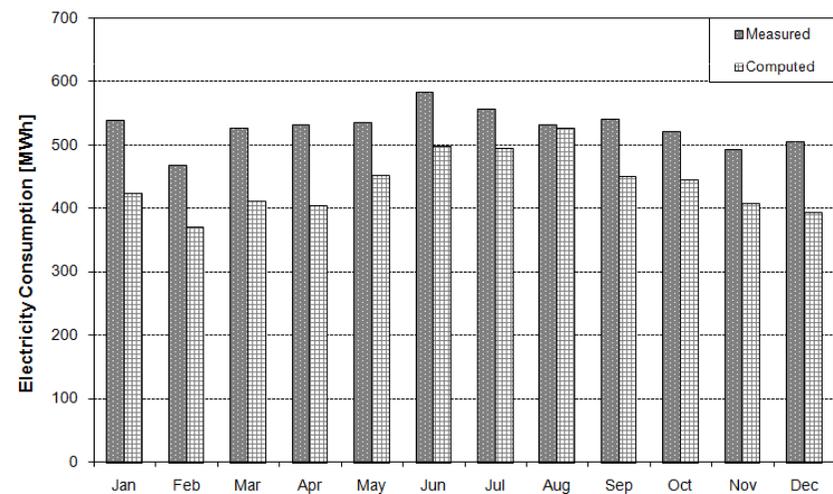
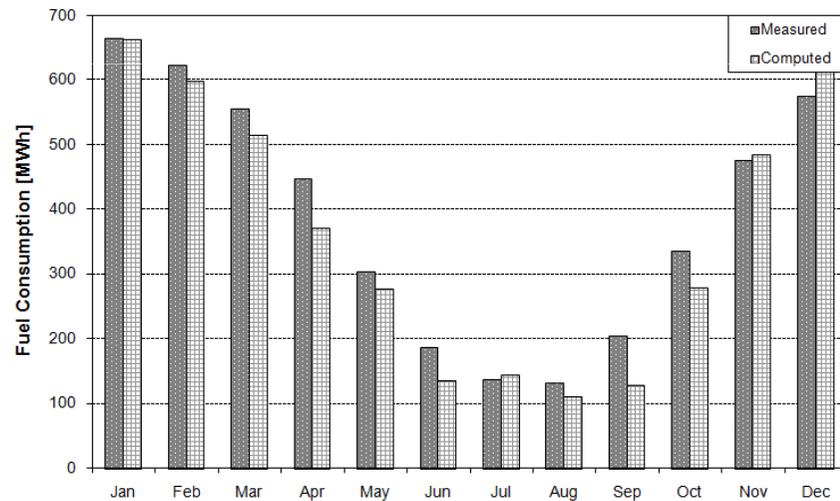
# Benchmarking : Première analyse

- Bâtiment réel simulé par le software
- Un système HVAC typique y est installé :
  - Contrôle de quantité d'air : renouvellement de 0.6 ACH
  - Contrôle de température
  - Contrôle d'humidité



# Calibration du modèle

- Ajustement du modèle
- Représentation plus réaliste de la situation
  - Taux de ventilation réel (2.5 ACH)
  - Performances réelles des composants HVAC (rendements, pertes de charge,...)

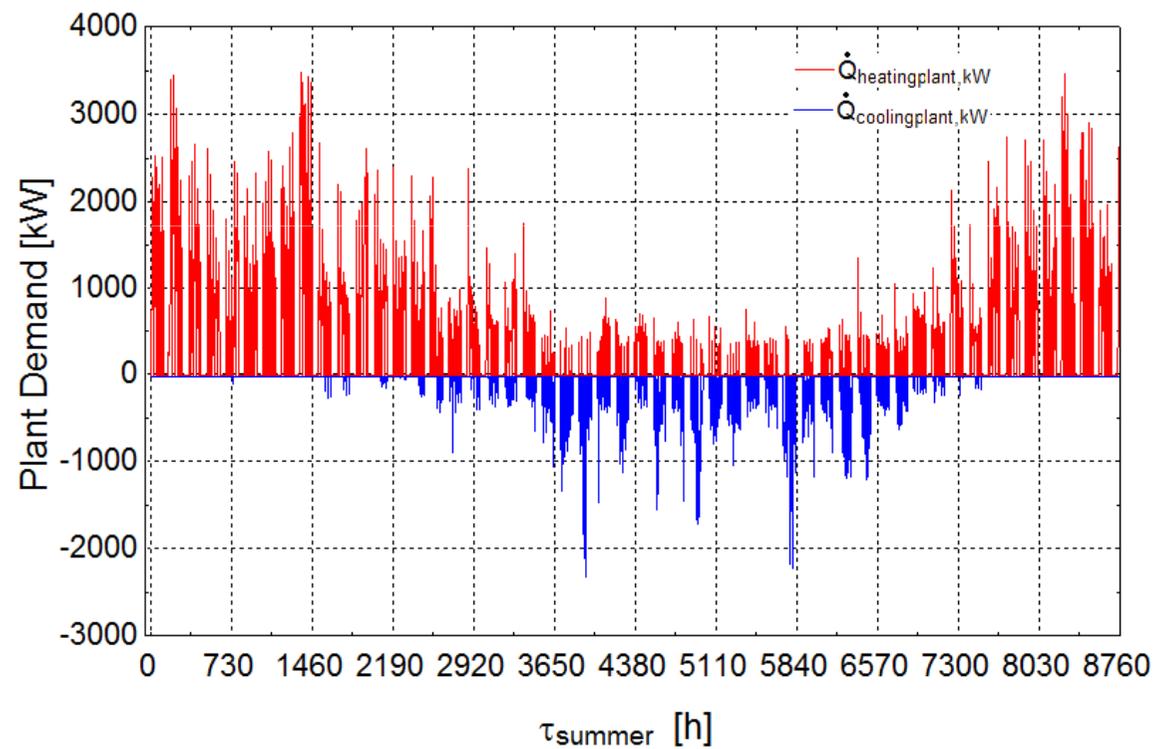


*Consommations de gaz bien représentées*

*Consommations d'électricité partiellement expliquées*

# Calibration du modèle

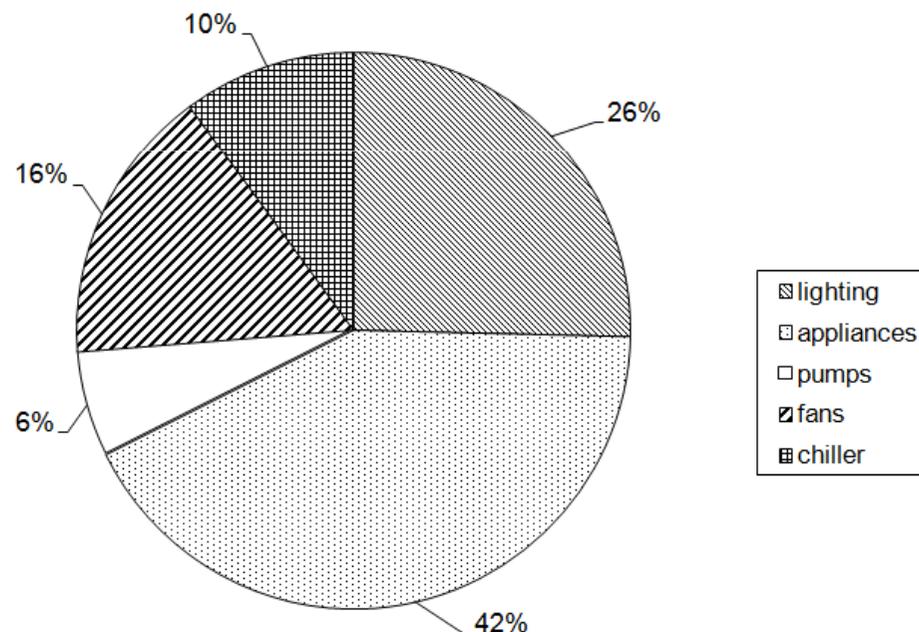
- Les puissances installées et calculées sont assez cohérentes



# Désagrégation des consommations

- Modèle calibré → Désagrégation des consommations électriques

Total Electrical Consumption : 5250 MWh

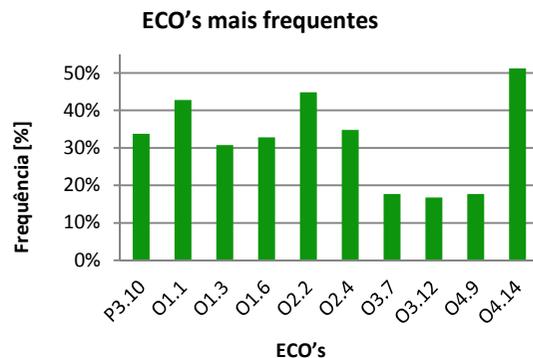


# Conclusions du projet IEE HARMONAC

- Les économies d'énergie réalisables pourraient réduire la consommation d'énergie primaire des bâtiments non résidentiels européens à hauteur de **5.8%**
- Le monitoring détaillé des systèmes de climatisation a identifié des économies d'énergie moyennes de l'ordre de **35 à 40%** en termes d'énergie finale et de 10.4% de la consommation d'énergie primaire totale des bâtiments
- Les **ECOs les plus fréquentes** observées pendant les essais de terrain (field trials) des procédures Harmonac concernaient des horloges incorrectement réglées, des réglages de thermostat incorrects, des filtres bloqués et la possibilité d'upgrader le système vers un plus performant
- Harmonac a montré que les procédures d'inspection des systèmes de climatisation actuelles n'identifiaient qu'une **faible proportion** des économies d'énergie possibles dans beaucoup de systèmes
- De nombreuses ECOs significatives ne peuvent pas être identifiées sans un monitoring à **long terme** des données des systèmes de climatisation

# HARMONAC – Energy Conservation Opportunities (ECOs)

- **141** different Energy Conservation Opportunities (ECOs) were identified by HARMONAC;



## Lessons Learned:

- The most frequent ECO's were related with "Systems" and "Maintenance and Operation"
- Energy saving potential per system was 10-50% across Europe;
- Electrical energy savings from 9 to 47 TWh/year;
- Reduction of CO<sub>2</sub> emissions between 3.9 and 20.6 millions of tons/year.

**Found that many ECO's were only identifiable by continuous monitoring. This led to the project:**

Category	Nº of ECO's	Category description
E – Envelope and Loads		
E1	7	Solar gain reduction / Daylight control improvement
E2	8	Ventilation / Air movement / Air leakage improvement
E3	9	Envelope Insulation
E4	10	Other actions aimed to thermal load reductions
P – Plant		
P1	8	BEMS and controls / Miscellaneous
P2	14	Cooling equipment / Free cooling
P3	15	Air handling / Heat recovery / Air distribution
P4	5	Water handling / Water distribution
P5	5	Terminal units
P6	2	System replacement ( in specific limited zones)
O – Operation and Maintenance		
O1	7	Facility management
O2	9	General HVAC system
O3	20	Cooling equipment
O4	22	Fluid (air and water) handling and distribution



# Présentation du projet iSERV

Contexte: programme « Intelligent Energy for Europe »

# Contexte européen d'iSERV

- iSERV s'adresse au problème de l'amélioration pratique de la performance énergétique des systèmes HVAC dans les états membres de l'UE.
- Les systèmes HVAC des 27 états membres de l'UE consomment les fractions suivantes de la consommation électrique totale dans l'UE en 2007, [EC Joint Research Centre, Institute for Energy, 2009]:
  - Air Conditioning (AC) systems - 0.75%,
  - Ventilation systems - 3.34%,
  - Circulators - 1.81%, and
  - Space/Water Heating around 5.23%.
- Les systèmes HVAC sont par conséquent responsables de la consommation de 313 TWh d'électricité en 2007, ou d'environ 11% de la consommation totale d'électricité (2,800 TWh) en Europe en 2007.

# Objectifs d'iSERV

- Démontrer les économies d'énergie réalisables via un monitoring continu et un benchmarking de **1600 systèmes HVAC** dans 16 états-membres en Europe
- Mettre en évidence les capacités du **monitoring à distance**
- Générer des **benchmarks** de la performance énergétique des systèmes de ventilation et de conditionnement d'air
- Montrer la **complémentarité** entre cette approche et l'inspection sur le terrain et la réduction de coût que le monitoring peut engendrer
- Montrer que cette approche de monitoring peut **récompenser** les gestionnaires/exploitants de systèmes bien conçus, bien gérés et bien maintenus en les situant avantageusement par rapport à des benchmarks et en leur évitant éventuellement le coût de l'inspection.
- Laisser les besoins d'inspection aux systèmes **peu performants** ou à ceux qui ne délivrent pas l'information via un monitoring continu

# Partenaires d'iSERV

<p>Welsh School of Architecture, Cardiff University UK (Project co-ordinator)</p>		<p>K2n Ltd UK</p>	
<p>MacWhirter Ltd UK</p>		<p>National and Kapodistrian University of Athens Greece</p>	
<p>University of Porto Portugal</p>		<p>Politecnico di Torino Italy</p>	
<p>Université de Liège Belgium</p>		<p>Univerza v Ljubljani Slovenia</p>	
<p>University of Pecs Hungary</p>		<p>Austrian Energy Agency Austria</p>	
<p>REHVA EU</p>		<p>CIBSE UK</p>	

# IEE iSERV – Background

- Durée du projet: 3 années (Mai 2011 - Avril 2014)

➔ Budget: 3.3 M€

((le projet IEE avec le budget le plus important)

- La part du HVAC dans la consommation électrique des états-membres de l'UE (2,843 TWh en 2007):

➔ Participants:

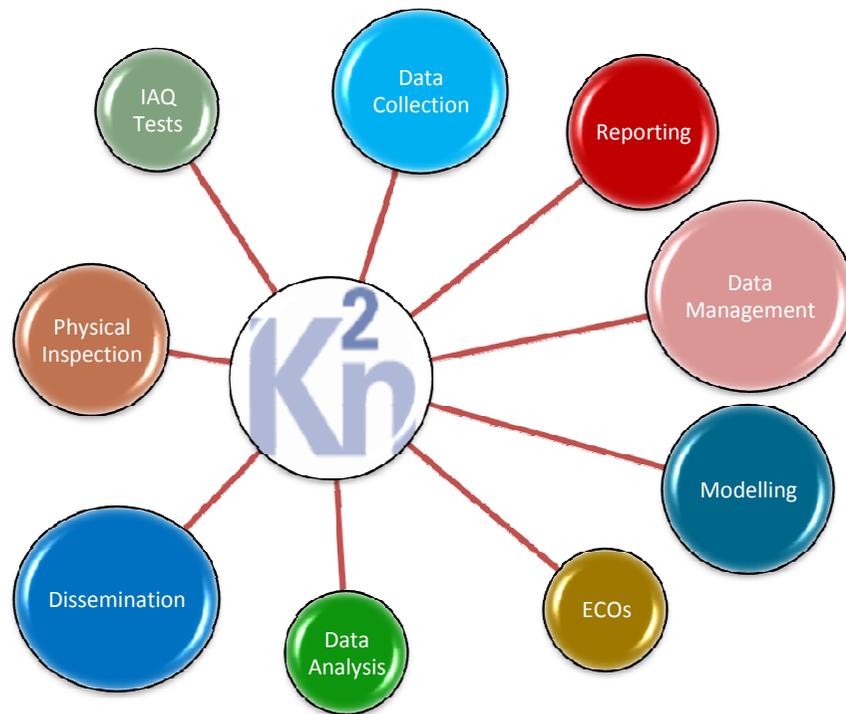
- SME's
- REHVA and CIBSE
- HVAC manufacturers
- Policy-Makers
- Inspectors and designers
- Universities
- R&D facilities

Equipment	Electrical consumption distribution (%)
Air conditioning systems	0.75
Ventilation systems	3.34
Pumps	1.81
Heating (Ambient & DHW)	5.23

[EC Joint Research Centre, Institute for Energy, 2009]

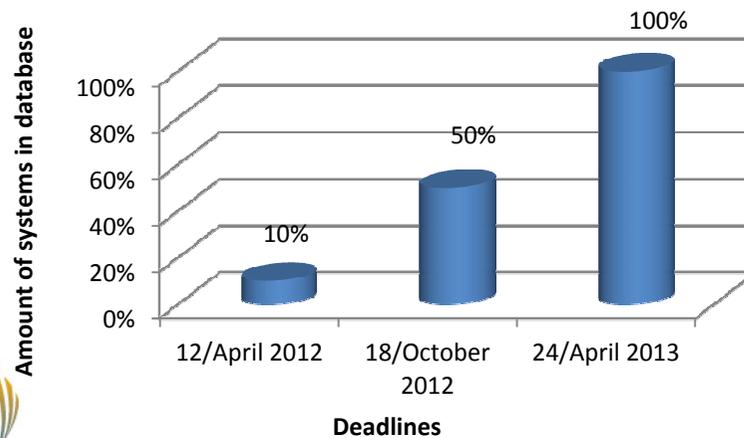
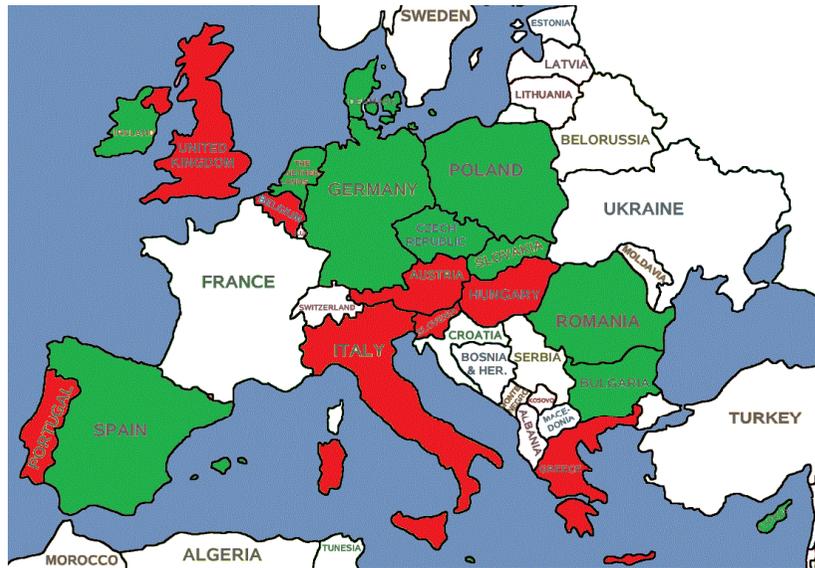
**Ce projet s'inscrit dans l'objectif de l'amélioration de l'efficacité énergétique à l'horizon 2020**

# iSERV – Objectifs



- Tester le **monitoring continu** en alternative aux audits et inspections traditionnelles et à partir de là éviter les inspections dans le futur
- Etablir des **benchmarks** pour différents systèmes HVAC et activités
- Comparer les **économies générées** par le monitoring et celles obtenues par l'inspection/audit
- Etablir les **bénéfices à grande échelle** obtenus par des systèmes HVAC performants

# iSERV – Répartition de efforts de monitoring



	Austria	100
AEA	Germany	50
	Denmark	50
CU	UK	100
	Ireland	50
POLITO	Italy	100
	Malta	50
PTE	Hungary	100
	Slovakia	50
	Czech	50
	Poland	50
ULg	Belgium	100
	Netherlands	50
	Greece	100
NKUA	Cyprus	50
	Bulgaria	50
UL	Slovenia	100
	Romania	50
UPORTO	Portugal	100
	Spain	50

# iSERV – Collecte de données sur les “systèmes”

## Definition d’un système HVAC:

*“The HVAC system must be able to separately account for ALL the electrical energy consumption used to meet the requirements for ventilation and air conditioning to the spaces it serves. In addition it must provide details on a space by space basis of the activities served and the floor area occupied by those activities.”*

### Données à fournir:

#### → HVAC system:

- Manufacturer
- Model
- Component types
- Component quantities
- ...

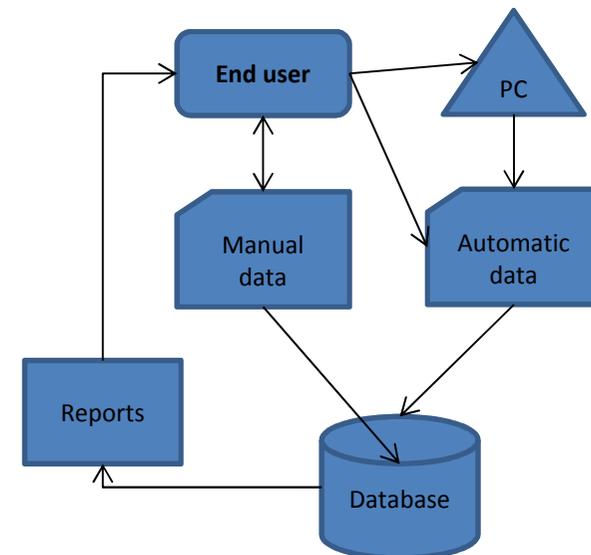
#### → Spaces:

- Unique identification
- Area
- Geographical location
- Type of activity
- ...

### Données optionnelles:

#### → Components

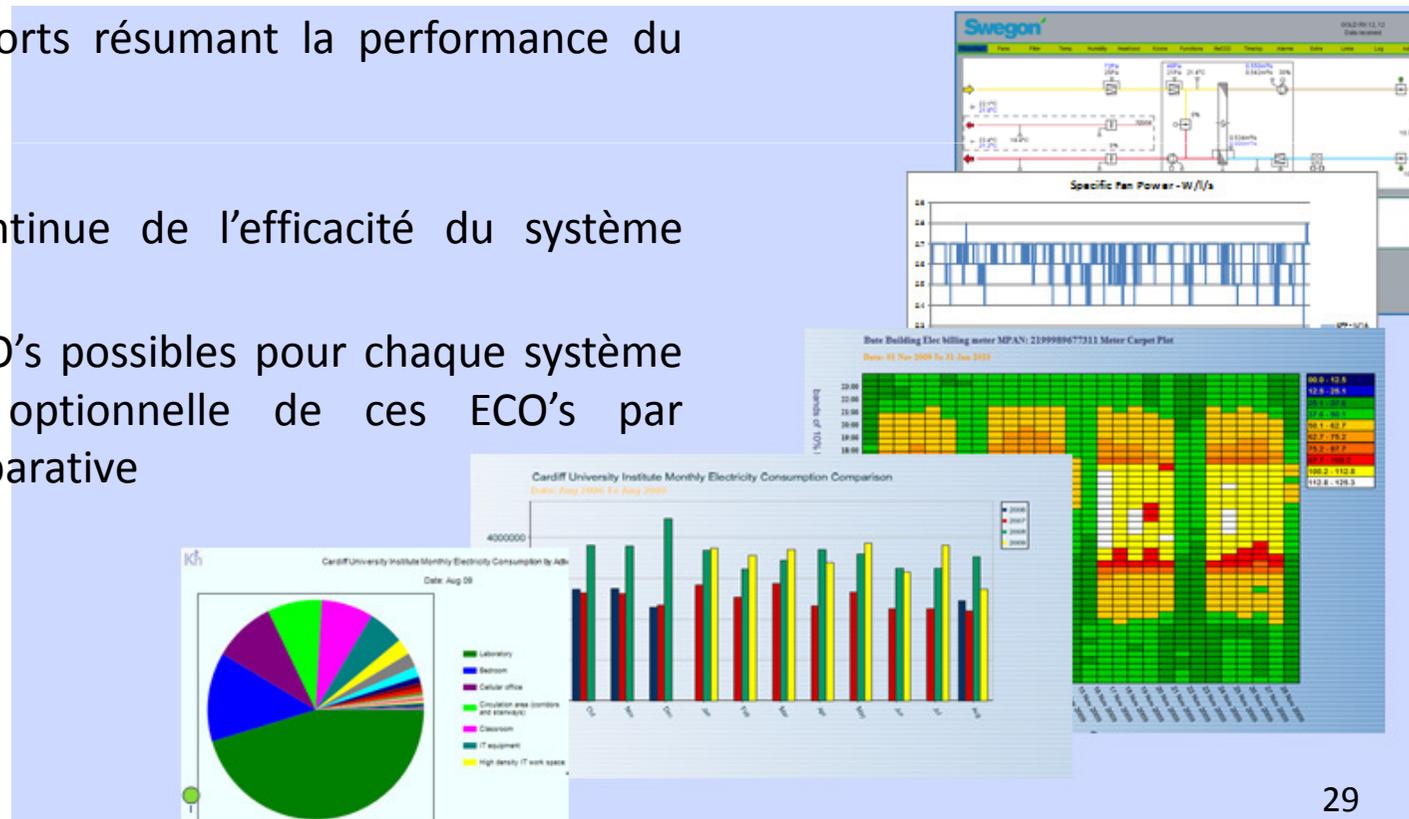
- Manufacturer
- Model
- Type of components
- Nominal power
- ...



# iSERV – Analyse des données

## Résultats attendus de iSERV?

- Analyse comparée d'un système avec des benchmarks en fonction de l'activité du bâtiment
- Plusieurs rapports résumant la performance du système HVAC
- Evaluation continue de l'efficacité du système
- Listing des ECO's possibles pour chaque système et évaluation optionnelle de ces ECO's par simulation comparative



# Bénéfices des participants

- Connexions avec les acteurs de l'EPBD
- Le REHVA et le CIBSE sont partenaires d'iSERV, ce qui donne un accès direct aux guidelines futurs relatifs à l'amélioration de la performance énergétique des systèmes HVAC
- Participation à l'élaboration des benchmarks
- Identification des mesures d'économie d'énergie applicables à un bâtiment ou à un système
- Mise à disposition d'une information récente sur les systèmes HVAC les plus efficaces pour une activité donnée
- Confidentialité des données de chaque participant
- **Utilisation libre du système iSERV pendant la durée du projet**

# Nous recherchons:

- Des exploitants ou gestionnaires de bâtiments climatisés, qui seraient prêts à installer un système de mesure « simple » dont les données seront communiquées à un serveur central et alimenteront une base de données européenne
- A la demande, des outils de simulation pourront être activés pour évaluer l'impact de mesures d'économies d'énergie identifiées par le système

# Intéressé?

- Contacter l'équipe belge (ULg):
  - Building Energy Monitoring and Simulation
    - [vincent.dolisy@ulg.ac.be](mailto:vincent.dolisy@ulg.ac.be)
    - [p.andre@ulg.ac.be](mailto:p.andre@ulg.ac.be)
  - Laboratoire de Thermodynamique
    - [stephane.bertagnolio@ulg.ac.be](mailto:stephane.bertagnolio@ulg.ac.be)
    - [francois.randaxhe@ulg.ac.be](mailto:francois.randaxhe@ulg.ac.be)
    - [vincent.lemort@ulg.ac.be](mailto:vincent.lemort@ulg.ac.be)





Merci de votre attention !