

Bâtiment à Energie Positive et Mobilité

Daniel QUENARD

Division Matériaux - Dpt Enveloppe et Revêtements,
CSTB Grenoble

daniel.guenard@cstb.fr 04 76 76 25 46

CRISIS

危機

Danger Opportunity

Think-Tank IDEES
Fondation Tuck
07 Mars 2011

Rappels « énergie positive »

Ménages : Logement/Déplacements

Chiffres-Clés : Energie, CO2, Polluants ...

Quelles solutions pour l'habitat ?

Consommation/Production/Stockage/Mutualisation

Vers une convergence Bâtiment-Transport ?

Conclusion

BUILDING ENVELOPE

TECHNOLOGY ROADMAP

US DOE – Mai 2001

VISION

In 2020, building envelopes will be—

Energy-positive—minimizing energy use; providing heating, cooling, and electricity; and storing or returning excess electricity to the grid.

Adaptable—designed for movable walls, convertible rooms, and flexible systems to accommodate the changing needs of occupants (e.g, newborns to seniors) and future technological innovations.

Affordable—cost-effective in terms of comprehensive home ownership, spanning first cost, maintenance cost, life-cycle cost, and resale value.

Durable—offering enhanced safety and resistance to natural hazards, including moisture, fire, and disaster, as well as decreased maintenance.

Environmental—harmless to the natural environment, resource-efficient, and appropriately balanced between embodied energy and durability.

Healthy and comfortable—harmless to the well-being of construction workers and occupants and providing good air quality and flow, thermal and visual comfort, natural ventilation and light, and protection against fire, moisture, chemicals, radon, and noise pollution.

Intelligent—using advanced sensors, monitors, controls, and communication technologies to improve resource efficiency, comfort, affordability, adaptability, durability, and environmental harmony.

+ Passivhaus
+ Minergie

fin des années 90

• **Bâtiments/Habitat à Energie Positive¶**



DER/CPM¶

D. Quenard¶



• **Durée prévisionnelle : 36 mois¶**

• **Budget total prévisionnel : 500 k€¶**

Financement souhaité de la part de la DGUHC : 400 k€¶

• Saut de colonne
.....

Proposition DGUHC 2003

7ème Festival Images et Sciences
Energies du futur

Jeudi 11 Mars 2004

Claude Pompéo – Hébert Sallée

Daniel Quénard

CSTB Grenoble

**Vers des Bâtiments à
Energie Positive**

futuribles
analyse et prospective

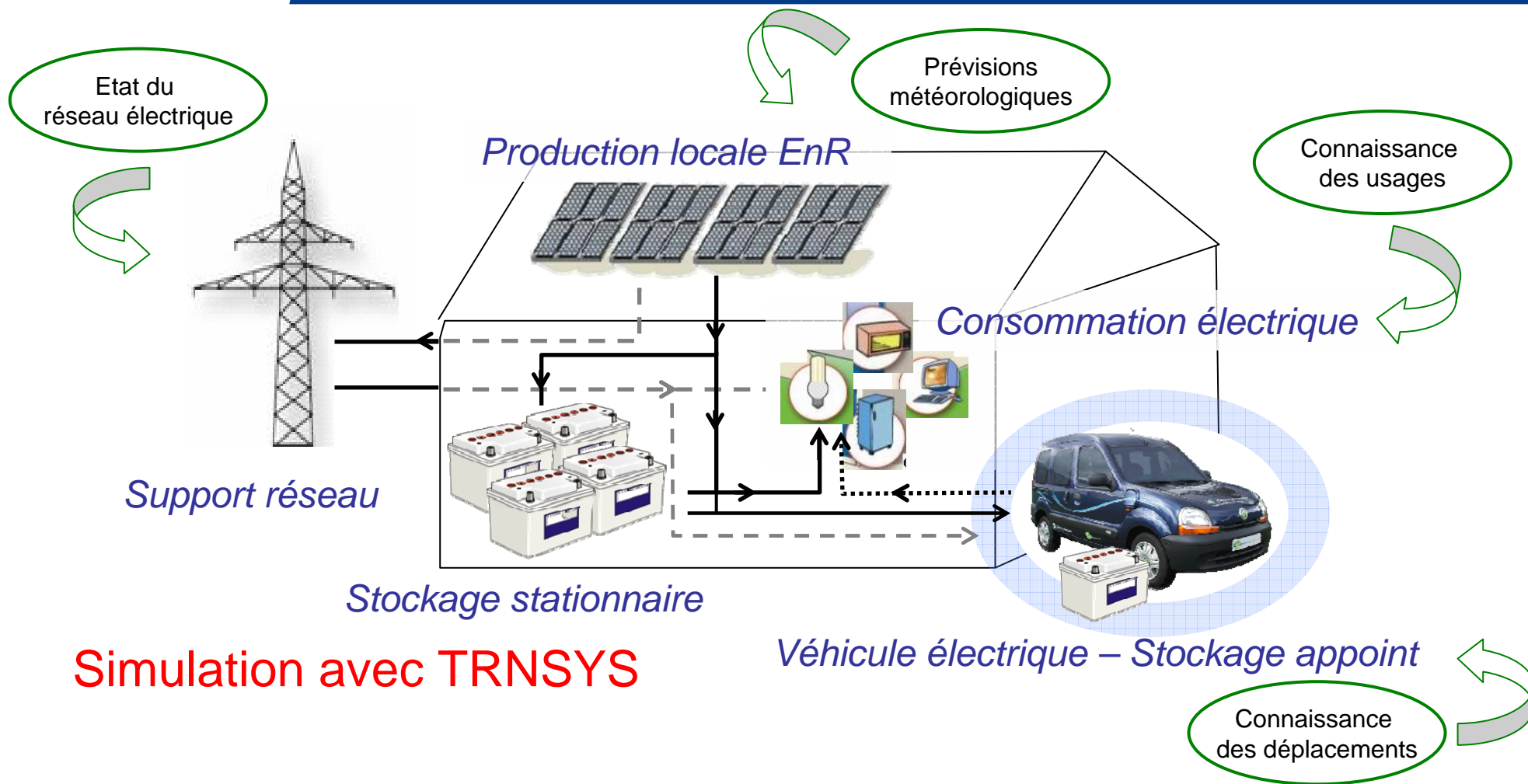
La lutte
contre les discriminations

Le bâtiment à énergie positive

Désindustrialisation
ou modernisation ?

Alain Maugard, Jean-Christophe Visier, Daniel Quénard

**Le bâtiment
à énergie positive**



Simulation avec TRNSYS

Ménages : Logement/Déplacements

Chiffres-Clés : Energie, CO2, Polluants ...

Quelles solutions pour l'habitat ?

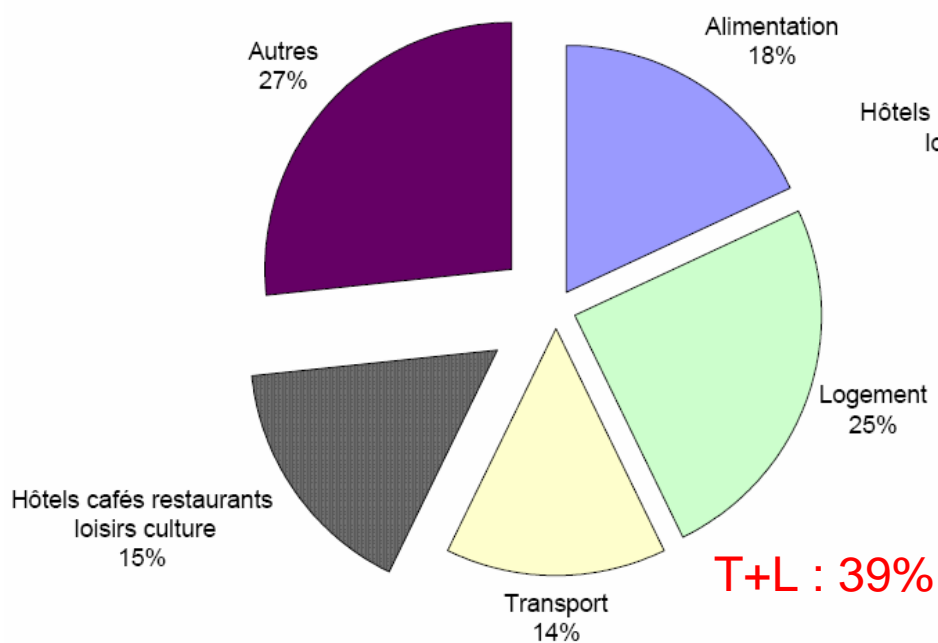
Consommation/Production/Stockage/Mutualisation

Vers une convergence Bâtiment-Transport ?

Conclusion

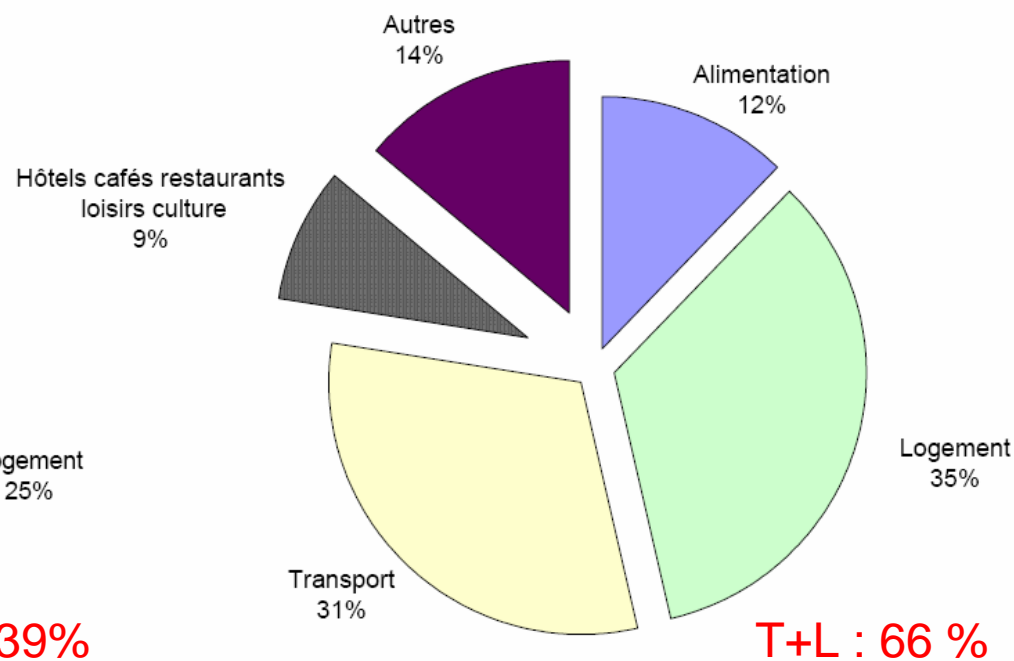
Ménages: dépenses de consommation & émissions de CO₂

Dépenses de consommation



33 Millions de Logements
28 Millions Résidences Principales
16 Millions Maisons Individuelles

Émissions de CO₂

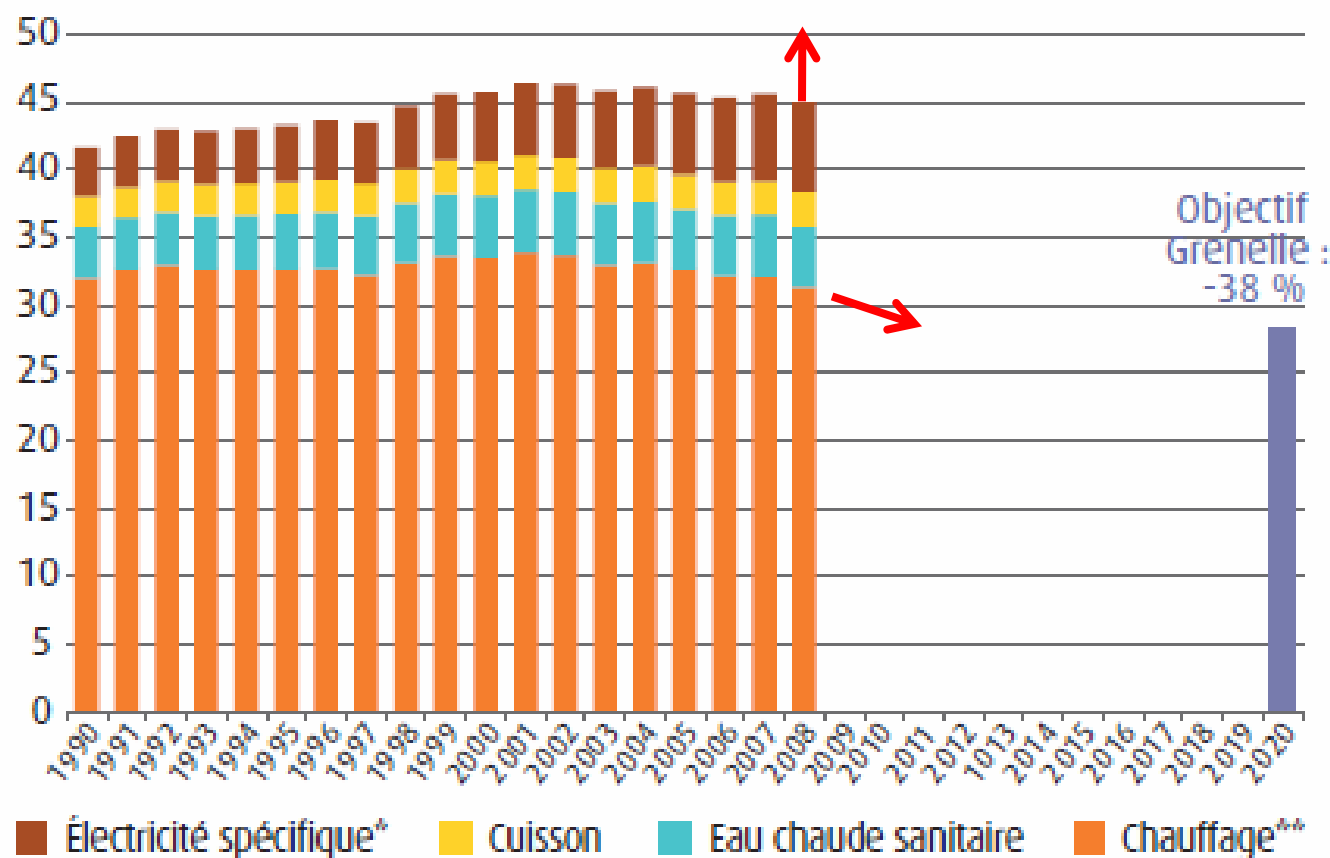


31 Millions Véhicules Particuliers

65 Millions d'habitants

Consommation d'énergie finale par usage dans le résidentiel

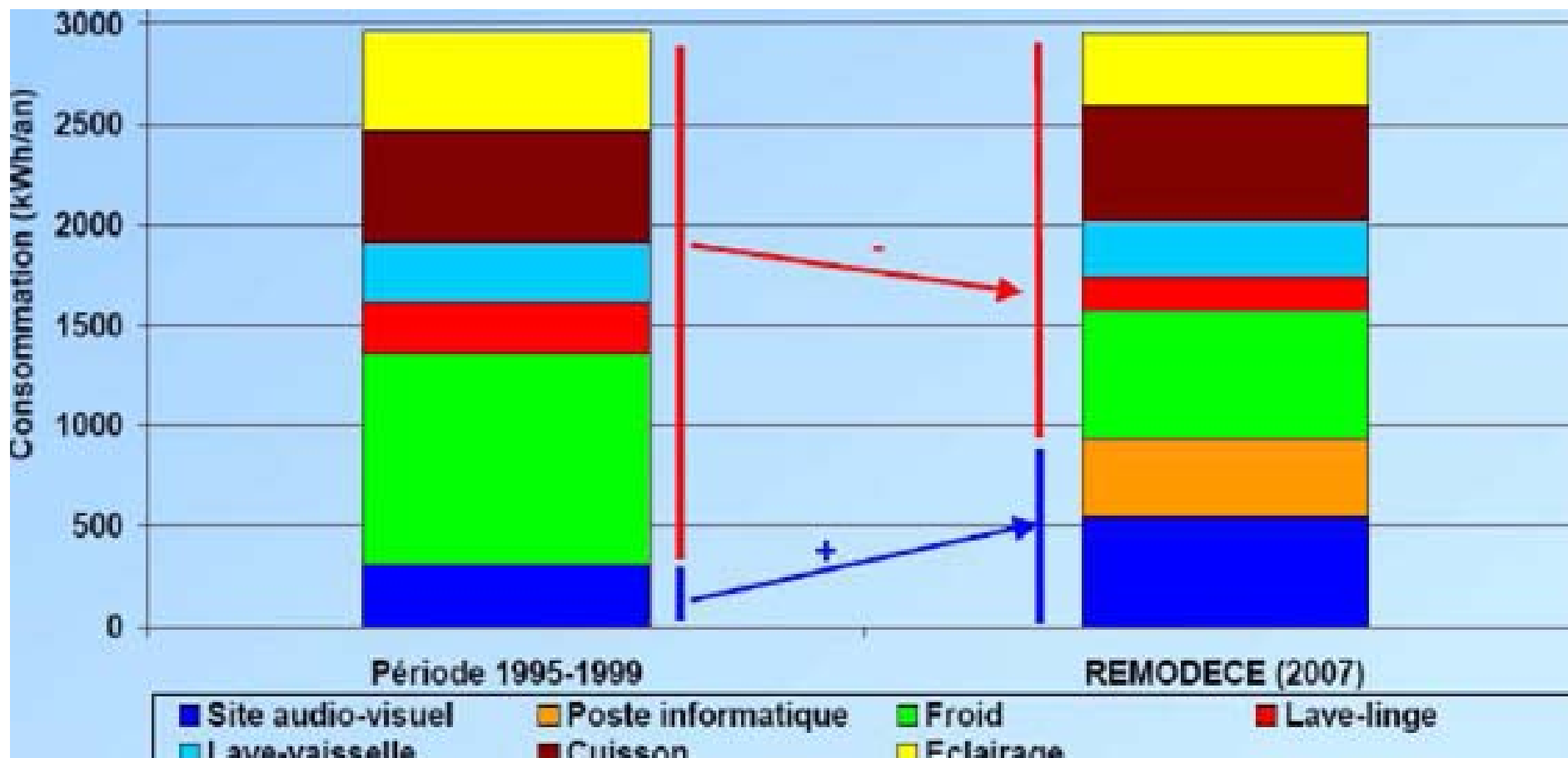
En millions de tonnes équivalent pétrole



Notes : * électricité nécessaire pour les services qui ne peuvent être rendus que par l'usage de l'énergie électrique, tels que l'éclairage et l'électroménager. Elle ne prend pas en compte l'eau chaude, le chauffage et la cuisson, qui peuvent utiliser différents types d'énergie ;
 ** corrigé des variations climatiques, c'est-à-dire calculé en tenant compte d'un indice de rigueur climatique, permettant d'obtenir la consommation correspondant à des conditions climatiques "normales".

Source : Ceren.

Evolution de la consommation d'électricité Eclairage/Electroménager/Multimédia





Chauffage



Automobile



Electricité (2)



Eau chaude sanitaire

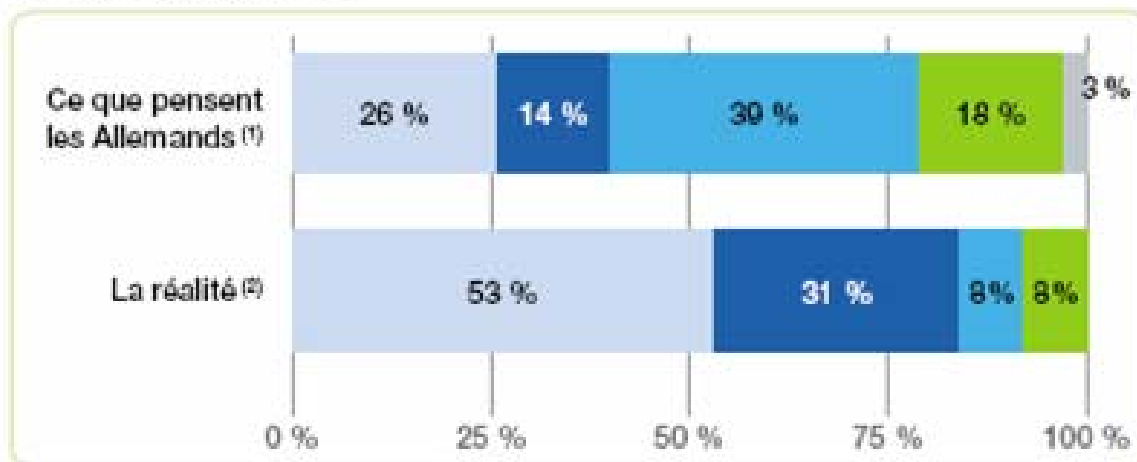
Ne se prononce pas

FRANCE



Sources : enquête BVA pour "Isolons la Terre contre le CO2" et statistiques DGEMP

ALLEMAGNE



Sources : enquête EMND pour l'Agence Allemande de l'Energie (DEA)

Les usages et la perception des consommateurs

Famille : 3 personnes - 100 m² - Gaz naturel



CO₂ : 2 tonnes

Logement : 45%
Déplacements : 55%

Energie : 9 300 kWh

Logement : 54%
Déplacements : 46%

**Logement récent
(aux normes actuelles RT 2005)
en centre-ville**



CO₂ : 4 tonnes

Logement : 73%
Déplacements : 27%

Energie : 20 300 kWh

Logement : 79%
Déplacements : 21%

**Bâtiment basse consommation
(50kWh/m²/an)
en péri-urbain**



CO₂ : 4,3 tonnes

Logement : 21%
Déplacements : 79%

Energie : 18 100 kWh

Logement : 28%
Déplacements : 72%

**Logement ancien
(250 kWh/m²/an moyenne du parc)
en péri-urbain**



CO₂ : 7,9 tonnes

Logement : 57%
Déplacements : 43%

Energie : 38 100 kWh

Logement : 66%
Déplacements : 34%

Combustion (Chaudières /MCI) :

1 : Epuisement des ressources

Bâtiments

~ 70 % Chauffage/ECS

Chaudières : fioul-gaz-bois

(+ électricité)

Transports

~ 50 % VP

Moteurs Combustion Interne

(98% pétrole)

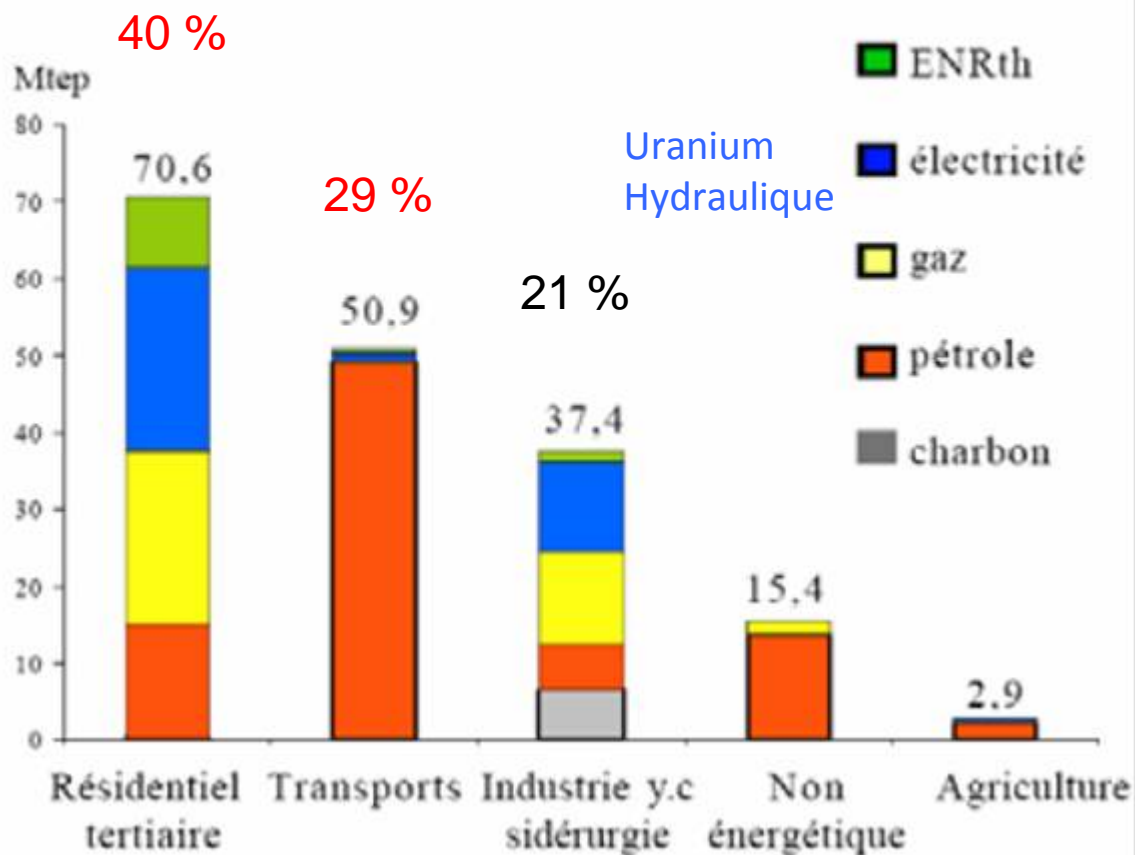
Bâtiments + Transports

~ 70 %

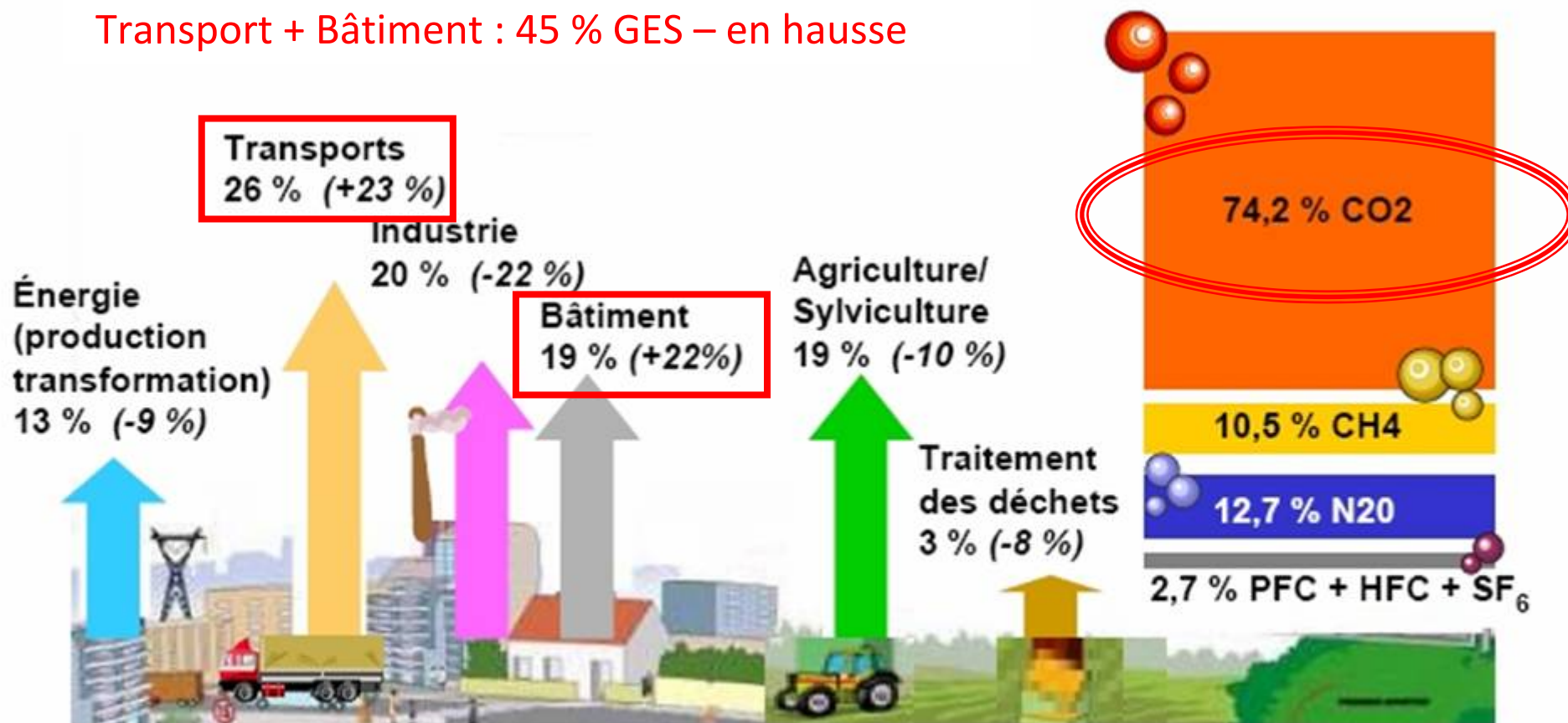
Consommation Finale Energie

Chiffres 2006

Répartition de la consommation finale (177,1 Mtep)
(corrigée du climat)



Transport + Bâtiment : 45 % GES – en hausse



Émissions de gaz à effet de serre en France (y compris DOM/COM) en 2004, par secteur (entre parenthèses, l'évolution depuis 1990 ; source : CITEPA/Inventaire SECTEN/Format PNLCC, février 2006)

Combustion

3 : Emissions Polluants / Santé

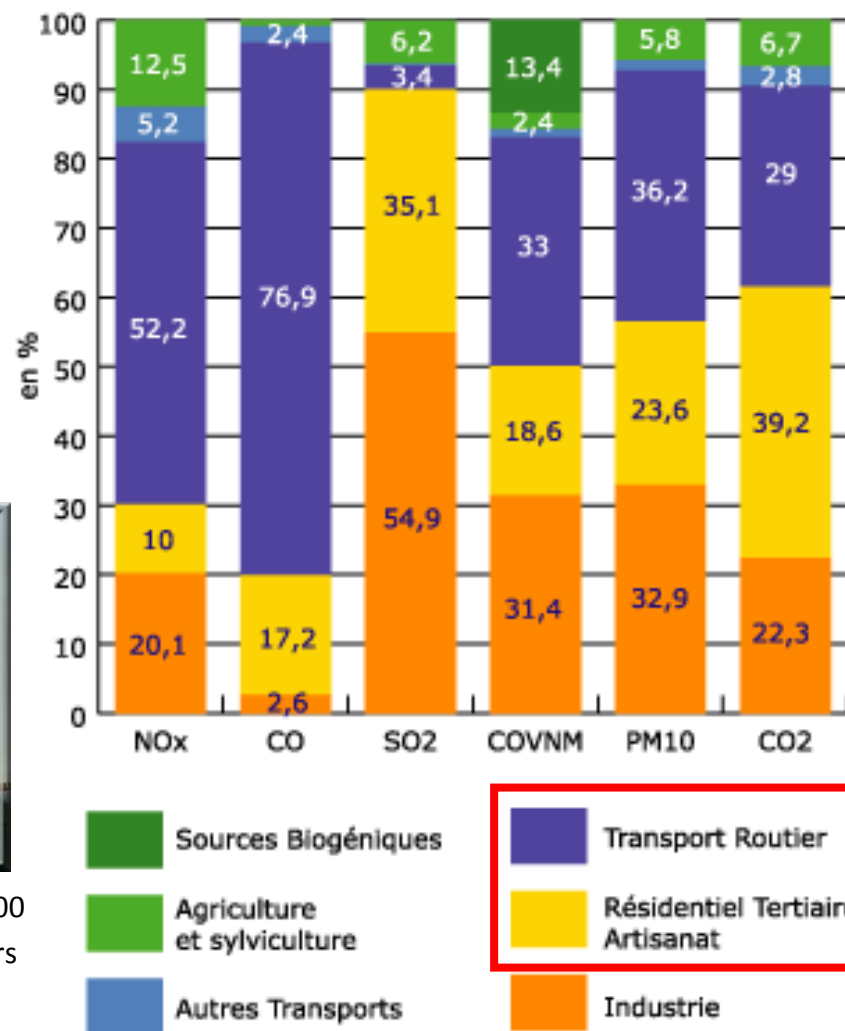
« La pollution de l'air diminue l'espérance de vie de 9 mois pour chaque Français et l'exposition aux particules fines causerait 40 000 décès chaque année. C'est un enjeu de santé public »

Nathalie KOSCIUSKO-MORIZET - décembre 2010

Particules (PM10) : B+T 60 %
NOx : B+T 60 %



Ile-de-France / Airparif / Estimations 2000
Contribution en % des différents secteurs d'activités aux émissions de polluants



Quelles solutions pour l'habitat ?

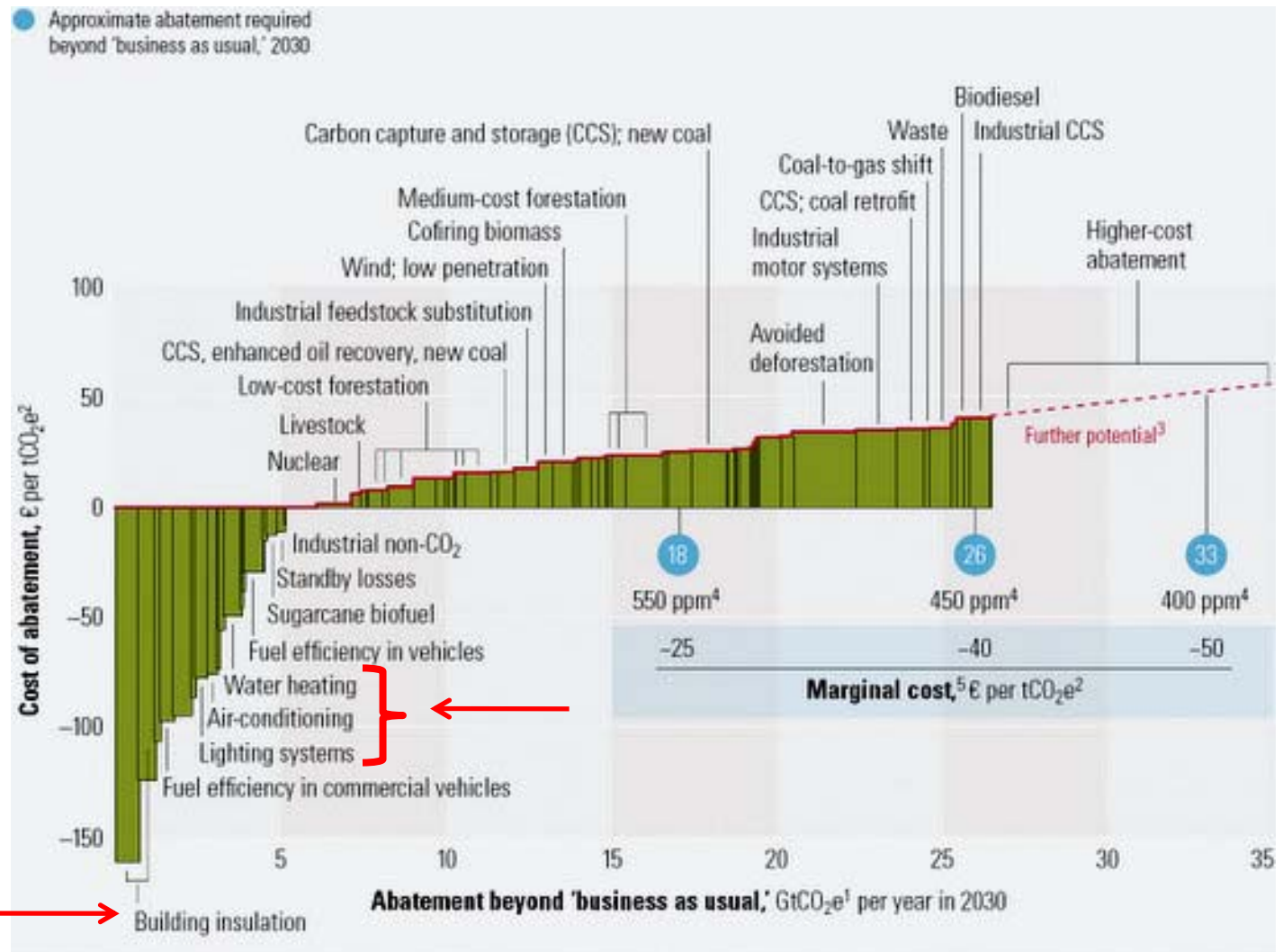
Consommation/Production/Stockage

Vers une convergence Bâtiment-Transport ?

Conclusion

Réduire les émissions de CO2

Isolation thermique, ECS, Conditionnement d'air, Eclairage ... parmi les solutions les plus efficaces



En Europe, l'objectif principal est la rénovation

210 million bâtiments en Europe
Environ 53 milliard de m² (résidentiel / tertiaire)

| Type | Number constructed before 1973 | Number constructed after 1973 | Overall percentage of total stock |
|----------------|--------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| Résidentiel | Individual Private Residences | 42,840,000 | 34 |
| | Private Apartment Buildings | 17,640,000 | 14 |
| | Public (Social) Housing | 16,800,000 | 12 |
| Tertiaire | Commercial Buildings | 18,900,000 | 30 |
| | Public Buildings | 5,040,000 | 8 |
| | Other (Leisure, Industrial...) | 1,890,000 | 2 |
| Totals: | 103,110,000 | 106,890,000 | 100 |

60% (for Residential)

40% (for Tertiary)

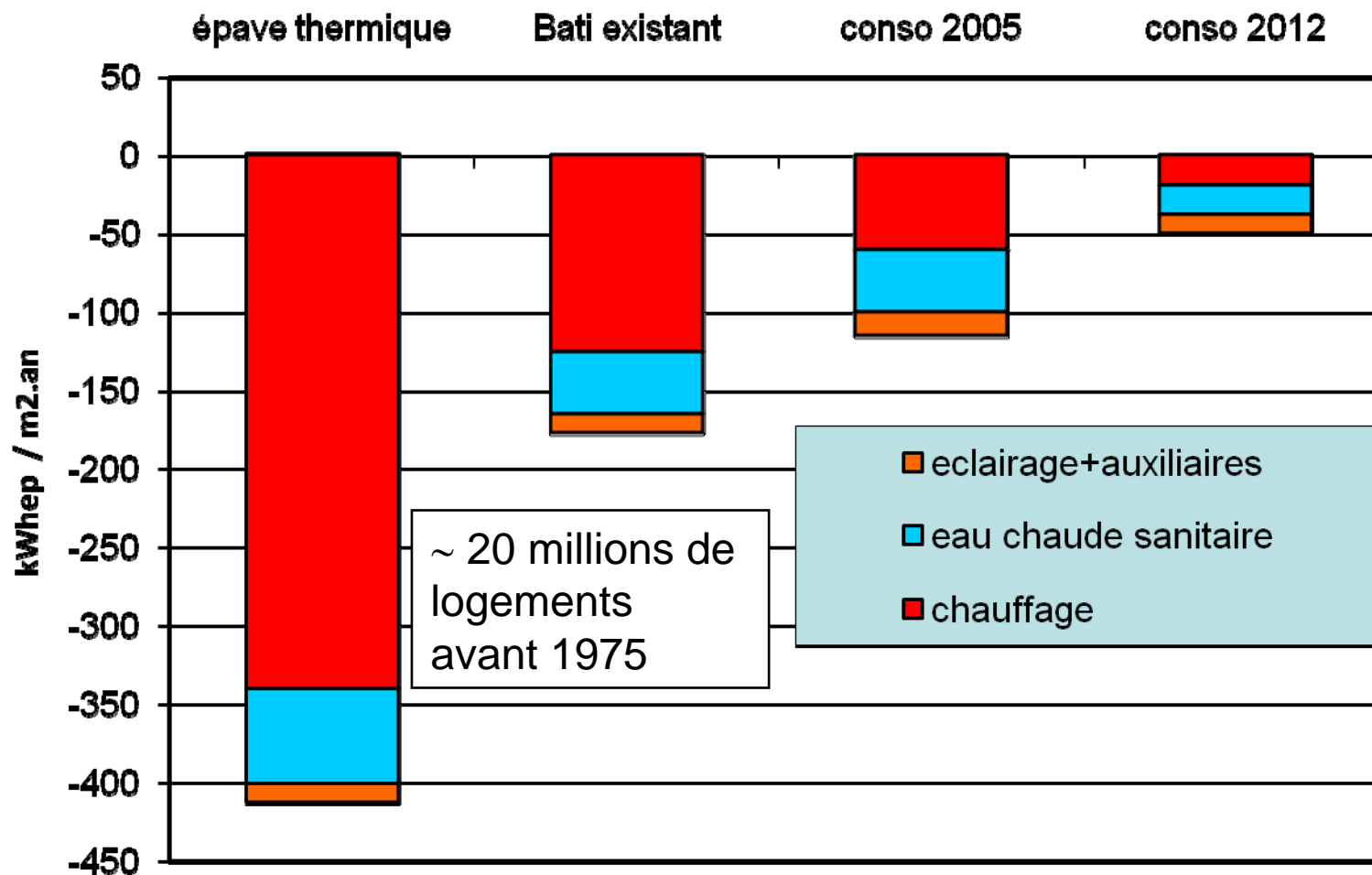
Construction neuve : environ 1 %

En France, depuis le premier choc pétrolier des progrès massifs ont été réalisés sur le chauffage

FRANCE

5 usages RT

- Chauffage
- Ventilation
- Climatisation
- ECS
- Eclairage/Aux.



Ordres de grandeur des consommations d'énergie pour un logement

Les Bâtiments Economes : Les principaux labels en Europe

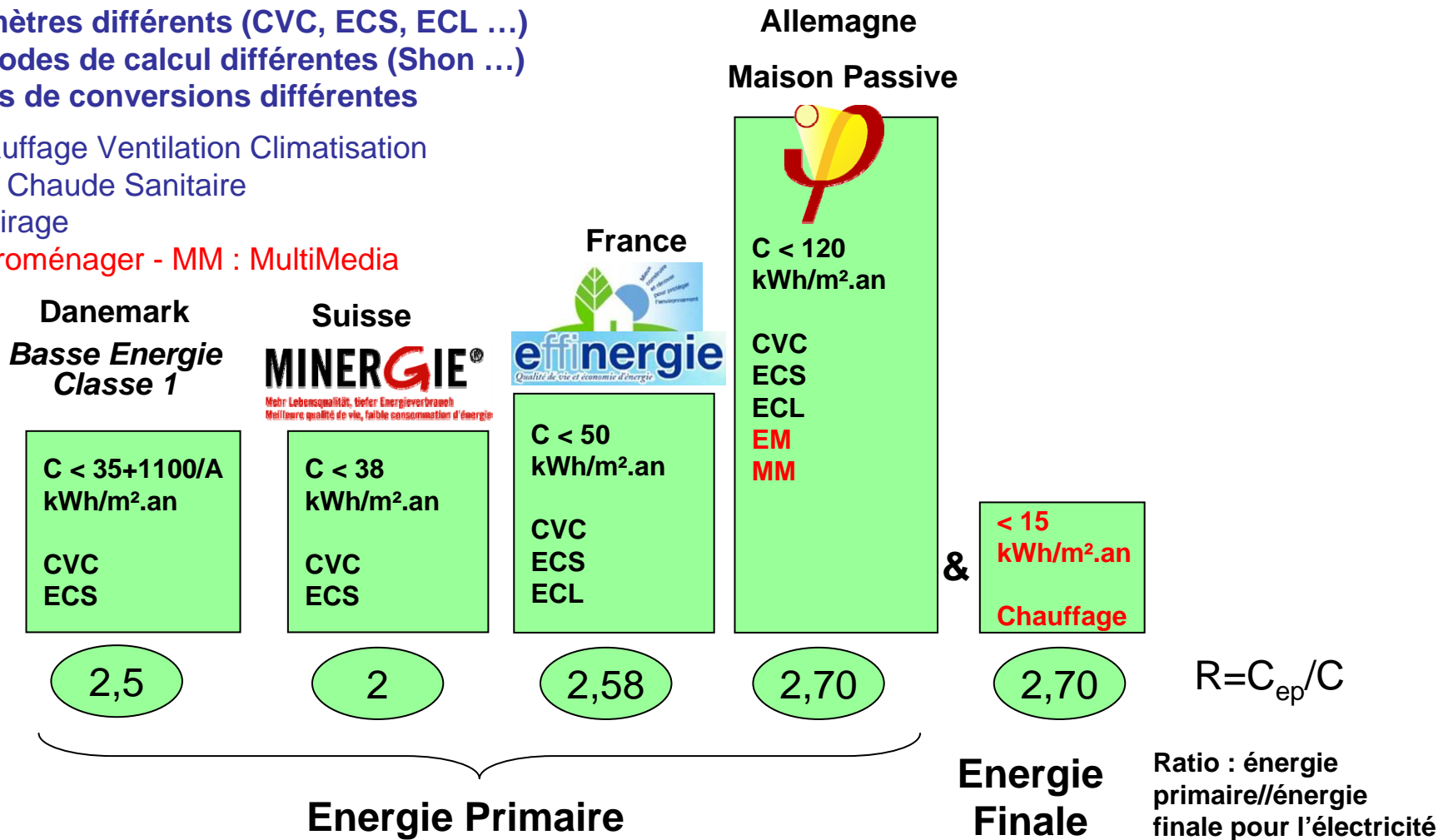
- Des périmètres différents (CVC, ECS, ECL ...)
- Des méthodes de calcul différentes (Shon ...)
- Des règles de conversions différentes

CVC : Chauffage Ventilation Climatisation

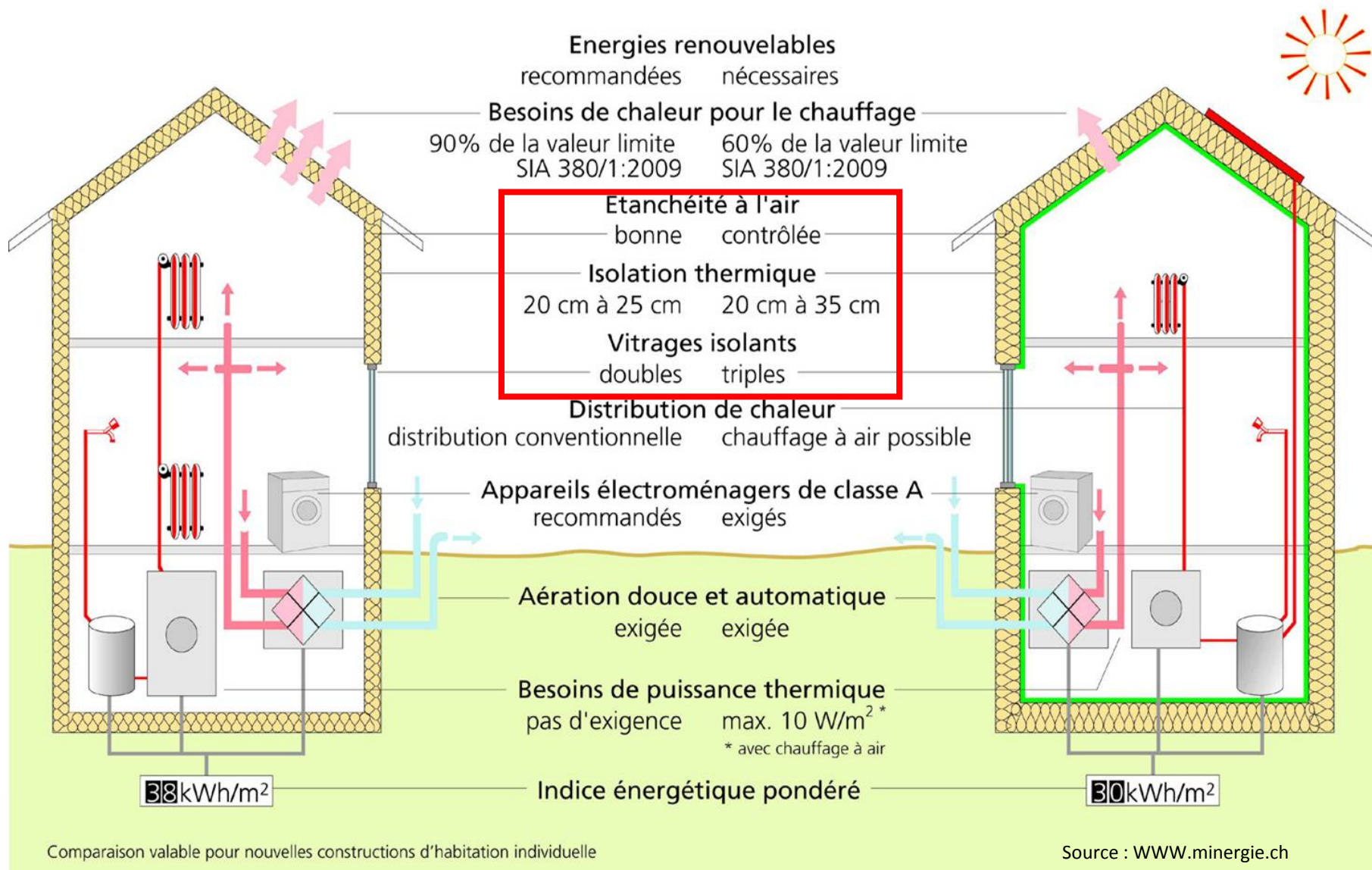
ECS : Eau Chaude Sanitaire

ECL : Eclairage

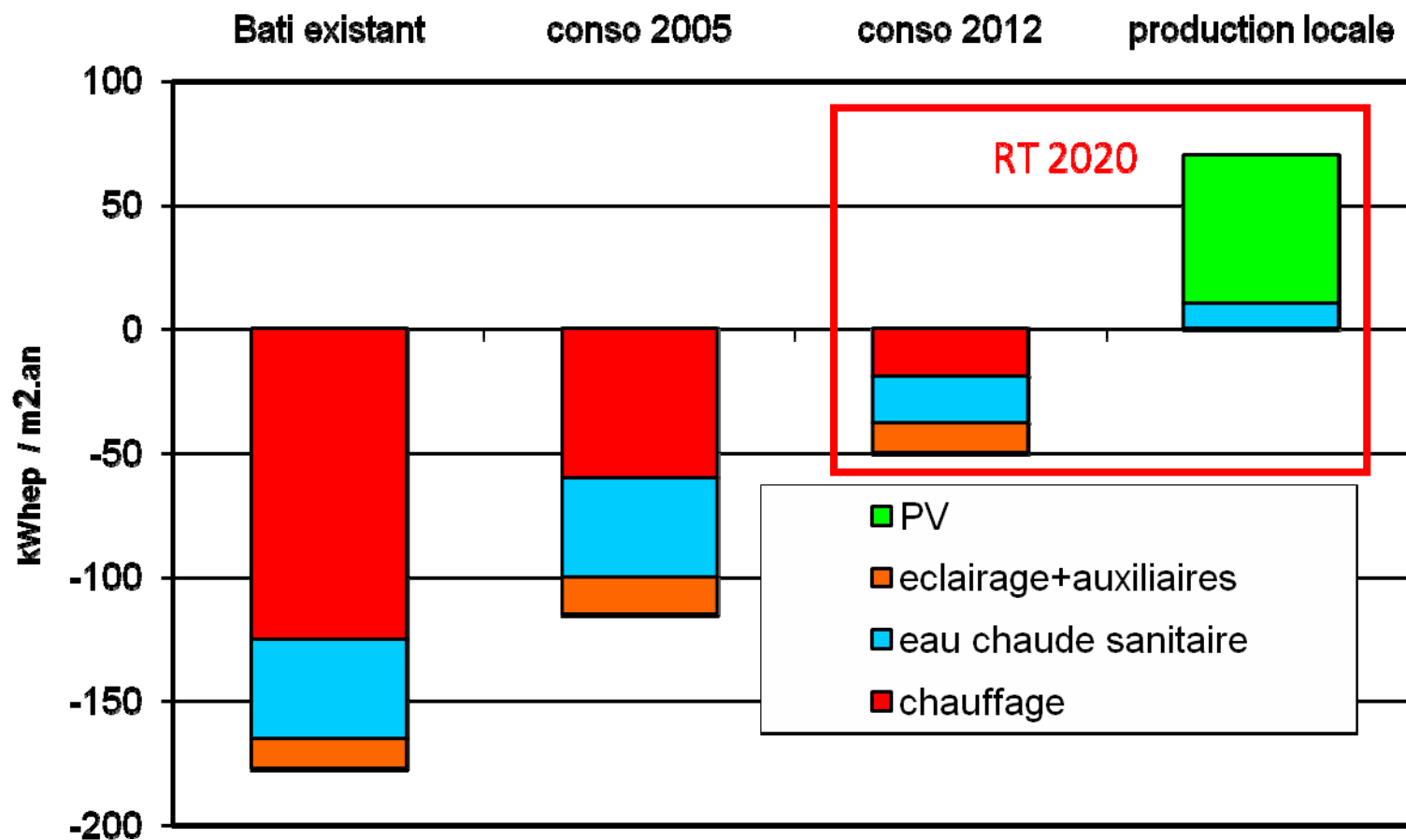
EM : Electroménager - MM : MultiMedia



Bâtiment Basse Consommation Minergie / Effinergie / Maison Passive



Une production locale qui pourrait se généraliser



Ordres de grandeur des consommations et productions locales d'énergie pour un logement

Production locale / Surface disponible Occupation / Utilisation des sols

France : 543 965 km²

1,5 % Sols Bâtis
8142 km²

9,4 % Zones Artificialisées
51 447 km²

Consommation électrique française : 550 TWh/an

- Energie solaire reçue par un carré de
notre sol d'environ 25 km sur 25 km
- PV : 10 % rendement - 5000 km²

5000 km² : 61 % Sols Bâtis
9.72 % Zones Artificialisées

Source : <http://www.stats.environnement.developpement-durable.gouv.fr/acces-thematique/territoire/occupation-des-sols-et-paysages/indicateurs-cle-occupation-des-sols.html>

Europe : Surface au sol des bâtiments \cong 22 000 km² (carré de 150 km de coté).
40% des toitures et 15 % des façades : adaptées pour l'installation de panneaux PV.
Rendement : 15%

Production Potentielle : 1400 TWh = 40% consommation d'électricité en Europe

Source : European Photovoltaic Industry Association (EPIA),

Les villes couvrent moins de **1% de la superficie terrestre** mais contribuent de façon aberrante au changement climatique.

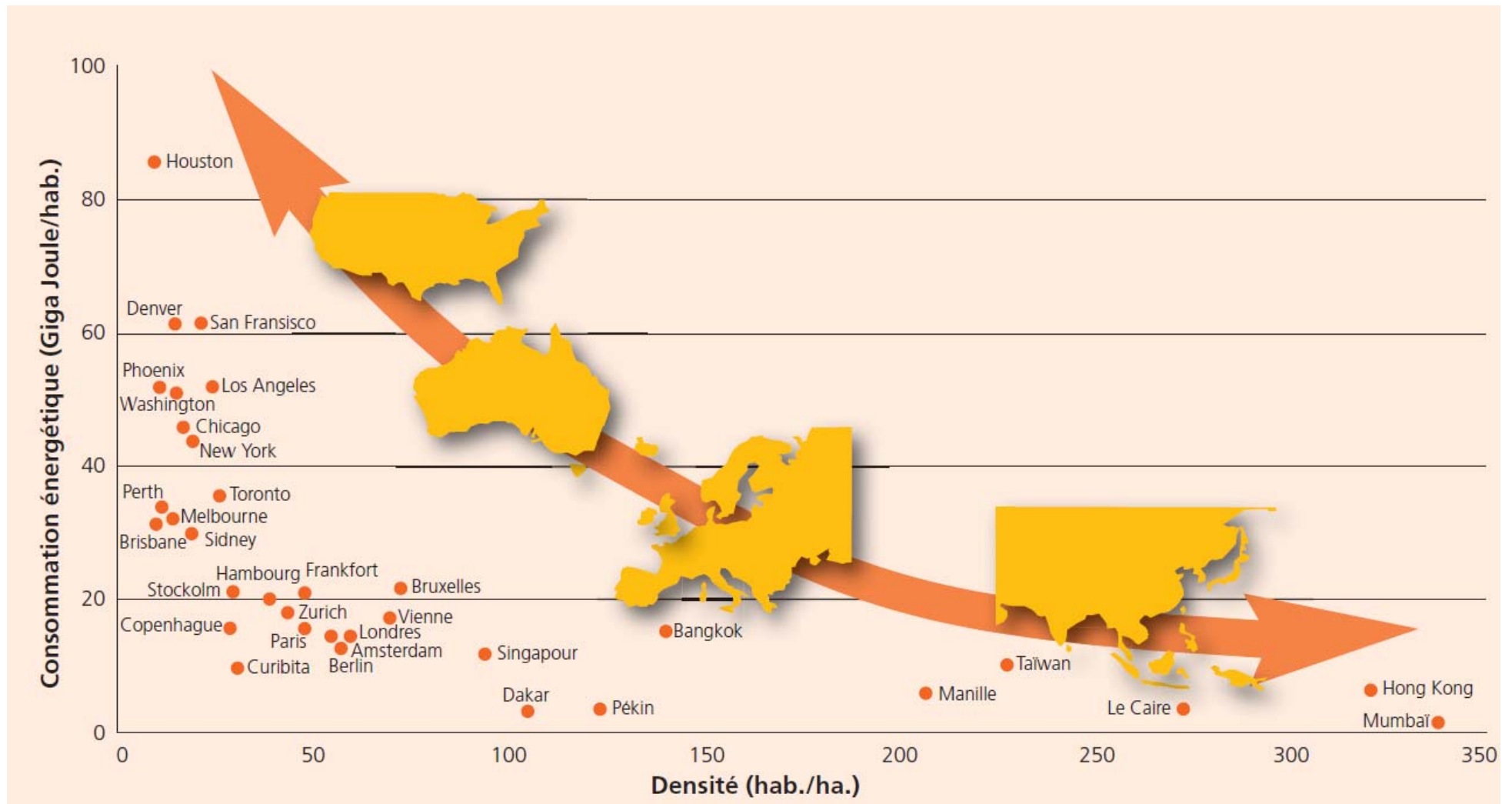
Actuellement, environ **50% de la population mondiale** vit dans des villes. D'ici 2030, 60% de la croissance démographique mondiale sera supportée par les villes

Les villes **consomment 75% de l'énergie mondiale**, sont à l'origine de jusqu'à 75% des émissions de gaz à effet de serre et utilisent 60 % de l'eau dans le monde.

Source : SIEMENS

Exemple du Grand Lyon : en exploitant tout le potentiel identifié (bois énergie, photovoltaïques et solaires thermiques) dans l'étude, **le Grand Lyon peut couvrir 10 à 15% de ses consommations par les énergies renouvelables.**

Source : Grand Lyon



Potentiel Énergétique des Toitures

210 bâtiments à Zurich

Un millier à Fribourg

Surface de toit potentiellement utilisable pour le solaire thermique :

32,1 m² / 100 m² pour le canton de Fribourg

31,6 m² / 100 m² pour la ville de Zurich.

Surfaces de captage d'orientation optimale (orientée au sud et inclinaison moyenne).

11,7 m² pour 100 m² de surface habitable chauffée - Fribourg

4,8 m² pour 100 m² de surface habitable chauffée - Ville de Zurich.

Explications : Nombre d'étages,

Plus de toits orientés de manière optimale pour le canton de Fribourg

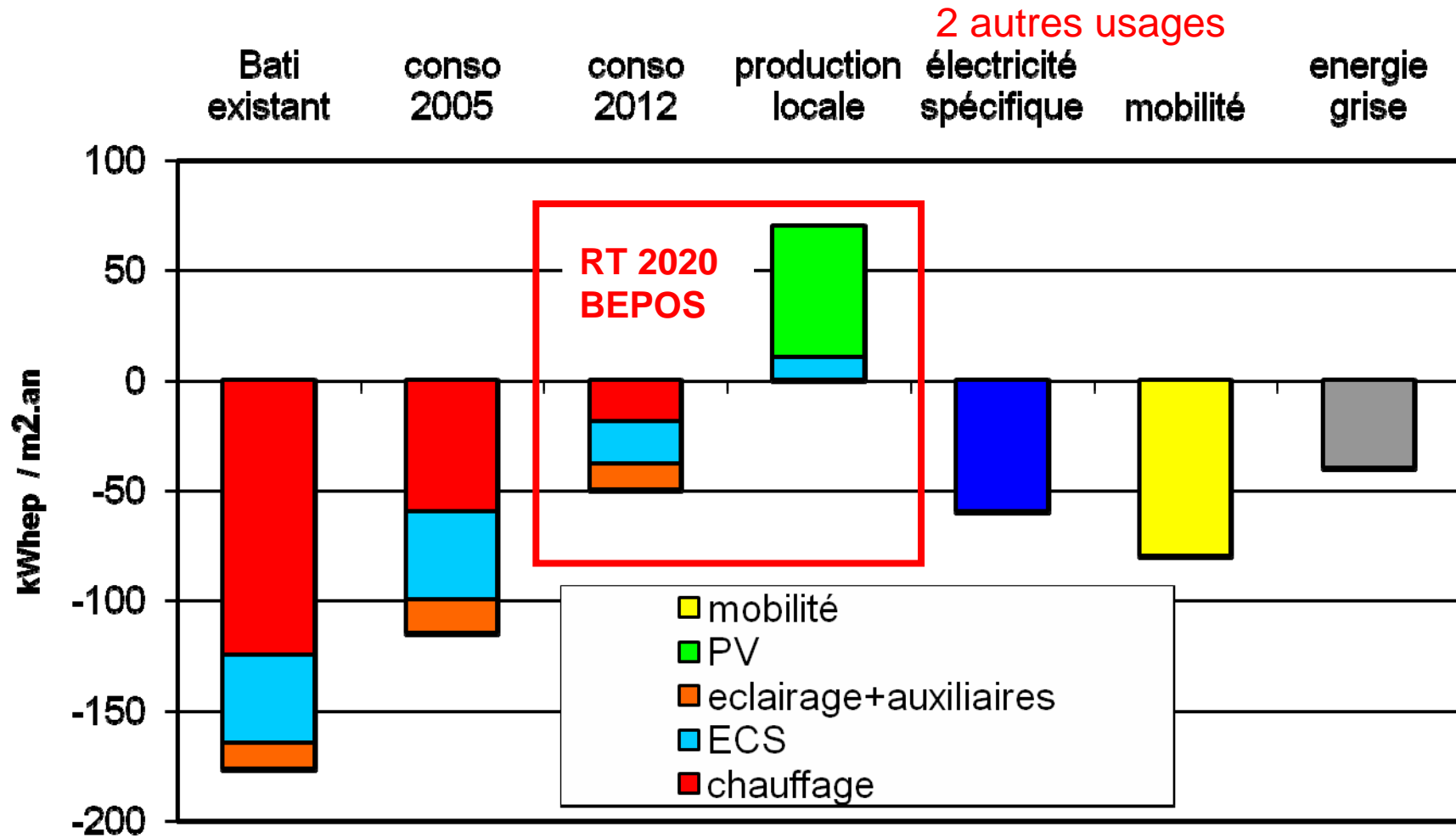
Bâtiments Basse Consommation (Minergie) + 100 l de stockage par m² de capteur solaire

70 % des besoins (Chauffage, ECS et air ambiant) sont alors couverts pour :

- 50 % des bâtiments d'habitation du canton de Fribourg
- 12,5 % de ceux situés à Zurich

Un « potentiel solaire thermique » nettement plus élevé à la campagne qu'en ville
Densification ?

Des Bâtiments Economes & Producteurs d'Énergie ... mais des usagers « énergivores »

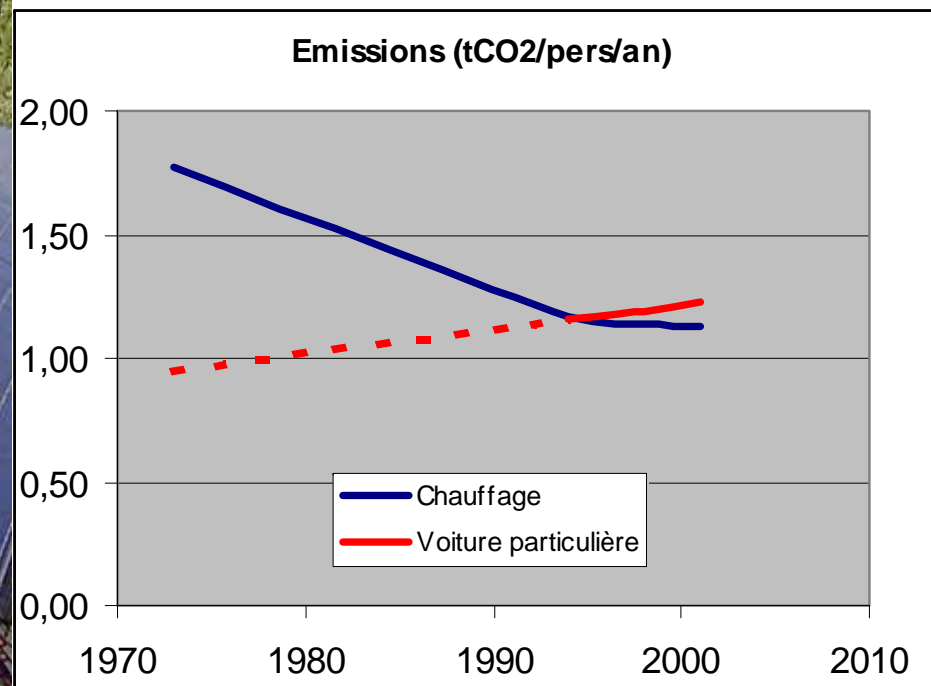


Manque l'Énergie Grise des Équipements Electrodomestiques et de la Mobilité

... des Bâtiments à Energie Positive ... mal localisés ?



Source : Rolf Disch - PlusEnergieHaus Freiburg

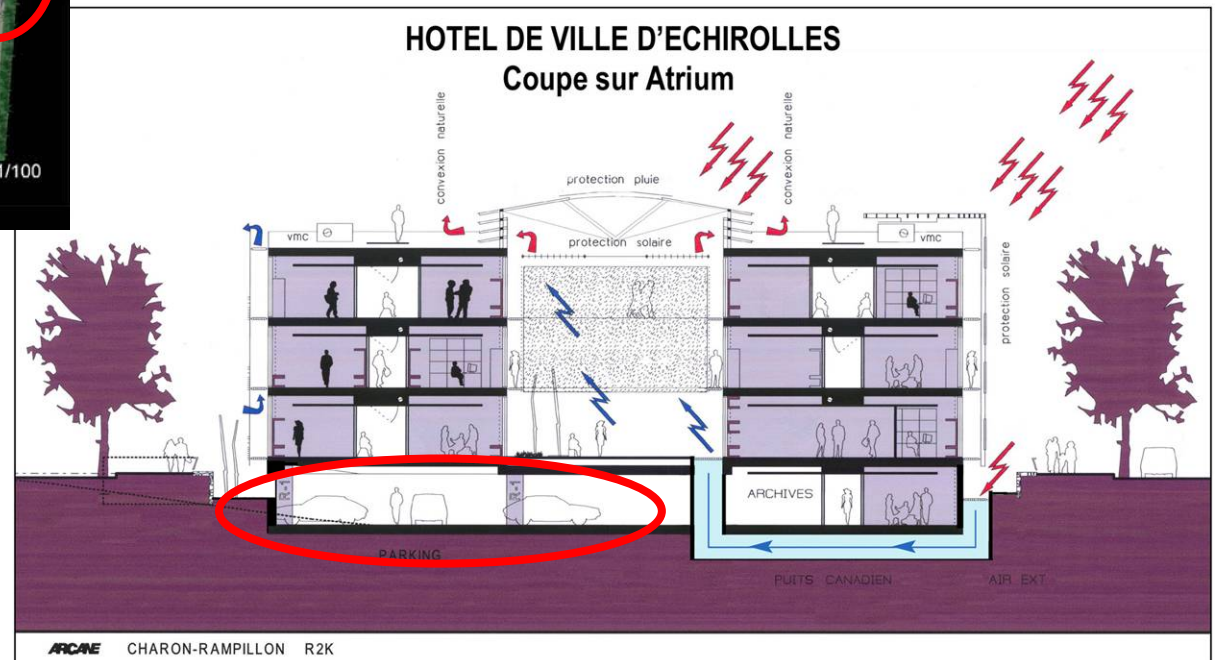
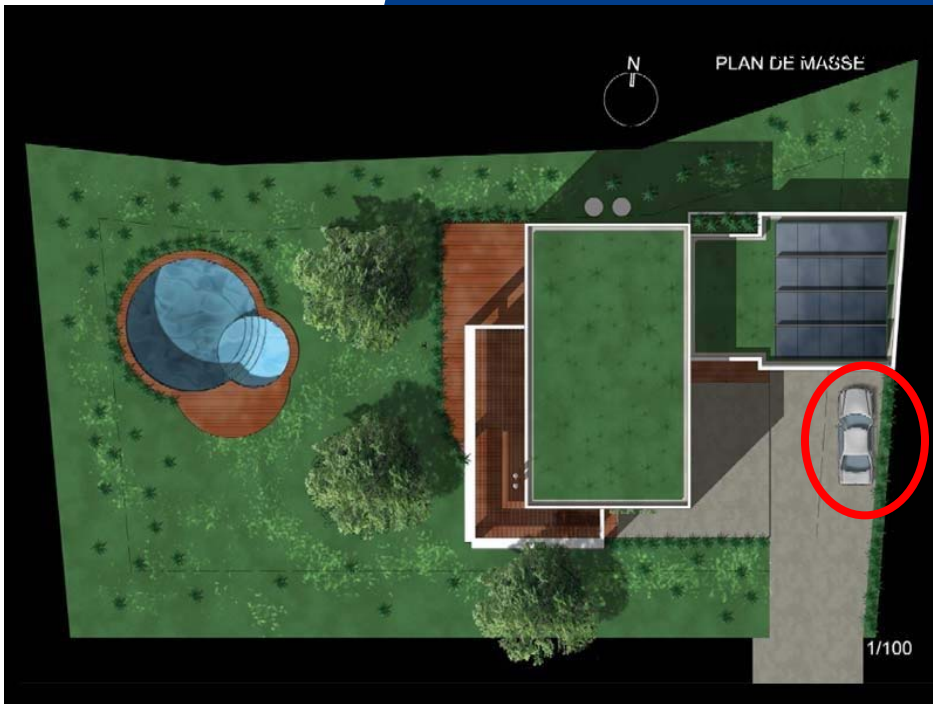


Source : JP Traisnel

« **MAIS** un effort de **80 kWh/m².an** est annulé par **20 km parcouru** en véhicule particulier par jour, ce qui pose le problème du lien urbanisme/transport ... »

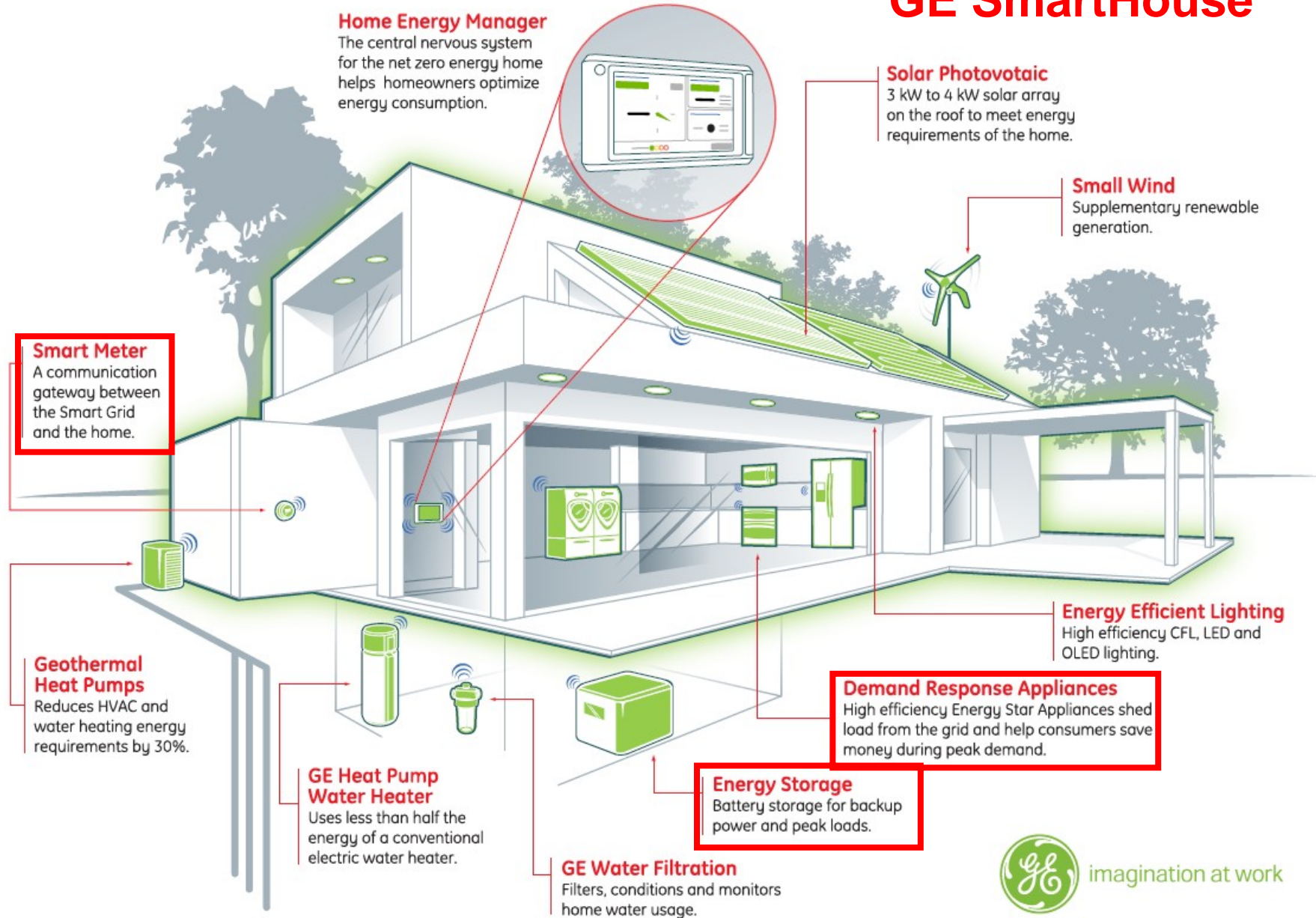
La voiture, un nouvel équipement du bâtiment ?

atiactu.com/edito/une-maison-pour-mettre-l-energie-positive-a-portee-p3-23523.php



GE Targets Net Zero Energy Homes by 2015

GE SmartHouse



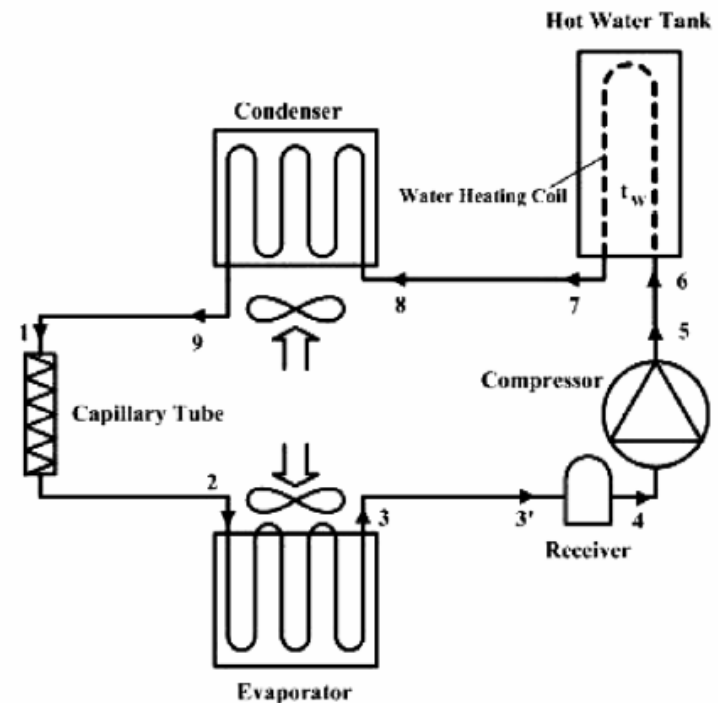


Fig. 1. Schematic of air conditioner with integrated hot water heater.

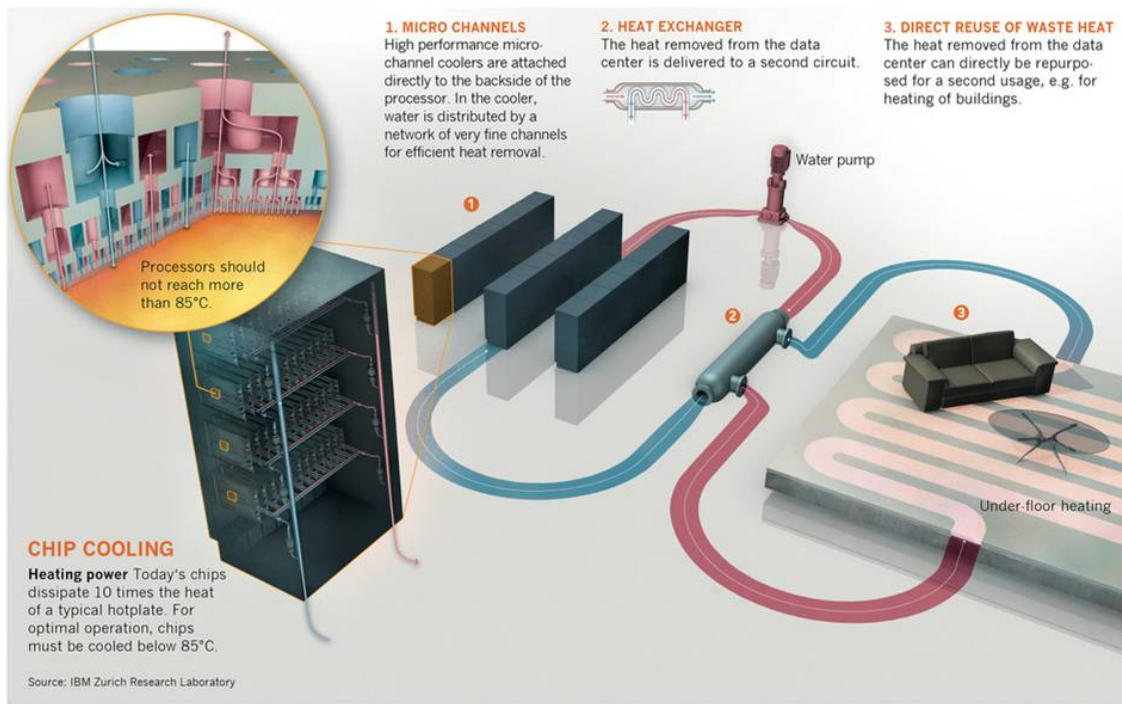
Modeling of a split type air conditioner with integrated water heater

P. Techarungpaisan *, S. Theerakulpisut, S. Priprem

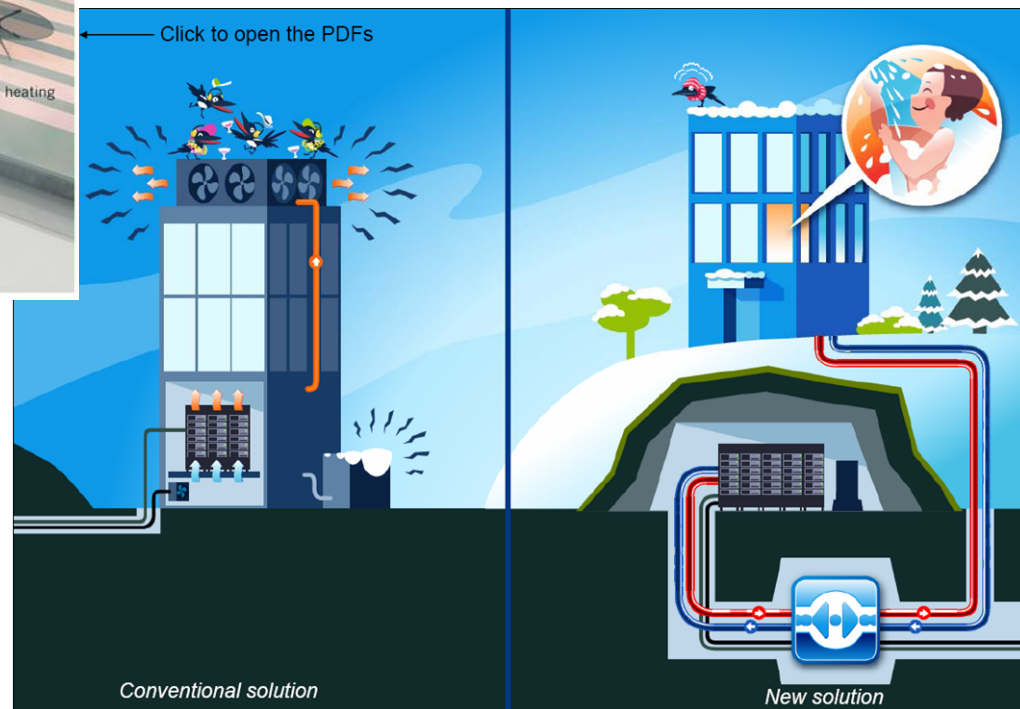
Mechanical Engineering Department, Faculty of Engineering, Khon Kaen University, 123 Mittraphab Rd., Muang, Khon Kaen 40002, Thailand

Received 8 April 2005; received in revised form 28 March 2006; accepted 8 October 2006
Available online 30 November 2006

Echelle des Equipements



Echelle des Bâtiments

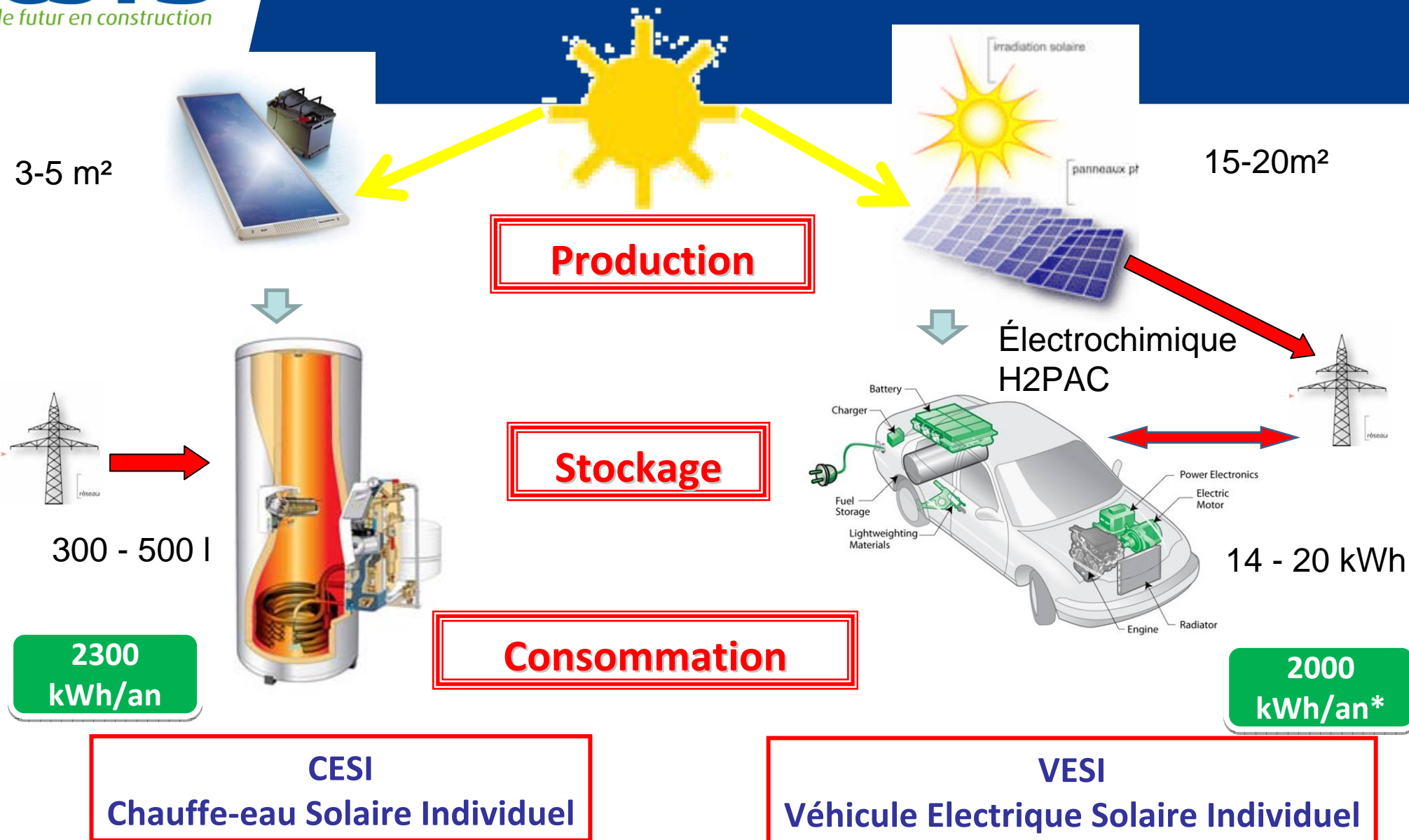


Data Centers : Nouvelles Chaufferies ?
Chauffage
ECS
Piscine ...

Vers une convergence Bâtiment-Transport ?

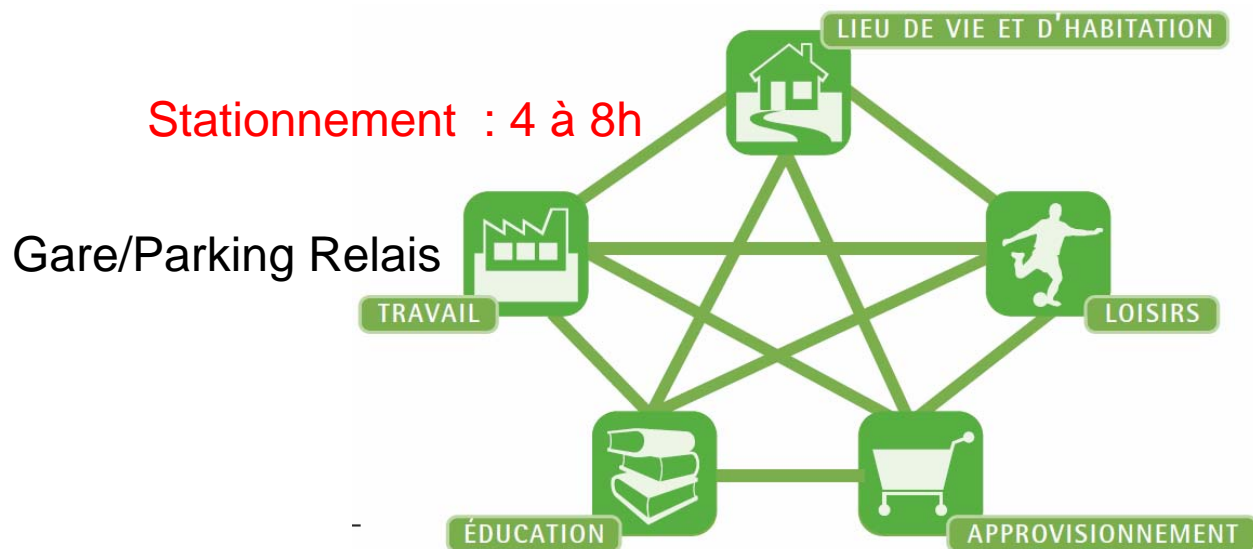
Conclusion

CESI et VESI



*Pour un VE avec une consommation de 150Wh/km parcourant 13000 km/an

Autonomie : un problème ?



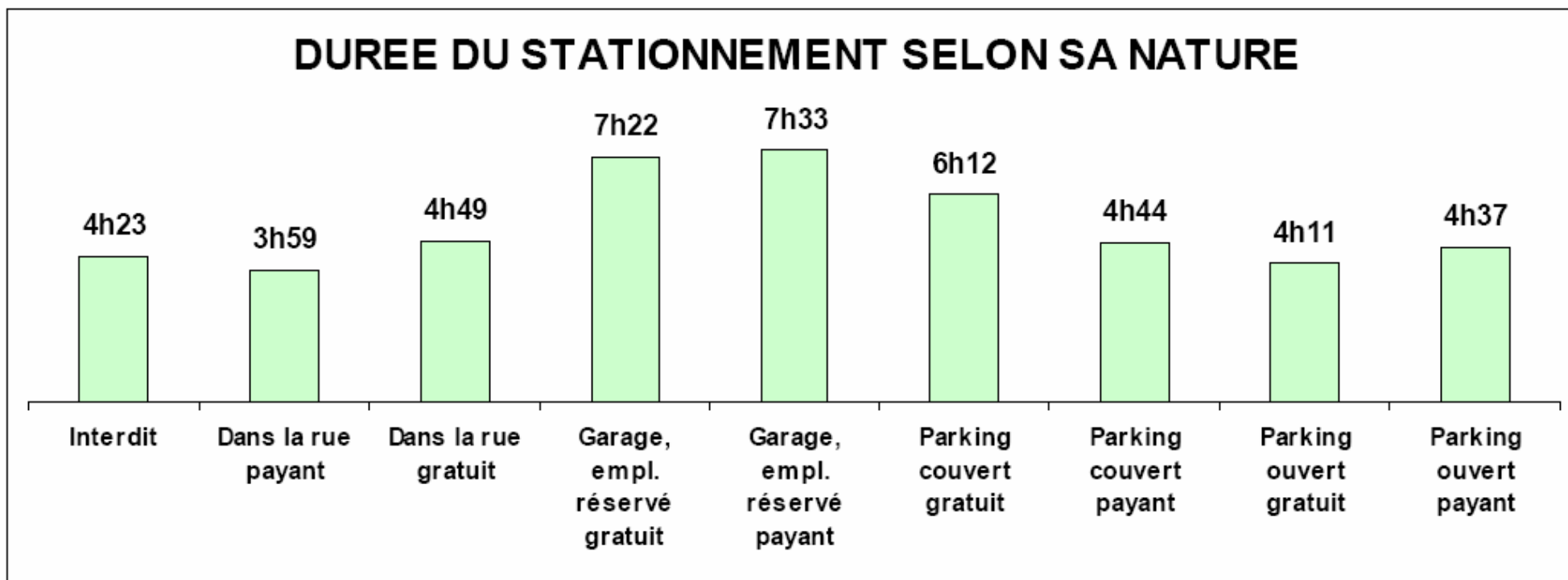
La moitié des salariés travaillent à moins de **10 km** de leur domicile.
Plus de la moitié des véhicules est utilisée pour effectuer le trajet domicile-travail

→ Distance moyenne domicile-travail = **25,9 km**

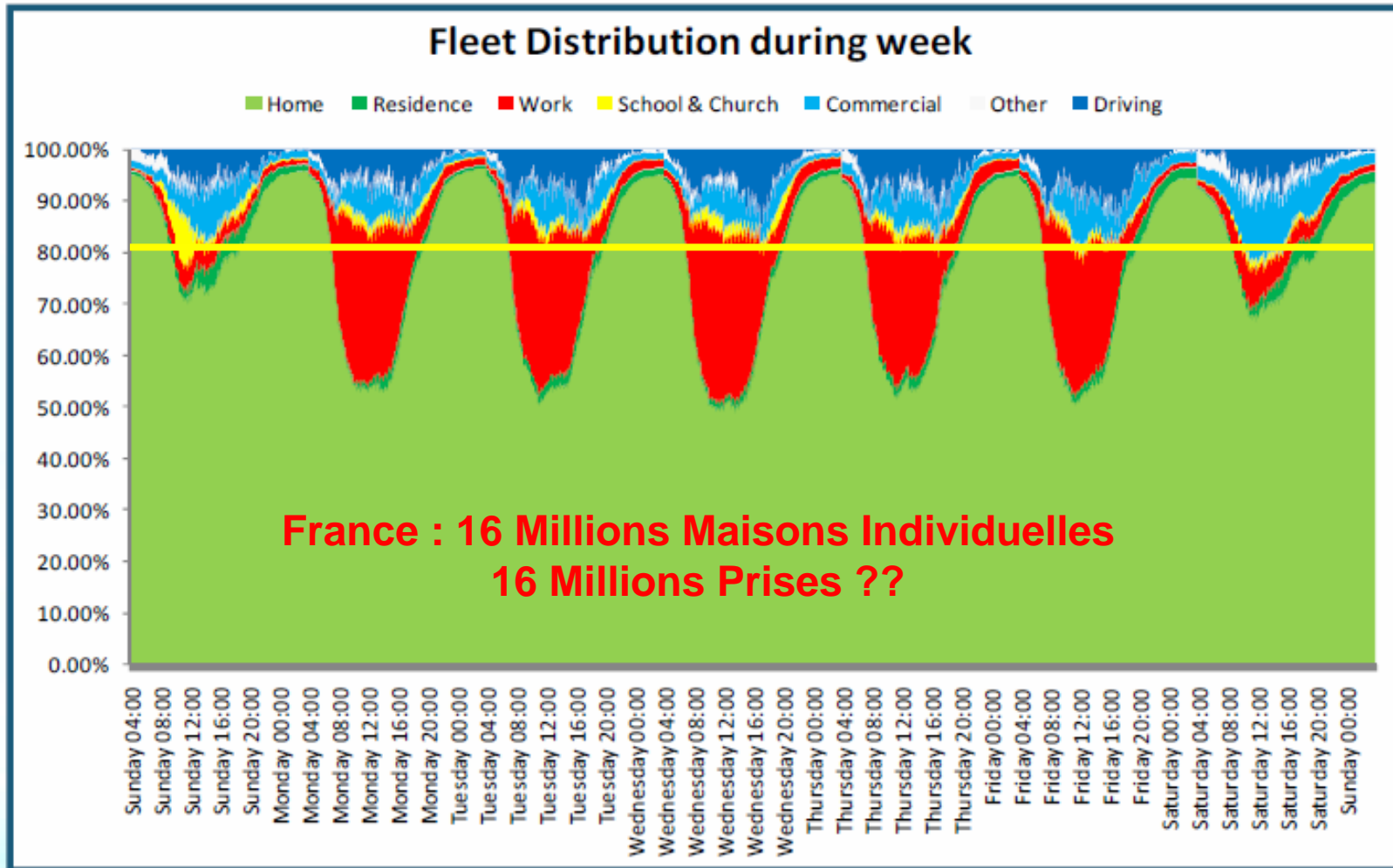
→ Distance médiane domicile-travail = **7,9 km**

87 % des personnes font moins de **60 km/jour** en voiture

Les voitures ne sont utilisées que 5 % du temps,
... reste donc 95 % du temps pour les recharger,
... le temps de recharge est-il un problème ?



Où sont les véhicules ?



Source of Data - 2001 National Household Travel Survey ; GM Data Analysis (Tate/Savagian) - SAE paper 2009-01-1311

UK : Londres/Camden :

Utilisateurs : familles multi motorisées, aux revenus supérieurs à la moyenne, parking privé chaque déplacement journalier domicile-travail en VE.

Bornes de Recharge : principalement sur le lieu travail et à leur domicile.

les bornes en voirie restent en bon état mais sont très peu utilisées.

celles installées dans les parkings = une place de stationnement (sans recharge).

Les bornes publiques ne répondent pas véritablement aux contraintes technologiques, ni à la demande actuelle. (Rapport du Cabinet « Element Energy »)

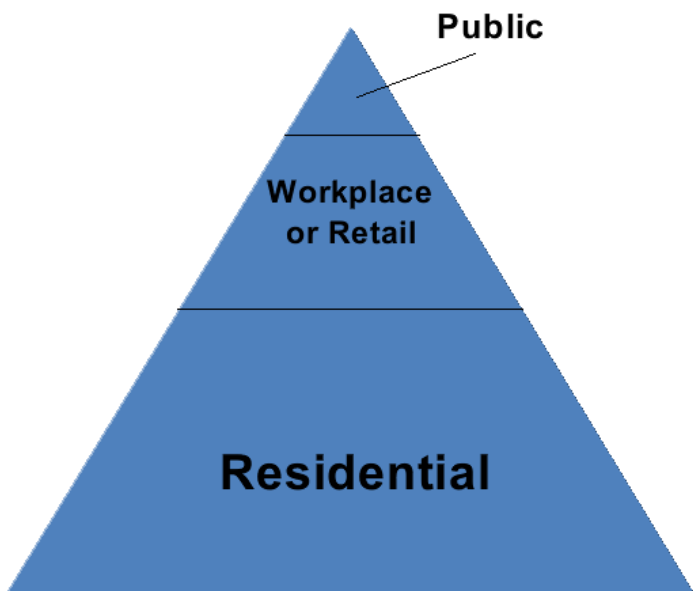
Paradoxalement, cette analyse est à tempérer par le fait qu'un réseau dense de bornes publiques serait considéré par les londoniens comme un signe de confiance de la part des pouvoirs publics et un moyen de réassurance non négligeable contre le risque de panne sur la voirie.

US :

95% des utilisateurs préfèrent la recharge "à la maison" (Rapport EPRI)

Favoriser l'installation de prises « à la maison » semble être un investissement plus efficace pour faciliter le développement des VE que l'installation d'infrastructures publiques (Rapport PlaNYC)

Quelles infrastructures de recharges ?

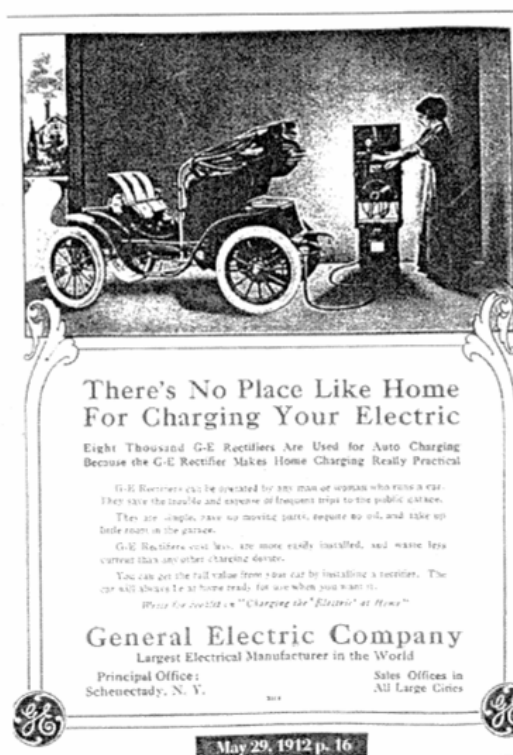


2009

EPRI | ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

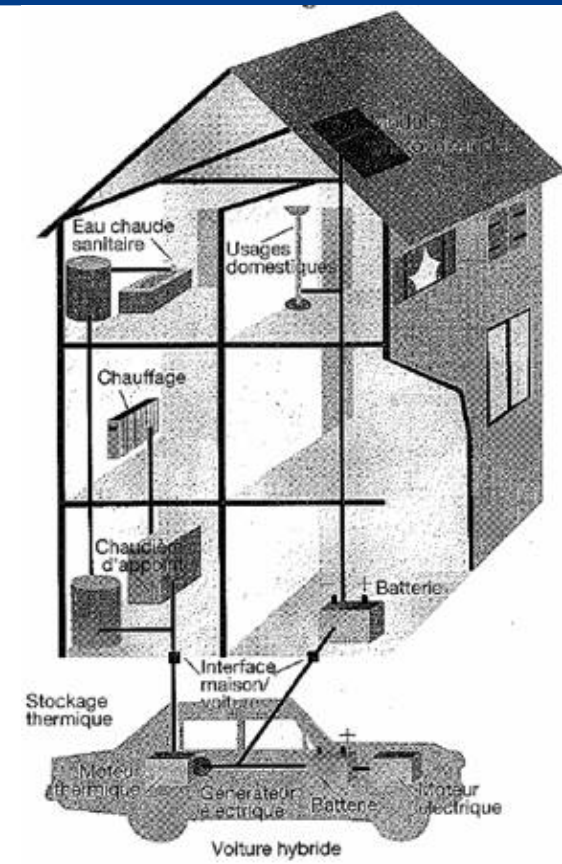
Source : EPRI - Mark Duvall

Recharges en Heures Creuses



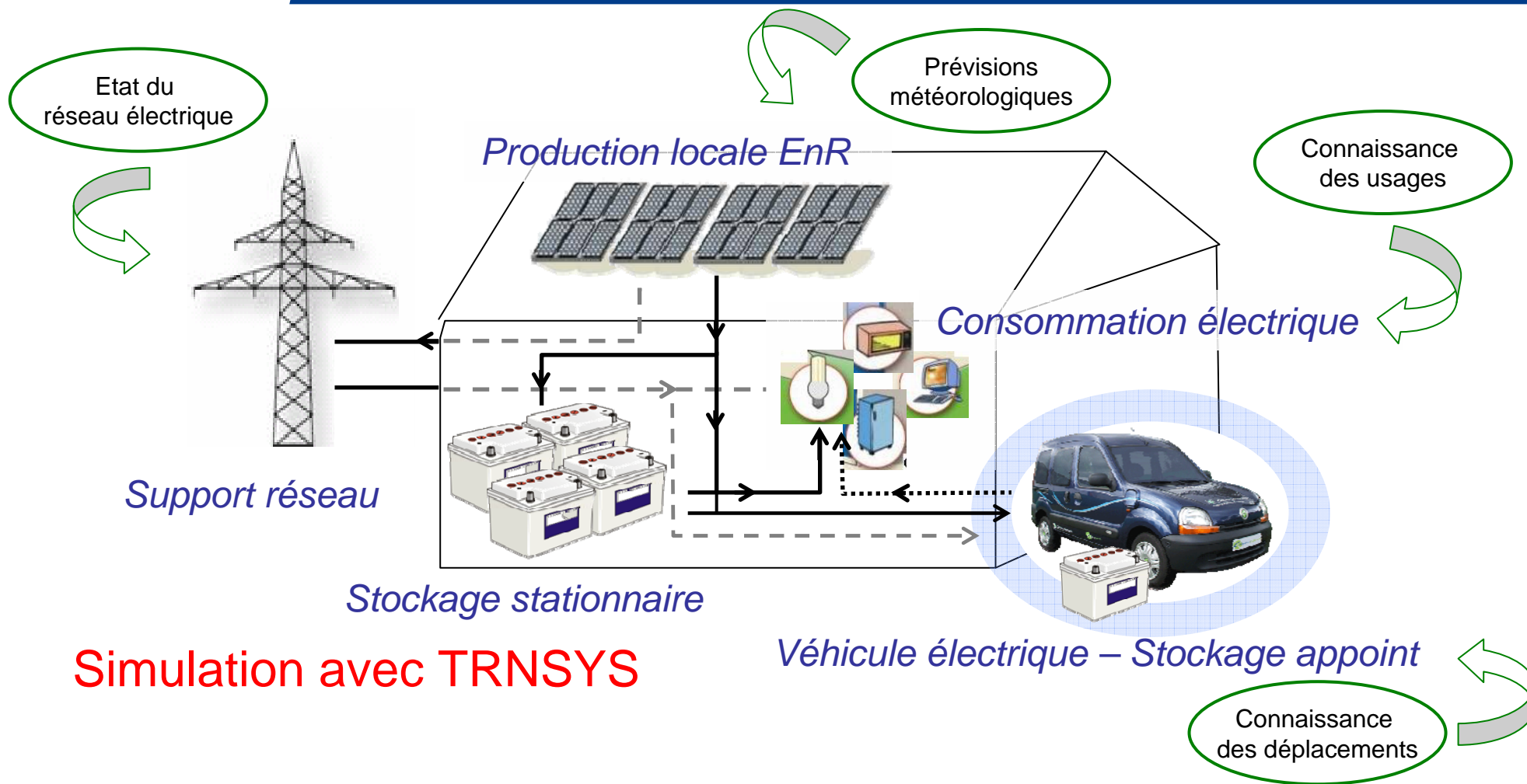
1912

Source : Hermes

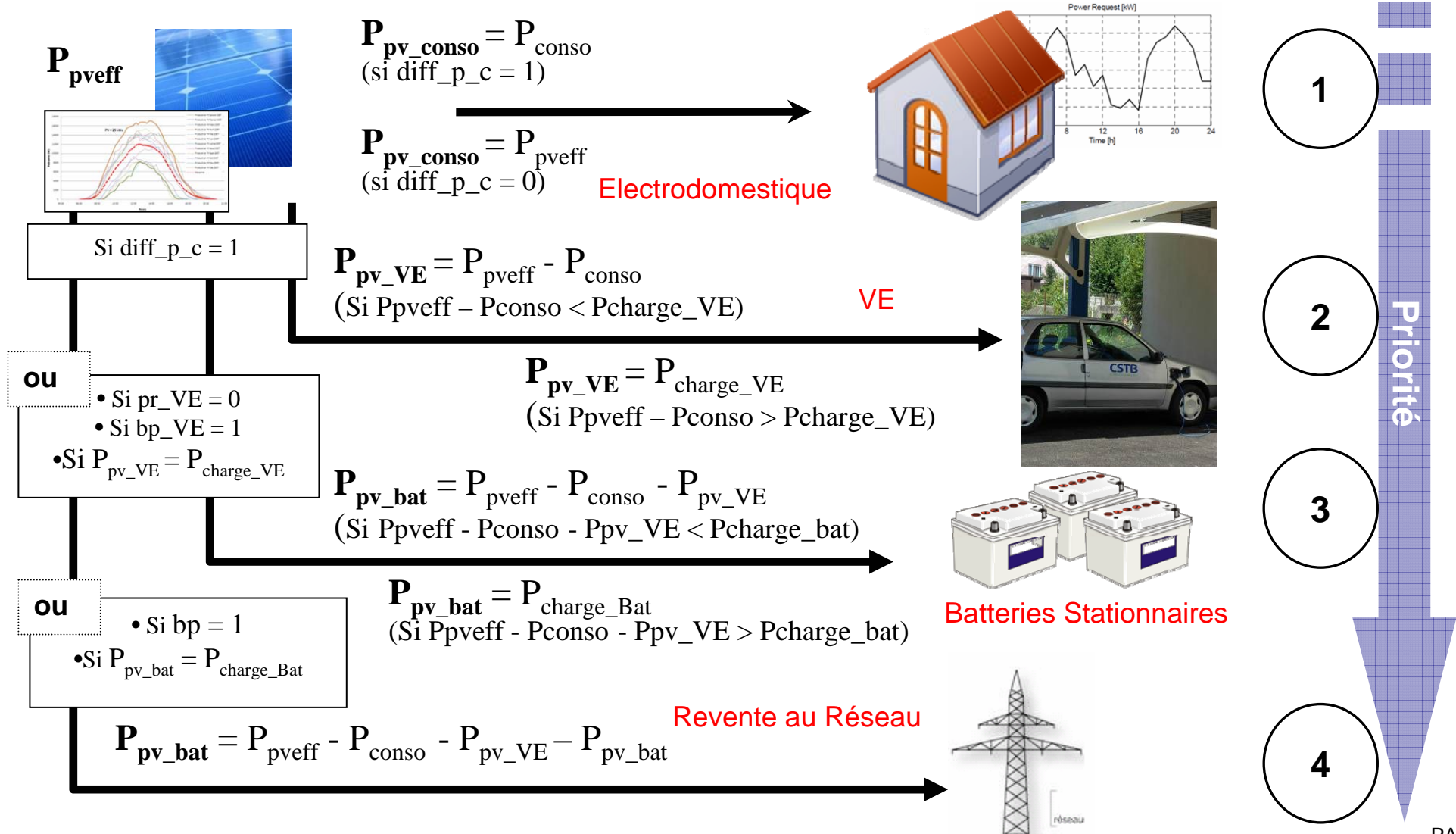


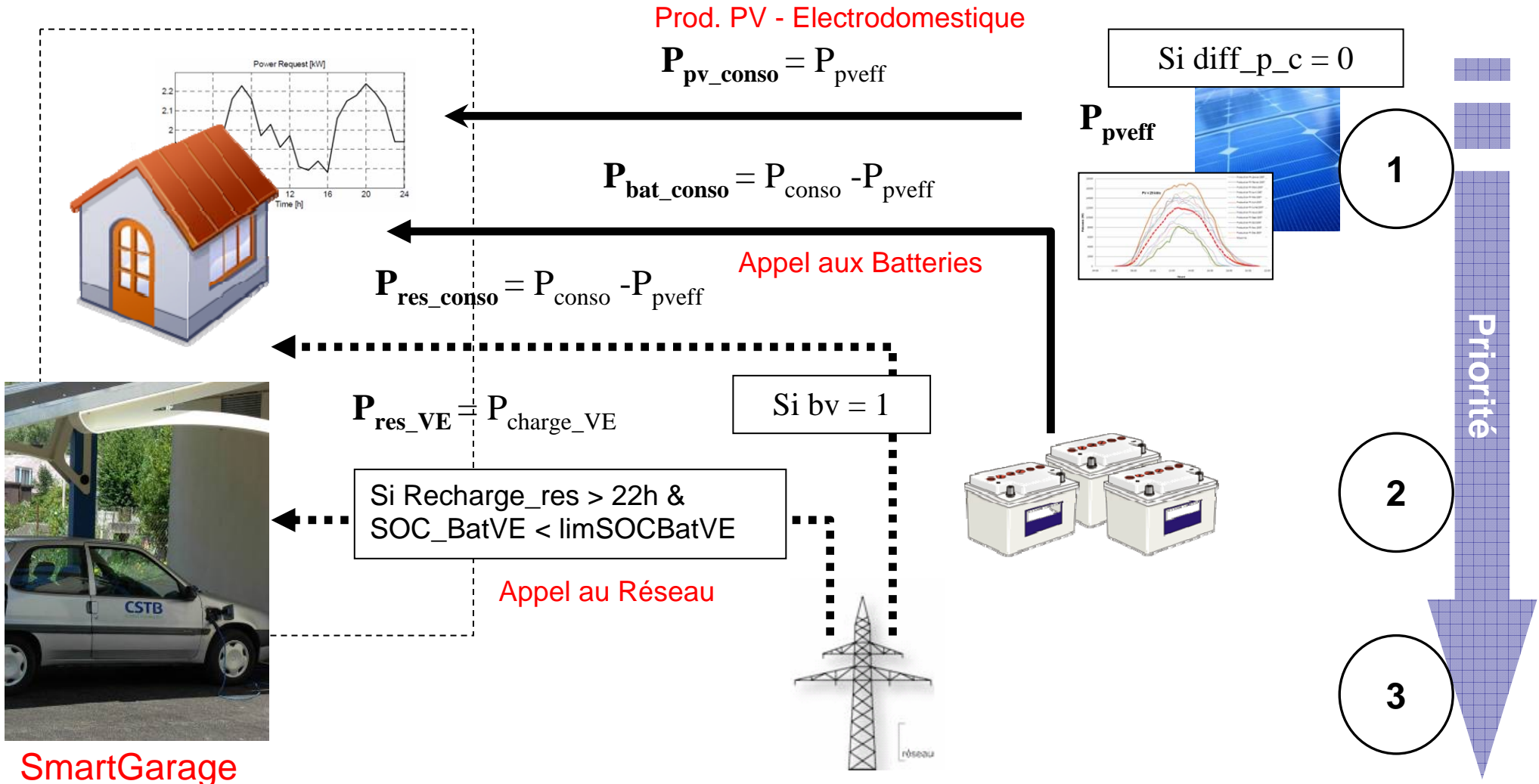
1996

La voiture comme cogénérateur mobile
La voiture, comme système de chauffage
CSTB Magazine n°98, oct. 1996



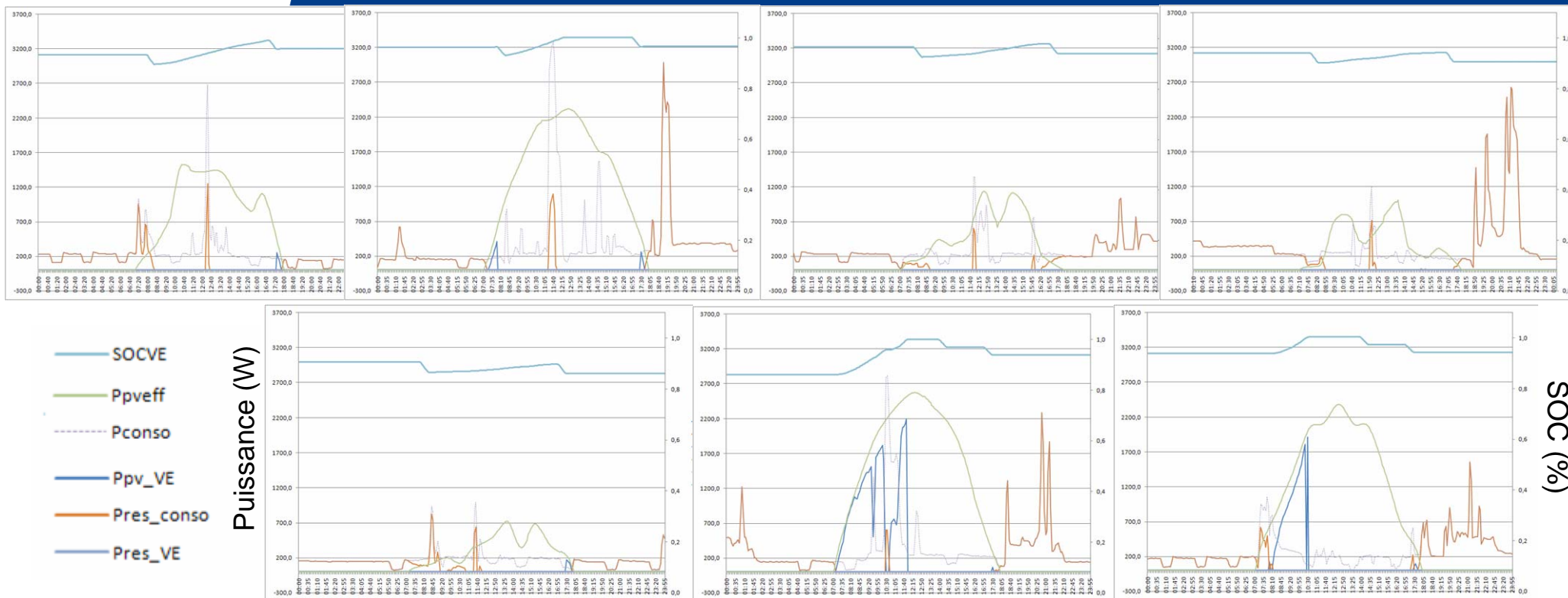
Simulation avec TRNSYS





Exemple de résultats sur une semaine

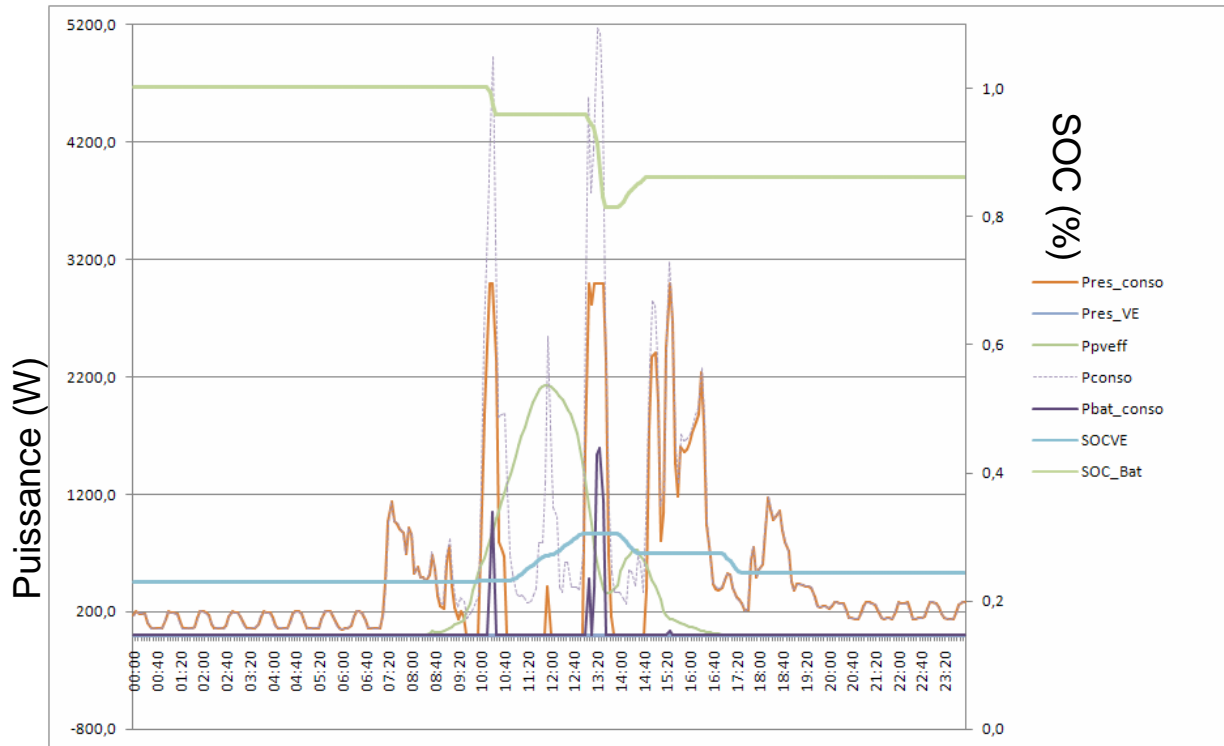
Scenario 7 (distance médiane-7km) – fin août



- SOC du VE dans une plage élevée de valeurs (hors mois d'hiver)
- VE rechargé à partir de la production PV à hauteur de 95%!
(65% PV travail – 30% PV domicile – 5% réseau)

Utilisation du VE (*Banque Mobile d'Énergie*) pour écrêter les pics de consommation?

- Application Stockage : 3 kWh
- Utilisation des batteries lorsque demande réseau > 3 kW



Tarifs EDF: Tarif Bleu, base

| puissance souscrite (kVA) | réglage disjoncteur (A) | abonnement annuel TTC (euros) | prix du kWh TTC (euros) |
|---------------------------|-------------------------|-------------------------------|-------------------------|
| 3 | 15 | 66,82 | 0,1078 |
| 6 | 30 | 77,08 | 0,1081 |
| 9 | 45 | 96,78 | 0,1125 |
| 12 | 60 | 168,13 | 0,1125 |
| 15 | 75 | 204,76 | 0,1125 |
| 18 | 90 | 241,40 | 0,1125 |
| 24 | 40 | 412,66 | 0,1125 |
| 30 | 50 | 560,19 | 0,1125 |
| 36 | 60 | 707,71 | 0,1125 |

Résultats

- Sur l'année, 1 seul dépassement du seuil (15 minutes)
- Batteries pleines 91 % du temps
- Transit d'énergie dans batteries: 12.6 kWh (= 4.2 cycles charge/décharge)

L'exploitation « intelligente » du VE pourrait permettre d'effacer les pics et de réduire le nombre de centrale !!!

The **Federal Energy Regulatory Commission (FERC)** today released a national assessment of demand response that estimates the potential for demand response, both nationally and for each state, through 2019.

The assessment, *A National Assessment of Demand Response Potential*, finds **the potential for peak electricity demand reductions** across the country is between 38 gigawatts (GW) and 188 GW, up to 20 percent of national peak demand, depending on how extensively demand response is applied.

This can reduce the need to operate hundreds of power plants during peak times.

150/200 Wh/km

80% < 60km

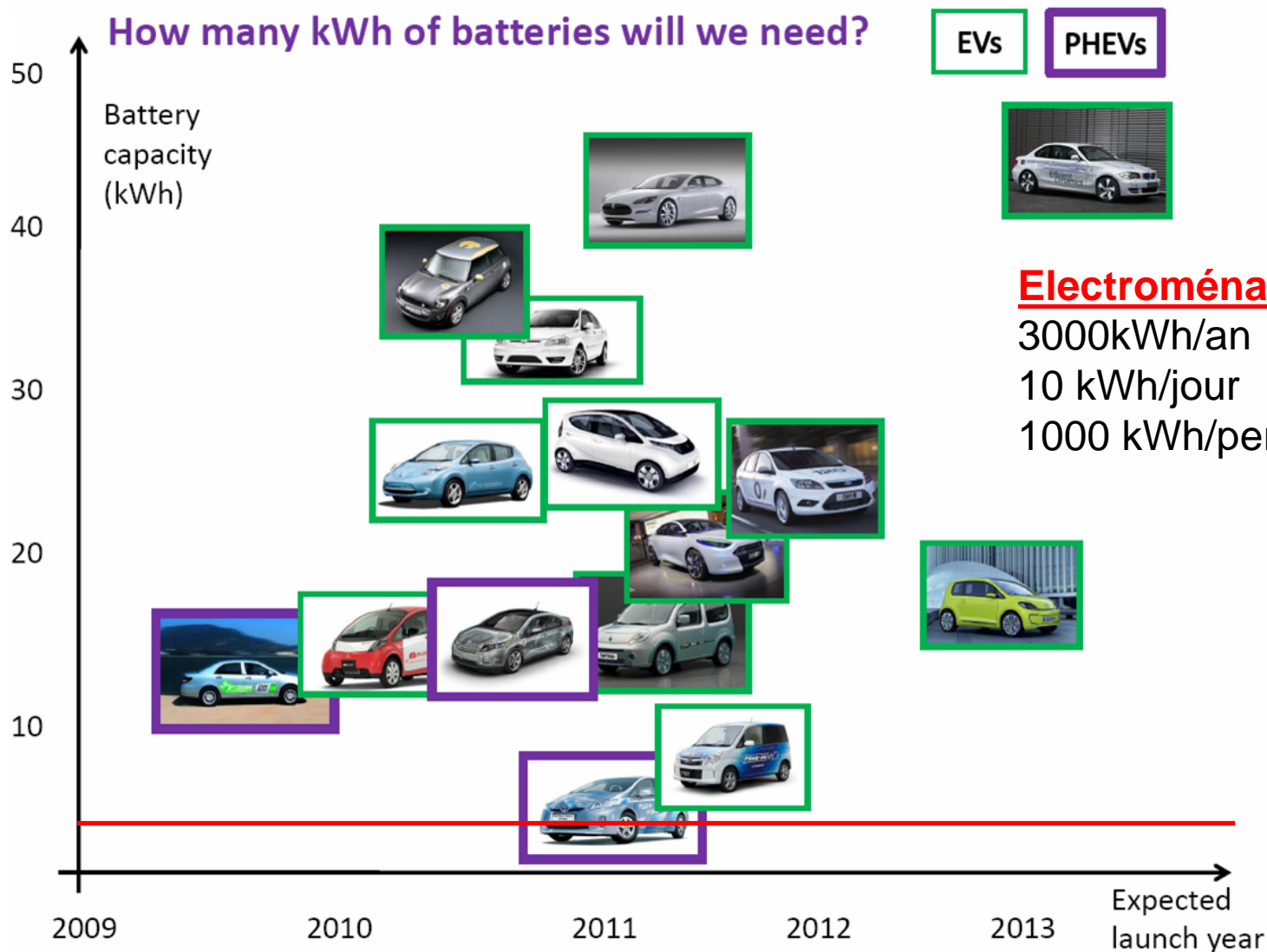
200 km

100 km

Ecrêtage

3 kWh/jour

How many kWh of batteries will we need?



Projet Démonstrateur Smart Grid - Village Rokkasho - Japon

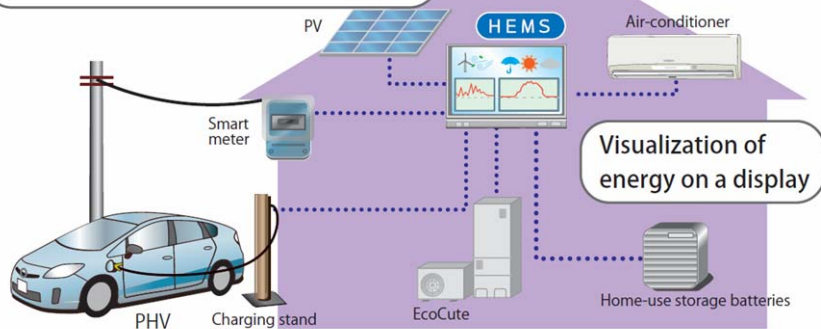


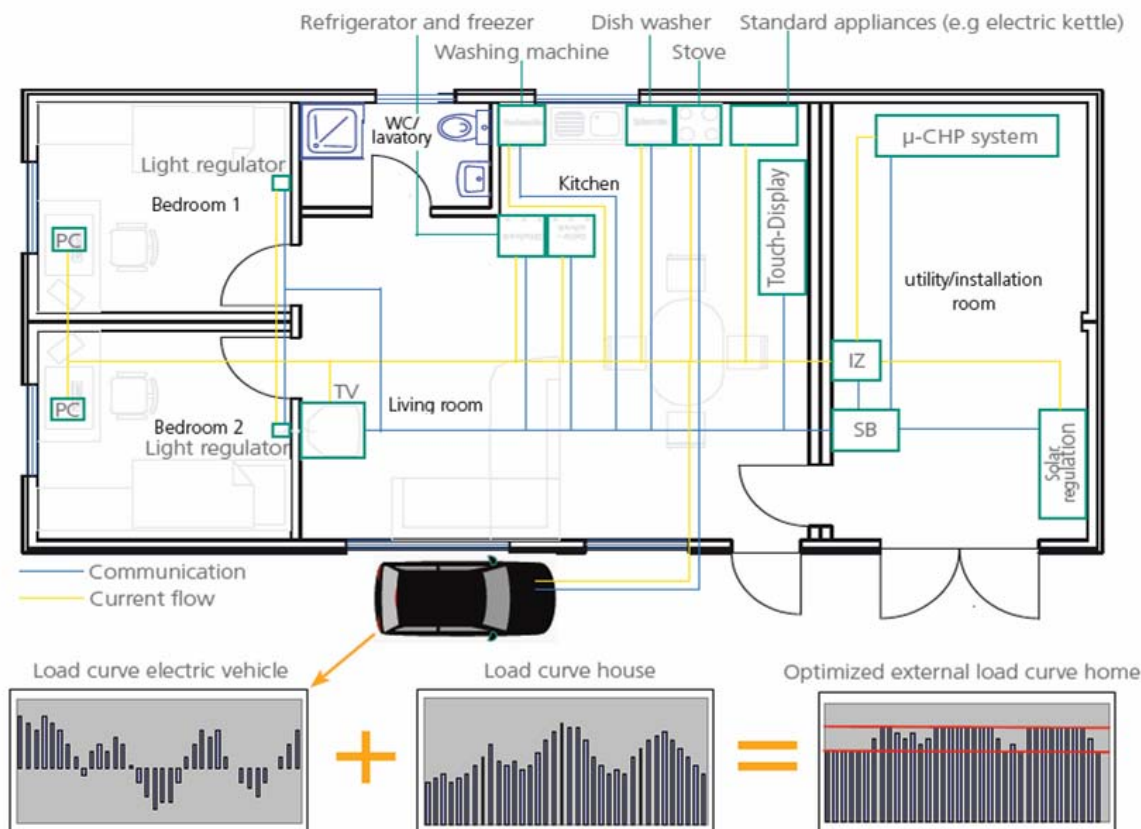
« L'intégration totale entre résidence et voiture est enfin arrivée »

Senta Morioka, PDG de Toyota Home
Décembre 2010

Smart House

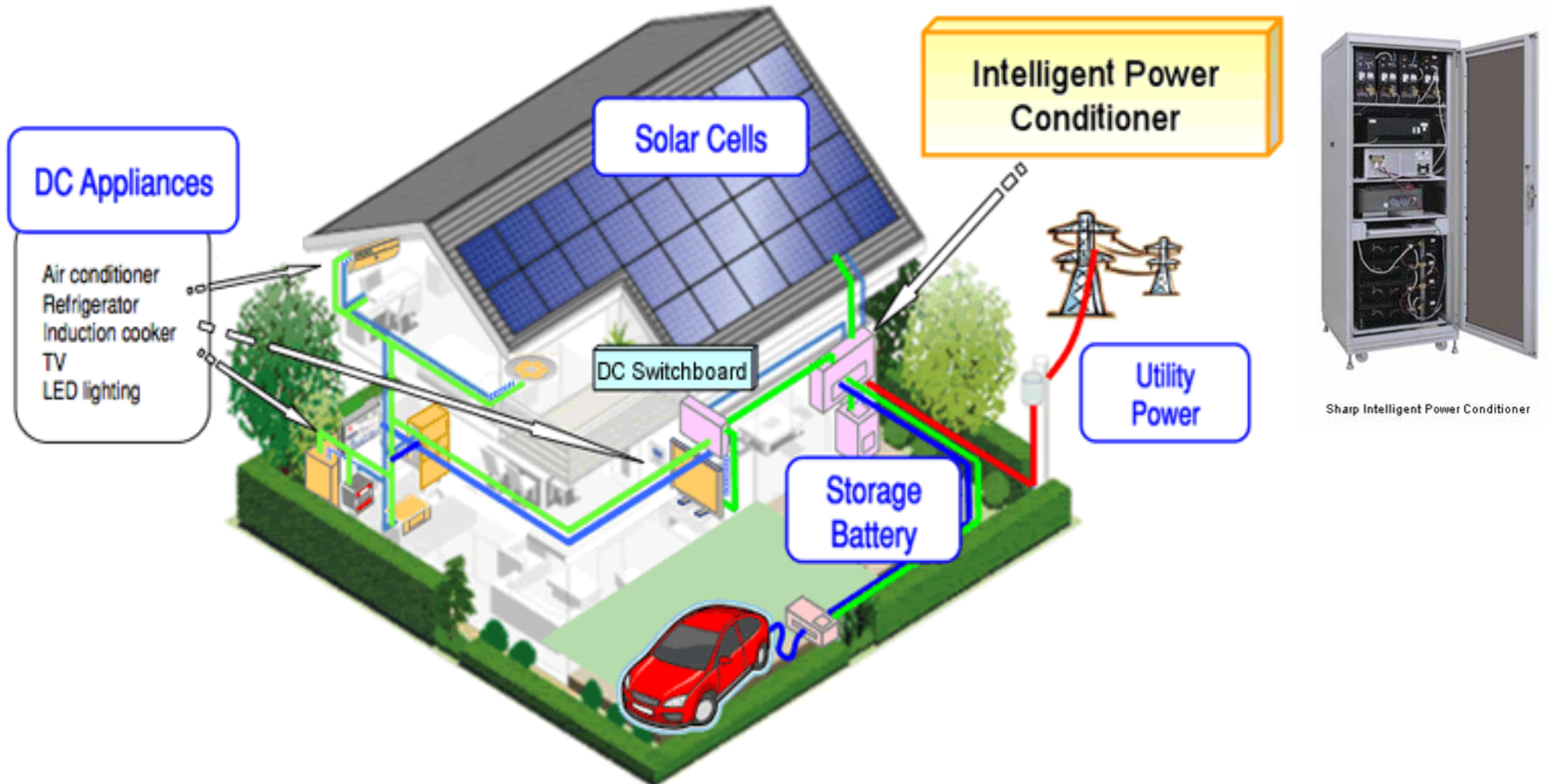
Control energy generation and storage on the demand side via HEMS





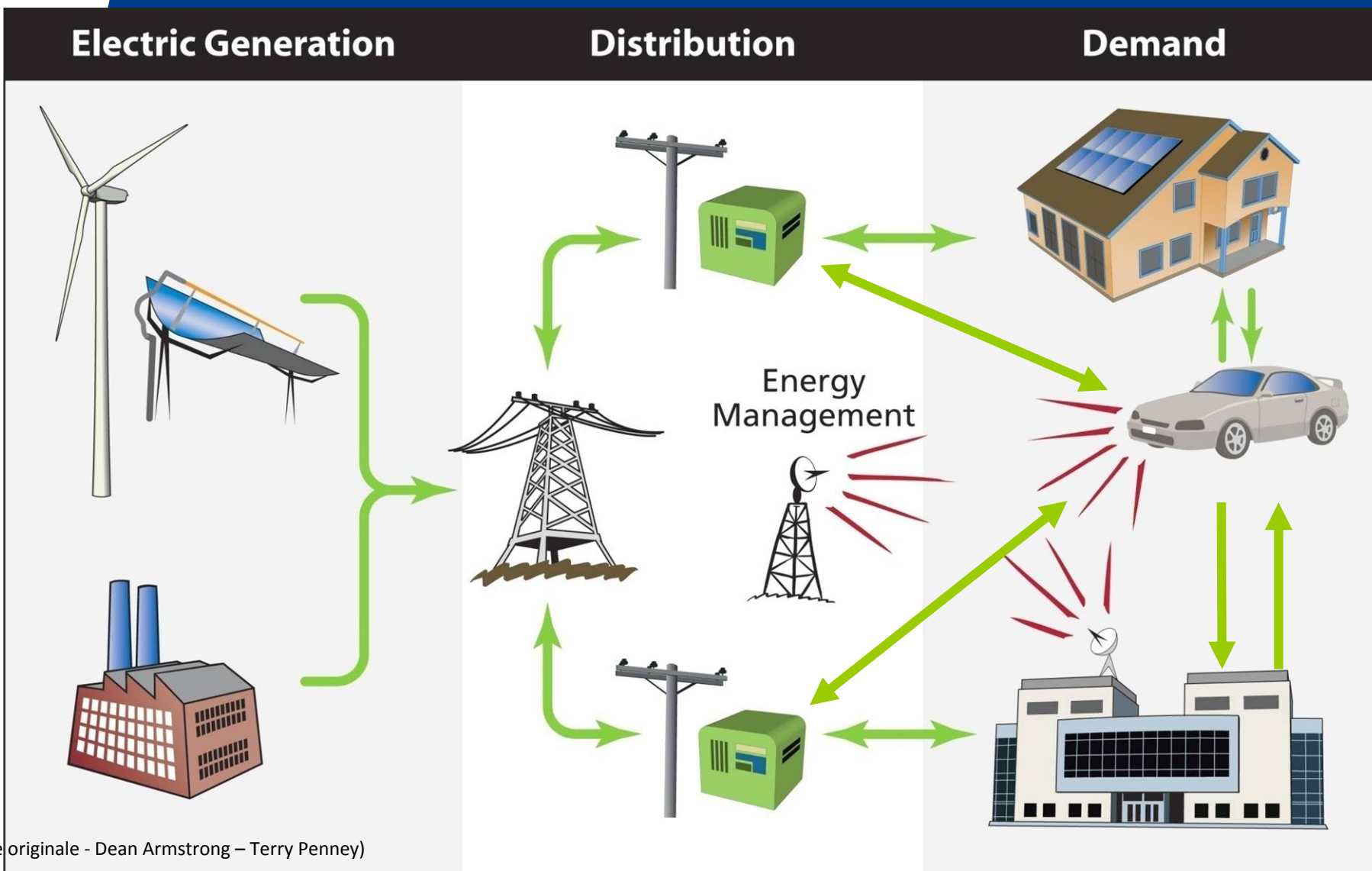
Projet SHARP - ECOHOUSE

Sharp Develops Intelligent Power Conditioner that Enables Electric Vehicle Batteries to Be Used as Storage Batteries for Home Power



Sharp's Eco House and Intelligent Power Conditioner System Configuration

Nouveau Paradigme Echelle du Quartier / Ville / Territoire BEPOS / Micro-Réseaux



PERFORMANCE

- Consommation
- Potentialité de Production
- Stockage/Mutualisation

LOCALISATION

- Distances
- Travail
- Ecole
- Commerces
- Loisirs

NUISANCES

- Carte Bruit
- Pollution

...



Coordonnées en projection : RGF93CC45 X=1926376.54 ; Y=4235395.66

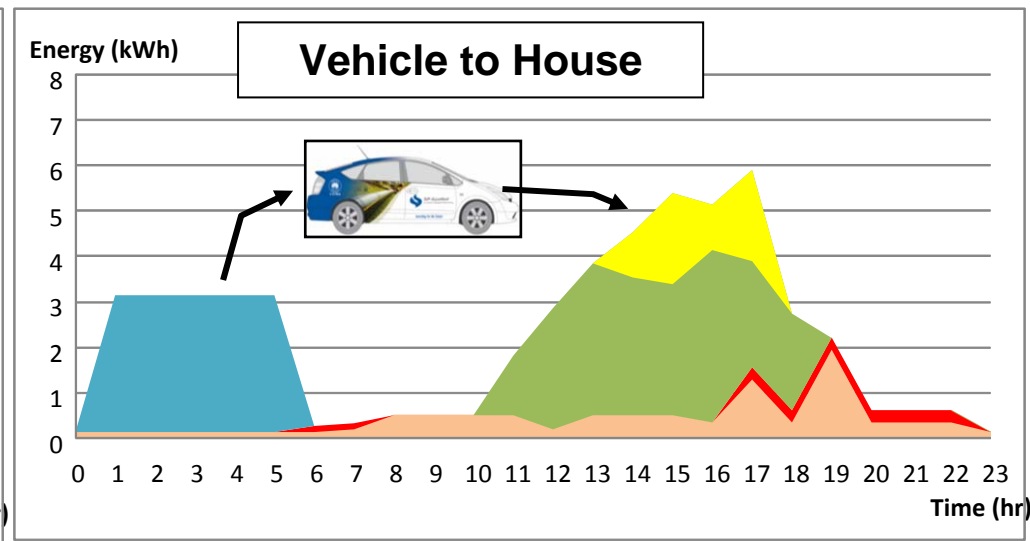
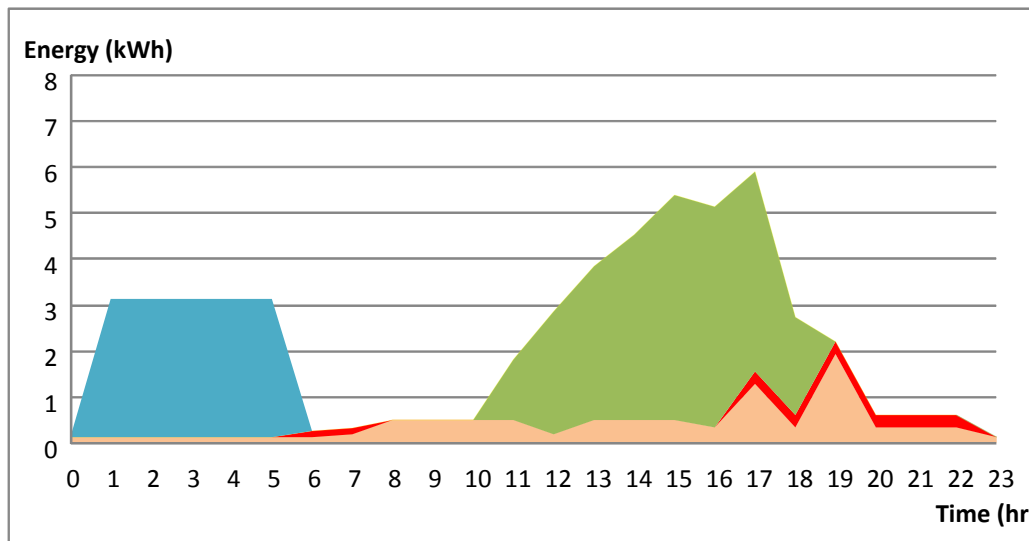
Mesurer > Surfaces

Résultat de la mesure **79.81 mètres carrés (donnée indicative)**

Cet outil vous permet de mesurer une surface.
Veuillez sélectionner avec votre souris tous les sommets de la surface à mesurer et terminer par la touche Entrée ou par un double-clic. > Annuler le dernier sommet (touche Retour)
> Annuler l'opération (touche Echap)
Les mesures obtenues n'ont qu'une valeur indicative et ne sont pas opposables.

Cadastre « Synergétique »

Utilisation du VE ... pour écrêter les pics de consommation?



50km Driving

Appliances Lighting Cooling EV Charge EV Discharge

L'exploitation « astucieuse » du VE pourrait permettre d'effacer les pics et de réduire le nombre de centrales ?

Problèmes

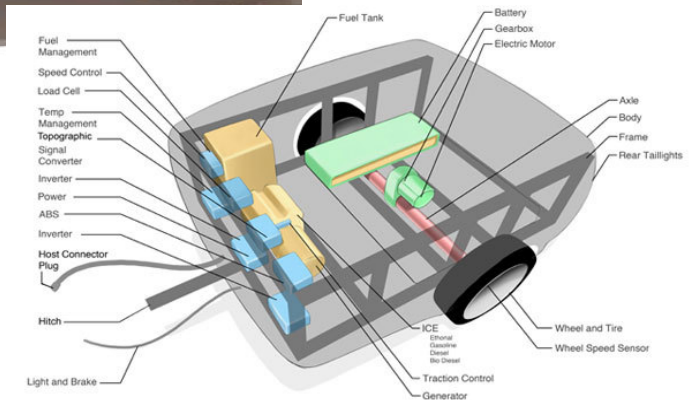
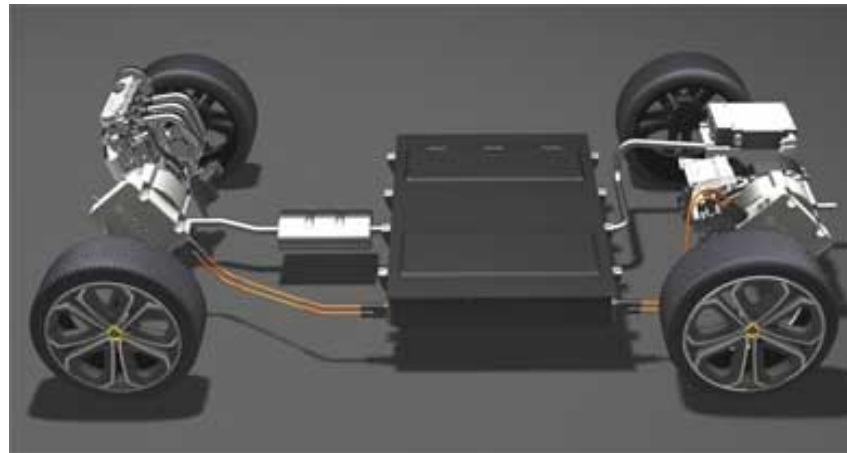
- Connexion bidirectionnelle
- « Cyclage » des batteries
- Durée de vie



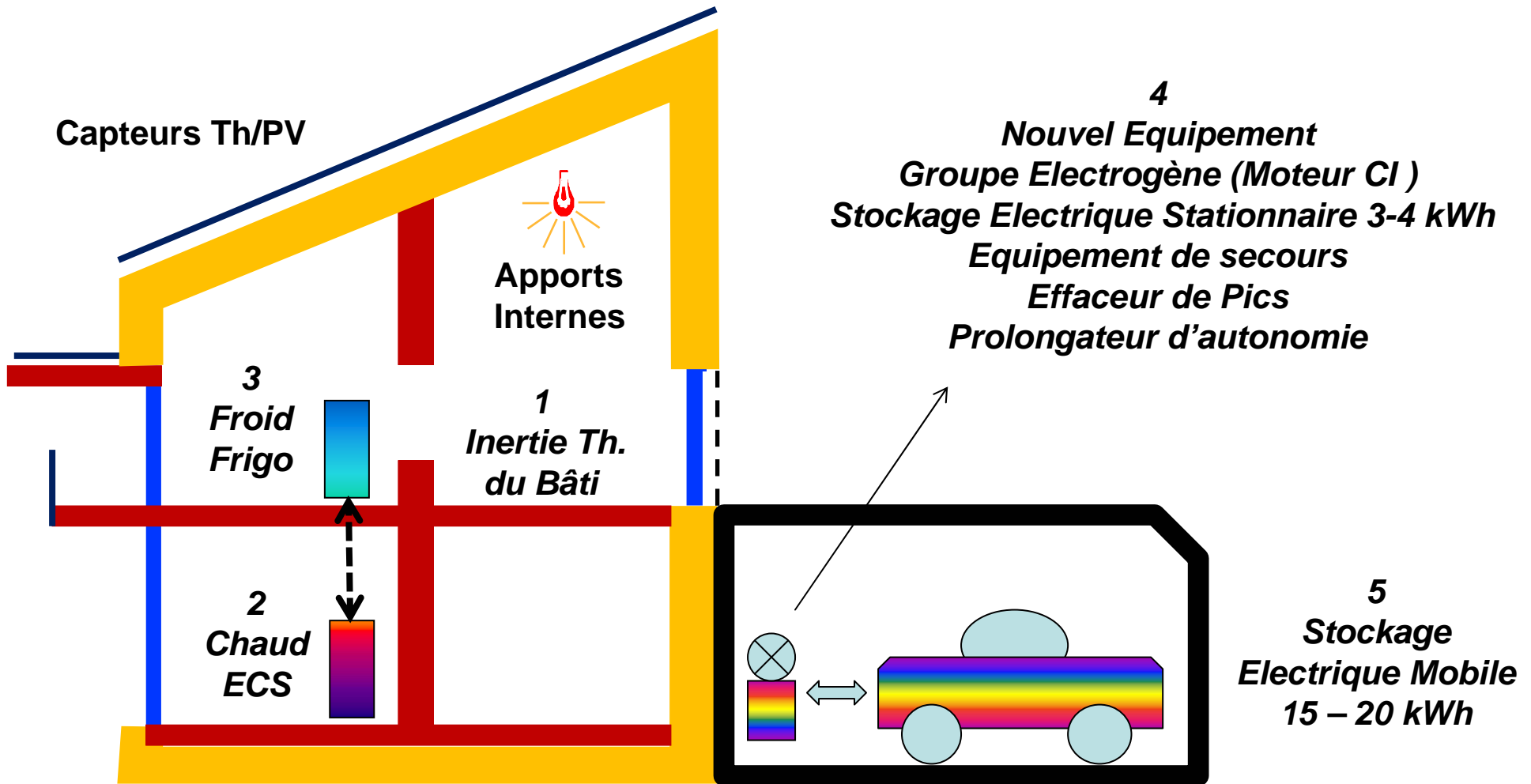


D : Technologie de la 3008 HYbrid4

- 1 - Moteur électrique entraînant les roues arrière
 - 2 - Pack batterie haute tension
 - 3 - Superviseur chaîne de transmission hybride (PTMU - Power Train Management Unit) & électronique de puissance (onduleur et convertisseur)
 - 4 - STOP & START forte puissance
 - 5 - Boîte de vitesses mécanique pilotée à 6 rapports (BMP6)
 - 6 - Moteur thermique 2.0 l HDi FAP entraînant les roues avant
 - 7 - Train arrière multibras spécifique
 - 8 - Train avant Pseudo Mc Pherson
- : Flux électrique



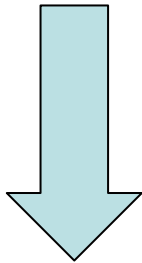
Prolongateur d'Autonomie Effaceur de Pics



Conclusion

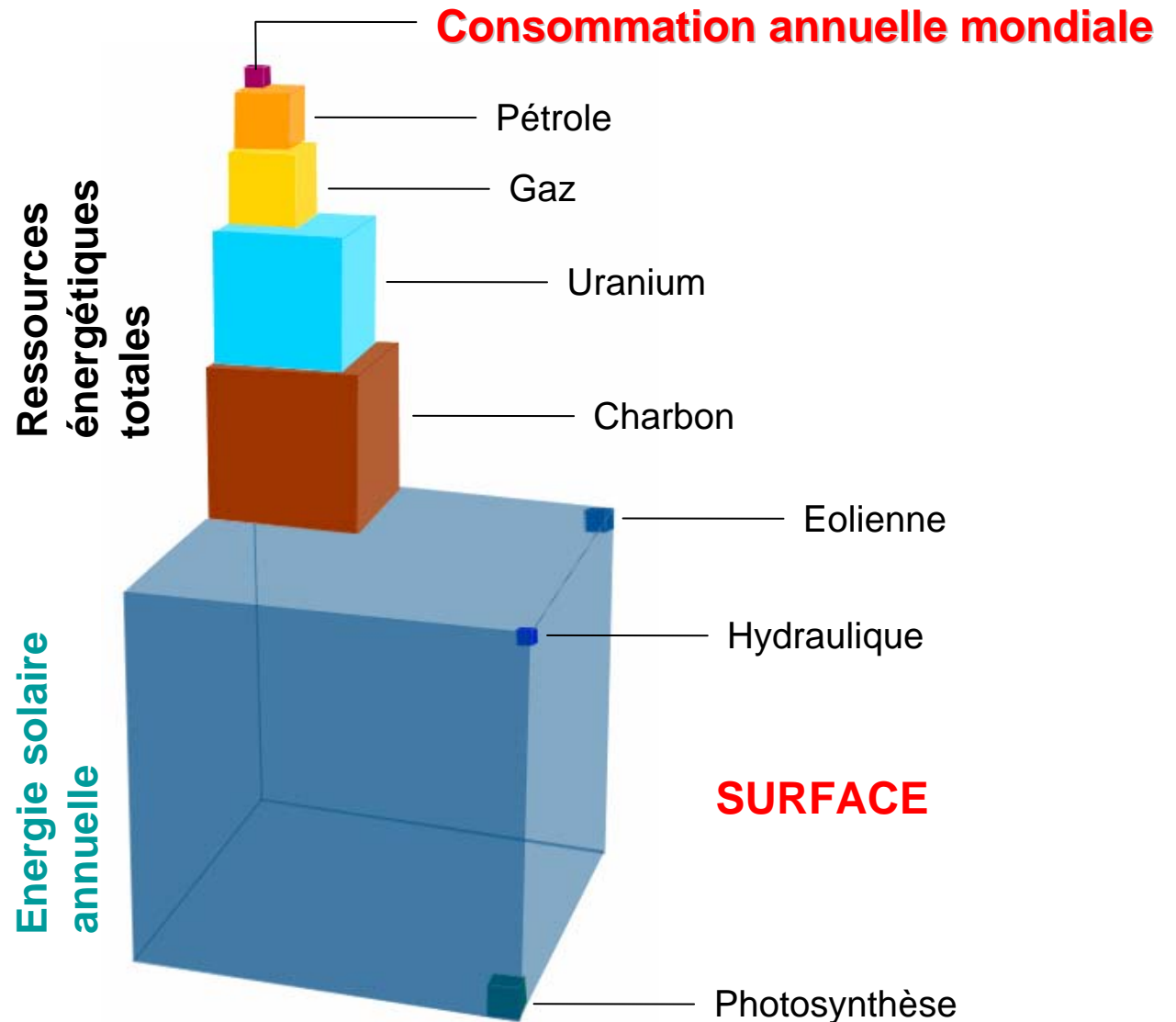
Passage des Energies de stocks à des Energies de flux

Energies de stocks
Disponibles ... mais qui s'épuisent
(Centrales/Chaudières/MCI ...)



Energies de flux
dispersés & intermittents

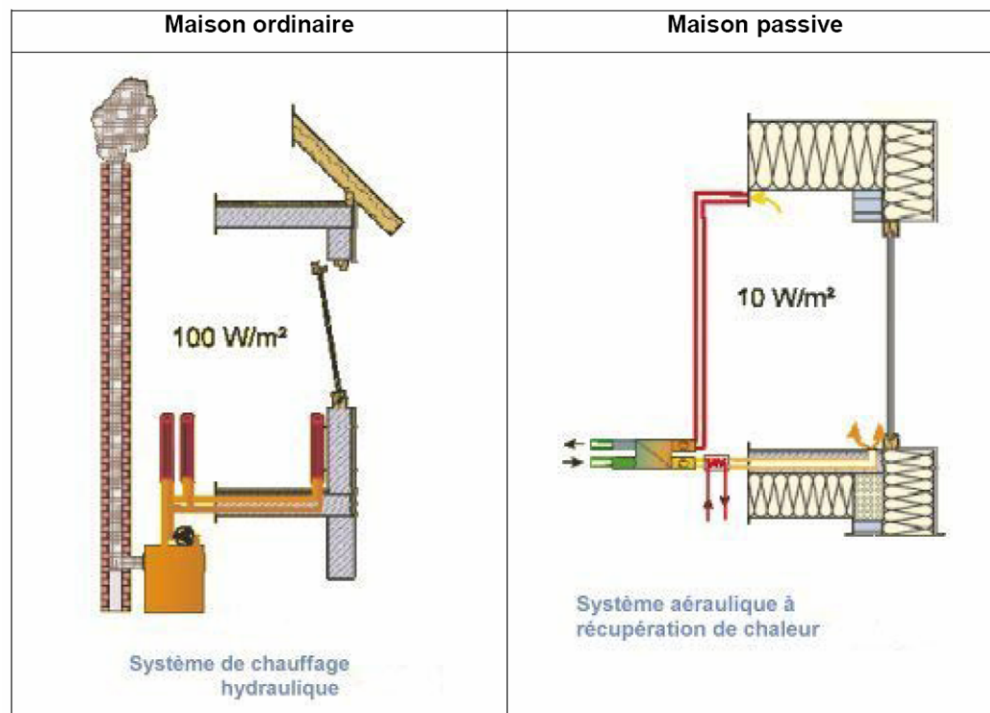
Convertisseurs/Stockage



Limiter le recours à la combustion ... favoriser la transformation ?

Emissions
GES
Polluants
Particules
...

Epuisement des
Ressources



Production d'un m³ de mousse de polyuréthane rigide pour isoler,
70 litres de pétrole brut.

En l'espace de 50 ans, ce m³ permettra d'économiser près de
5.500 litres de fuel.

Dans le même temps, ce sont **19.000 kg de CO₂** et autres substances avec impact sur le climat, qui ne seront pas rejetés dans l'atmosphère.

Les leviers :

- Réduire les consommations (logement/déplacement)
- Augmenter les productions locales
- Gérer les intermittences (stockage)
- Développer la mutualisation / les échanges

Trouver la bonne échelle :

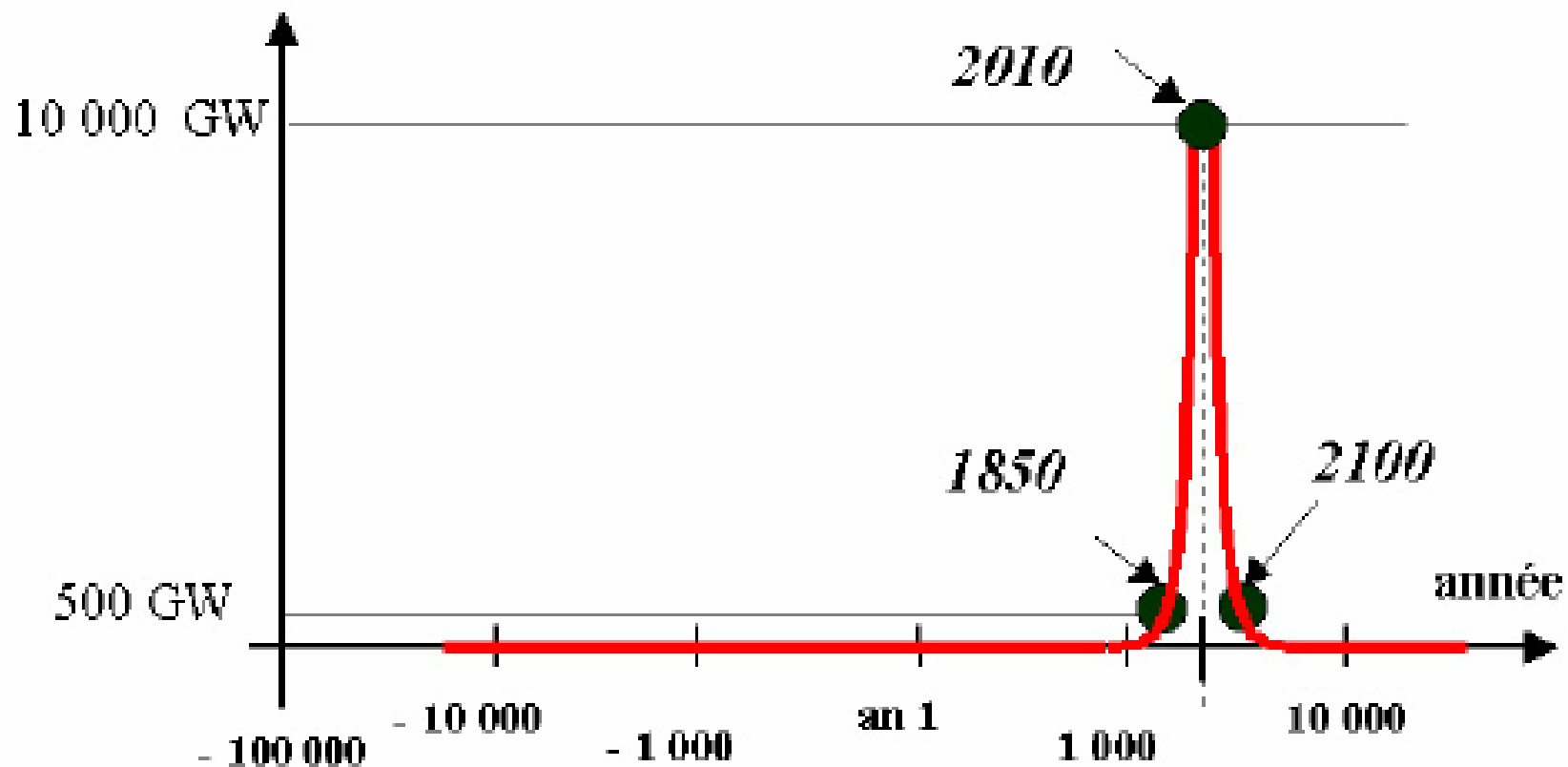
équipements/bâtiments/quartiers/ville/territoire

Approche Système / Holistique

Approche Intégrée : de la conception à l'utilisateur (confort) ...

MERCI pour votre attention

Courbe de la puissance mondiale de combustion des carburants fossiles



Source : Revue 3EI n°36 mars 2004

**SITUATION ÉNERGÉTIQUE MONDIALE À L'AUBE DU 3^{ème} MILLÉNAIRE.
PERSPECTIVES OFFERTES PAR LES RESSOURCES RENOUVELABLES.**

Bernard MULTON, Gael ROBIN, Marie RUELLAN, Hamid BEN AHMED

Antenne de Bretagne de l'École Normale Supérieure de Cachan – SATIE (UMR CNRS 8029) - Campus de Ker Lann - 35170 BRUZ

SOURCE : « métaphore de l'allumette »,

P. CREOLA, « Space and the Fate of Humanity », Symp. Space of service to
Humanity, 5-7 feb. 96, Strasbourg., pp.3-14

