

Jérôme Adnot, Matthieu Orphelin et Philippe Rivière,
Ecole des Mines, à partir des résultats de divers
groupes de travail

" Développement de la climatisation en Europe et impacts sur le réseau électrique"

1-Etudes menées par Ademe et EDF sur une alternative à
la ligne Boute-Canos

Région, Départements, Ademe, EDF, RTE, Inestene

2-EERAC Energy Efficiency of Room Air Conditioners

3-EECCAC Energy Efficiency and Certification of Central
Air Conditioners

Financement et suivi DGTREN (UE)

EERAC Participants



- ⌘ Ecole des Mines de Paris, PW Consulting, Un. of Athens, INESTENE
- ⌘ CCE (Portugal), IDAE (Spain), ENEA (Italy), EVA (Austria), Ademe (France)
- ⌘ EdF (France), ENEL (Italy), CECED and Eurovent/Cecomaf, Eurovent / Certification
- ⌘ Coordinator : Jérôme ADNOT

EECCAC Participants



- ⌘ Armines, Un. of Athens Poltecnico di MILANO Inestene now “Energies Demain”
AICIA, U.Seville AQEEB-UCBucharest BRE
- ⌘ Eurovent Cecomaf and Certification ,
AICARR
- ⌘ IDAE CCE now ADENE EVA
- ⌘ EDF Electricité de France
- ⌘ Coordinator : Jérôme ADNOT

DEUX RAPPORTS DGTREN



- ⌘ DEFINITIONS AND BASIC DATA FOR CENTRAL AND SELF STANDING SYSTEMS
- ⌘ FIGURES FOR AIR-CONDITIONING IN EUROPE
- ⌘ TECHNICAL AND ECONOMIC EVALUATION OF THE ELEMENTARY EQUIPMENT USED
- ⌘ OPTIMISATION OF SYSTEMS INCLUDING PART LOAD AND SECONDARY SYSTEMS
- ⌘ EFFICIENCY RATING AT PART LOAD
- ⌘ ENERGY AND ENVIRONMENTAL BENEFITS: HIGHER EFFICIENCY SCENARIOS

Structure de l'exposé



- ⌘ Quelques chiffres
- ⌘ Un marché de produits sans aucun règlement
- ⌘ Un marché de conception, presque sans règlement
- ⌘ Problèmes induits sur le réseau électrique, principalement à venir

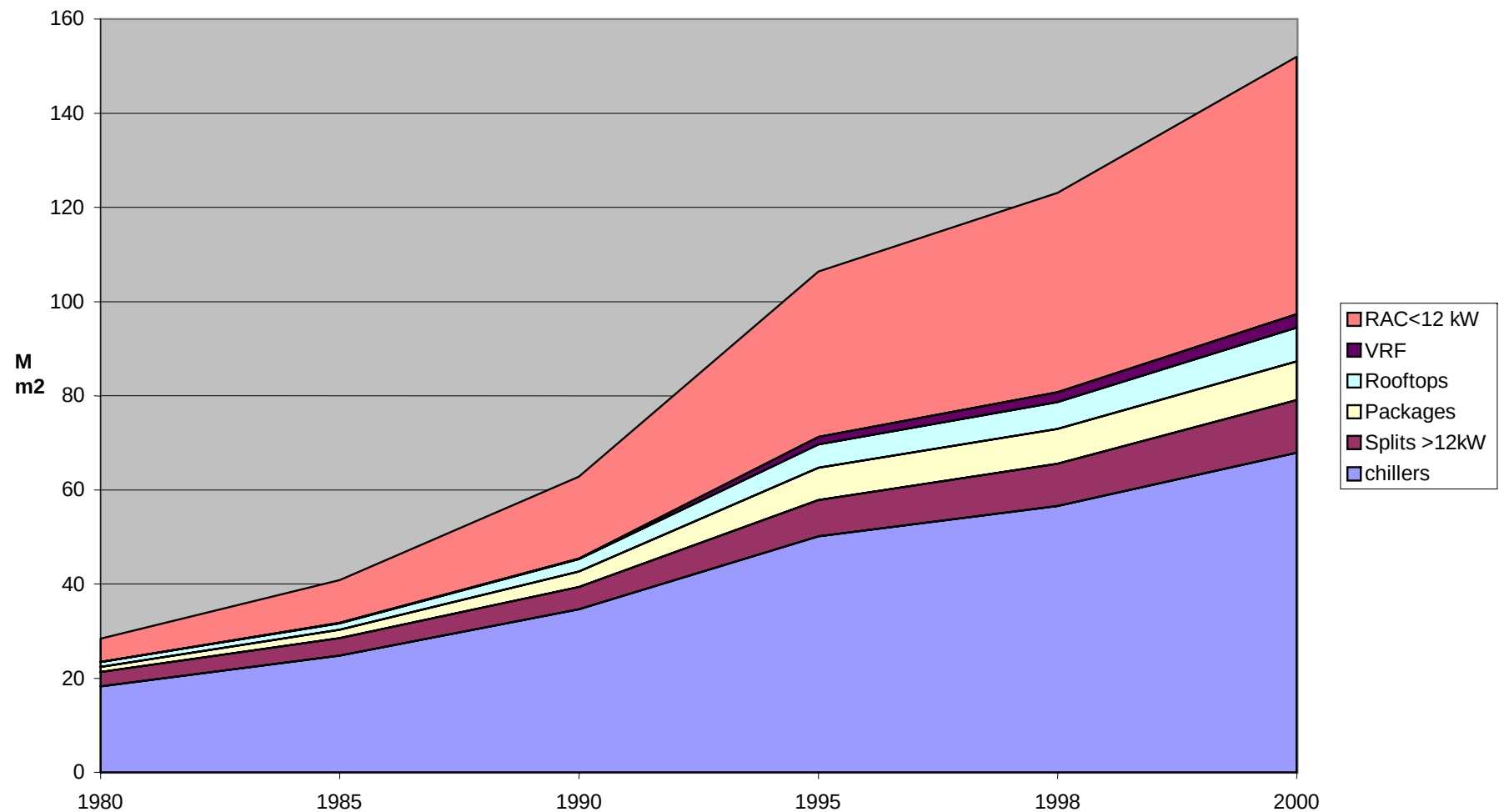


Quelques chiffres

Nota bene : on ne discute jamais ici
les raisons du choix clim/non clim; on
le constate et on le modélise

Le marché européen de la climatisation (EUR15, en m2)

Market shares on TOTAL A/C market

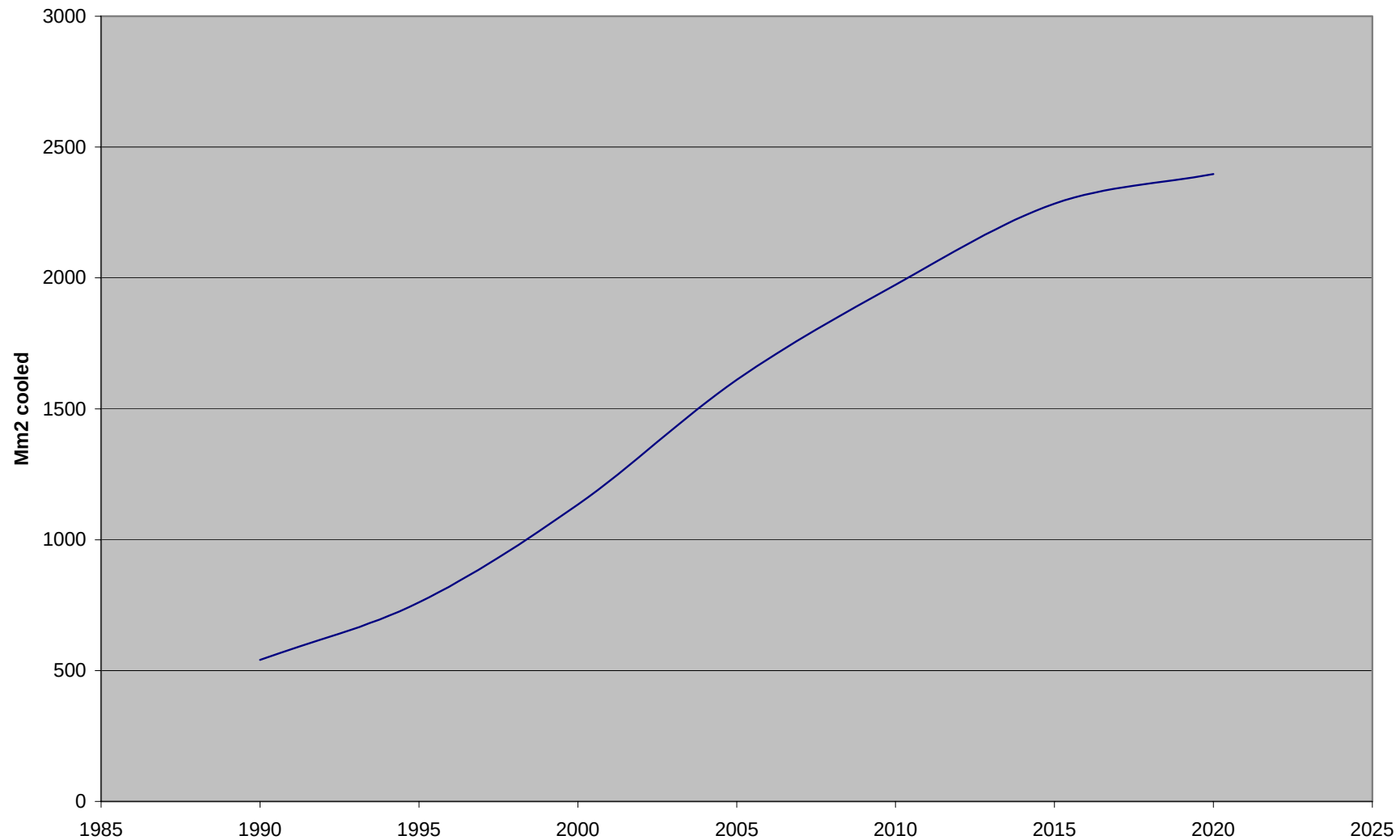


PROJECTIONS A 2010 ET 2020 (BAU)

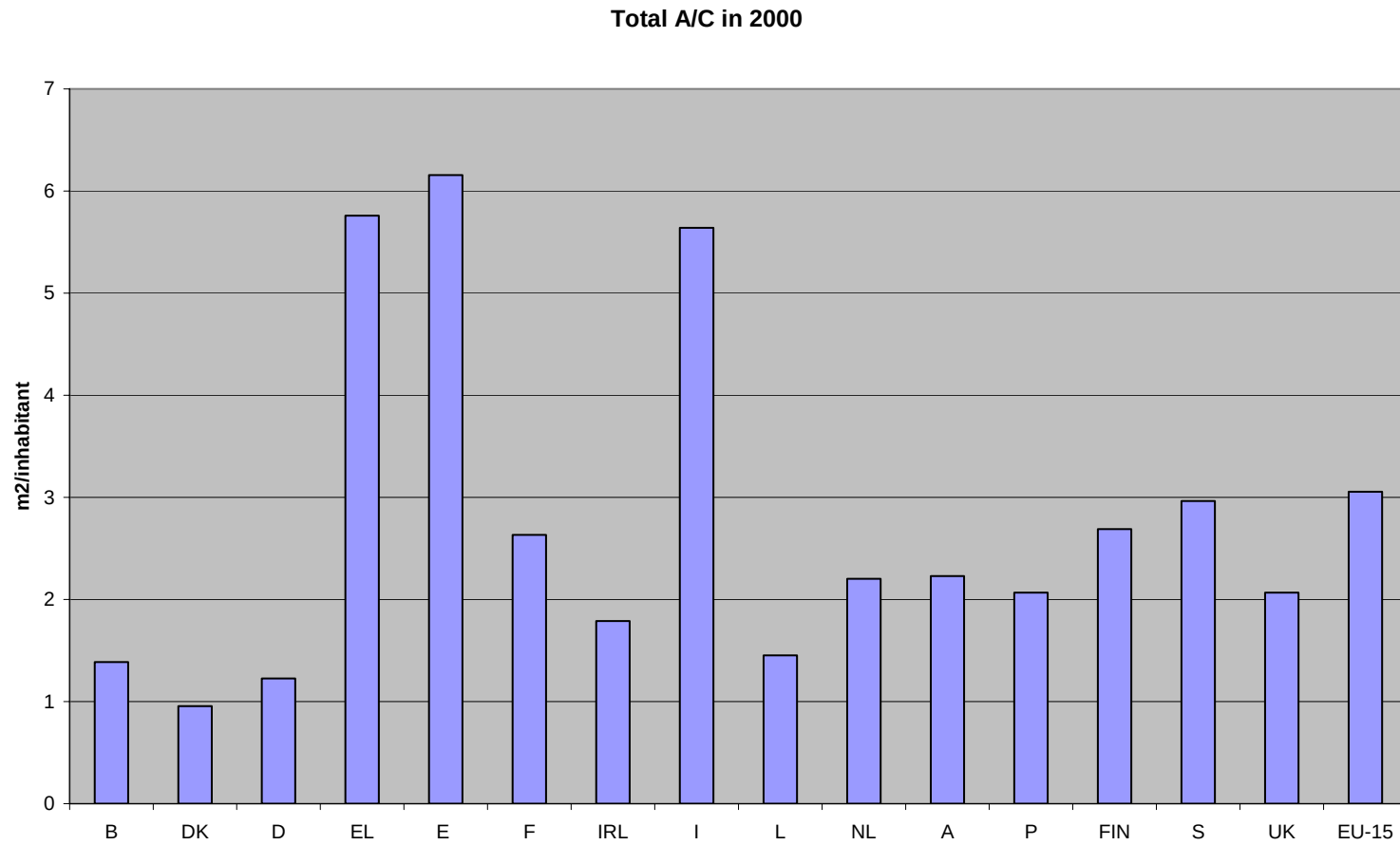


- ⌘ From markets to stock (regressive model)
- ⌘ from stock to consumption (DOE2 simulations and climatic extrapolation through CDD regression)
- ⌘ a different consumption (kWh/m²) for each country and each system
- ⌘ GWh, tCO₂, etc by country/year

Stock de climatiseurs dans l'UE - Statistiques et prédictions

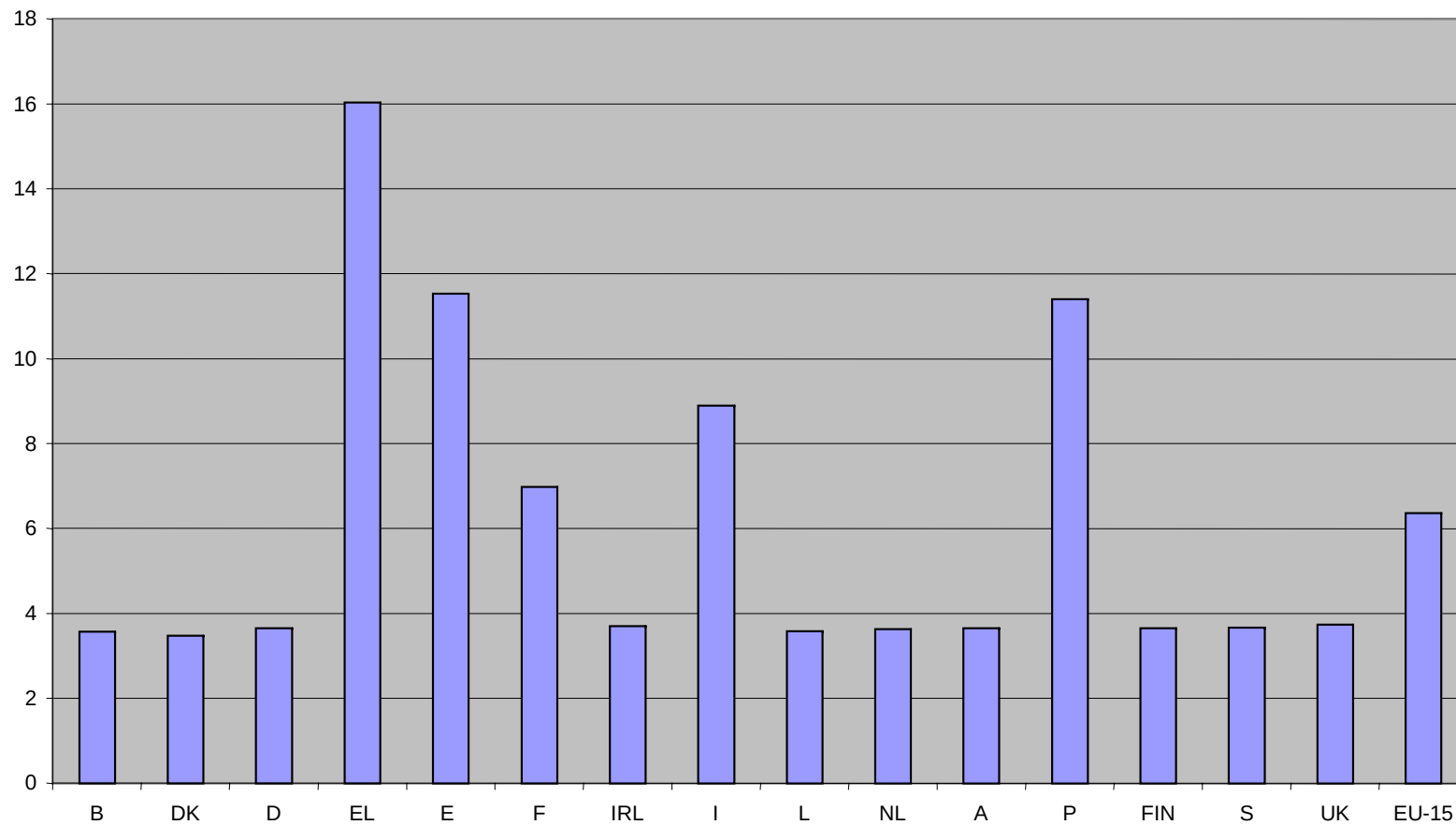


3 m2 per capita, en 2000



6 m2 per capita en 2020

m2/inhabitant



Nombres d'heures équivalent (Energie/P nom)

⌘ Par secteur

Weighted number of hours			
Commercial	Office	Household	Hotel
1019	803	519	768
All sectors			
773			

⌘ Par pays

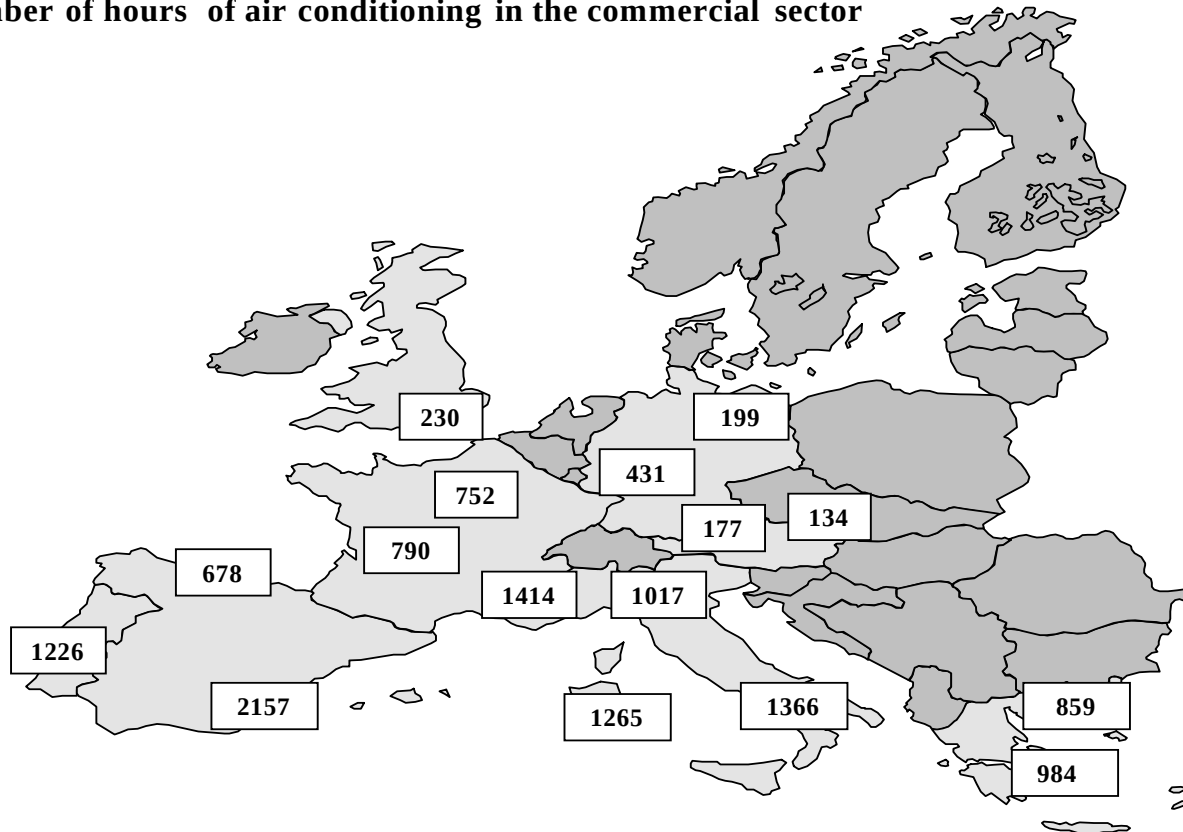
Weighted average

Austria	Salzburg	153
Austria	Vienna	116
France	Carpentras	1028
France	Limoges	544
France	Trappes	468
Germany	Middle	264
Germany	North	129
Greece	Athens	888
Greece	Theso	742
Italy	Cagliari	1057
Italy	Milano	819
Italy	Napoli	1104
Portugal	Lisbon	851
Spain	Murcia	1494
Spain	Oviedo	338
UK	London	247

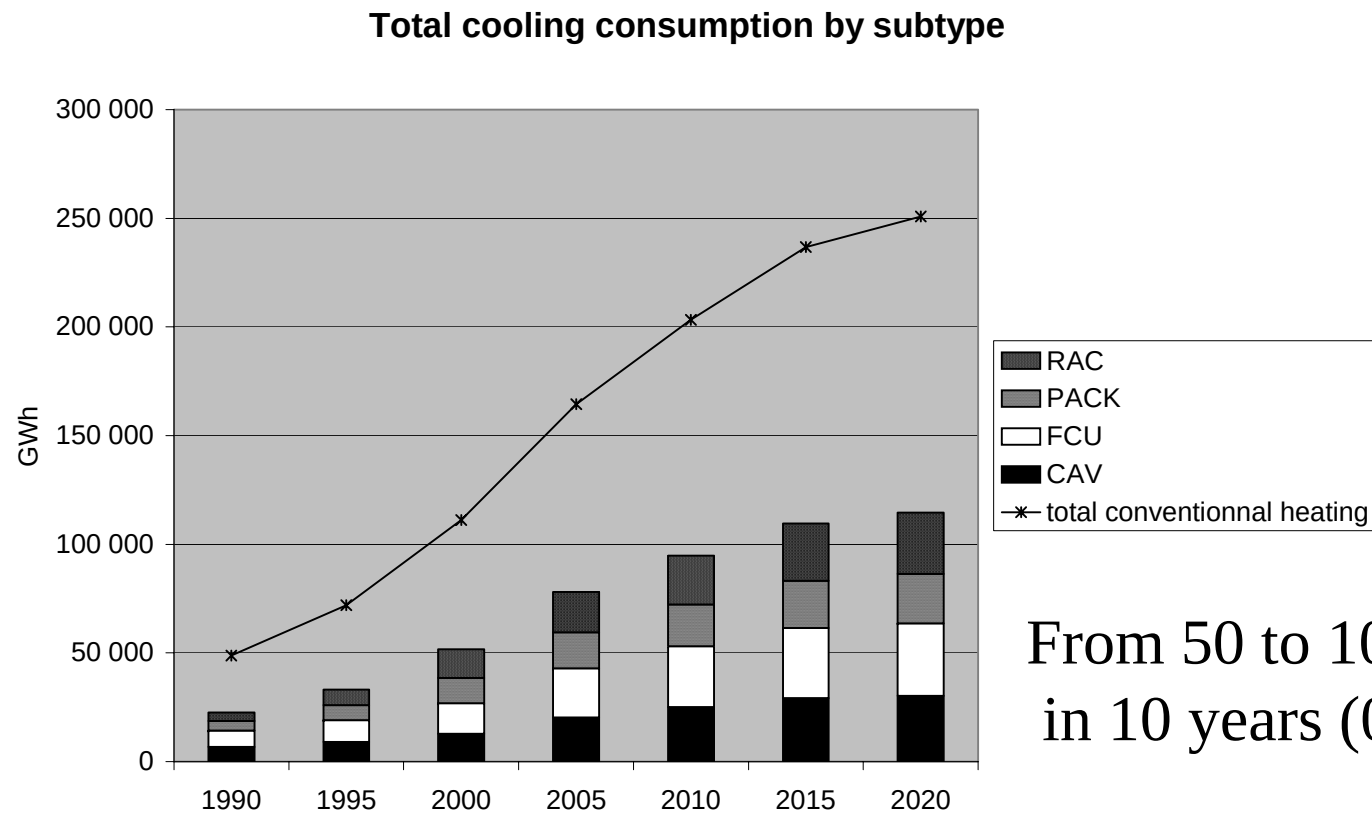
Des contrastes géographiques à ne pas négliger

⌘ Commerces

Number of hours of air conditioning in the commercial sector



GWh par pays, système, secteur, année - BAU



From 50 to 100 TWh
in 10 years (00/10)

Consommation d'électricité

Total Cooling (GWh/ year)	Year				
Pays	2000	2005	2010	2015	2020
AU	469	549	633	689	707
BE	274	422	559	681	708
DE	71	122	180	232	260
FI	206	210	229	242	246
FR	5 010	8 213	10 954	13 240	14 071
GE	2 286	4 012	5 542	6 785	7 415
GR	2 909	5 365	7 269	9 399	9 734
IR	127	180	222	252	264
IT	16 209	24 336	27 445	29 795	30 890
LU	11	18	23	27	29
NE	605	690	797	869	892
PO	1 020	2 049	3 072	4 039	4 621
SP	19 689	28 333	33 573	38 719	39 915
SW	391	378	403	421	425
UK	2 359	3 227	3 826	4 241	4 401
Total	51 636	78 103	94 727	109 631	114 579

tCO2 émis



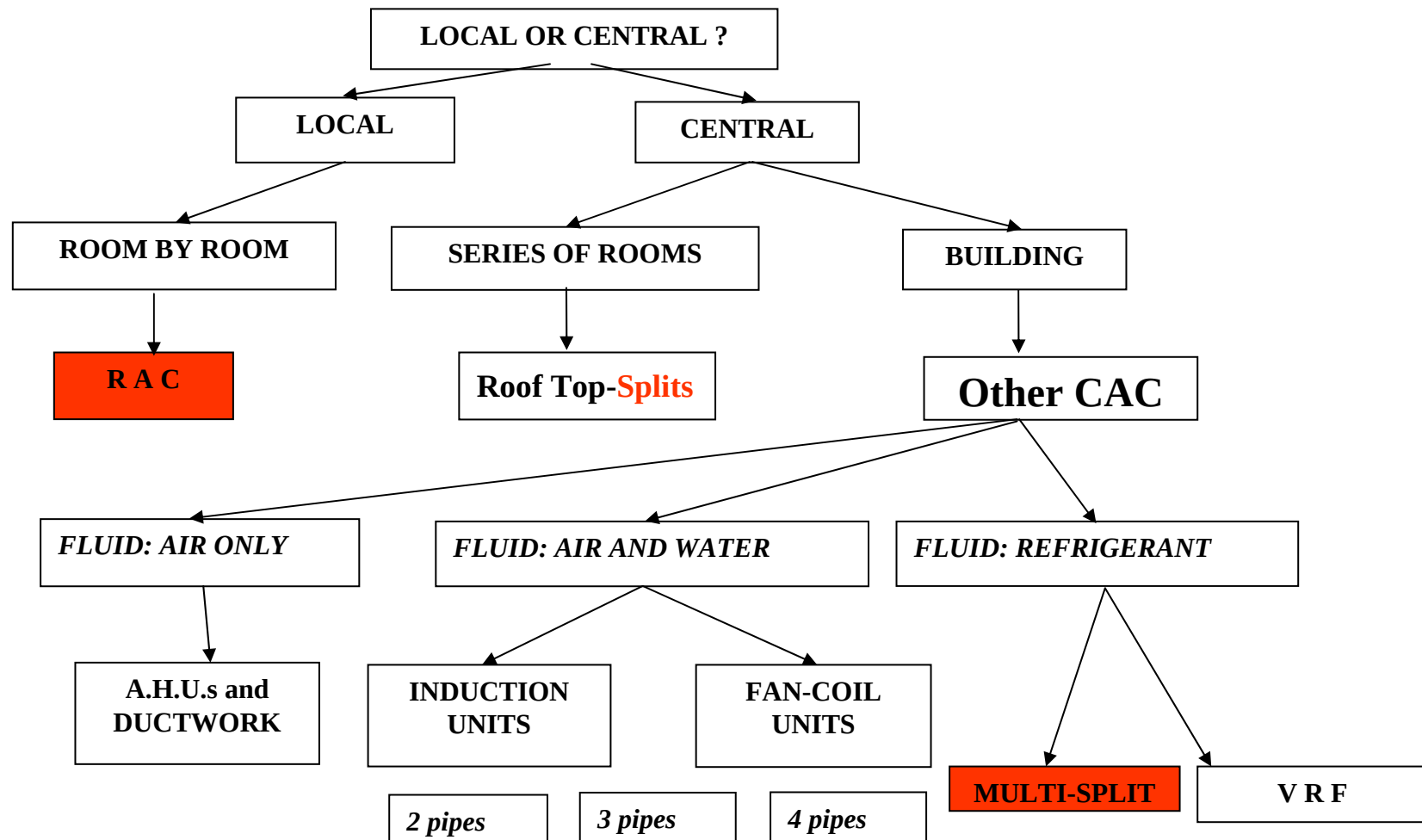
Kt CO2	2000	2005	2010	2015	2020
AU	164	192	221	241	248
BE	96	148	196	238	248
DE	25	43	63	81	91
FI	72	73	80	85	86
FR	1 754	2 874	3 834	4 634	4 925
GE	800	1 404	1 940	2 375	2 595
GR	1 018	1 878	2 544	3 289	3 407
IR	44	63	78	88	93
IT	5 673	8 518	9 606	10 428	10 812
LU	4	6	8	9	10
NE	212	242	279	304	312
PO	357	717	1 075	1 414	1 618
SP	6 891	9 916	11 751	13 552	13 970
SW	137	132	141	148	149
UK	826	1 129	1 339	1 484	1 540
Total	18 073	27 336	33 154	38 371	40 103



Un marché de produits sans aucun règlement

On s'intéresse à l'efficacité énergétique :
comment assurer la fonction demandée avec
moins d'énergie et « plus d'équipement »

LES EQUIPEMENTS : RAC et CAC



RAC : MARCHÉ ET TENDANCES

⌘ Marché européen en 1996

Table 3.2. EU RAC market share by type in 1996, as determined in national surveys.

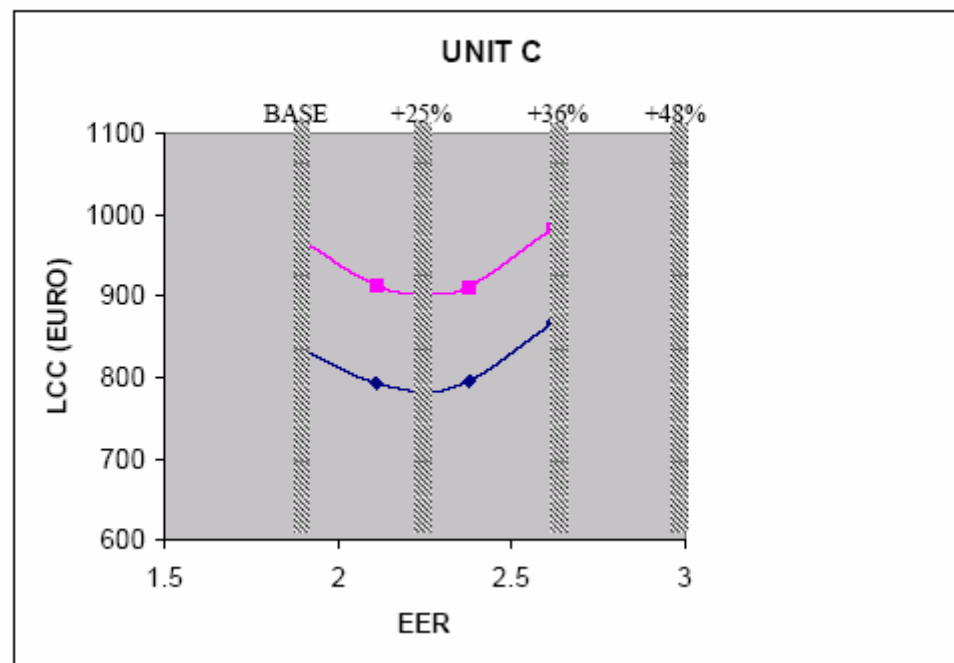
Country	Total sales	Split	Multi-split	Single-duct	Single-packaged
Austria	23 800	10 000	6 040	3 000	4 760
France	177 000	99 750	29 000	38 250	11 000
Germany	194 500	65 000	19 500	90 000	20 000
Greece	150 880	138 000	12 880	600	1 000
Italy	439 490	363 360	20 350	42 127	13 653
Spain	318 000	250 000	0	39 000	29 000
Portugal	45 800	35 600	7 400	900	1 900
UK ^a	133 800	104 000	0	26 000	3 800
Others ^a	116 700	39 000	11 700	54 000	12 000
EU	1 599 970	1 104 710	106 870	293 877	97 113
Market share	100%	69%	7%	18%	6%

^a Estimated

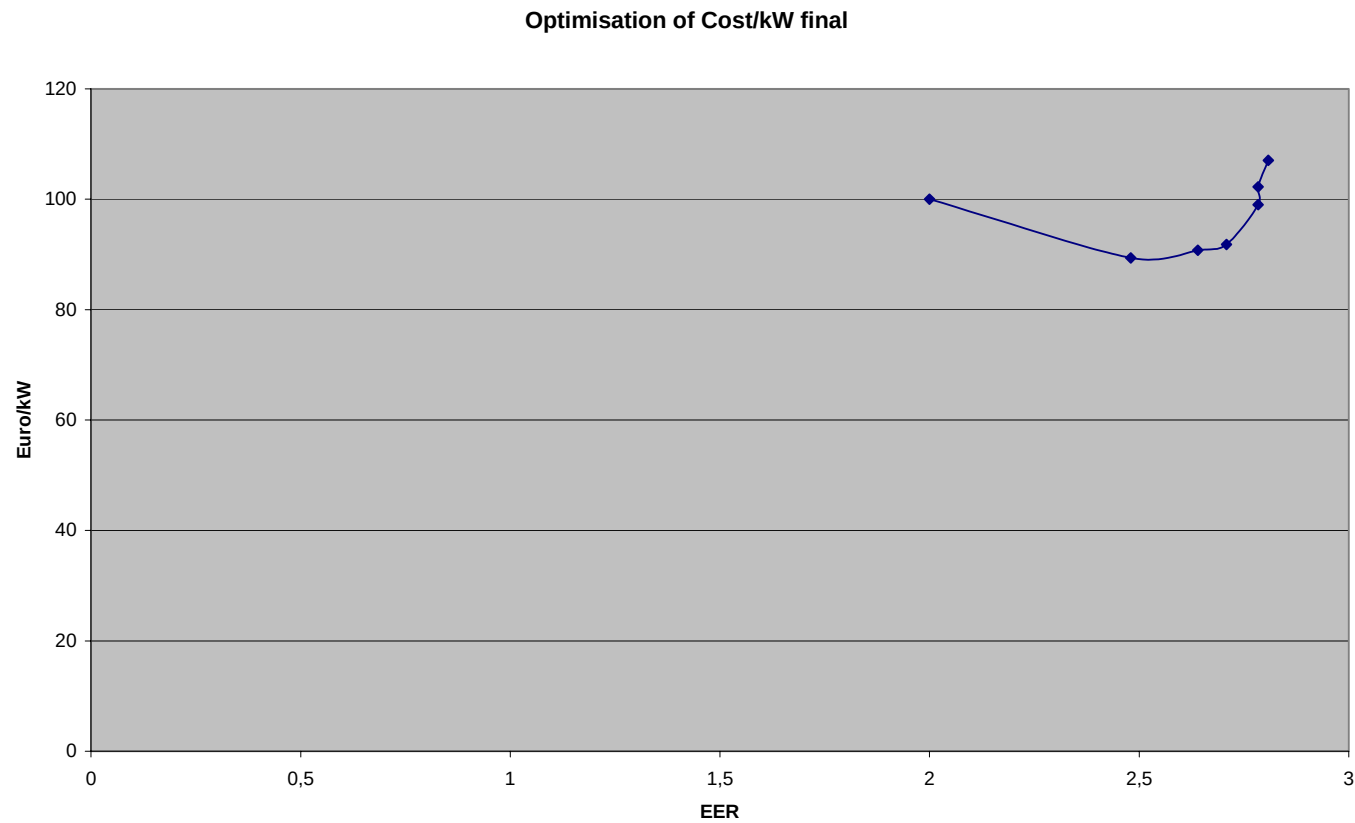
ANALYSE TECHNIQUE- ECONOMIQUE : RAC

- ⌘ L'amélioration de 25 % ($5+6+2b$) est toujours rentable pour tous les secteurs (consommateurs)
- ⌘ L'investissement dans la vitesse variable n'est pas rentable pour les hypothèses réalisées

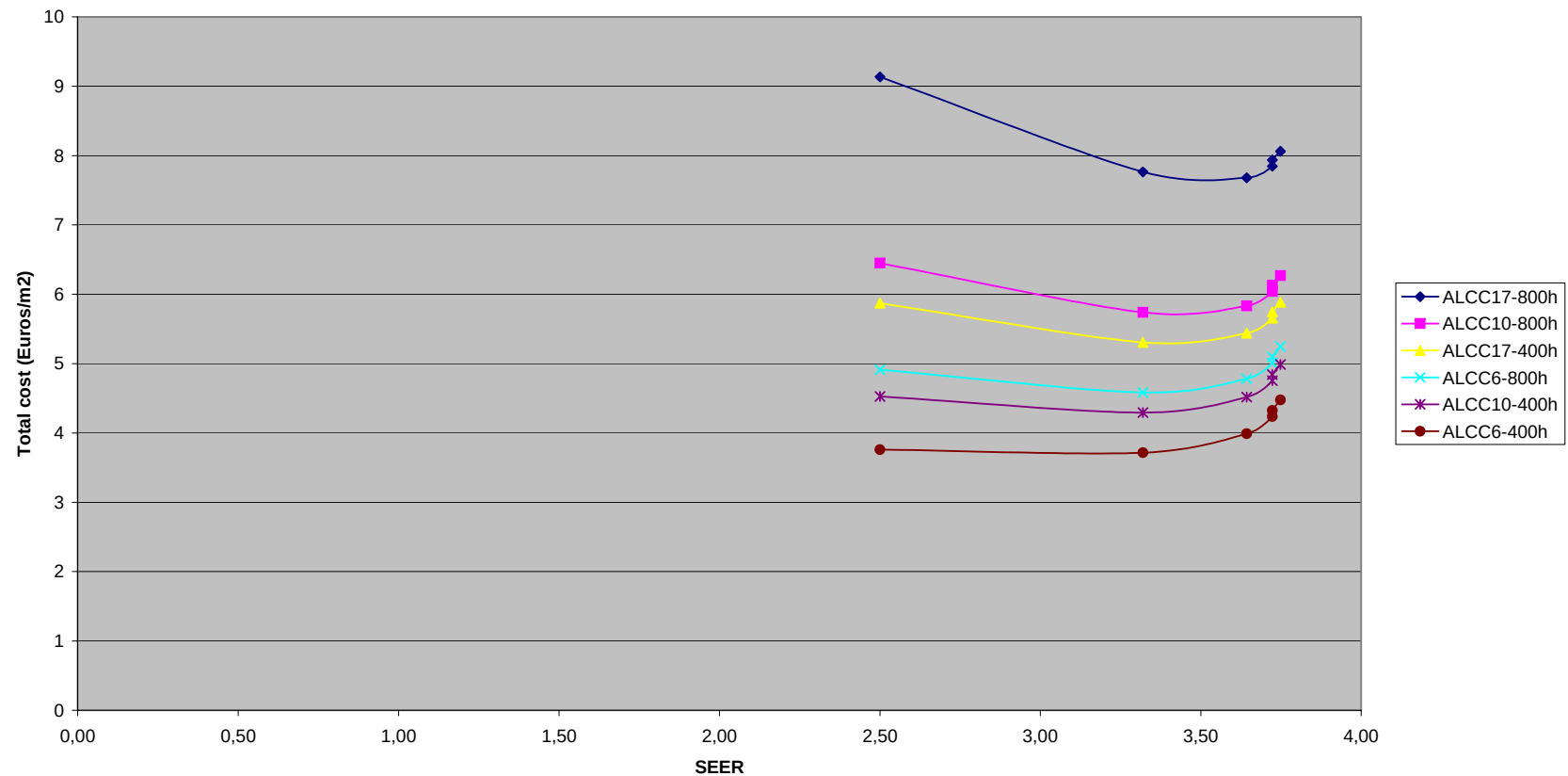
Figure 7.4. Example of improvements on the single-duct appliance



ANALYSE TECHNICO-ECONOMIQUE : Chiller en Euro/kW



ANALYSE TECHNICO-ECONOMIQUE : chiller en Euro/m² et par an

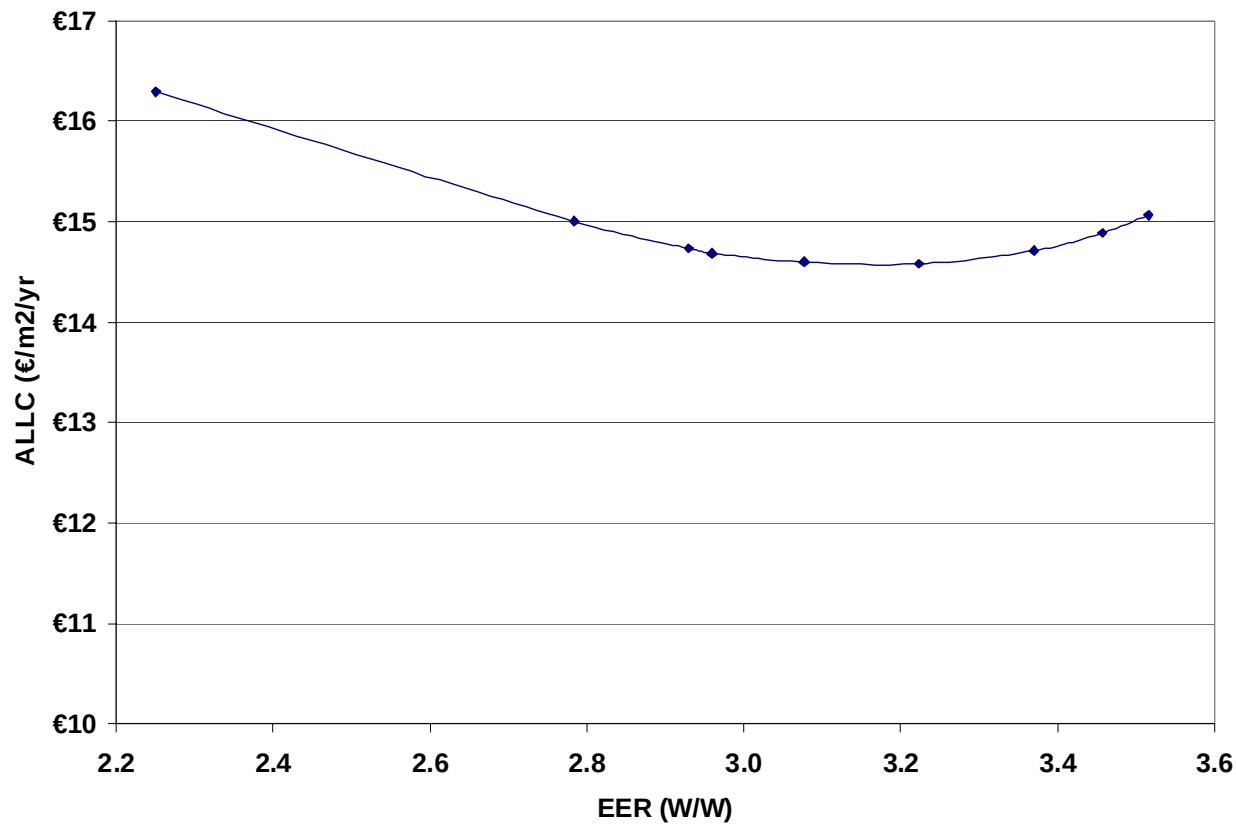


Le chiller optimum est 40% plus efficace que le moins bon



- ⌘ The optimal chiller is present on the market, it has a SEER between 3.00 and 3.50
- ⌘ One way to reach this performance is an EER around 2.46 (enhanced evaporator and condenser, improved compressor) and a splitting in 3 or 4 units of the capacity of the compressor.
- ⌘ We have estimated the associated overcost at 12.3 Euros/kW (+12.3%). Once again, manufacturers engineers may have other ways to reach 3.50 SEER, less expensive

ANALYSE TECHNICO-ECONOMIQUE : Armoires, rooftops etc.

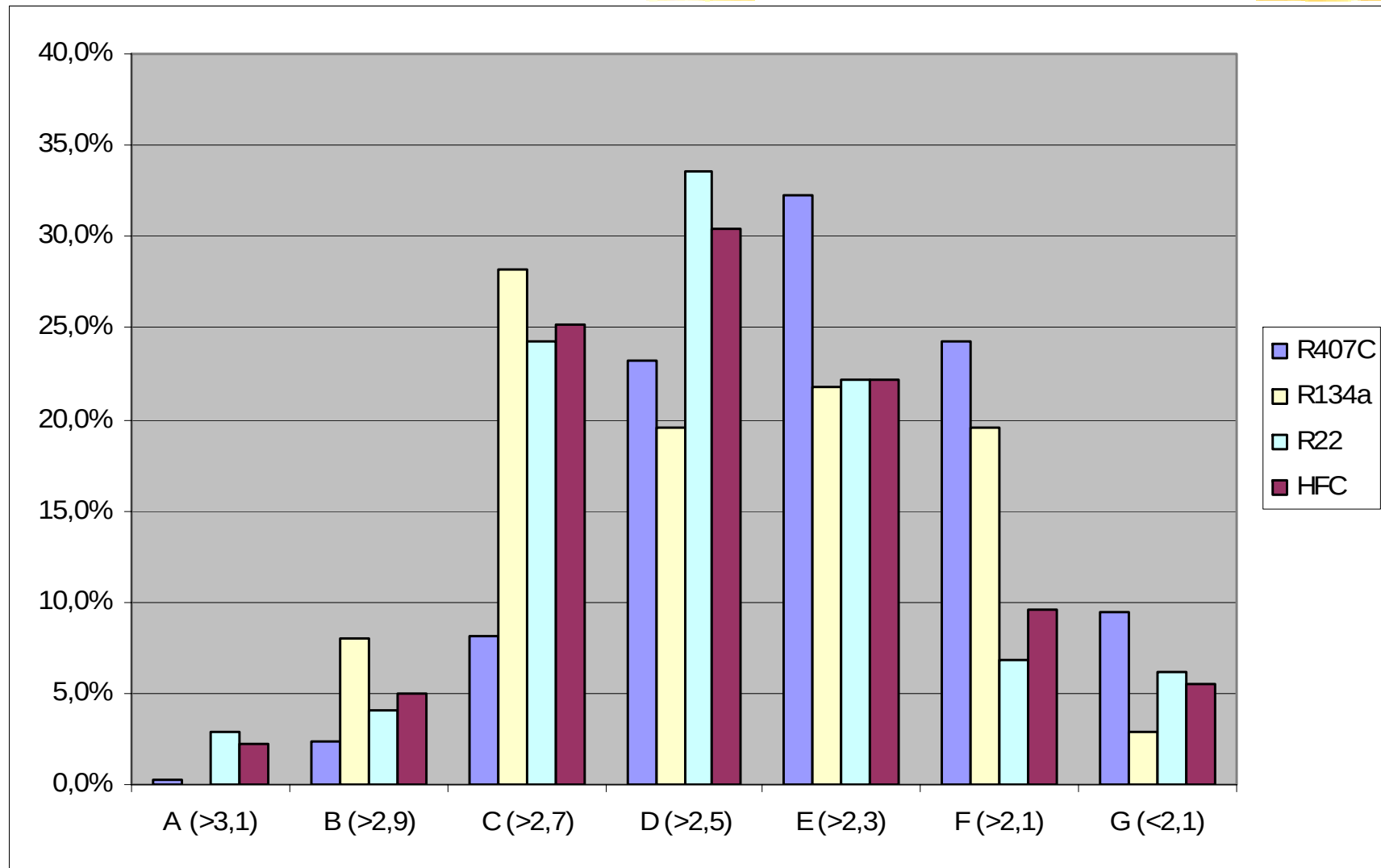


Labelling des chillers basé sur l'EER nominal (dans catalogue Eurovent)

⌘ A to G efficiency grading of central air conditioner components (ex : ch., cool.)

EER boarders chillers in the cooling-mode	Air Cooled	Air Cooled, Floor heating and cooling	Water Cooled	Water Cooled, Floor heating and cooling	Remote condenser
A/B	3.10	3.65	5.05	4.75	3.55
B/C	2.90	3.50	4.65	4.60	3.40
C/D	2.70	3.35	4.25	4.45	3.25
D/E	2.50	3.20	3.85	4.30	3.10
E/F	2.30	3.05	3.45	4.15	2.95
F/G	2.10	2.90	3.05	4.00	2.80

Air cooled chillers, cooling-mode, < 750kW

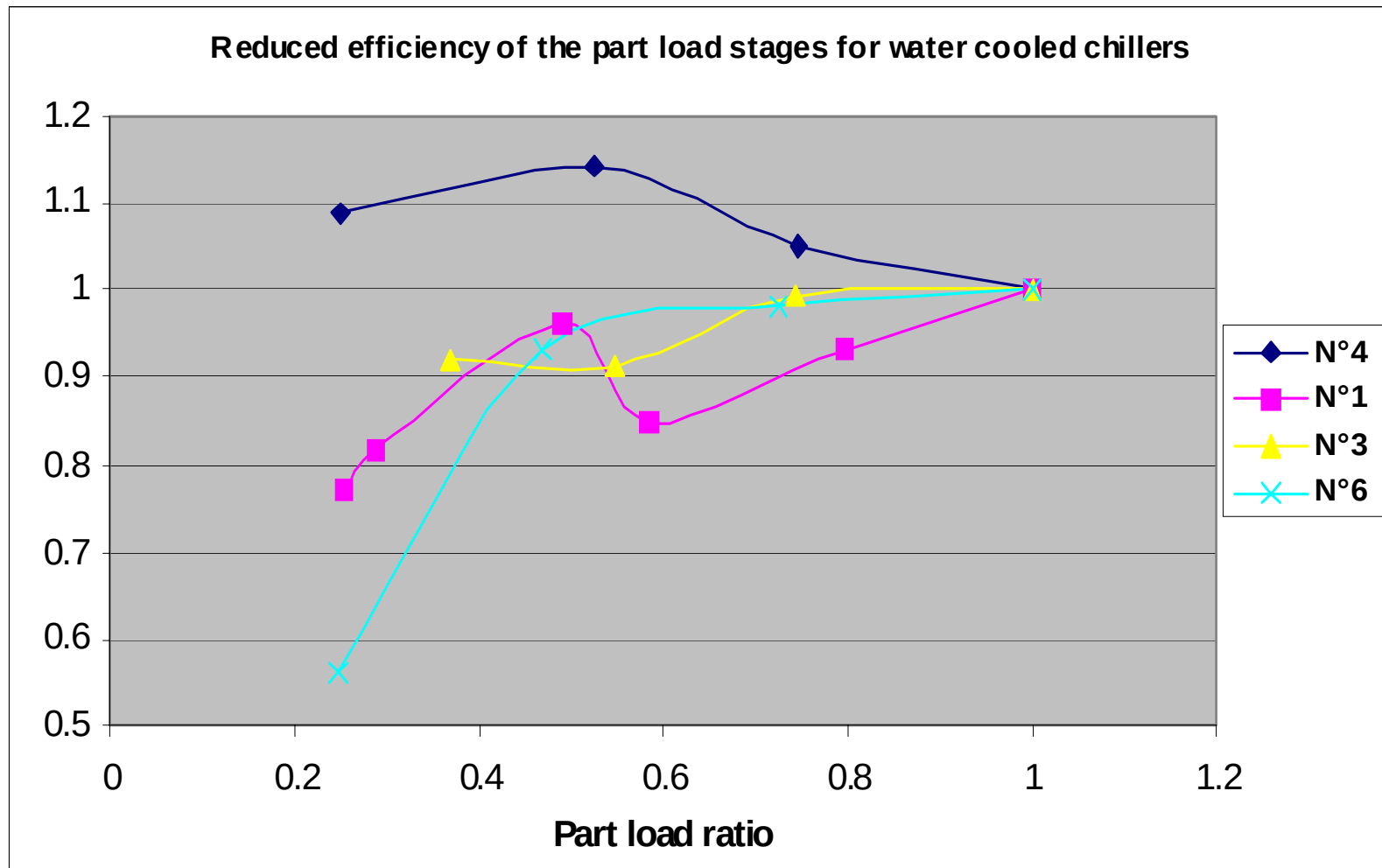


Labelling des climatiseurs autonomes basé sur l' EER nominal

⌘ Proposal of grading of packaged AC (like RAC EU labelling

Energy efficiency class	Energy efficiency ratio
A	$3.20 < \text{EER}$
B	$3.20 \geq \text{EER} > 3.00$
C	$3.00 \geq \text{EER} > 2.80$
D	$2.80 \geq \text{EER} > 2.60$
E	$2.60 \geq \text{EER} > 2.40$
F	$2.40 \geq \text{EER} > 2.20$
G	$2.20 \geq \text{EER}$

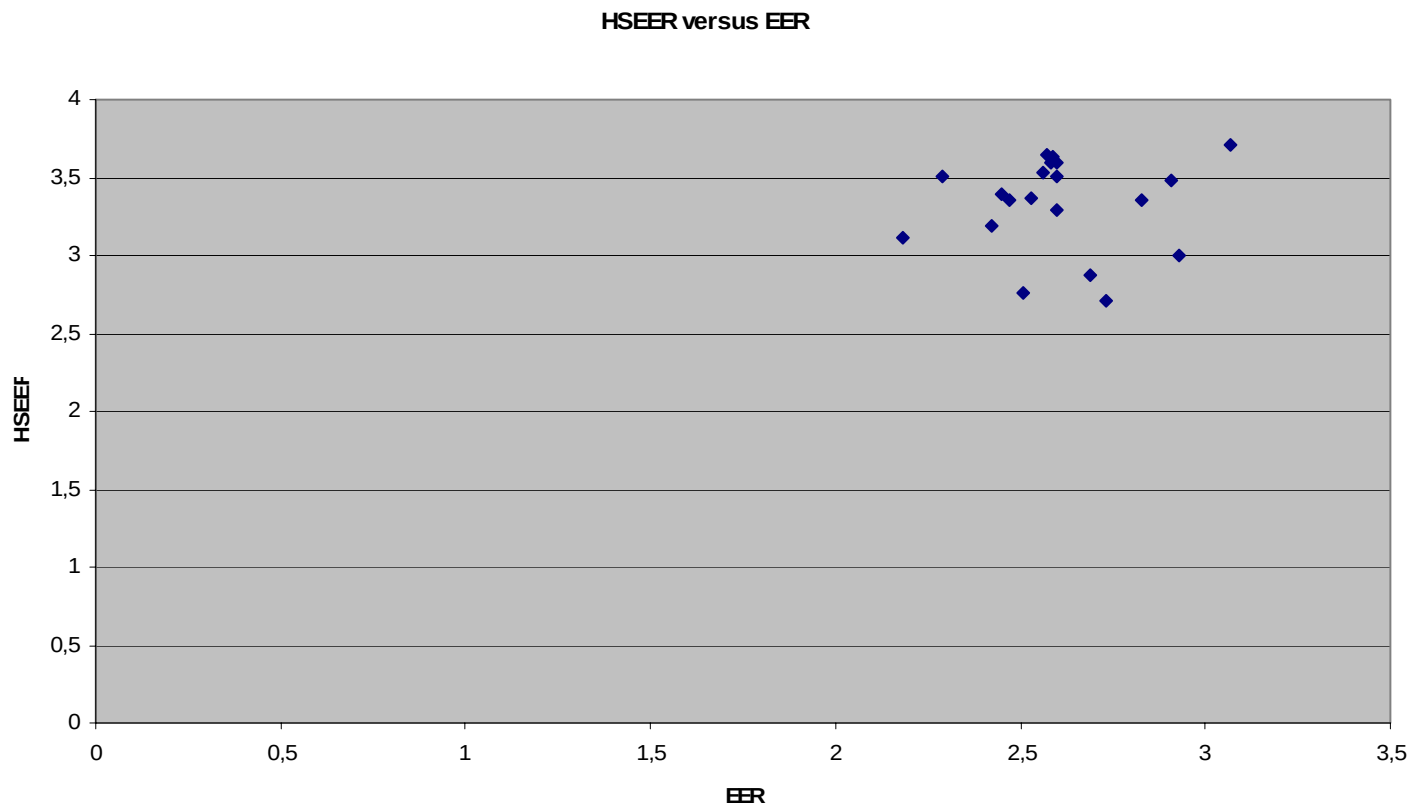
Dès que possible labelling sur la base de l'EER moyen (ESEER method)



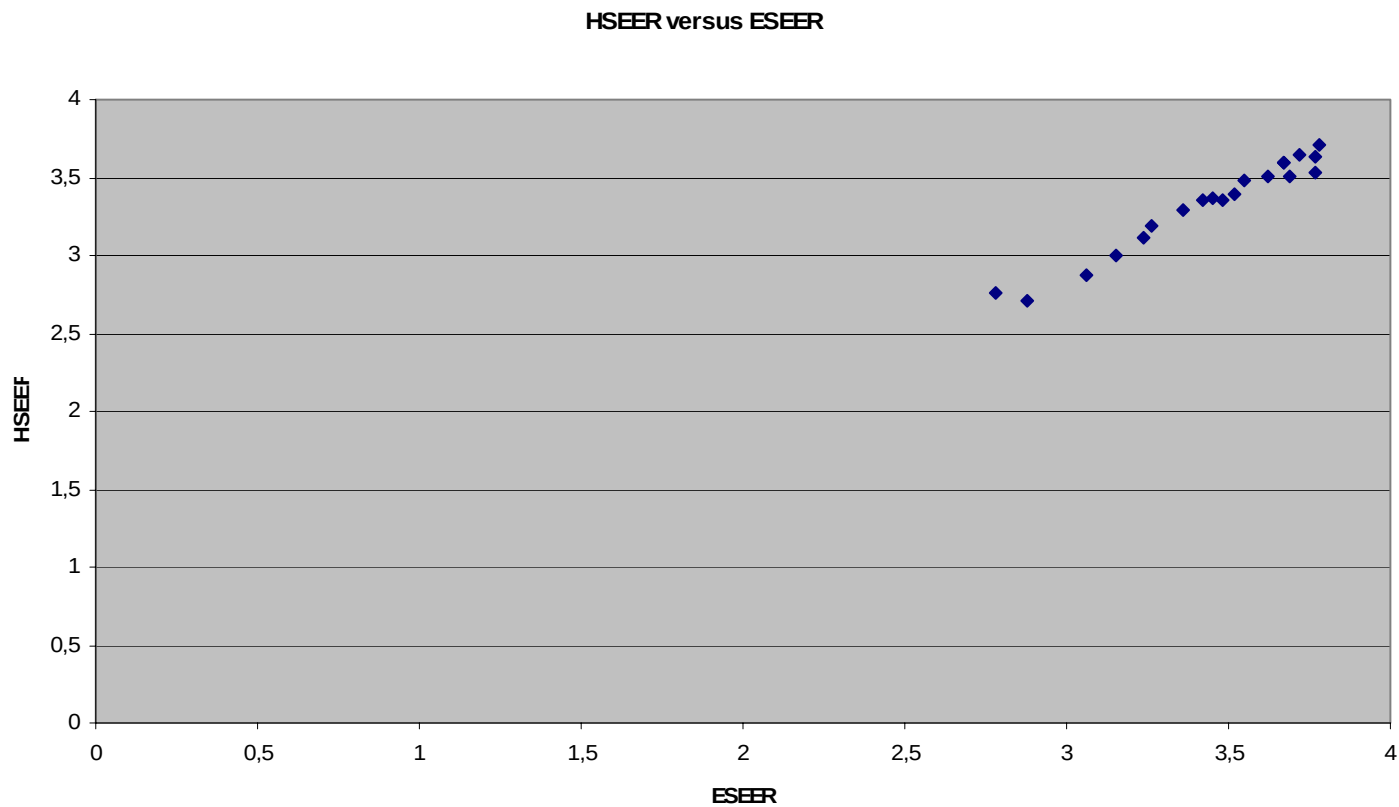
ESEER des chillers va apparaître de manière volontaire dans le catalogue Eurovent

- ⌘ We have developed with experiments and many DOE simulations ESEER, an average EER as easy to obtain as usual EER
- ⌘ Only for chillers presently
- ⌘ We check with HSEER, the DOE reference
- ⌘ The ESEER index proposed here is a set of 4 conditions given for E.U. as a whole, but there are as many similar indices as specific demands: sector, country, etc.

EER nominal ne prédit pas HSEER



ESEER prédit bien HSEER



ASHRAE 90.1 impose des performances minimum MEEES

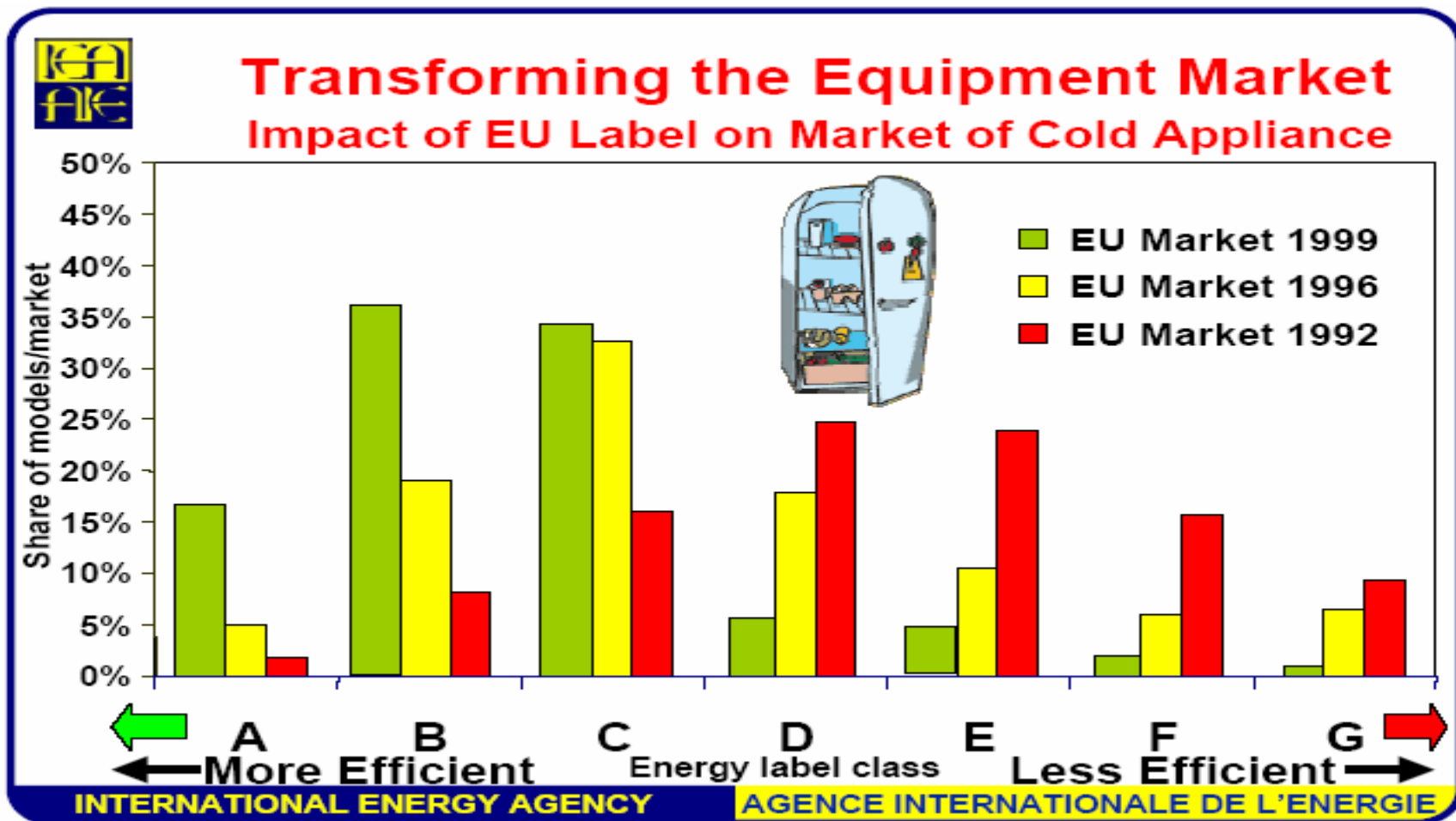
Equipment Type	MEPS level (W/W)	Capacity range
Packaged AC (cooling-only)	3.02	19.5 to 39.5
Packaged AC (cooling-only)	2.84	39.5 to 70.3
Packaged AC (reversible)	3.02	19.5 to 39.5
Packaged AC (reversible)	2.84	39.5 to 70.3
Water-source heat pump, 4tons (cooling-mode)	3.51	Values about 14.1
Water-cooled screw chiller, 125tons	4.45 COP (4.50 US IPLV)	Values about 440
Water-cooled centrifugal chiller, 300tons	6.10 COP (6.10 US IPLV)	Values about 1056

La boîte à outil sur les produits

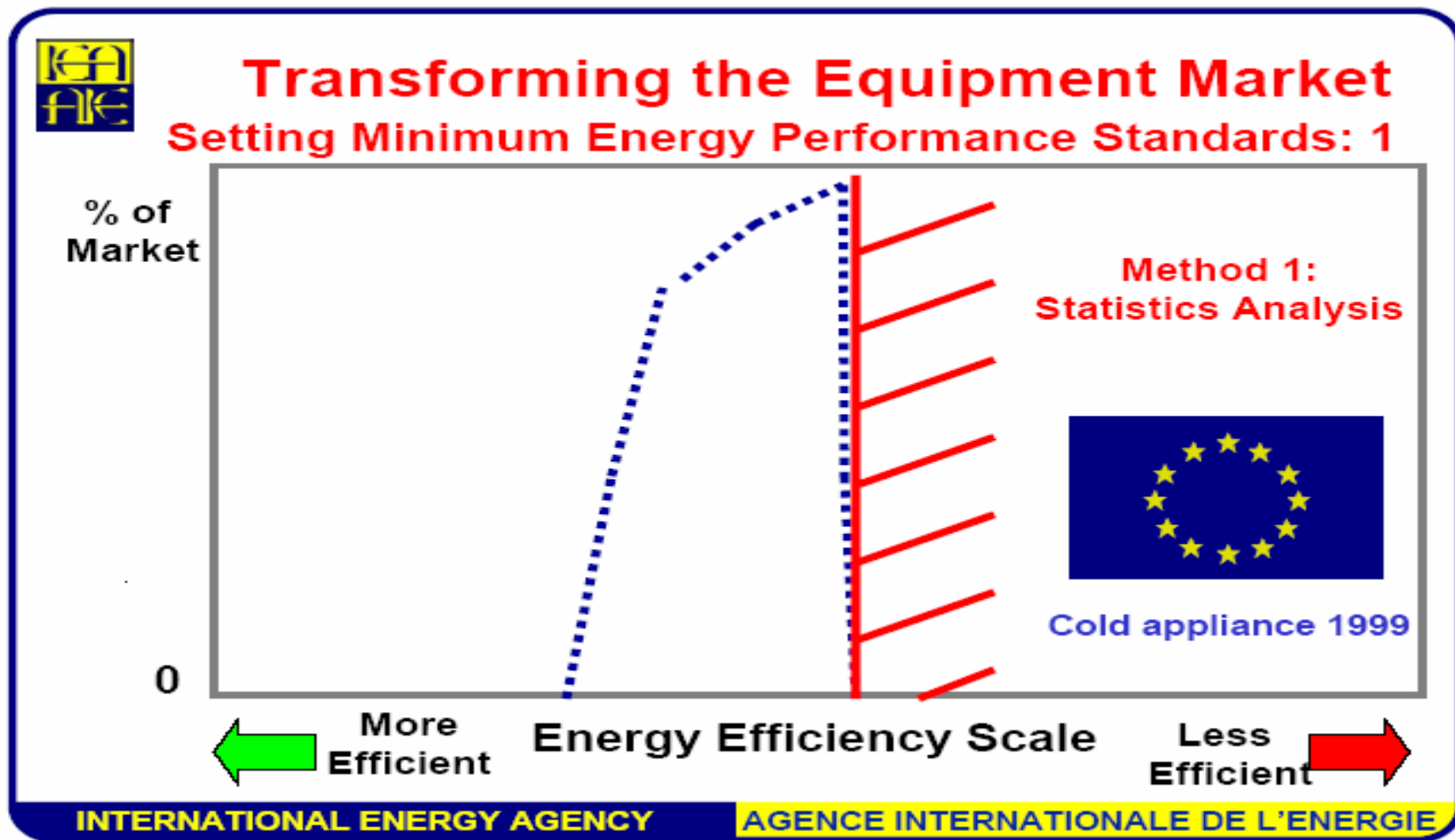


- ⌘ A to G efficiency grading of RAC
- ⌘ A to G efficiency grading of chillers, full load then part load
- ⌘ Removing less efficient equipment from the market (MEES and voluntary agreements)
- ⌘ Additional effects of grading (consumer decision)

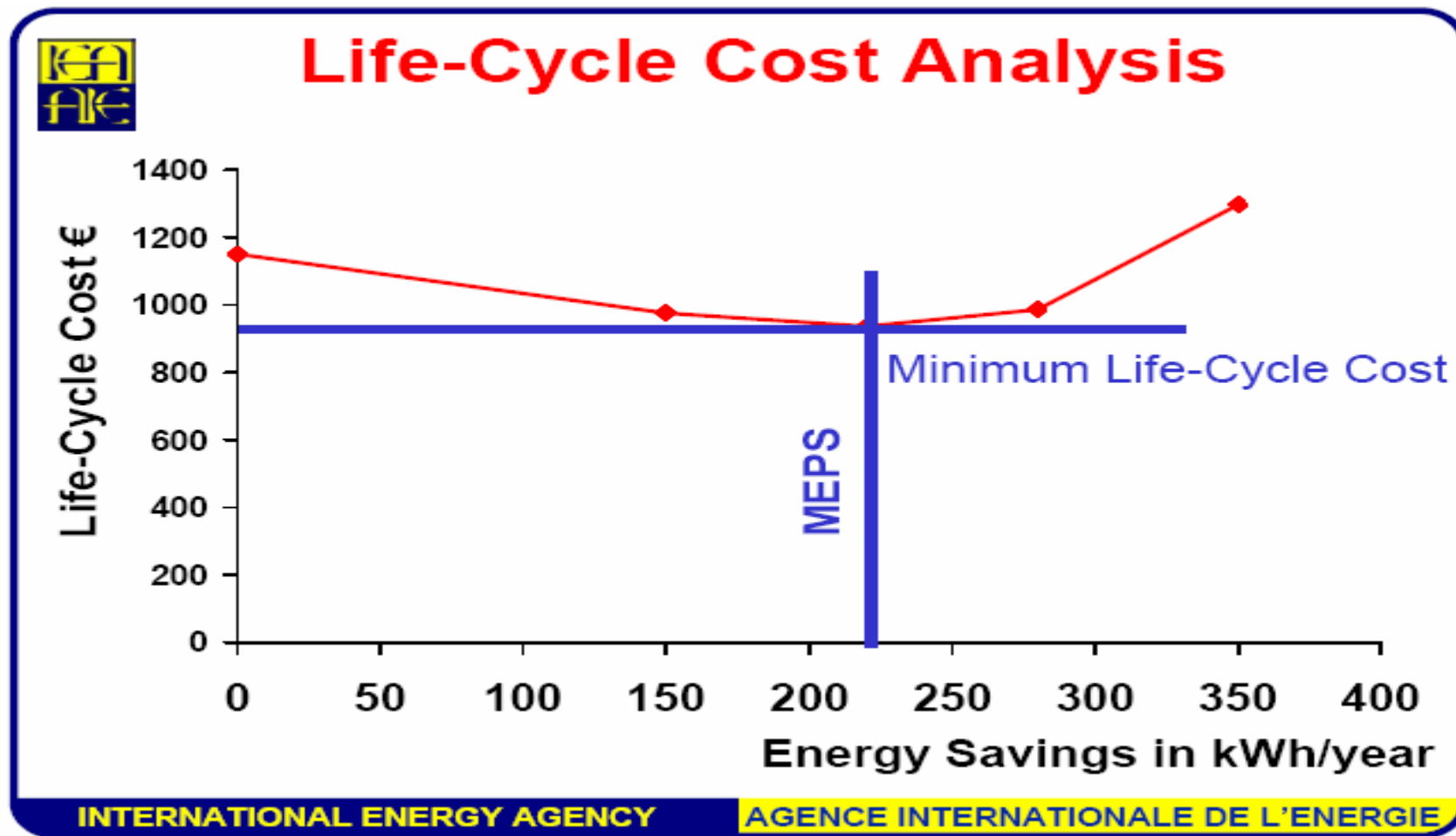
Efficacité du labelling



Moyens disponibles : on retire
les classes E, F ,G .. MEES 1

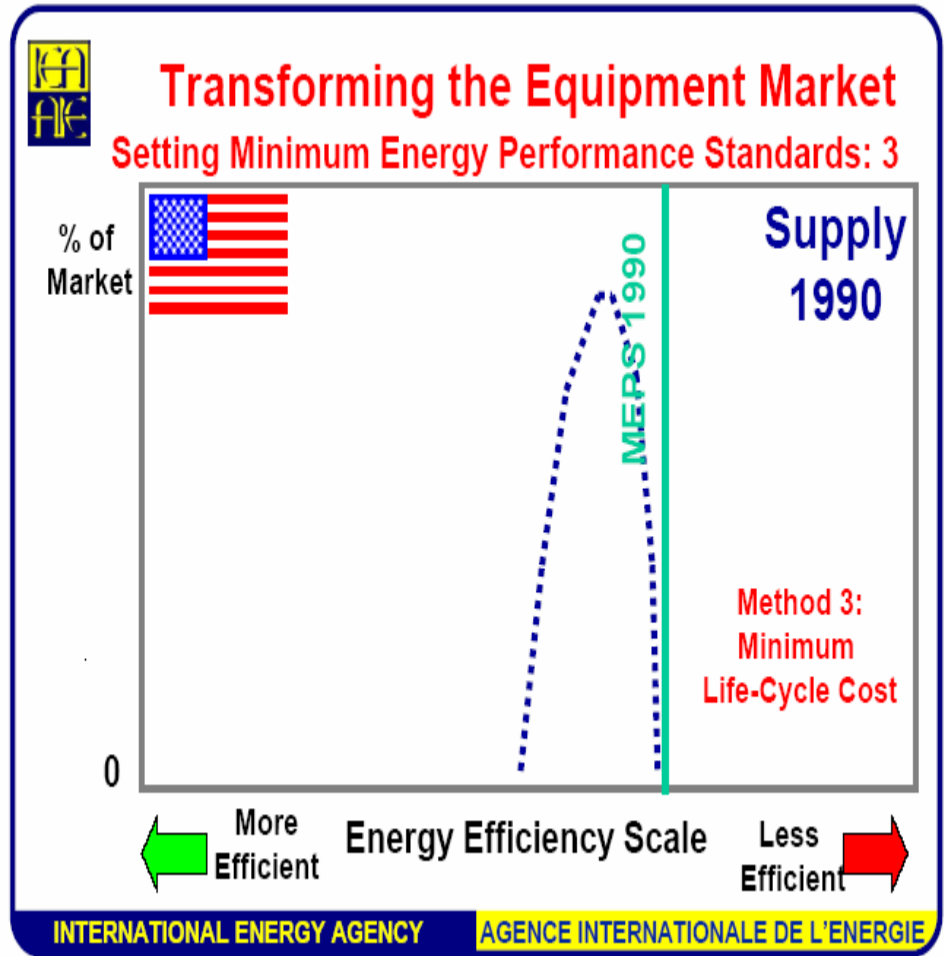
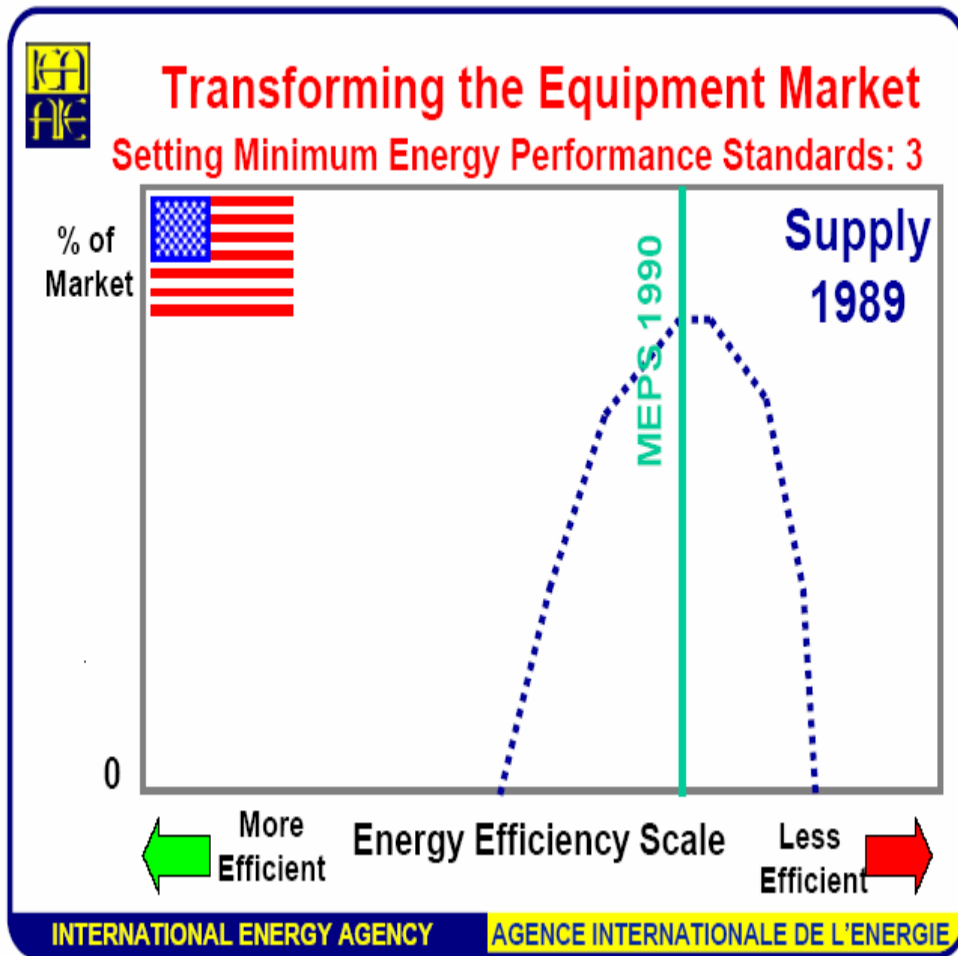


Moyens disponibles : on impose
le niveau optimal MEES 2



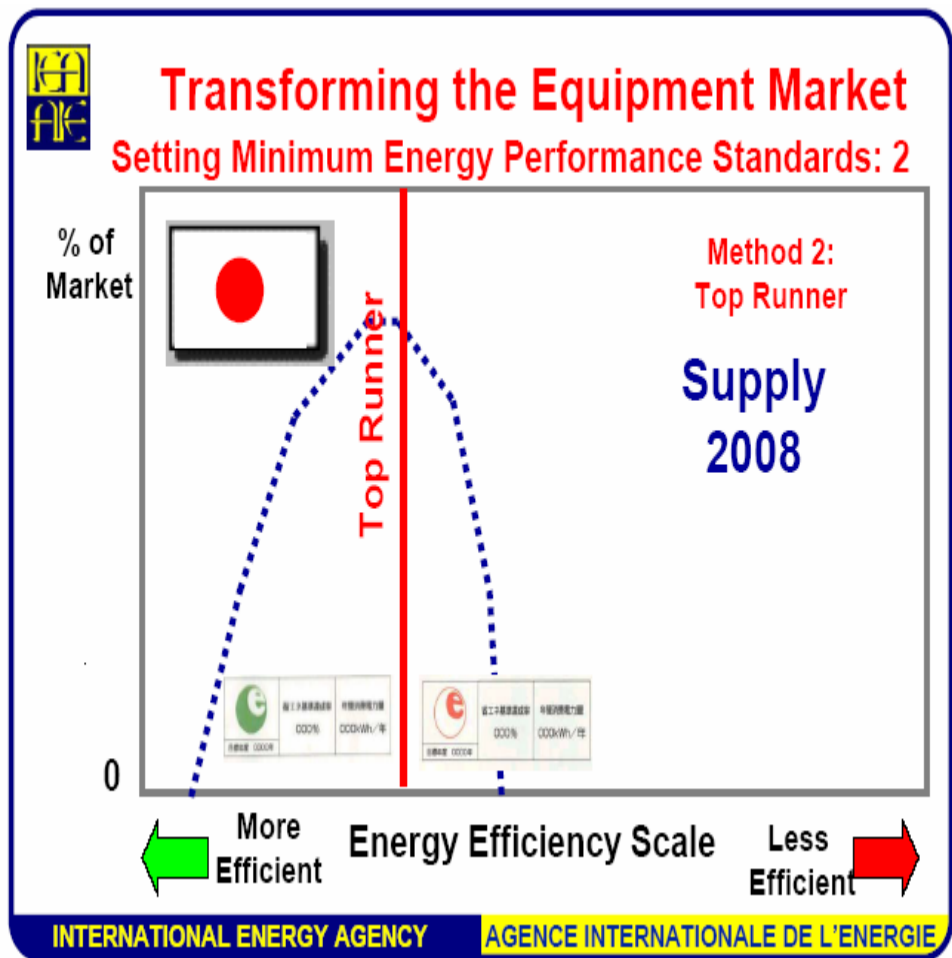
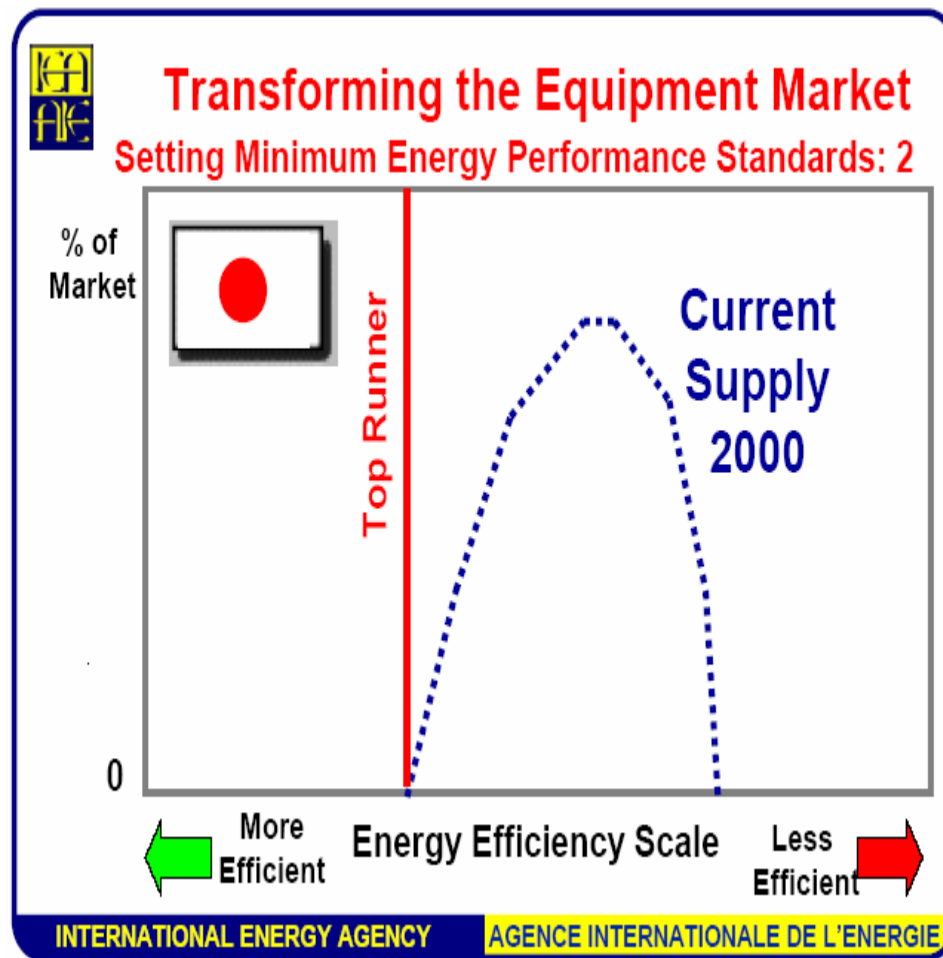
Moyens disponibles : MEES

2



Moyens disponibles : MEES

3 la méthode japonaise



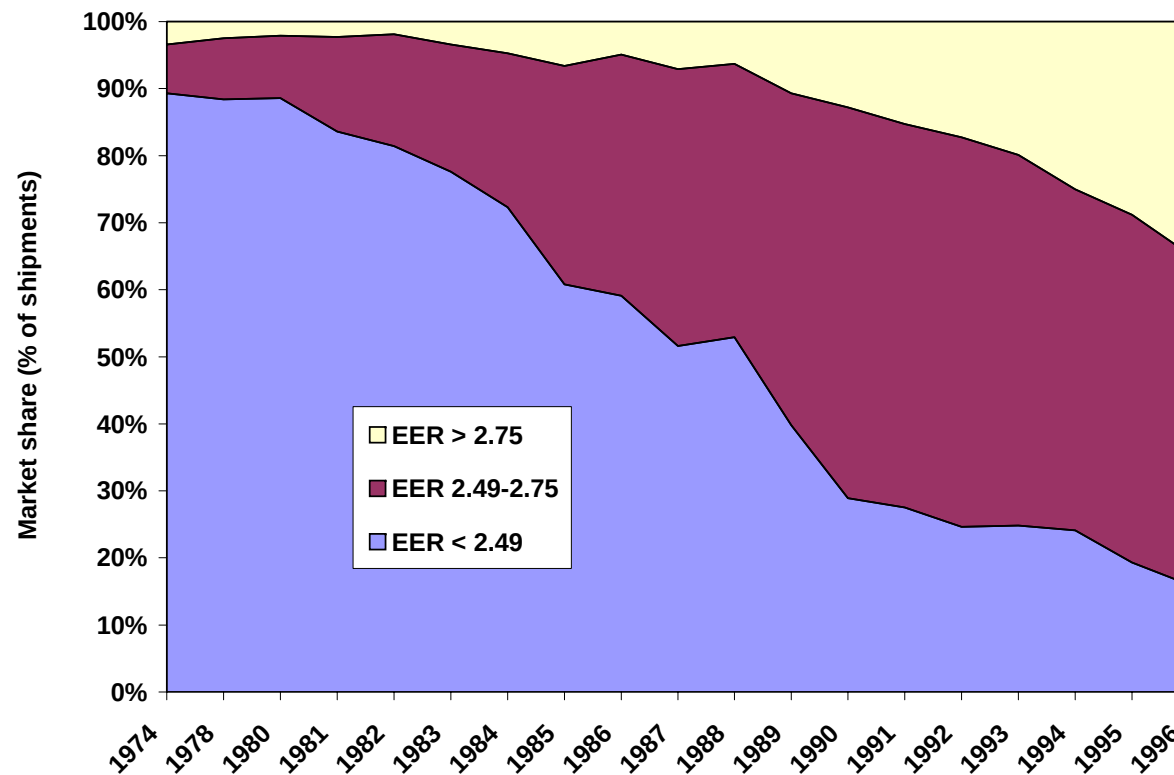
LES PROGRAMMES D'ETIQUETAGE



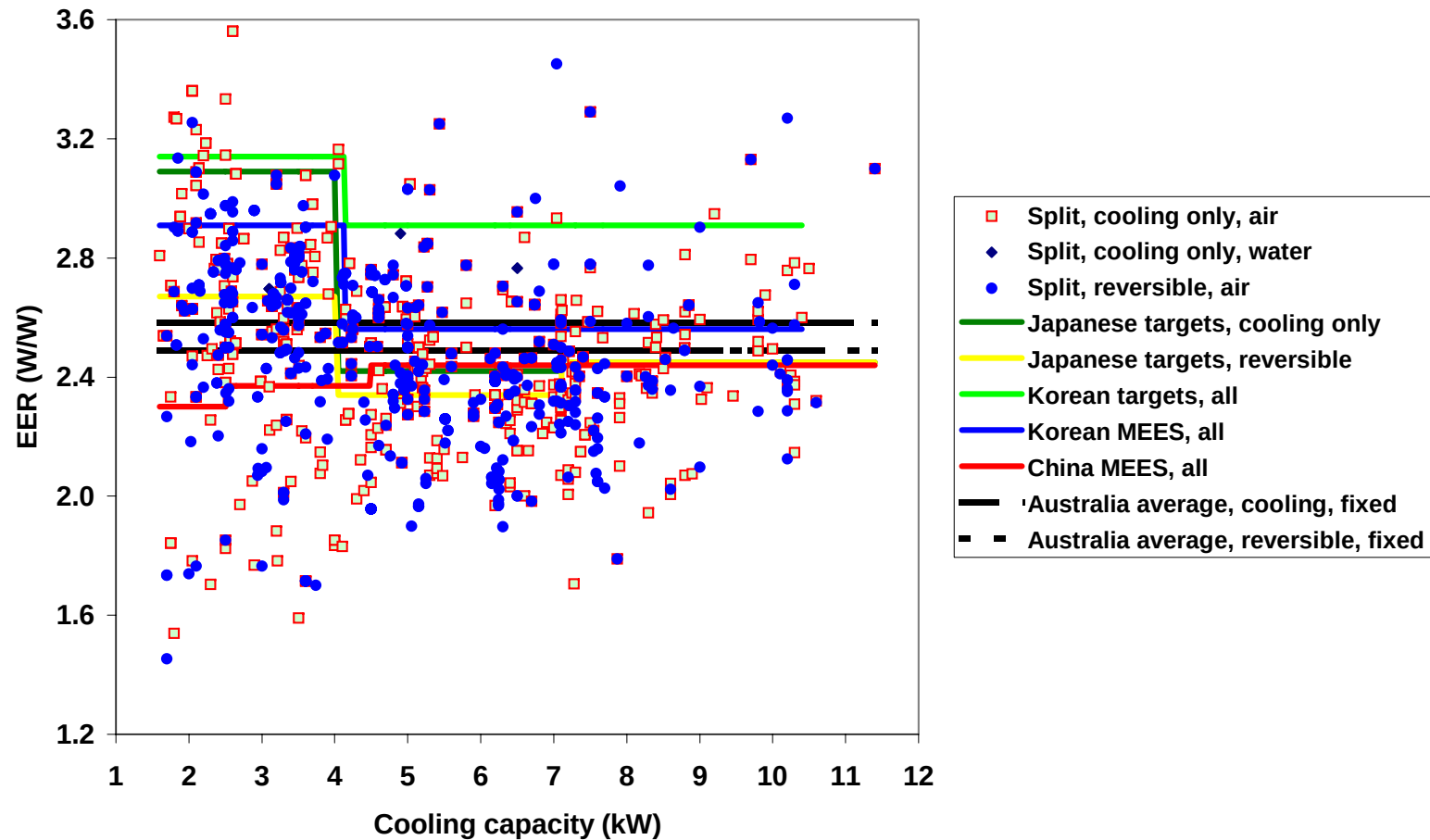
- ⌘ US (labelling, MEES) NAFTA
- ⌘ Canada NAFTA
- ⌘ Mexico NAFTA
- ⌘ Japon (labelling, MEES)
- ⌘ Corée du Sud (labelling, MEES)
- ⌘ Chine
- ⌘ Philippines (labelling, MEES)
- ⌘ Taipei (MEES)
- ⌘ Israel (prévu mais pas encore achevé élaboré en 1998)
- ⌘ Hong-Kong (labelling, MEES)
- ⌘ Australie (labelling, pas MEES, min performance température extérieure élevée)
- ⌘ Thaïlande (labelling, programme volontaire)

Effets : USA

⌘ Impact of MEES before 1996 (RACs)



CONFRONTATION RAC UE AUX MEES en Asie!!!





Un marché de conception, presque sans règlement

On s'intéresse à l'efficacité énergétique :
comment assurer la fonction demandée avec
moins d'énergie et « plus d'intelligence » ou
« plus de régulation »

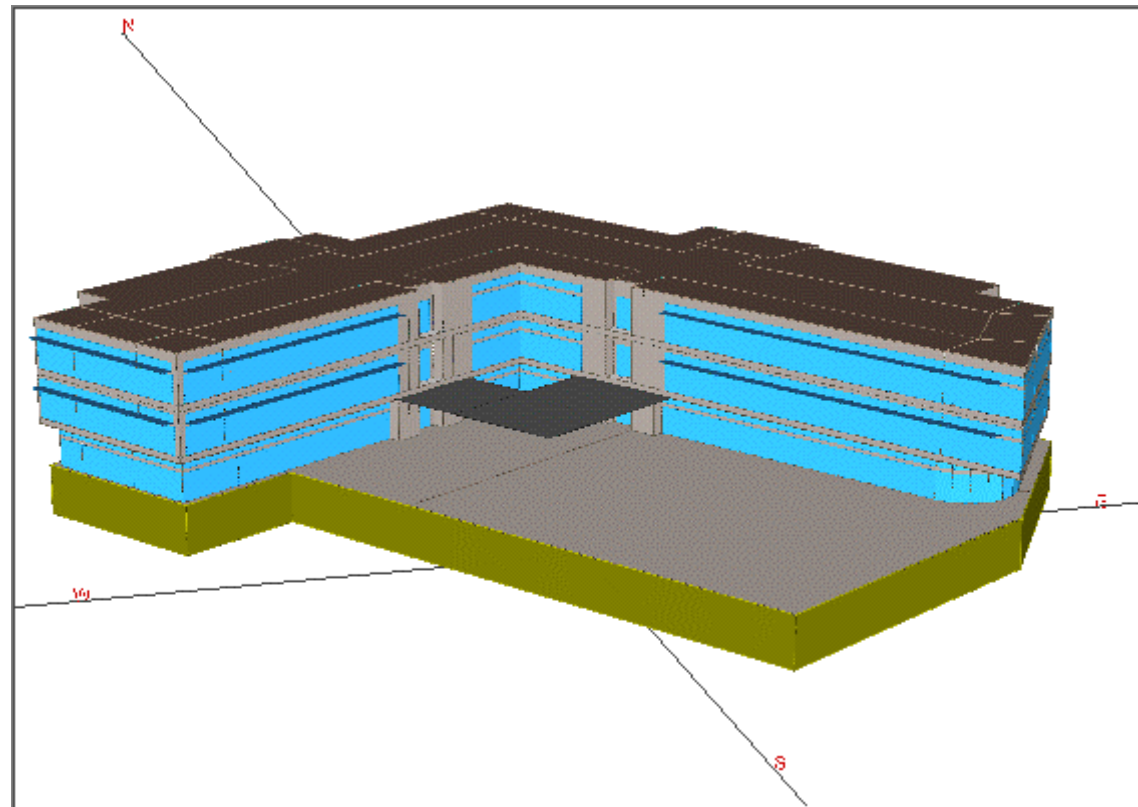
Les niveaux de confort en climatisation peuvent être très différents, autour de TAC

	ALCC		ALCC
RAC with Primary Air TAC	Euros/m2/y	RAC without Primary Air TC	Euros/m2/y
Multi Split systems	20,75	Multi Split systems	16,69
Packaged systems (under windows)	16,77	Packaged systems (under windows)	13,30

Les couts sont aussi différents...

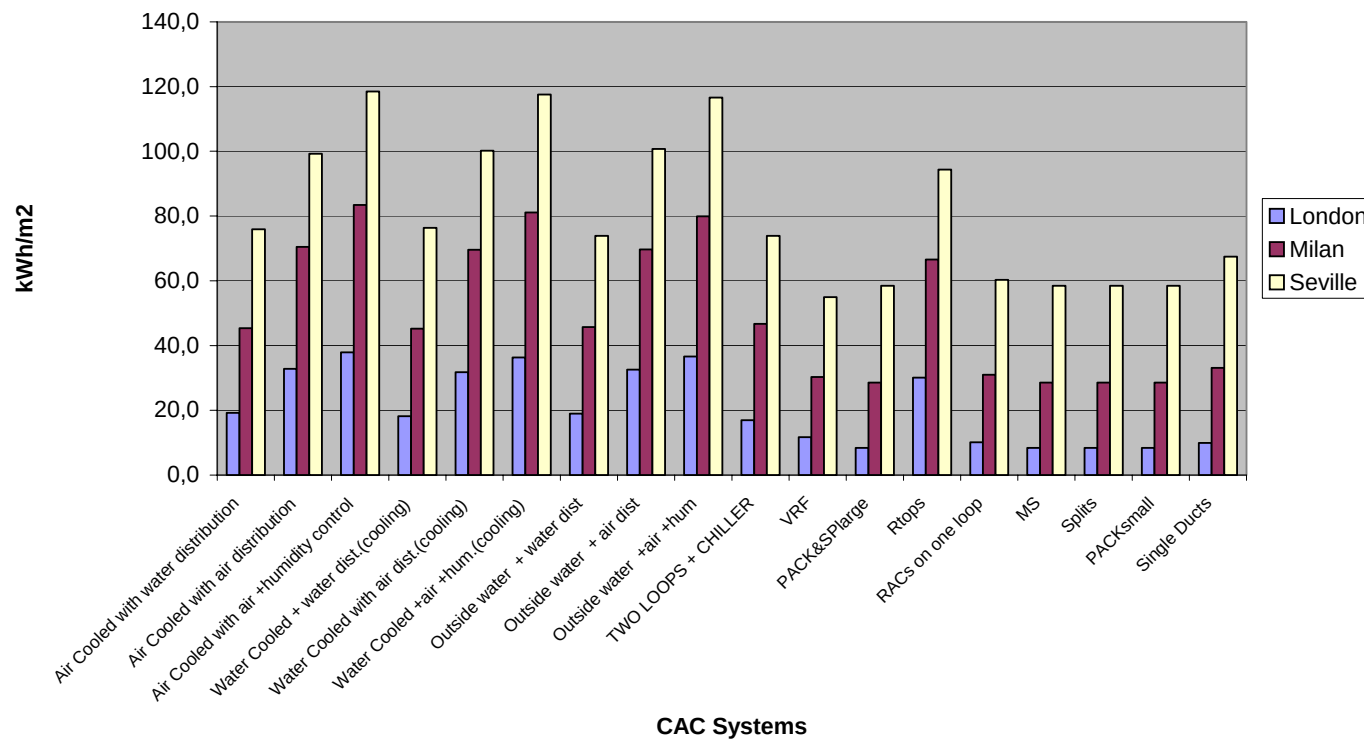
	ALCC		ALCC
CAC - Central Air Conditioners TAC		CAC - Central Air Conditioners TC	
Large packages (Roof tops...)	12,91		
Large splits with primary	22,48	Large splits	14,77
CAV	34,76		
VAV	34,33		
2P FCU	27,53	2P FCU	17,23
4P FCU	28,10	4P FCU	17,68
WLHP	17,30	WLHP	9,65
VRF with primary air	31,78	VRF without primary air	22,01

DOE2 pour les simulations et extrapolation par DJ



kWh/m² par secteur , système et climat (TAC)

Reference office building unitary cooling consumptions



Les barrières à l'efficacité énergétique



- ⌘ initial cost as the only decision criterion
- ⌘ the separation between the plant owner and the renter, between the renter and the operator, etc.
- ⌘ no coded information on EE
- ⌘ competition between manufacturers expressed in terms of Euro/kW, not Euro/EER or Euro/kWh
- ⌘ absence of building codes
- ⌘ something so complex, built on site and only once,
- ⌘ the lack of incentives for most system operators, except EPC

Conclusion : il faut tirer sur toutes les ficelles



- ⌘ First type: selection of better components
Manufacturers + EU
- ⌘ Second type: choice of the best general structure of the system
Quality mark + Regulation
- ⌘ Third type: improvement of detailed structure of the system and control options
Public purchase? Reg?
- ⌘ Fourth type: Reversible use of the system
Reg.+ Ut.
- ⌘ Fifth type: Maintenance and operation
Services?
- ⌘ Sixth type : Energy and power control
new EU-DSM?
- ⌘ Seventh type: Envelope, comfort conditions and ventilation, other measures
not our scope

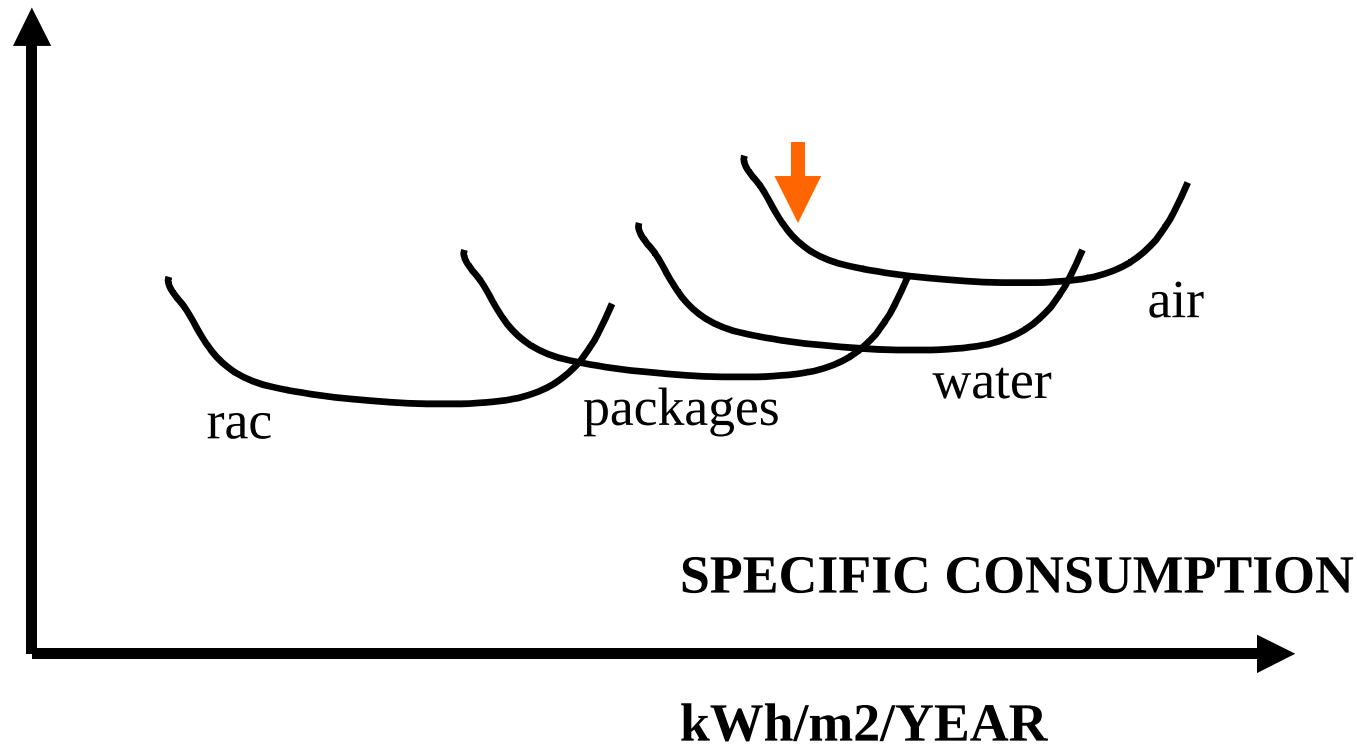
La boîte à outil sur les systèmes



- ⌘ A to G efficiency grading of all central air conditioner components
- ⌘ Removing less efficient equipment from the market (MEPS and voluntary agreements)
- ⌘ Legal basis for policy measures targeting more efficient system structures
- ⌘ Policy aims and potential measures targeting improved O&M
- ⌘ Broadening the application of existing policy measures addressing O&M
- ⌘ Etc.

Concentration des efforts sur les systèmes à air

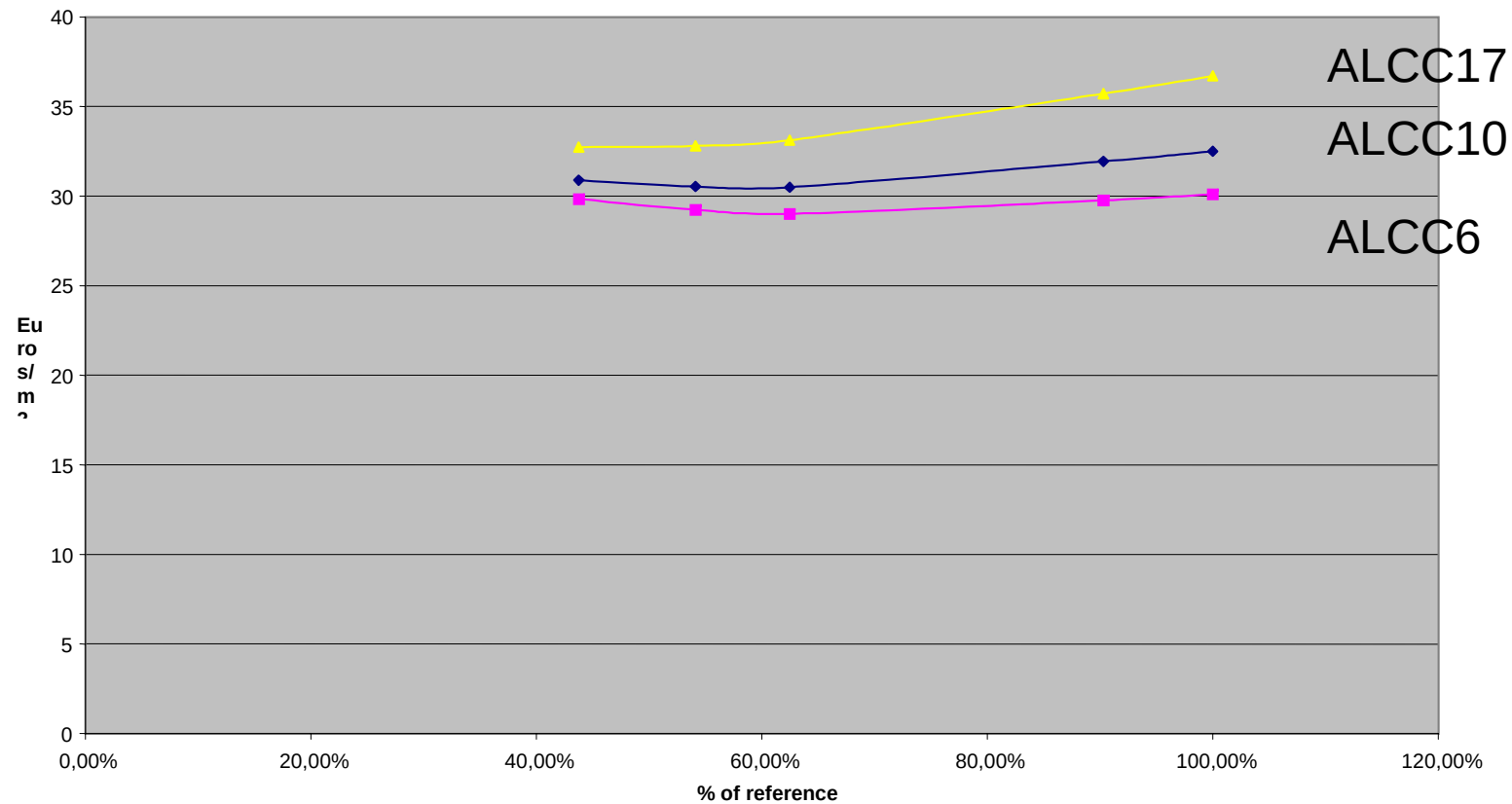
ALCC Euros/m²/year



Toutes les options ont été quantifiées sur DOE2 avec redimensionnement (U.Séville)

- ⌘ Heat recovery on primary air
- ⌘ Motors and fans efficiency
- ⌘ Variable air flow and lower head losses
- ⌘ Terminal reheat issues
- ⌘ Air Side Free Cooling (Economiser)
- ⌘ Quality of Air Diffusion
- ⌘ Design of flow in water circulation
- ⌘ Influence of terminal equipment
- ⌘ Simultaneous demand of heating and cooling
- ⌘ Heat rejection (dry, wet, water)

Optimisation pour 6, 10 and 17 cE/kWh d'un système à air



La directive PEB : un premier pas



- ⌘ Building codes are the primary policy measure available to encourage the adoption of more efficient system types. Energy Performance in Buildings Directive is an opportunity
- ⌘ In the case of the UK this Directive may simply require minor revisions of the existing regulations for building cooling energy performance
- ⌘ The requirement that a simple calculation method should be constructed against which the compliance of the MEPS is to be judged may also require modification of the Portuguese regulations.
- ⌘ Ultimately such a code could be the EU equivalent to the US ASHRAE 90.1 standard, which is non-binding in itself but can be bought either wholly or in-part into national regulations

Une possibilité d'effort volontaire :labelling des projets de A à G



- ⌘ The difficulty in obtaining the best grades (closer to A) should be increasing and involve not only the manufacturer but also other elements of the chain.
- ⌘ Moving from G to F or E might be based only on full-load ratings i.e. readily available EER values.
- ⌘ Following these measures the importance of system design cannot be neglected.
- ⌘ A designer could refer to a design procedure proving he has considered all cost effective options of the project. and reached a certain performance level like C (- 25 %) or B(-50 %) or even A (- 75%) compared with the average European performance level, just as is currently the case in the US Energy Star for buildings scheme.



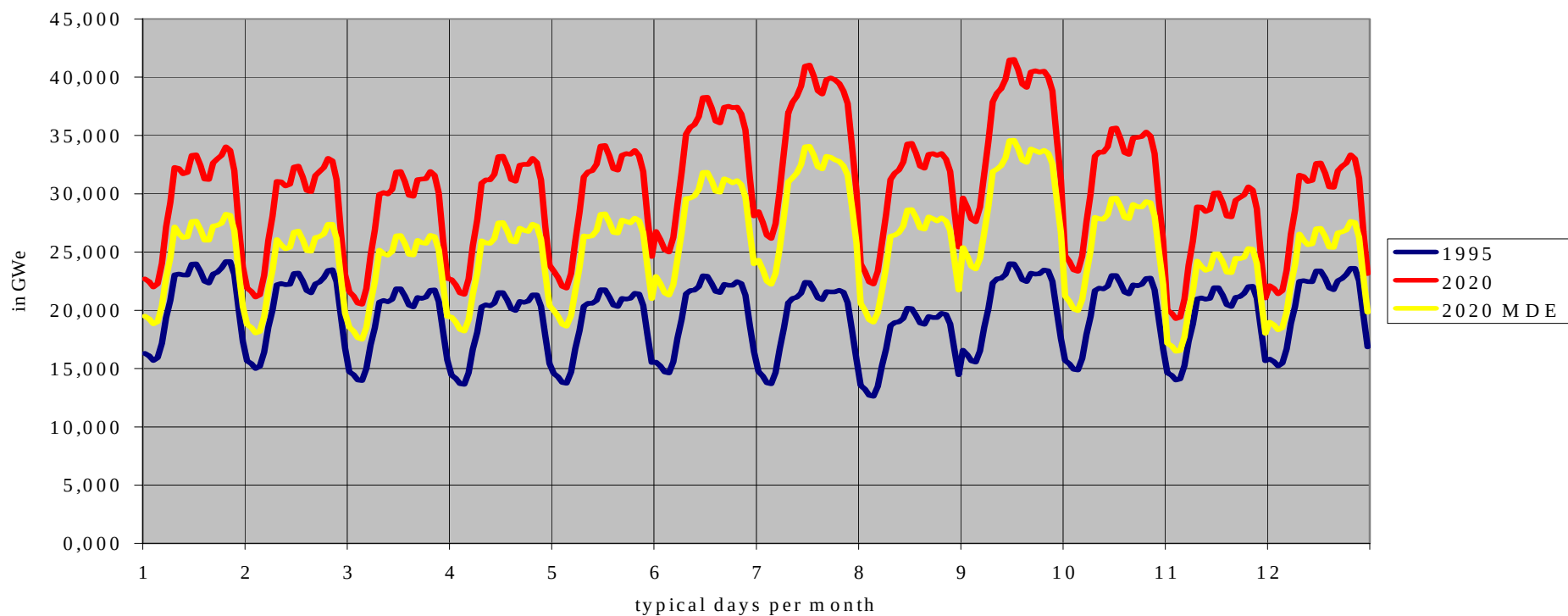
Problèmes induits sur le réseau électrique, principalement à venir

On s'intéresse à l'efficacité économique :
comment être sûr que celui qui entraîne des
dépenses les paye (internalisation)

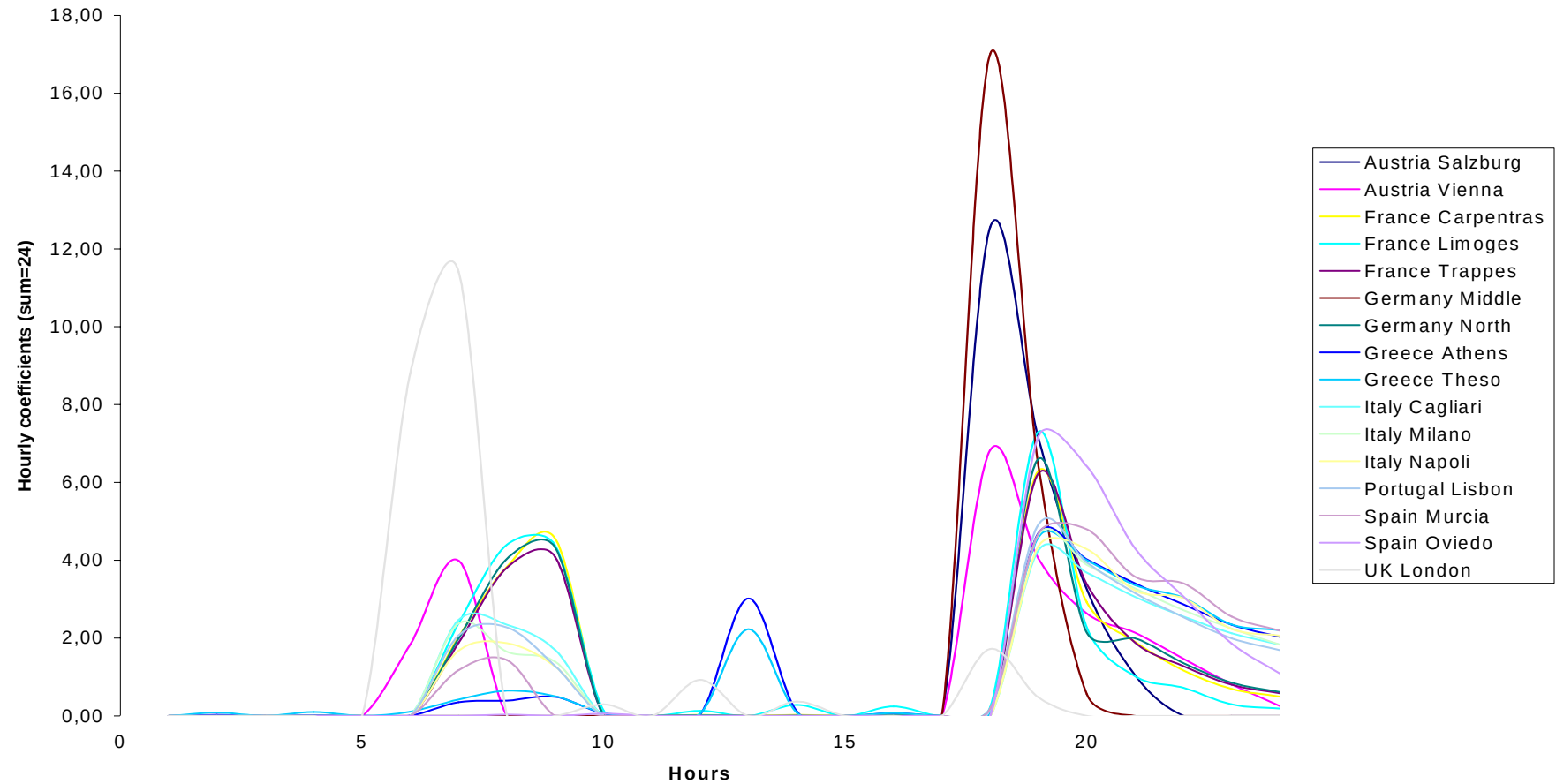
La clim. et la pointe du réseau....

- ⌘ 4 Med countries become summer peaking-Spain here (Inestene)
- ⌘ Three peninsula not well connected

Load curves for 1995 and 2020



Approche par simulation



Demande du parc de climatiseurs selon occupation (variable), pays, secteur puis globalisation EUR15

Load curve in E.U in August 2020 under B.A.U scenario

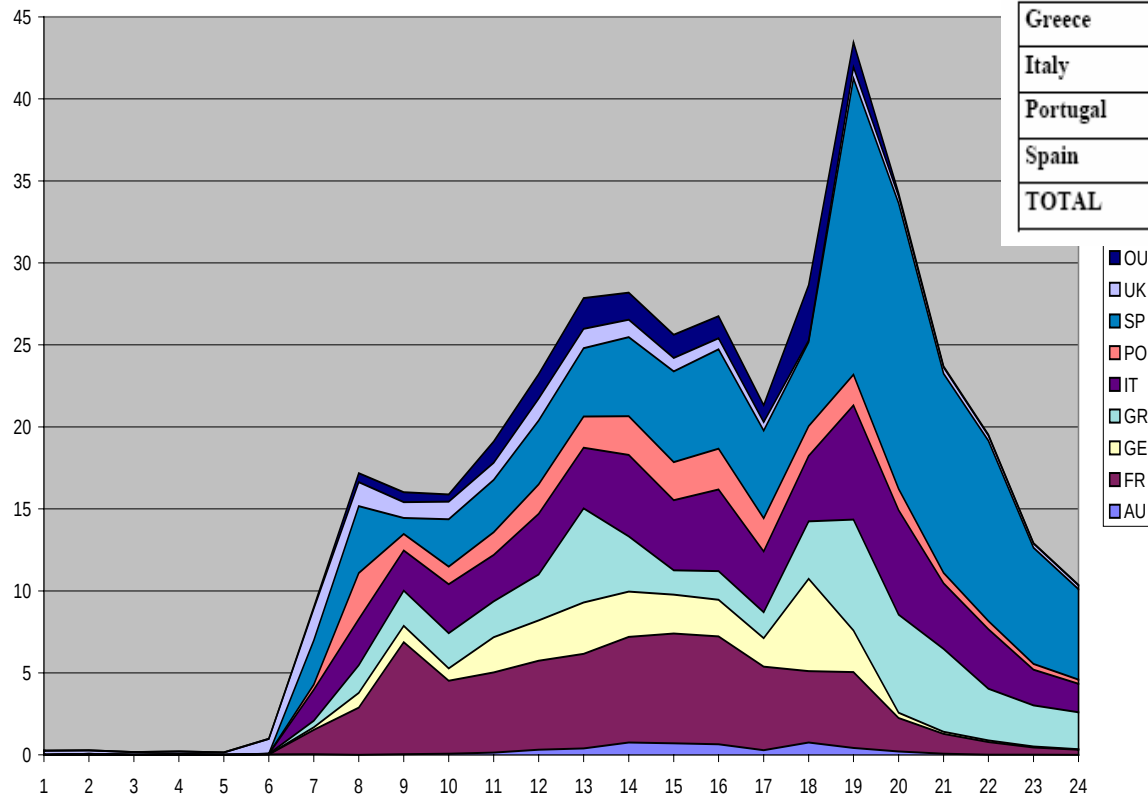
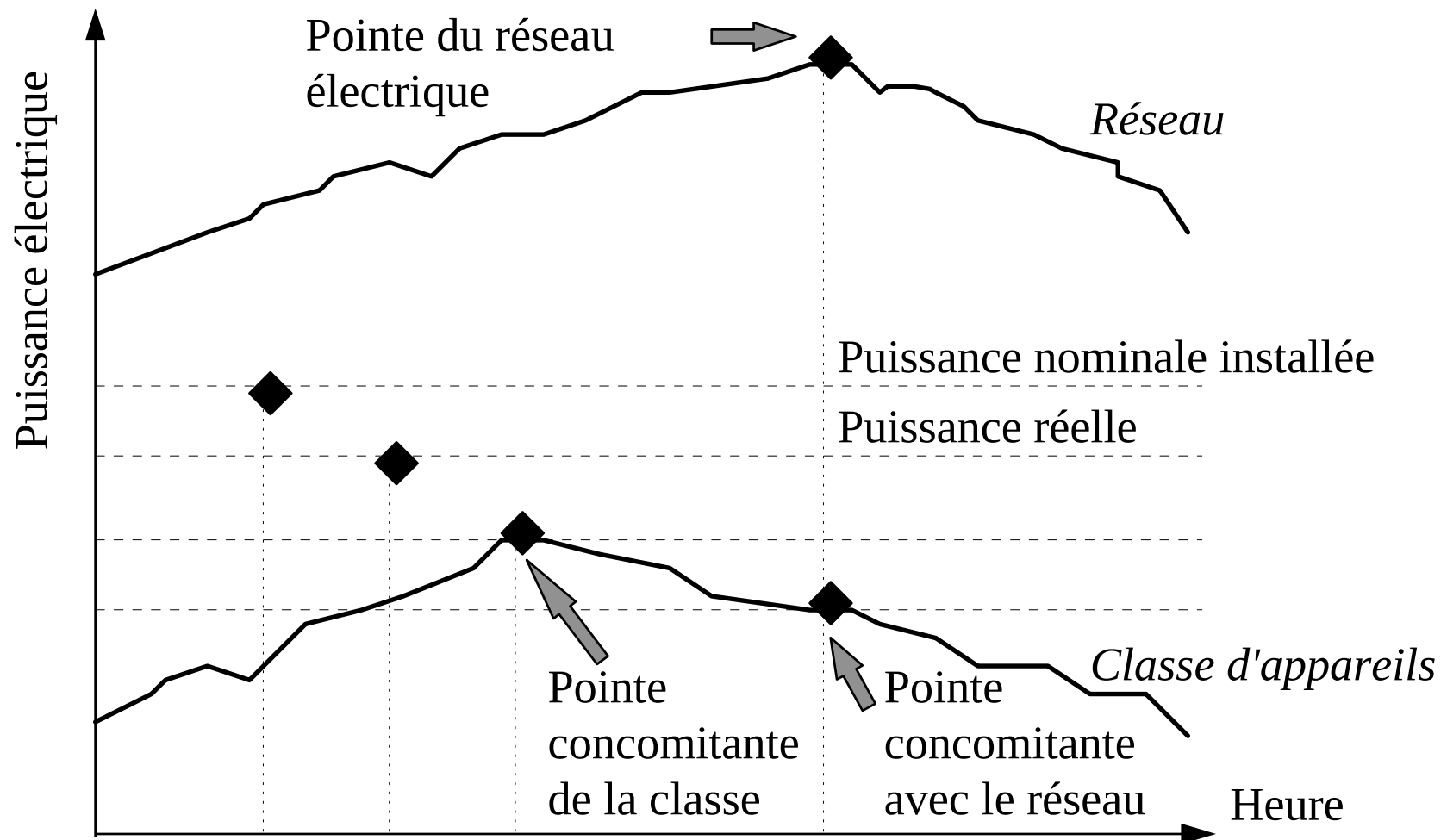


Table 8.15 Estimated utility capacity investments to accommodate RAC peak power demand

	Additional Capacity (MW)	Additional Investment
Greece	1500	825 M-Euro
Italy	3500	1925 M-Euro
Portugal	300	165 M-Euro
Spain	2500	1375 M-Euro
TOTAL	7800	4290 M-Euro

Analyse marginale des usages (puissances coïncidentes)



Seule la puissance coïncidente (avec la pointe) et non couverte par l'hiver correspond au coût de la clim.

Table 8.15 Estimated utility capacity investments to accommodate RAC peak power demand

	Additional Capacity (MW)	Additional Investment
Greece	1500	825 M-Euro
Italy	3500	1925 M-Euro
Portugal	300	165 M-Euro
Spain	2500	1375 M-Euro
TOTAL	7800	4290 M-Euro

La nouvelle ligne France Espagne?



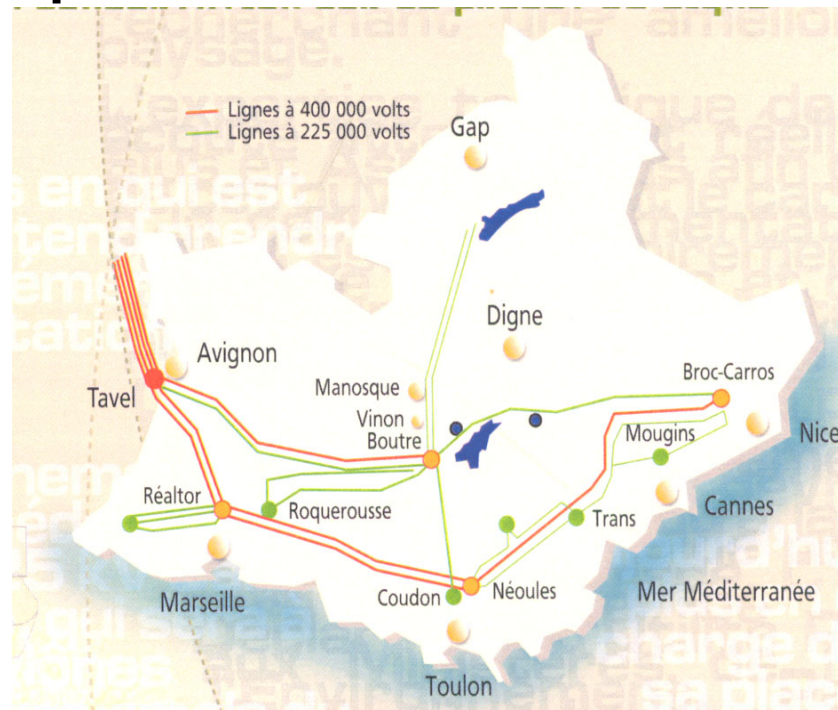
Sécurisation de l'alimentation électrique de l'Est PACA

⌘ Données électriques

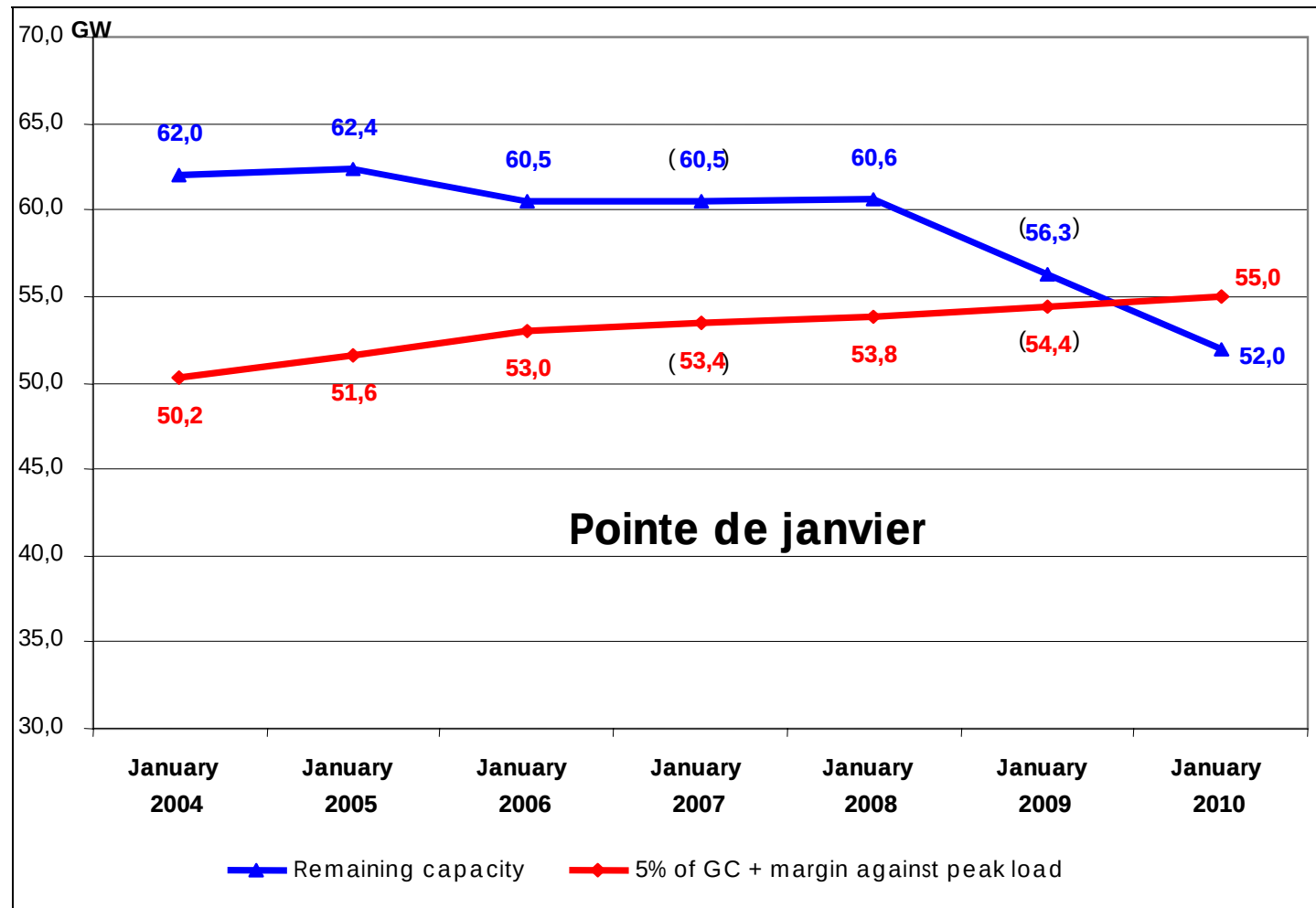
Consommation: 32 TWh

Production: 17 TWh

- hydraulique (65%)
- centrales thermiques (16%)
- autoproduction (17%)
- déchets (2%)



En France la pointe de Janvier est la seule qui demanderait des investissements si l'UE était un marché unifié et si on néglige les problèmes transport intérieurs



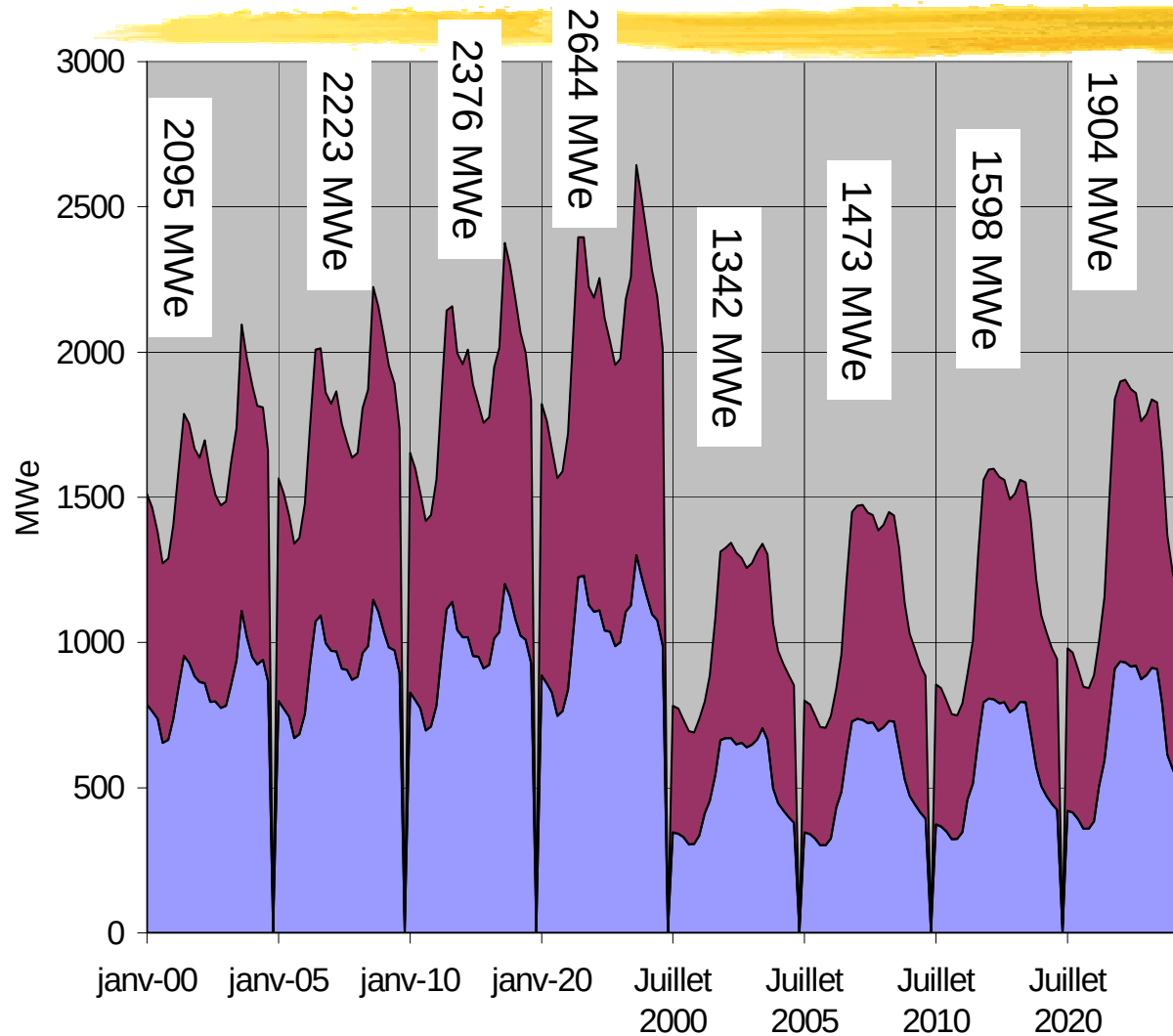
Problème d'alimentation électrique de l'Est PACA



Croissance des consommations

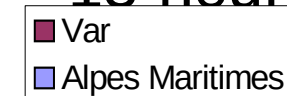
- ⌘ Projet de création d'une ligne 2 x 400 kV entre Boutre et Carros
- ⌘ Débat public sur saisine des ministères de l'industrie et de l'environnement et de la Fédération France Nature au printemps 1998
- ⌘ Décision interministérielle du 5 Juillet 2000:
 - ☒ remplacement de la ligne 225 kV par une 400 kV
 - ☒ programme ambitieux de MDE

Evolutions des puissances

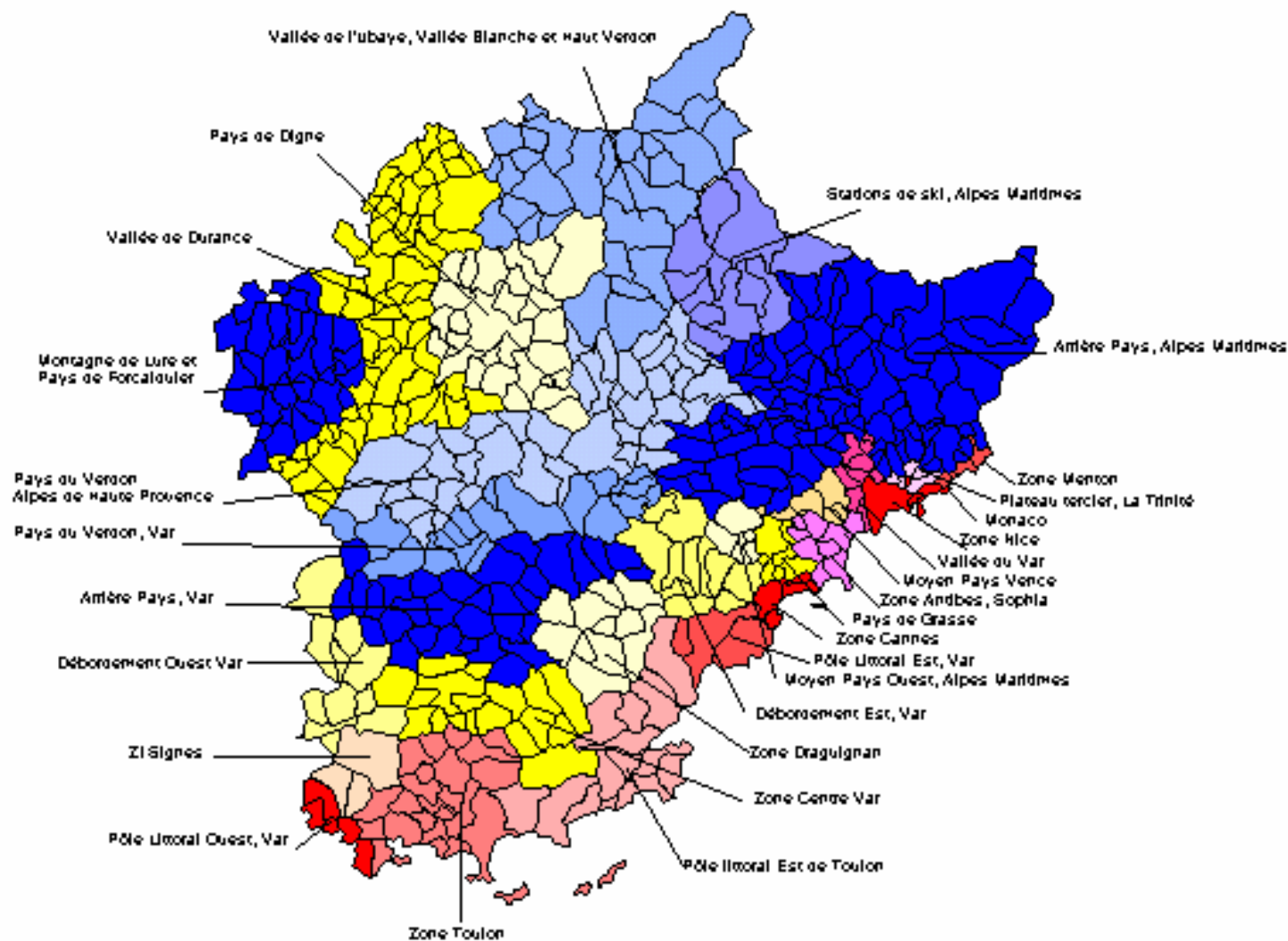


✂ la pointe d'hiver est à 19 heures

✂ la pointe d'été est à 13 heures

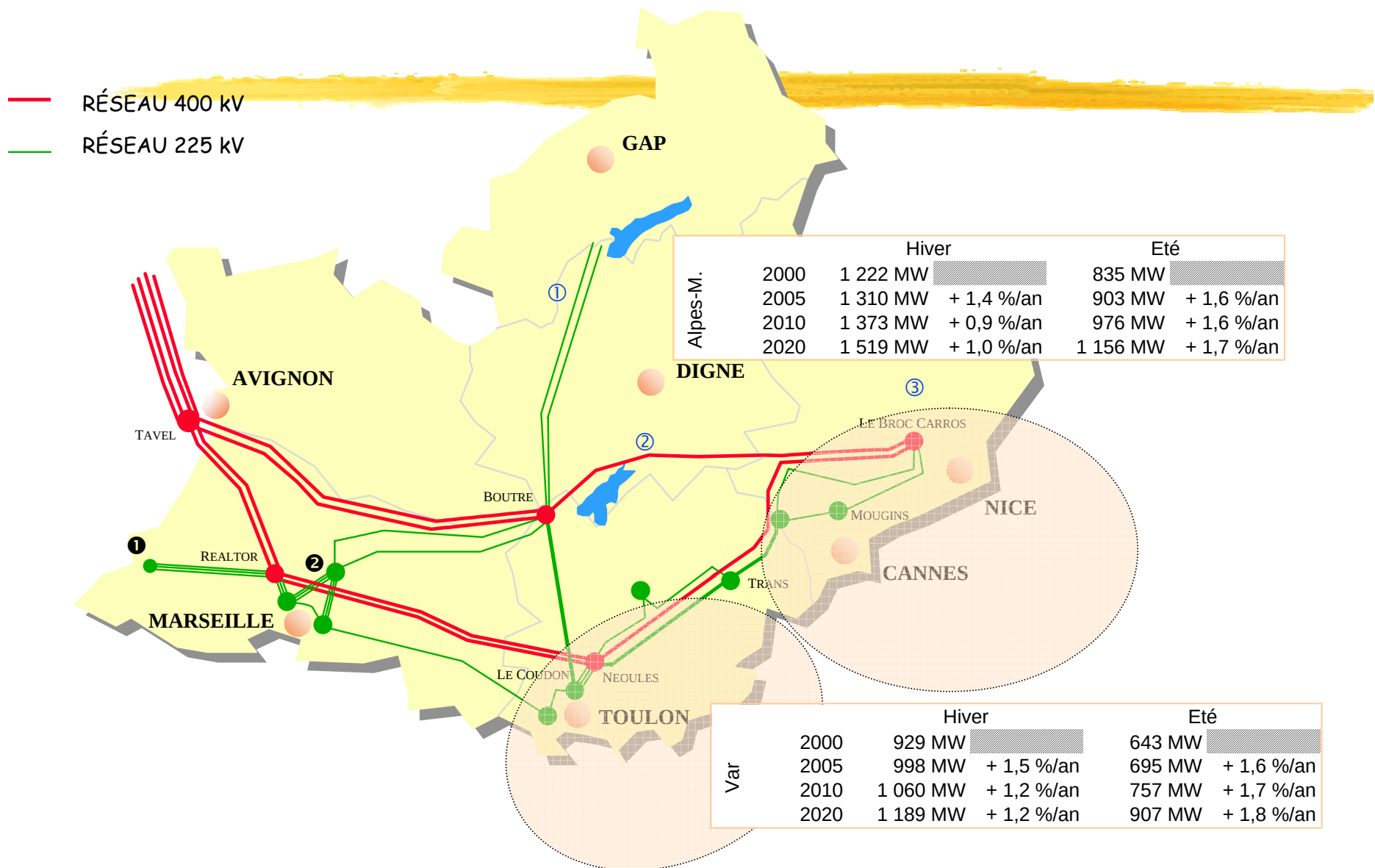


27 zones à modéliser



PRÉVISIONS DE CONSOMMATION

2005 / 2010 / 2020



Organisation du projet MDE

⌘ Comité de pilotage présidé par le préfet du 06

- ☐ Constitution: financeurs (Etat, Région, Conseils généraux, villes, ADEME, EDF)

- ☐ Rôle: fixe la stratégie , valide et pilote le projet

⌘ Comité technique

- ☐ Constitution: experts des membres du comité de pilotage, experts issus des associations, socio-professionnels

- ☐ Rôle: proposer un plan d 'action au comité de pilotage

⌘ Structure opérationnelle (GIP?)

⌘ Budget: entre 100 et 200 MF

Actions décidées



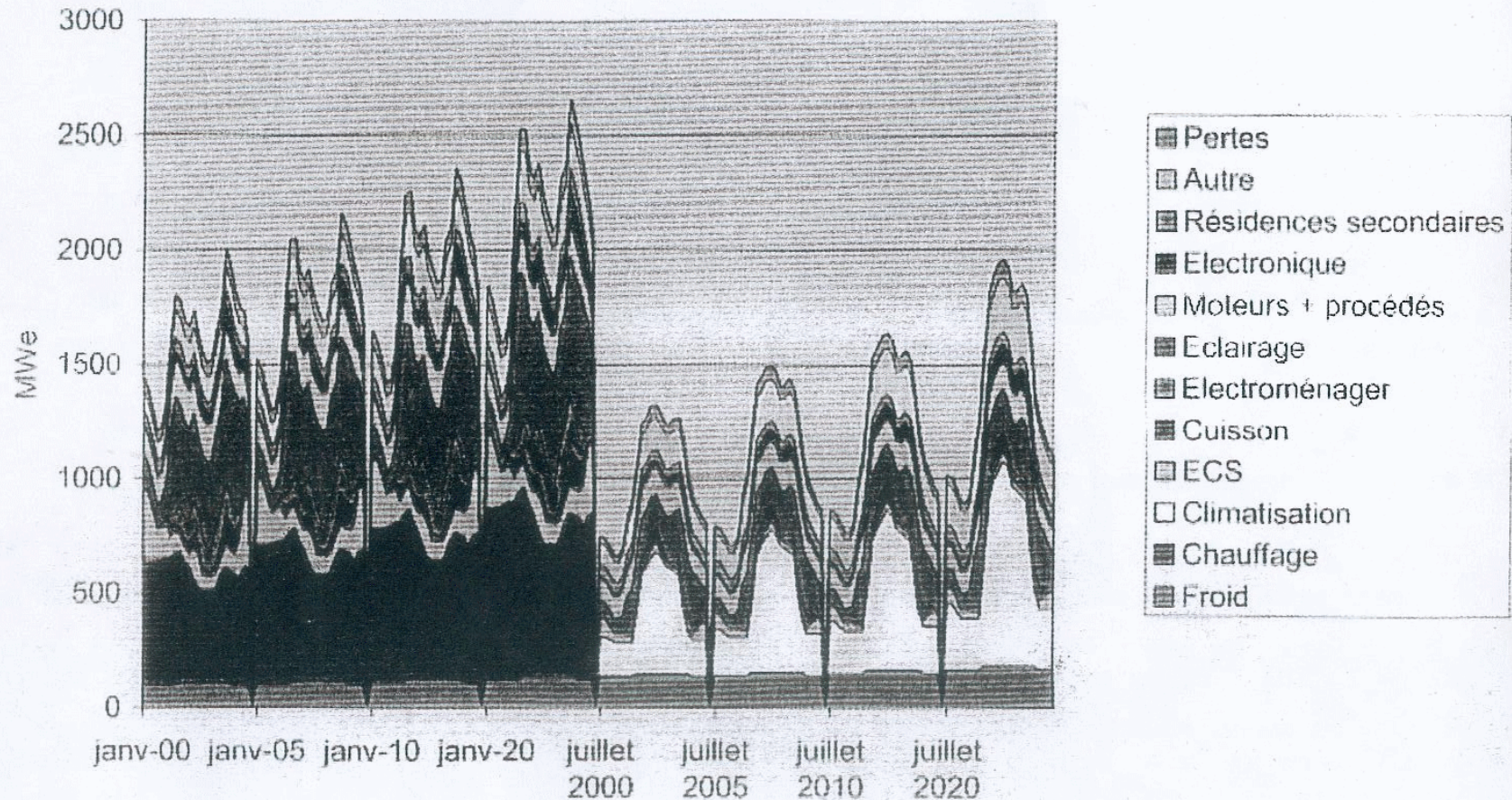
⌘ Etudes préalables

- ☒ - connaissance de la zone (déterminants actuels et futurs)
- ☒ - analyse des comportements et attentes en matière de consommation d'énergie et de MDE/ENR
- ☒ - analyse du réseau électrique
- ☒ - potentiel de MDE et ENR

⌘ Conseil d'Orientation MDE/ENR sur les équipements des collectivités locales

Courbe de charge 06+83 par usage : l'été n'est pas dimensionnant en puissance totale mais en fiabilité (N+2)

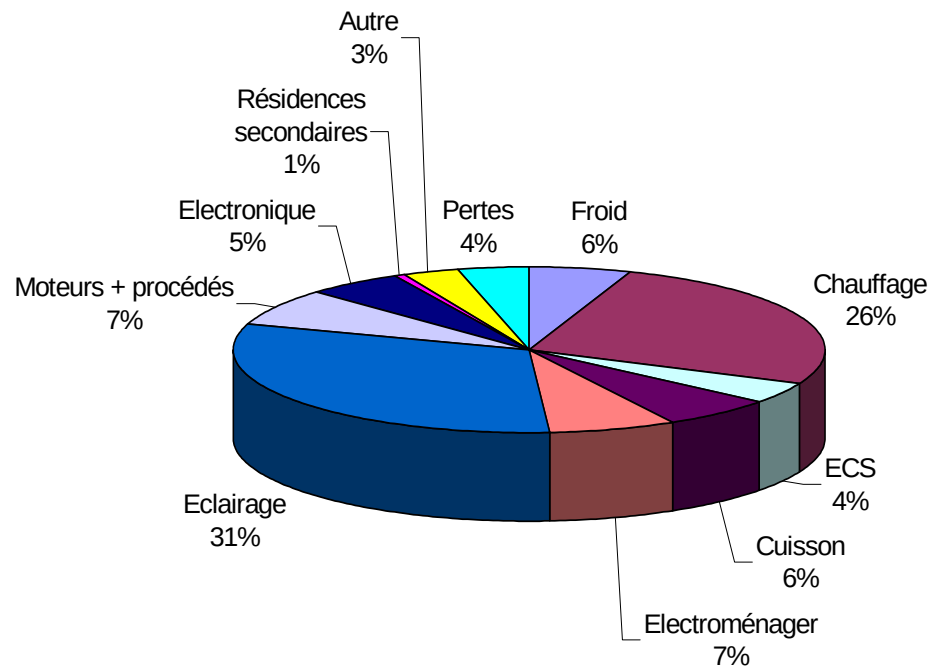
Figure 20. Evolution de la courbe de charge par usages, Alpes-Maritimes et Var



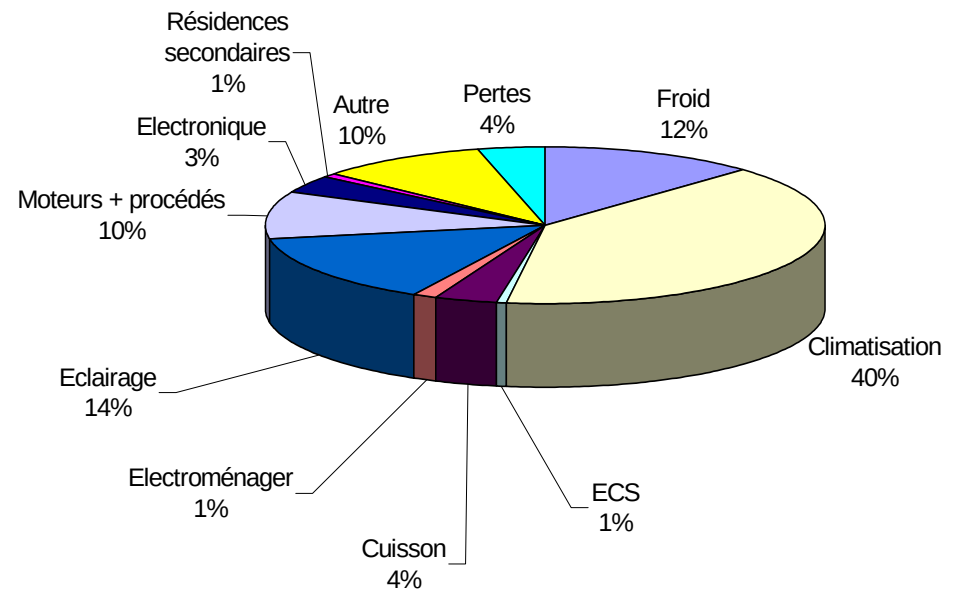
Source : étude Beture-Inestene préalable au PEE

Structure des puissances de pointe en 2000

Pointe hiver

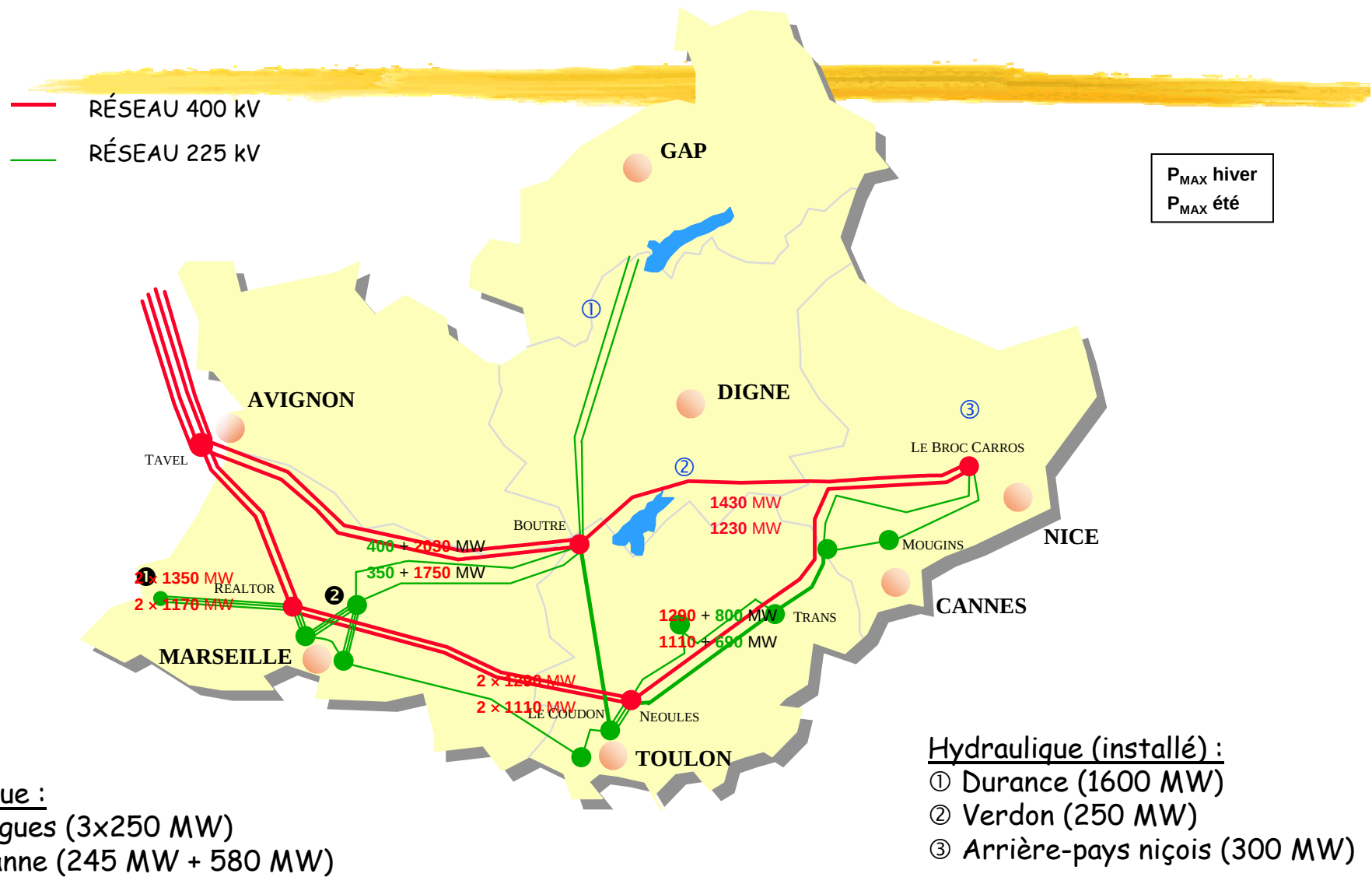


Pointe été

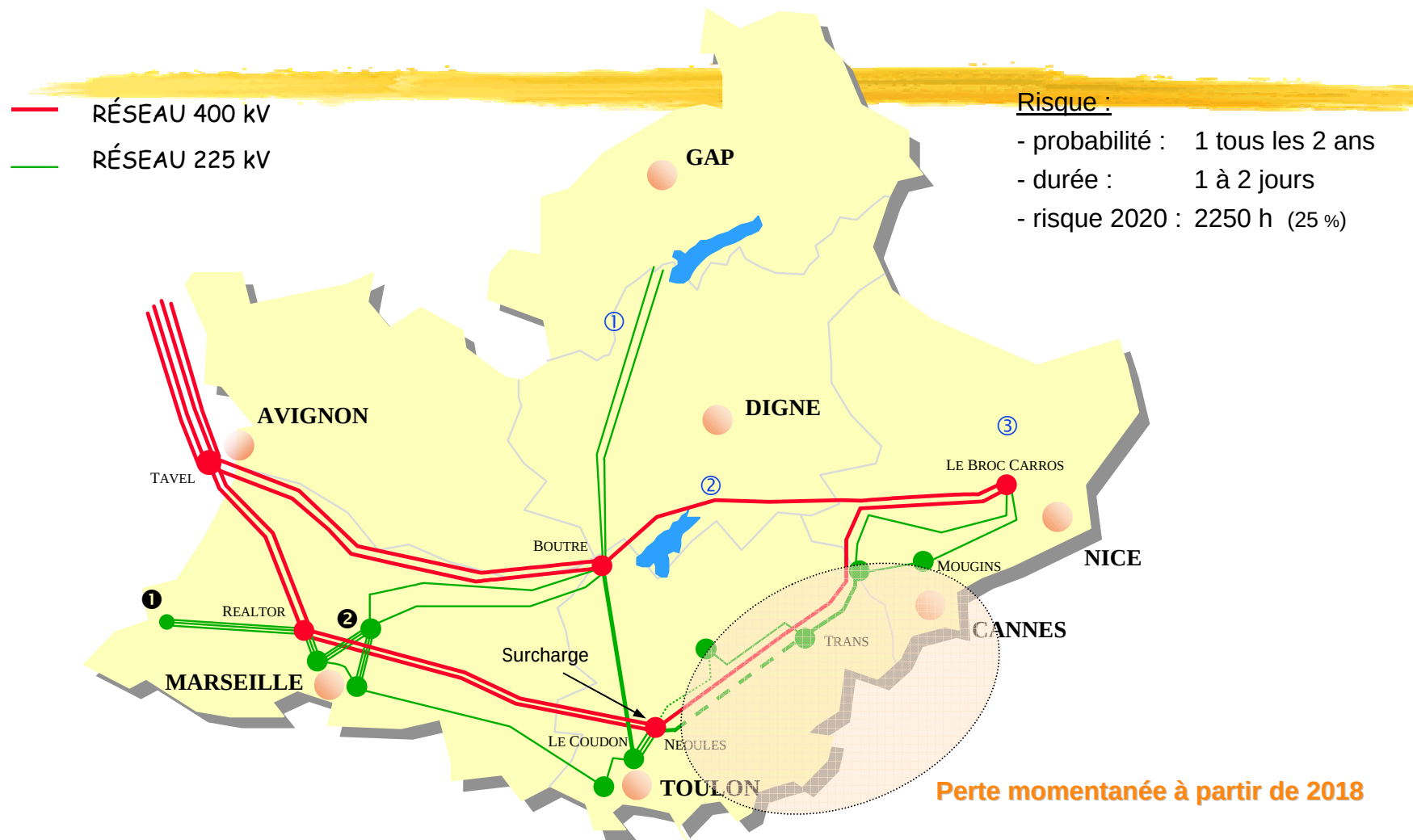


SYSTÈME ÉLECTRIQUE 2005 / 2020

PROVENCE - ALPES - CÔTE D'AZUR

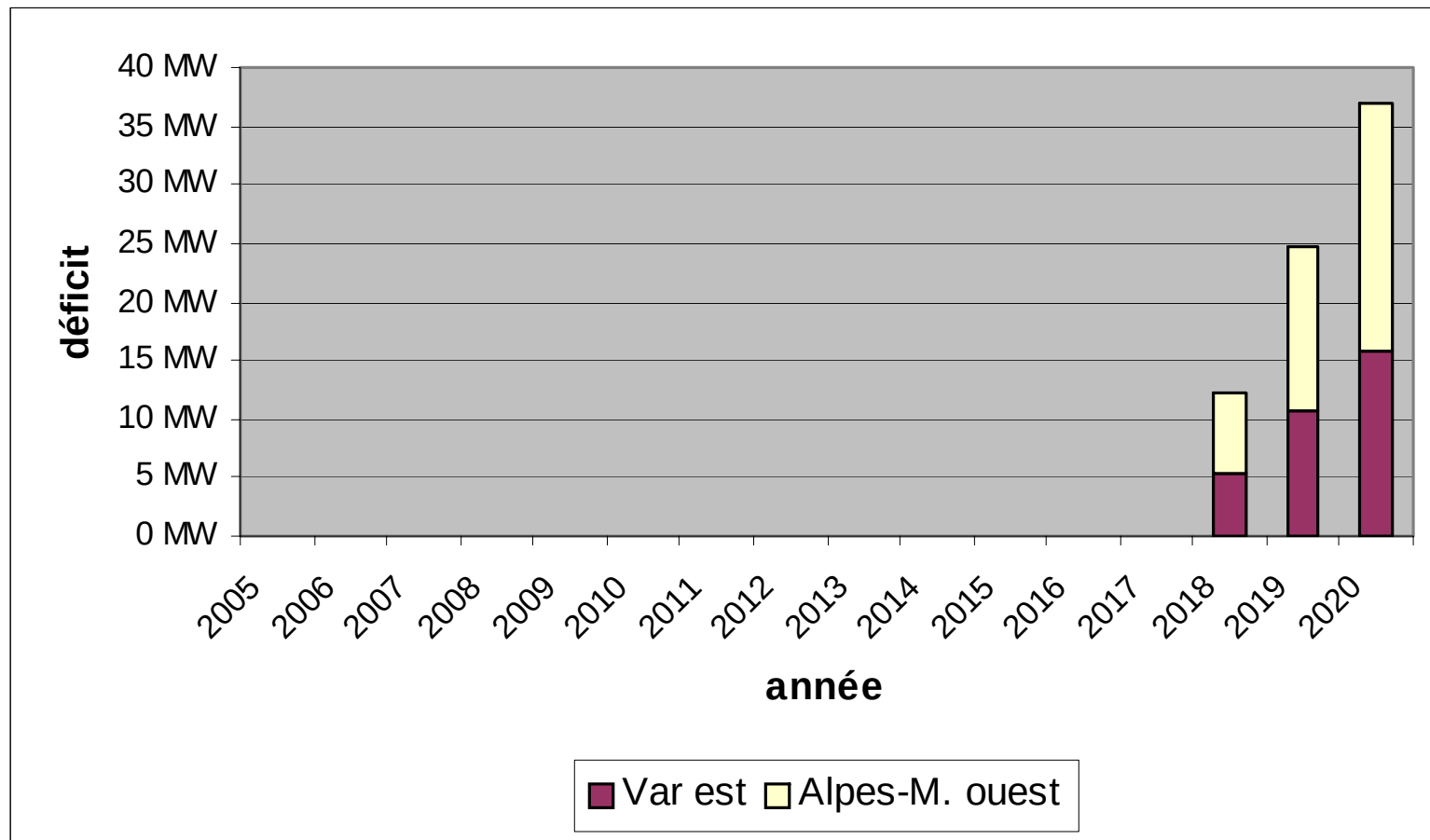


CONTRAINTE À LA POINTE HIVER INCIDENT NÉOULES / TRANS 225 kV



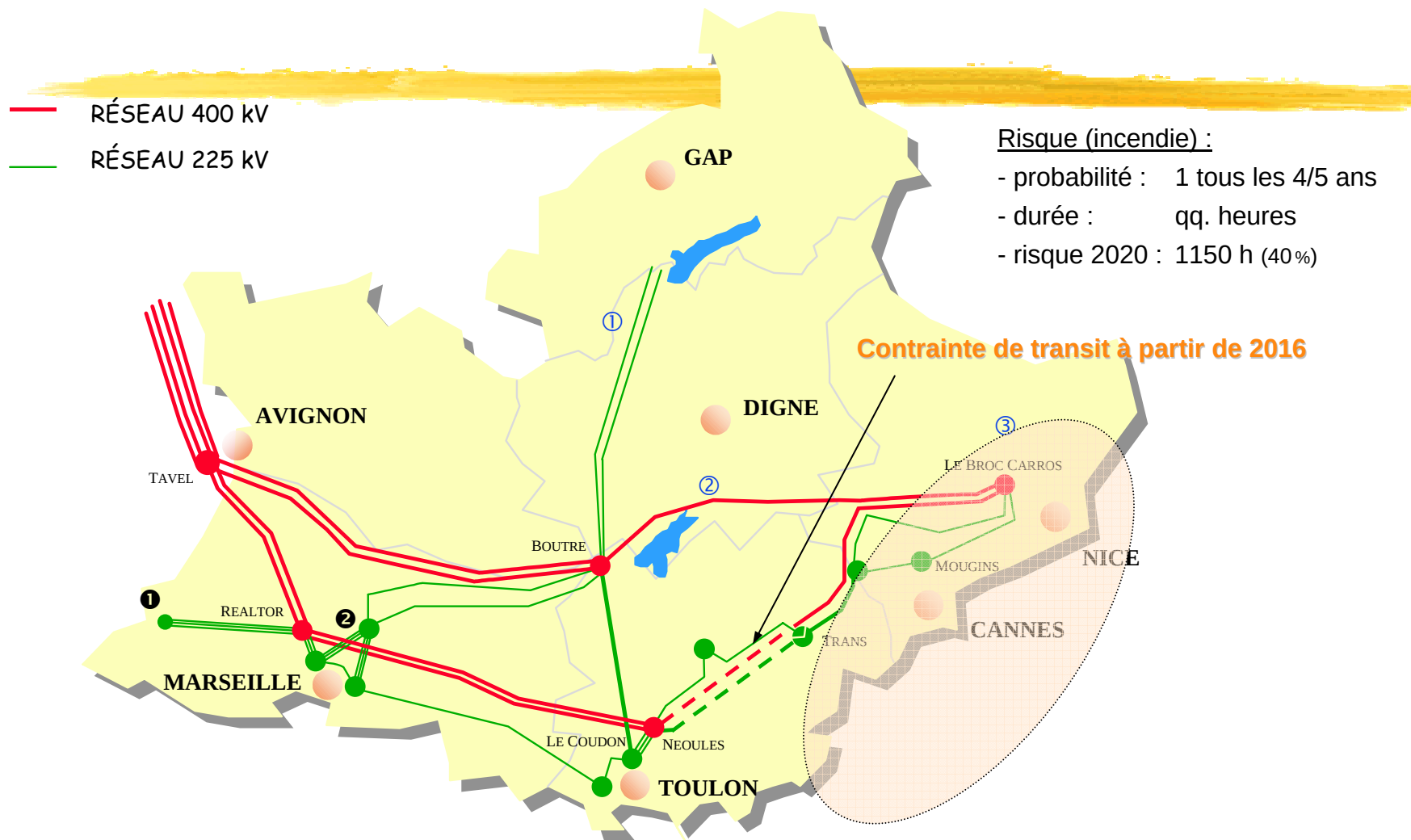
PUISSANCES NON GARANTIES PAR LE RÉSEAU

INCIDENT NÉOULES / TRANS 225 kV



CONTRAINTE À LA POINTE ÉTÉ

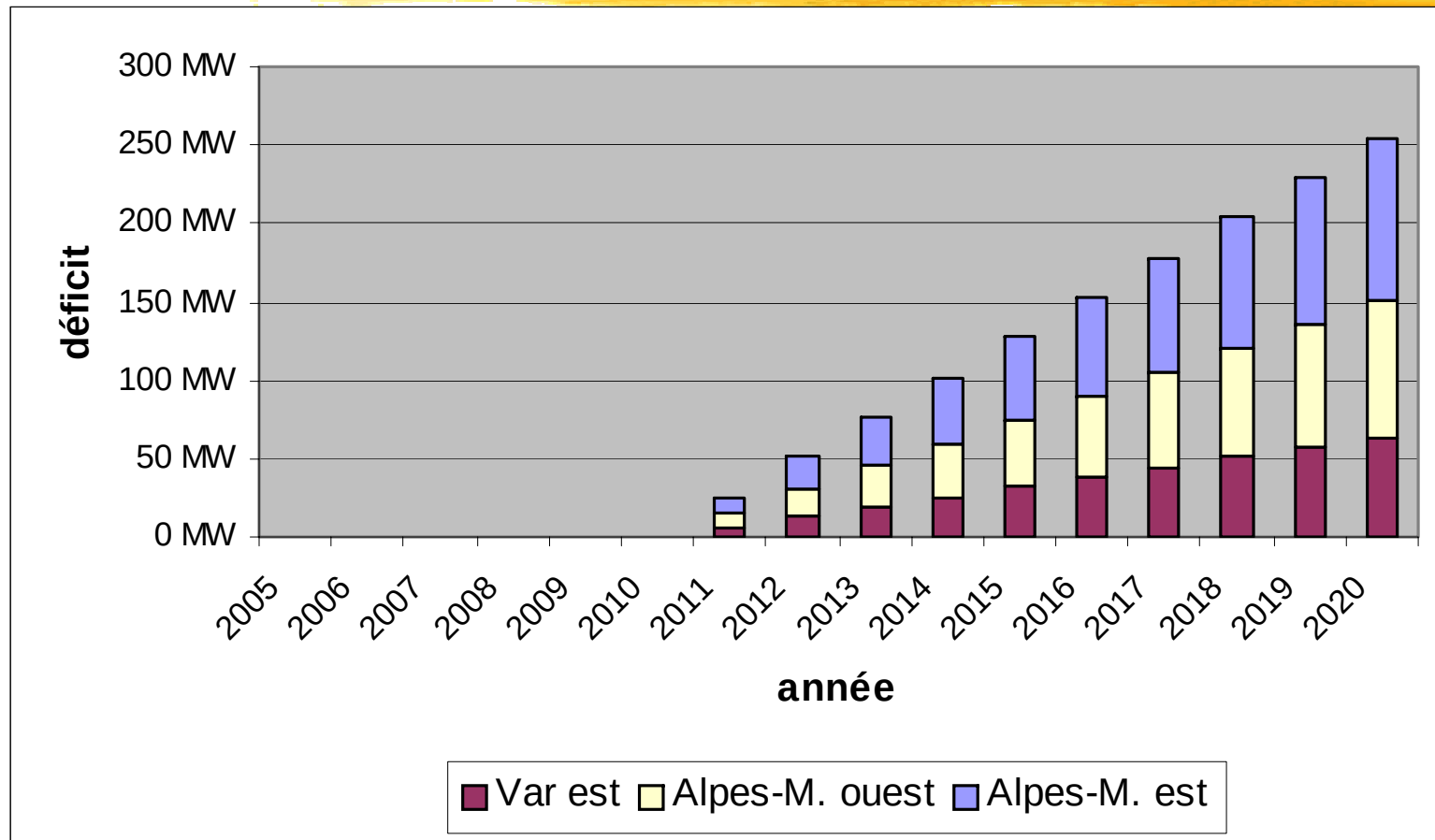
INCIDENT NÉOULES / BROCC CARROS 400 kV & NÉOULES / TRANS 225 kV (2b/2)



PUISSANCES NON GARANTIES PAR LE RÉSEAU

INCIDENT NÉOULES / BROCC CARROS 400 kV & NÉOULES / TRANS 225 kV

ÉCROULEMENT DE TENSION



Conclusion

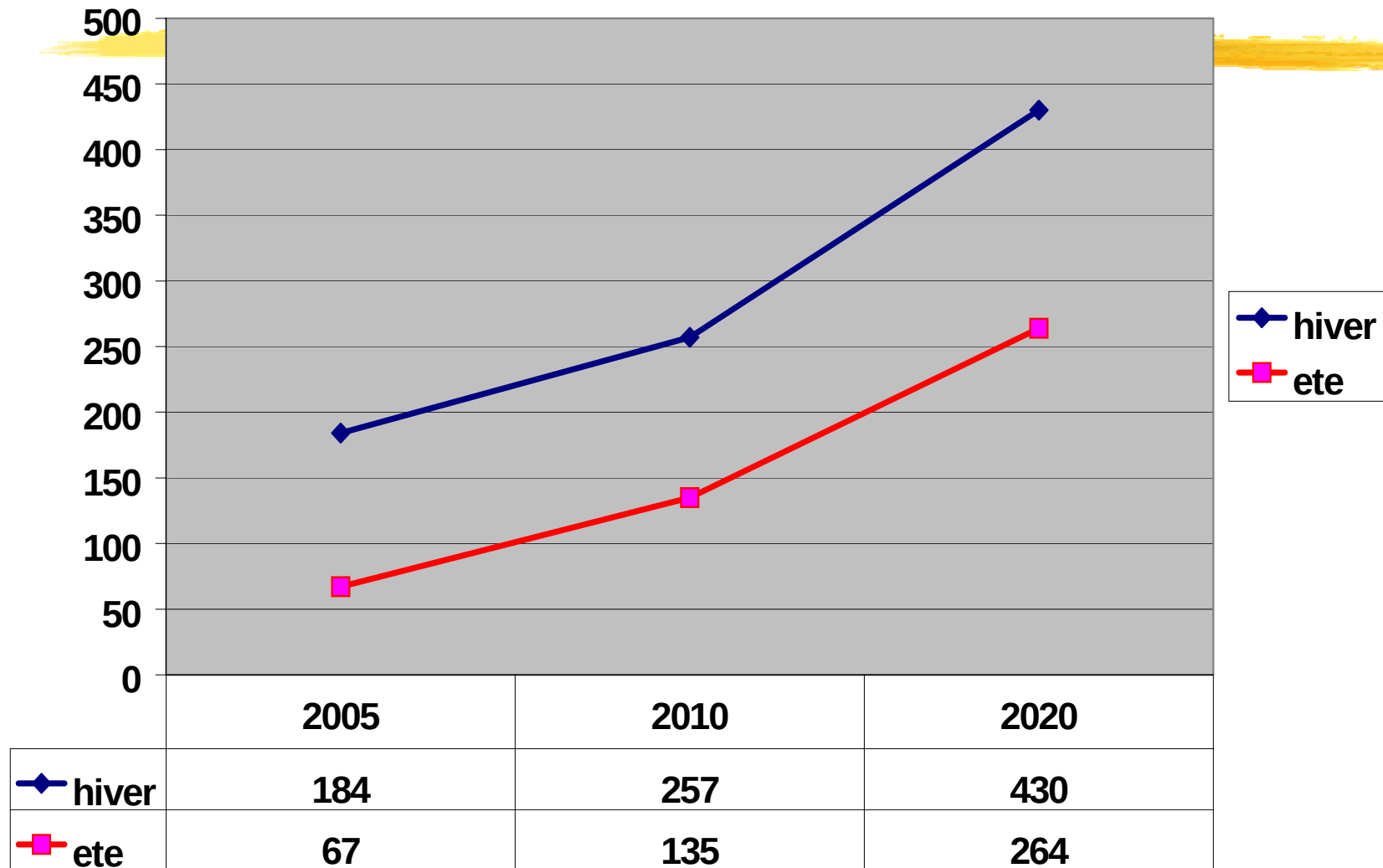
Puissance non garantie par le réseau à la pointe 2020 :

- ❖ pour l'est du Var (Draguignan, Centre Var, Littoral est Var & Débordement est Var)
 - ▷ l'hiver, environ 20 MW
 - ▷ l'été, environ 50 MW
- ❖ pour l'ouest des Alpes-M. (Ouest Alpes-M., Cannes, Grasse, Antibes/Sophia)
 - ▷ l'hiver, environ 25 MW
 - ▷ l'été, environ 65 MW
- ❖ pour l'est des Alpes-M. (Vence, Vallée du Var, Nice, Monaco, Menton ...)
 - ▷ l'hiver, environ 20 MW
 - ▷ l'été, environ 80 MW

La contrainte réapparaît:

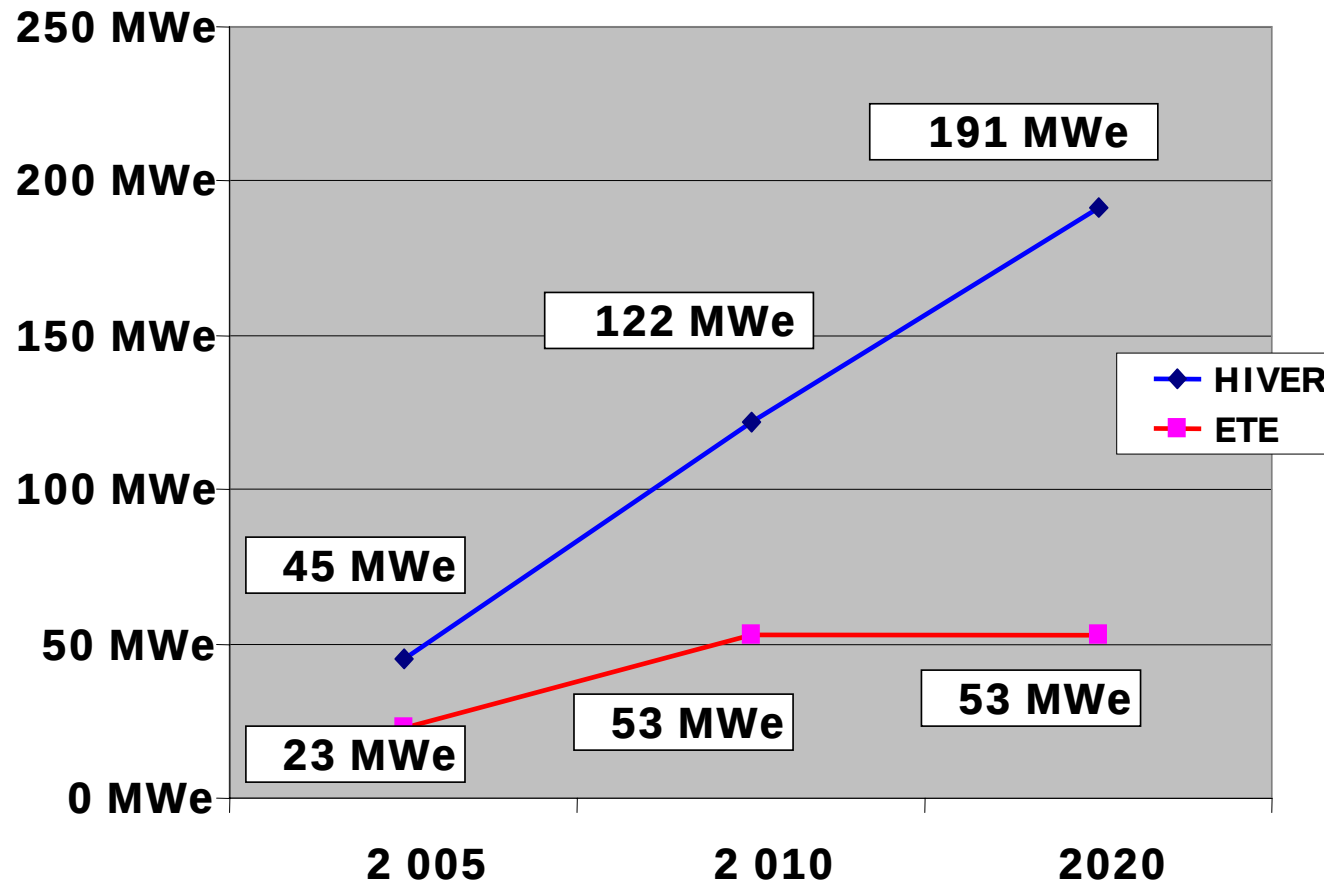
- en 2018 en hiver
- en 2016 en été

Marché potentiel MDE (MWe)



Marché potentiel accessible PDE et EnR

POTENTIEL ACCESSIBLE



Un programme cadre, 16 actions ...

1	Communication – Information
2	Sensibilisation – Formation - Structuration de réseaux
3	Diffusion massive de LBC préfinancées et préfinancement d'électroménager performant + LBC
4	Distribution de LBC, interrupteur de veille, programmeurs dans le secteur social
5	Promotion de l'éclairage performant dans le secteur tertiaire
6	Diffusion massive de programmeurs délesteurs
7	Réhabilitation résidentiel
8	Réhabilitation bâtiments existants du secteur tourisme
9	Intervention directe auprès des gros consommateurs, santé, industrie, tertiaire
10	Action résidentiel et tertiaire neuf
11	Production décentralisée Tri et Cogénération, Biogaz et Micro Hydraulique, Pile à combustible
12	Eau chaude sanitaire résidentiel et tertiaire BT
13	Photovoltaïque connecté au réseau
14	Soutien à la filière bois
15	L'Etat, les institutionnels, les collectivités territoriales, EDF et ADEME montrent l'exemple
16	Evaluation

Jérôme Adnot, Matthieu Orphelin et Philippe Rivière,
Ecole des Mines, à partir des résultats de divers
groupes de travail

" Développement de la climatisation en Europe et impacts sur le réseau électrique "

Quelques questions :

Suivi et évaluation des actions de MDE?

Audit des installations de climatisation existante?

Interaction Clim. / Marché libre Electrique ?

La directive PEB va-t-elle réaliser une partie des
actions possibles?

Les raisons du choix clim/non clim et la continuité
réglementaire sur la frontière?