

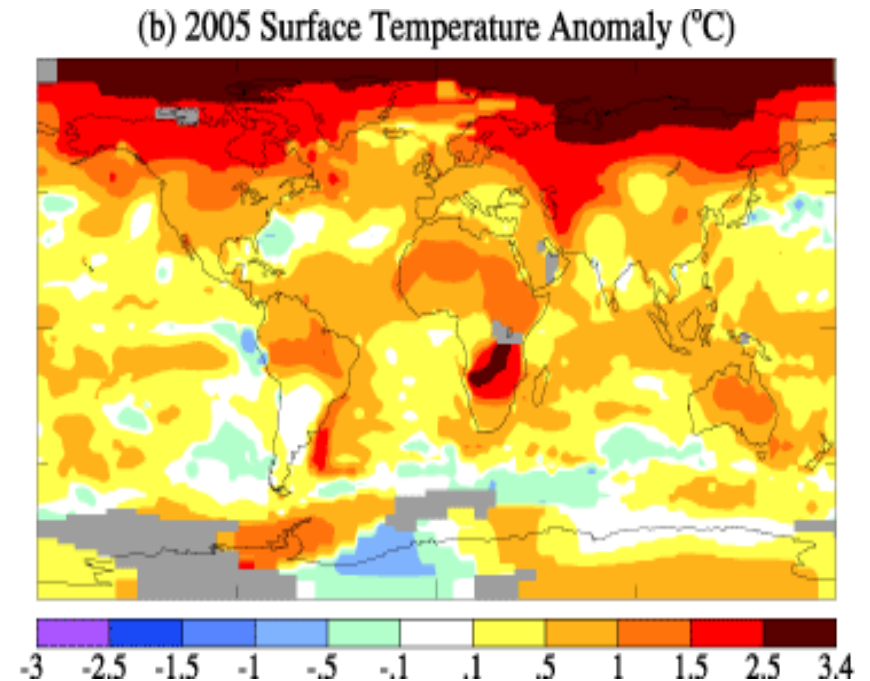
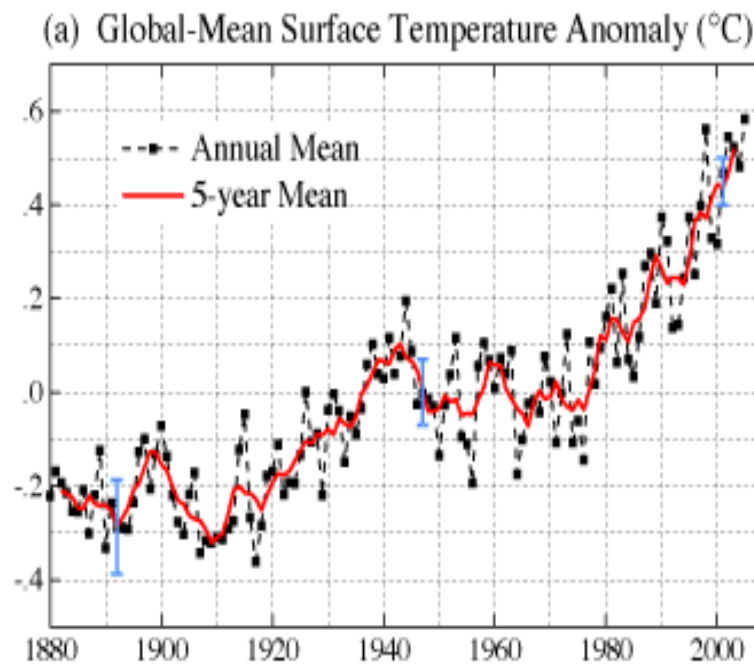
Conséquences du changement climatique en France et adaptations territoriales

Dominique Dron

Ecole des Mines de Paris / CEP

IHEDATE 16-17 novembre 2006

Les données plus récentes confirment les précédentes: la température globale de surface de la Terre augmente...



GISS, 2006

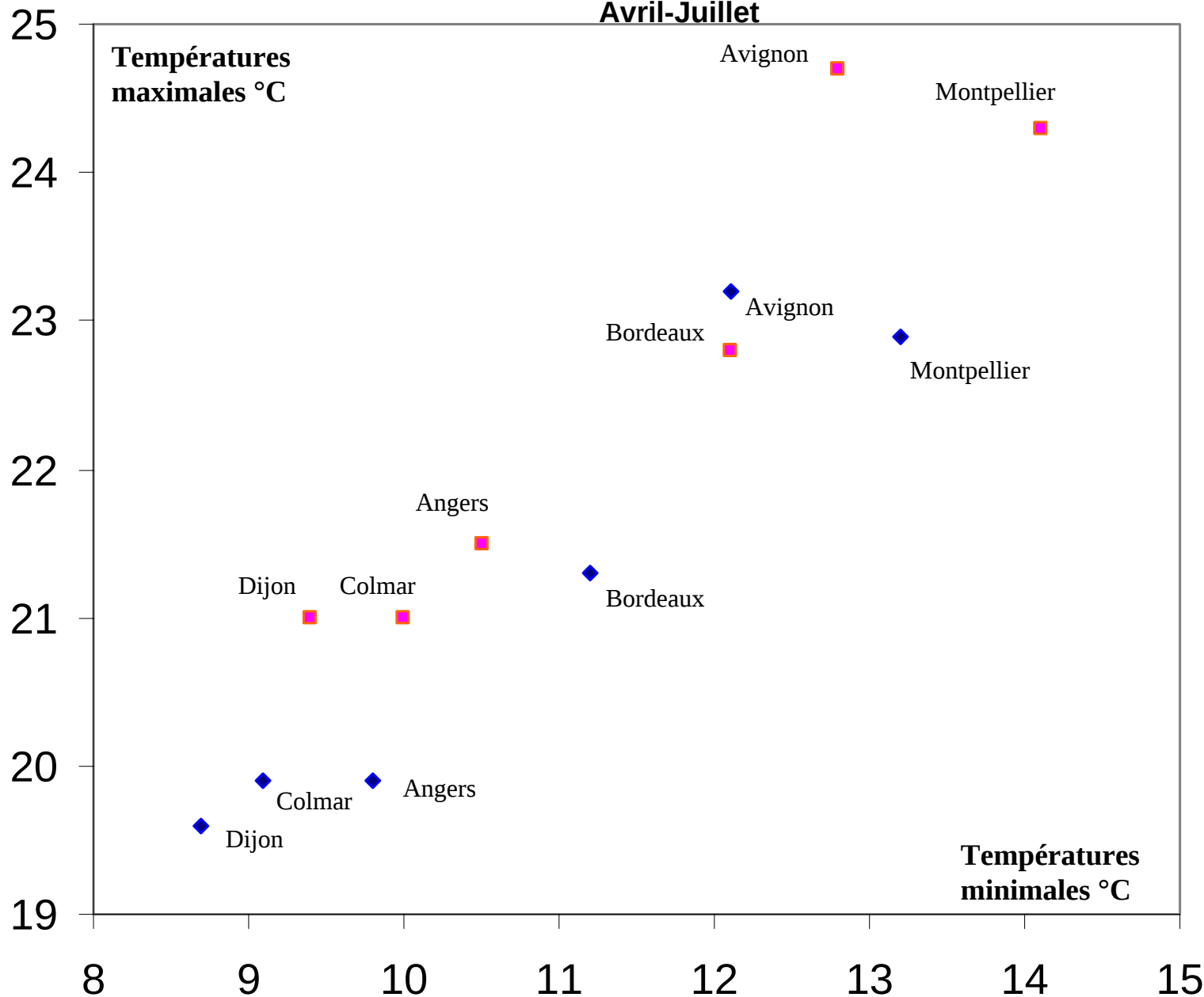
Avril-Juillet

Températures
maximales °C

Conditions
des
vignobles

Source
INRA

◆ t-72/86
■ t-87/2002



Pénurie de légumes en Europe

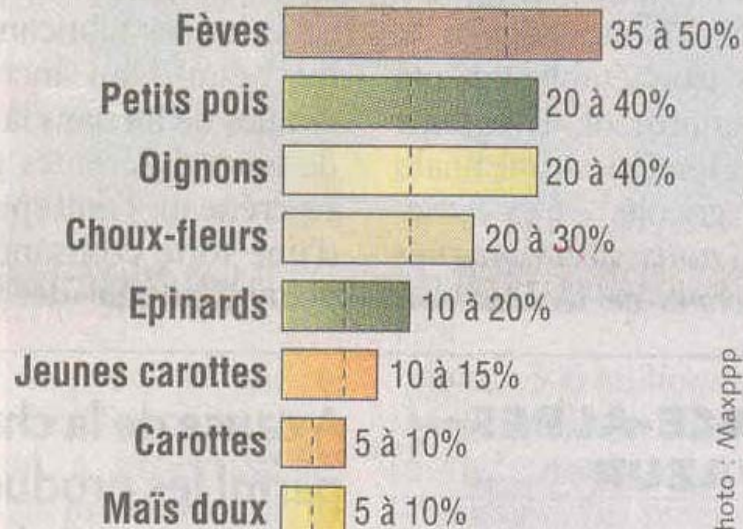
Les caprices de la météo estivale ont eu des effets ravageurs sur les récoltes légumières en Europe. Les spécialistes du secteur n'hésitent pas à parler de situation exceptionnelle. Confrontés à de réels problèmes d'approvisionnement, les industriels crient à la pénurie.

D'aucuns invoquent les changements climatiques et s'inquiètent de leur impact sur nos assiettes.

Le bilan dressé début septembre par l'Organisa-

Le déficit de légumes

Au 6 septembre 2006, en % du besoin des industriels



A un printemps anormalement froid et humide a succédé un été d'abord caniculaire, puis frais et pluvieux dans toute l'Europe du Nord, très dommageable pour la pomme de terre. L'Espagne – où, de mémoire de Madrilène, on n'a jamais fait la rentrée scolaire par 40 degrés – s'alarme des conséquences de la sécheresse dans le sud du pays pour les productions légumières de l'hiver.

Hausse des coûts

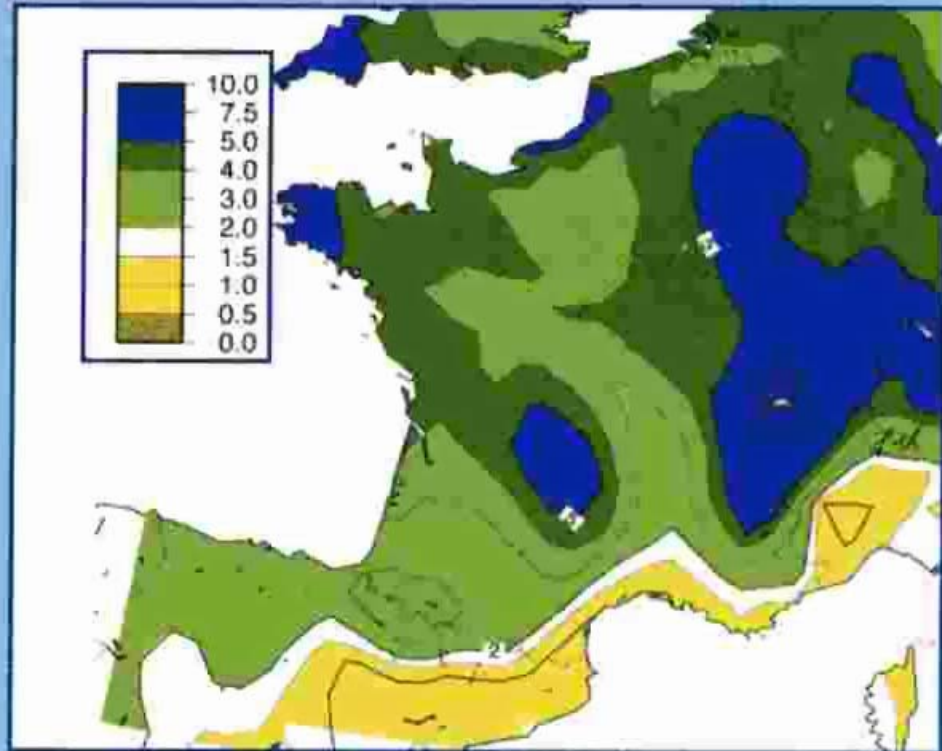
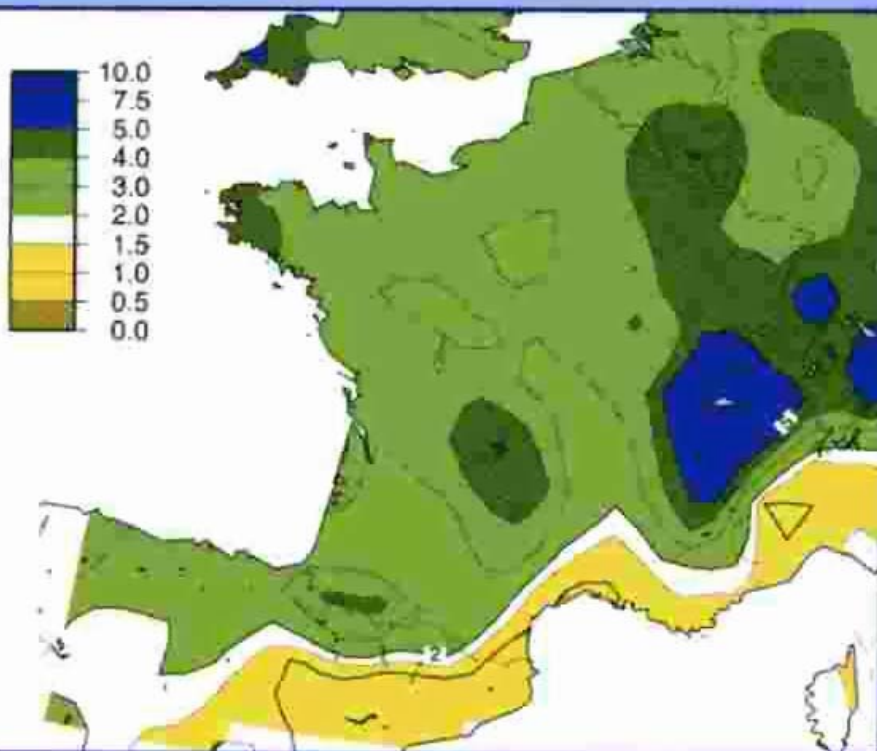
L'hiver en France au siècle prochain? A2

Source: Météo France, modèle ARPEGE-climat

Précipitations journalières moyennes (mm) décembre-janvier-février

Moyenne 1970 - 2000
Simulation de contrôle

Moyenne 2070-2100
Projection scénario A2



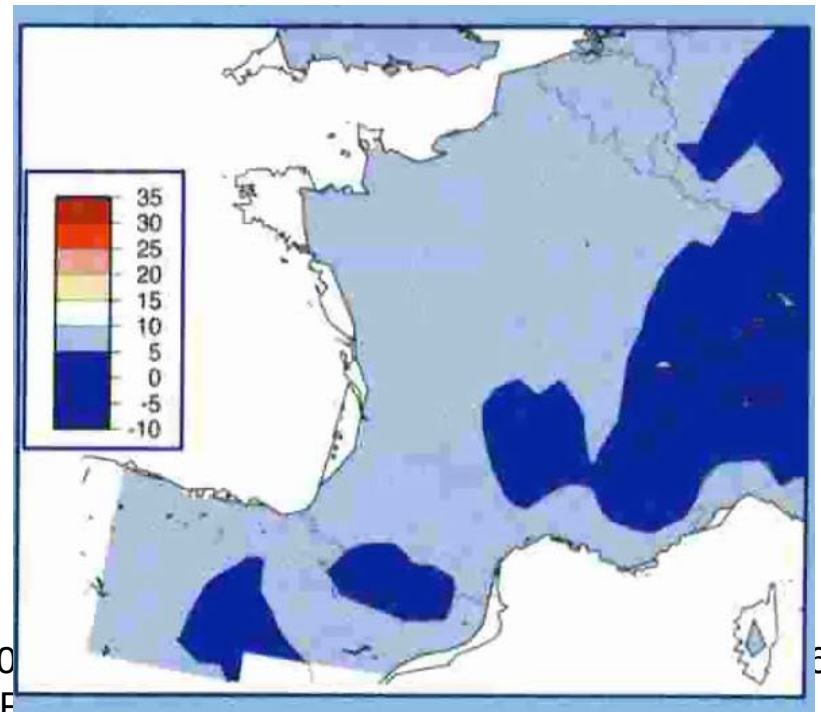
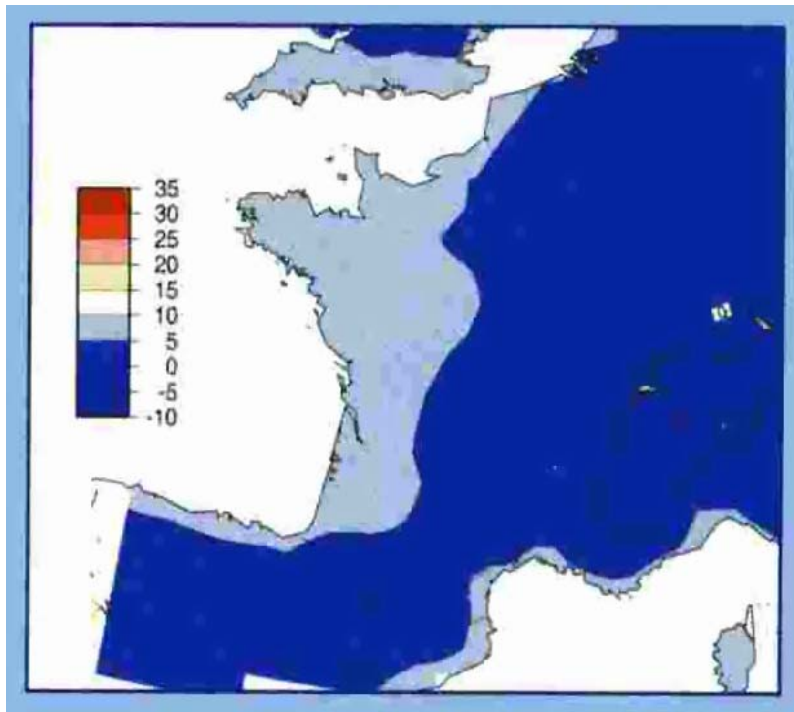
L'hiver en France au siècle prochain? A2

Source: Meteo France, modèle ARPEGE-climat

Températures moyennes (°C) Decembre-janvier-février

Moyenne 1970 - 2000
Simulation de contrôle

Moyenne 2070-2100
Projection scénario A2

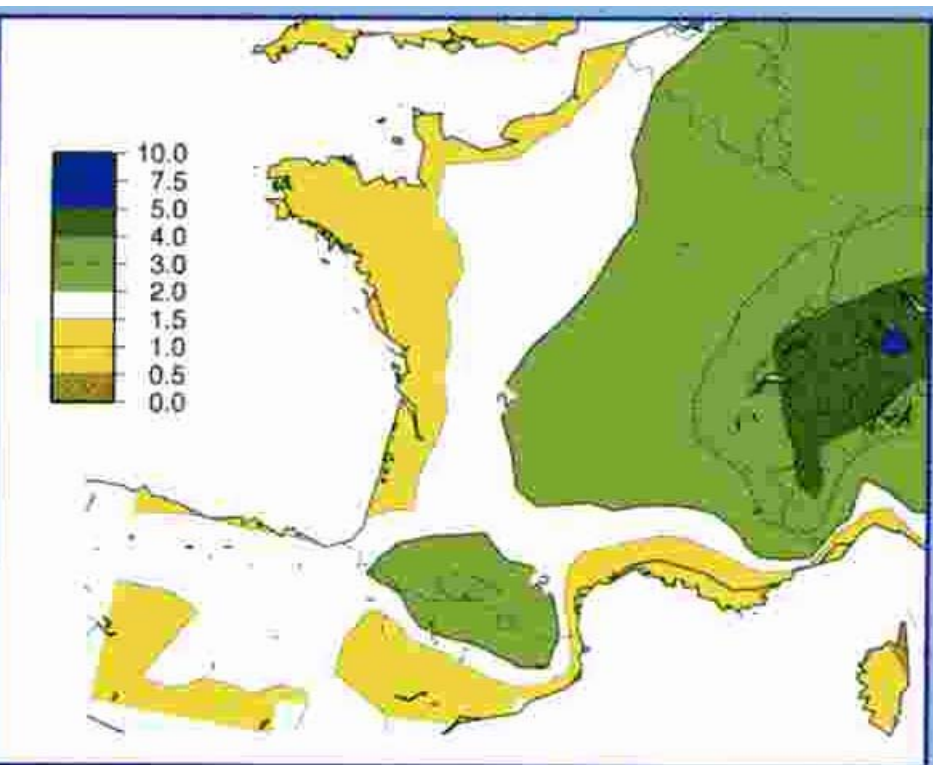


L'été en France au siècle prochain? A2

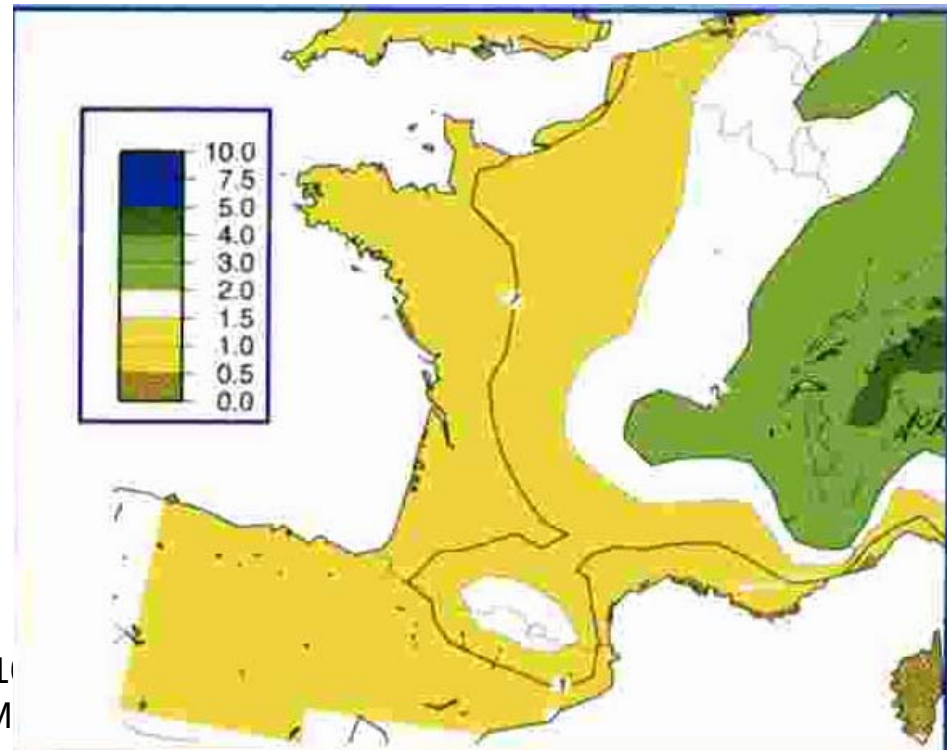
Précipitations journalières moyennes (mm) juin-juillet-août

Source: Météo France, modèle ARPEGE-climat

Moyenne 1970 - 2000
Simulation de contrôle



Moyenne 2070-2100
Projection scénario A2

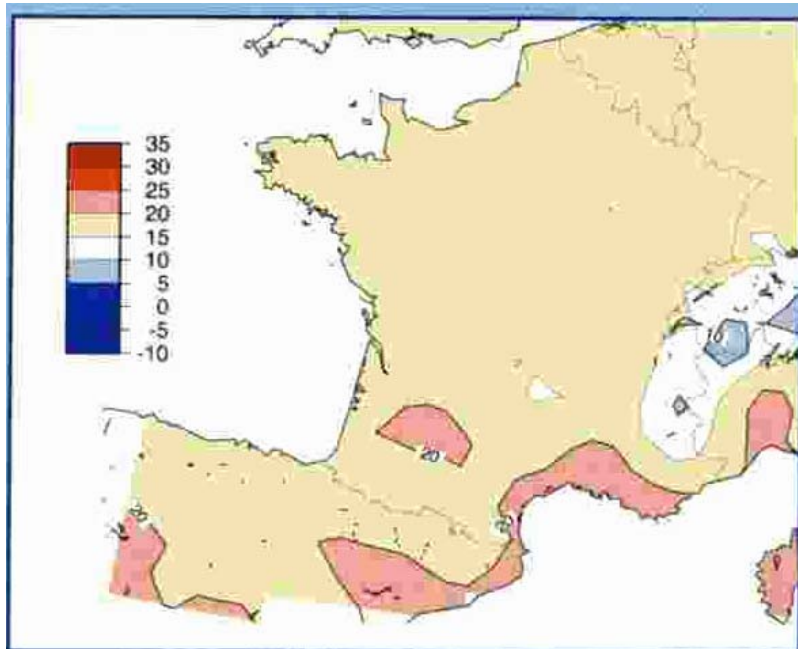


L'été en France au siècle prochain? A2

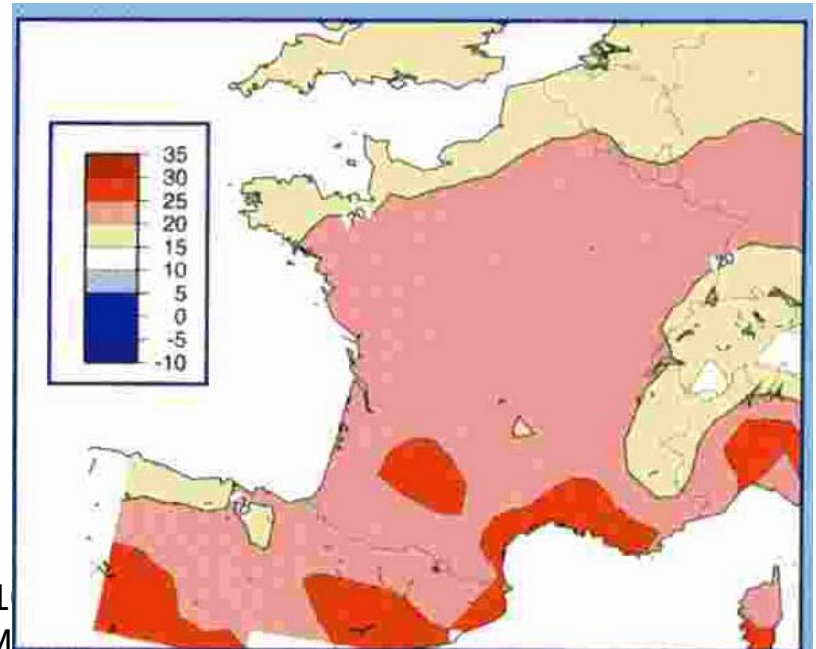
Températures moyennes (°C) juin-juillet-août

Source: Météo France, modèle ARPEGE-climat

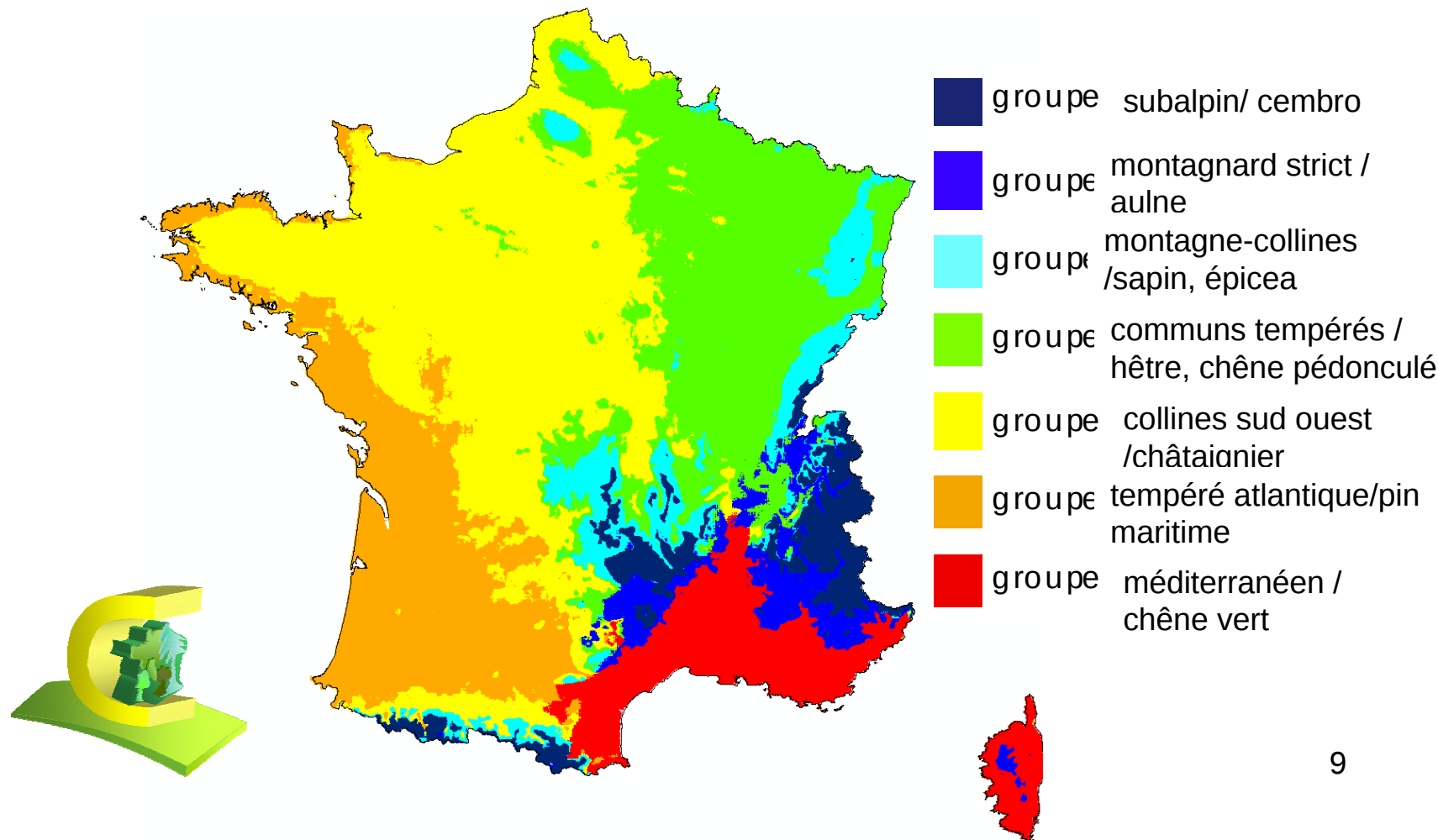
Moyenne 1970 - 2000
Simulation de contrôle



Moyenne 2070-2100
Projection scénario A2

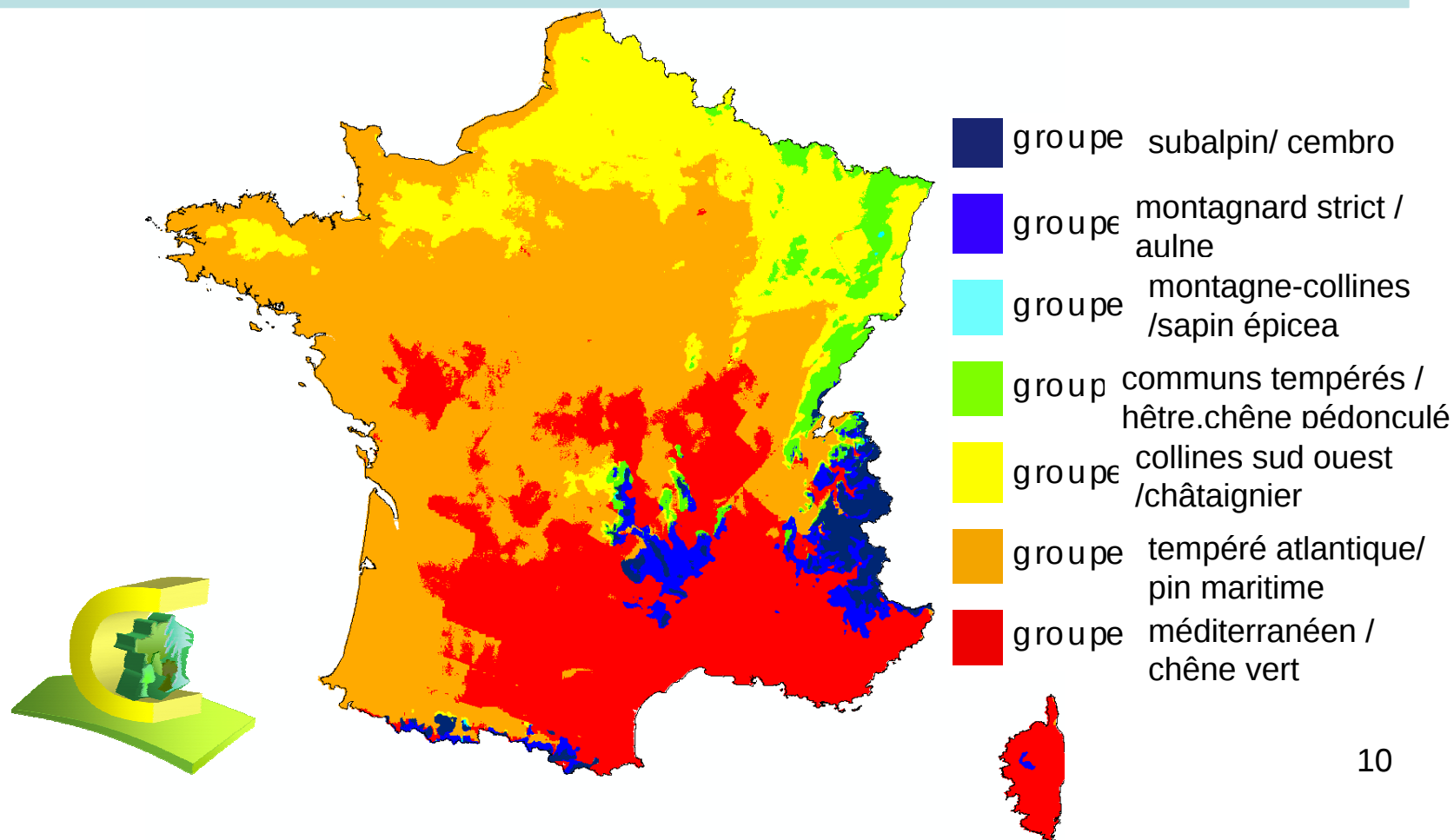


Conditions climatiques 1961-1990



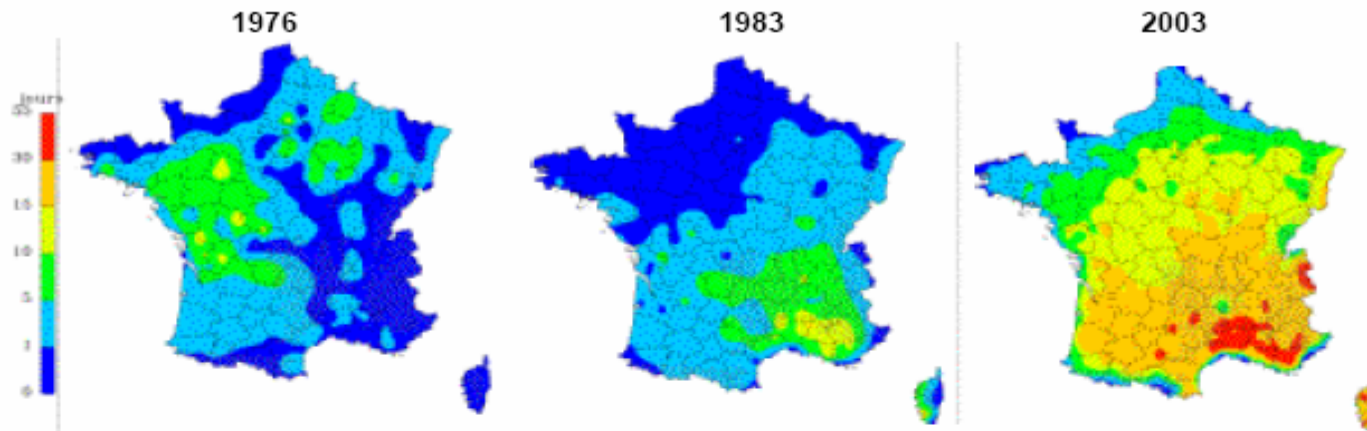
Conditions climatiques 2071-2100

- très forte régression des conditions montagnardes et communes nord
- migration vers le nord des conditions tempérées atlantiques
- extension des conditions méditerranéennes à tout le sud de la France
- ...les écosystèmes vont-ils pouvoir « migrer » à cette vitesse...?

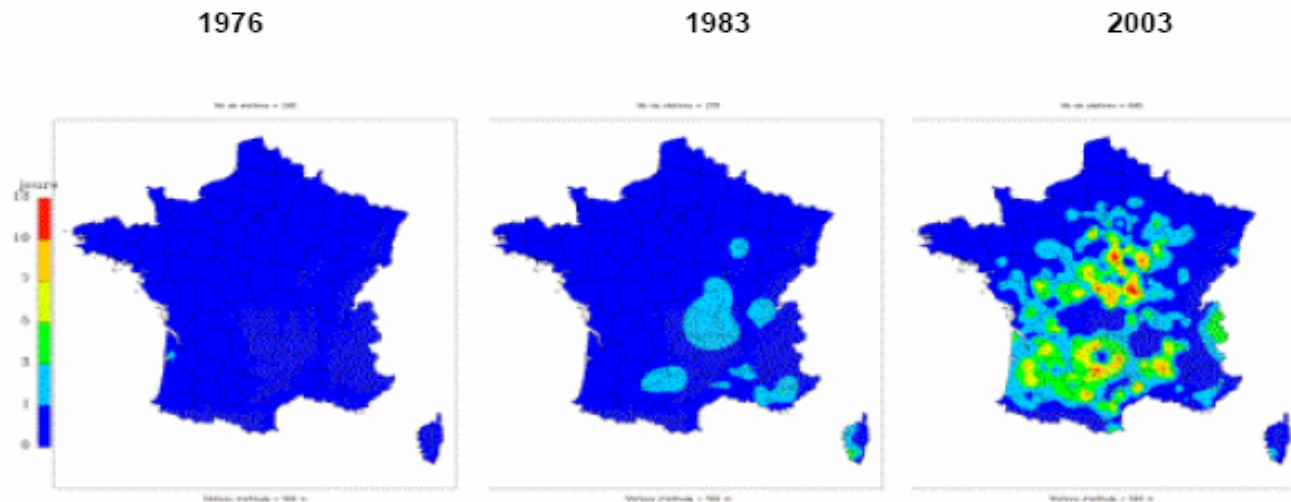


Accroissement des vagues de chaleur

Source: Meteo-France in Un Plan climat à l'échelle de mon territoire –Midi-Pyrénées- 2005



Nombre de jours d'été de température > 35°

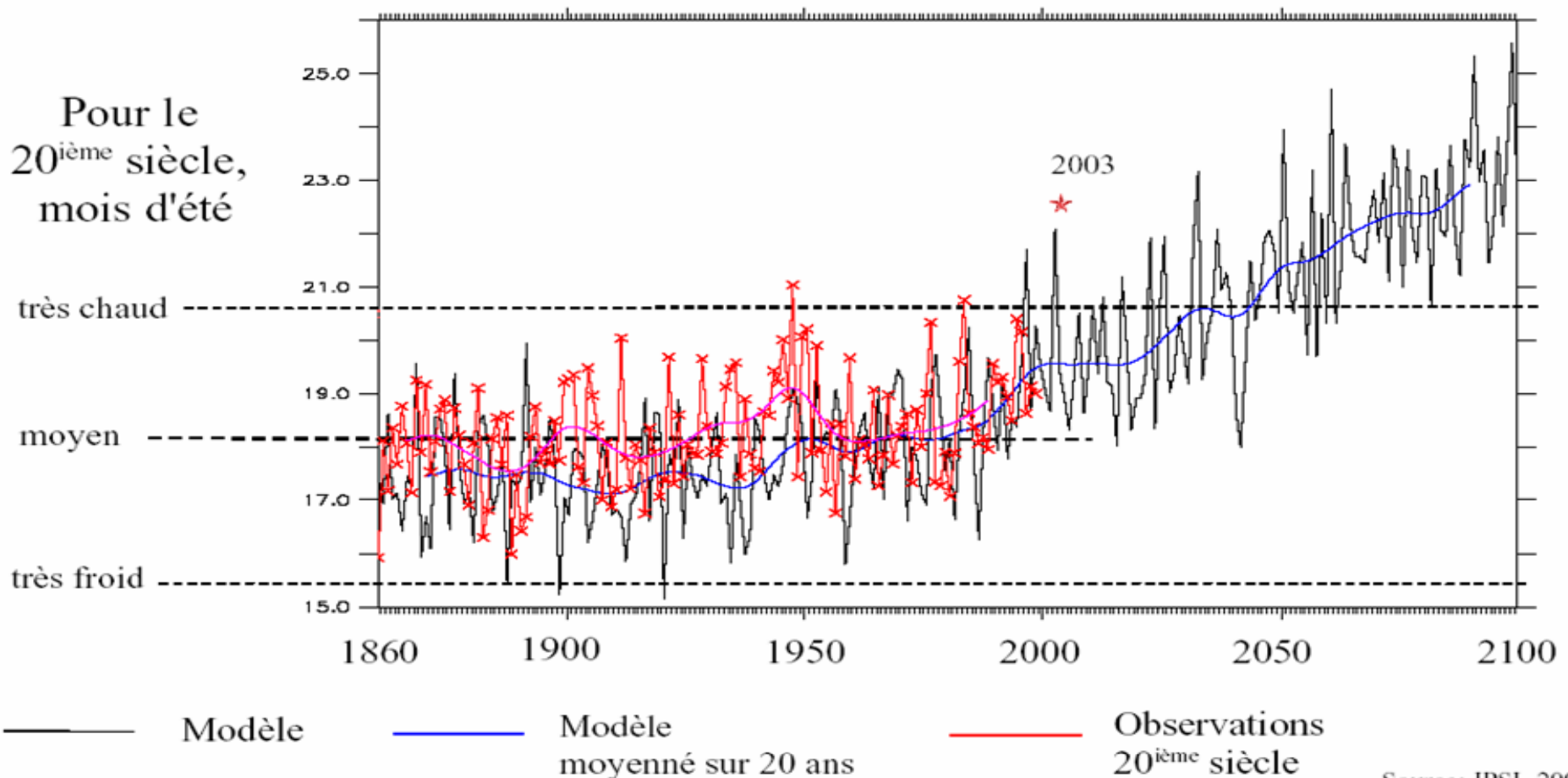


Nombre de jours d'été de température > 40°

EMP

Variation de la température d'été en France (1860-2100)

(modèle de l'IPSL, scénario SRES A2, sans aérosols)



Evénements extrêmes accentués par réchauffement : exemple des incendies de forêts en France

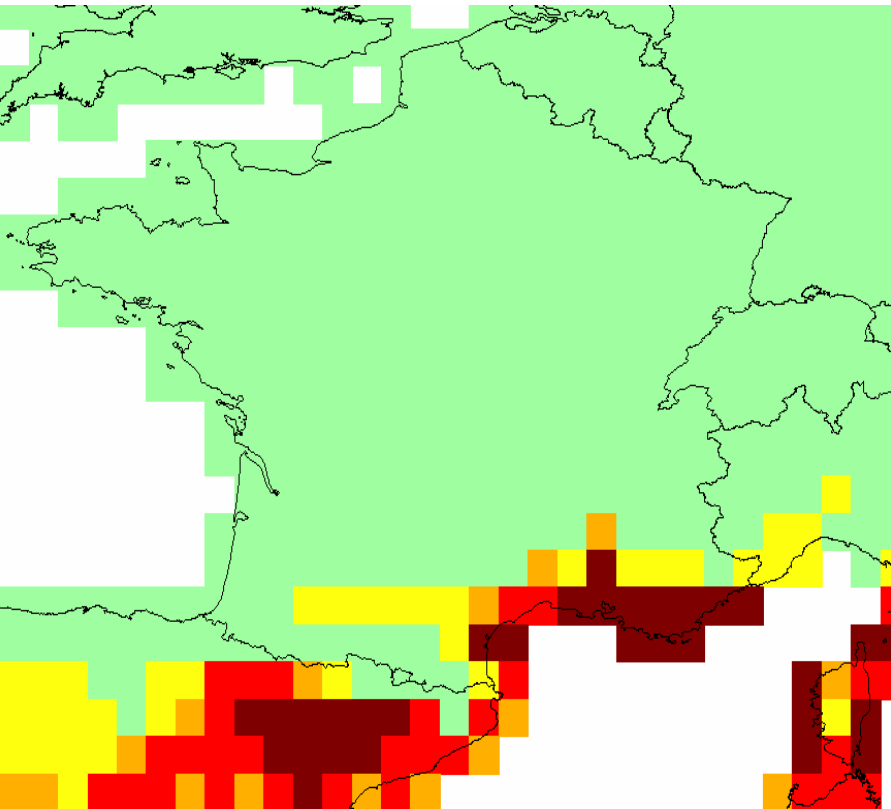
Calcul de l'Indice Forêt Météorologique par le « JRC »

Source: Protection Civile

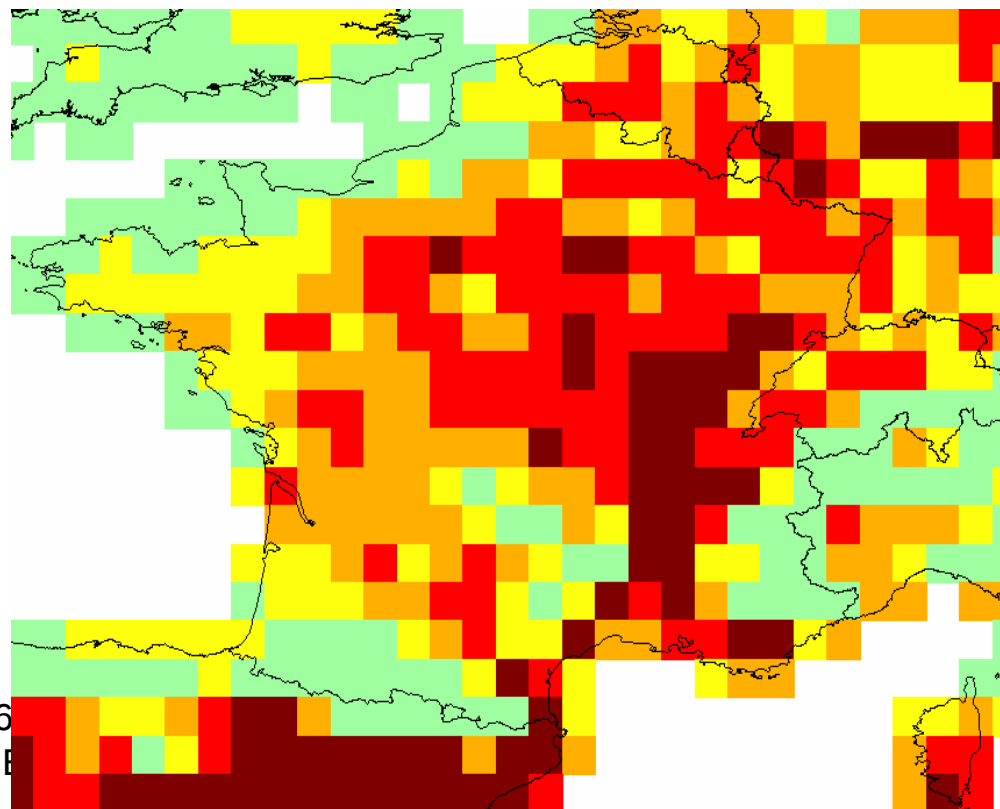
Levels of Risk

- Very Low
- Low
- Moderate
- High
- Very High

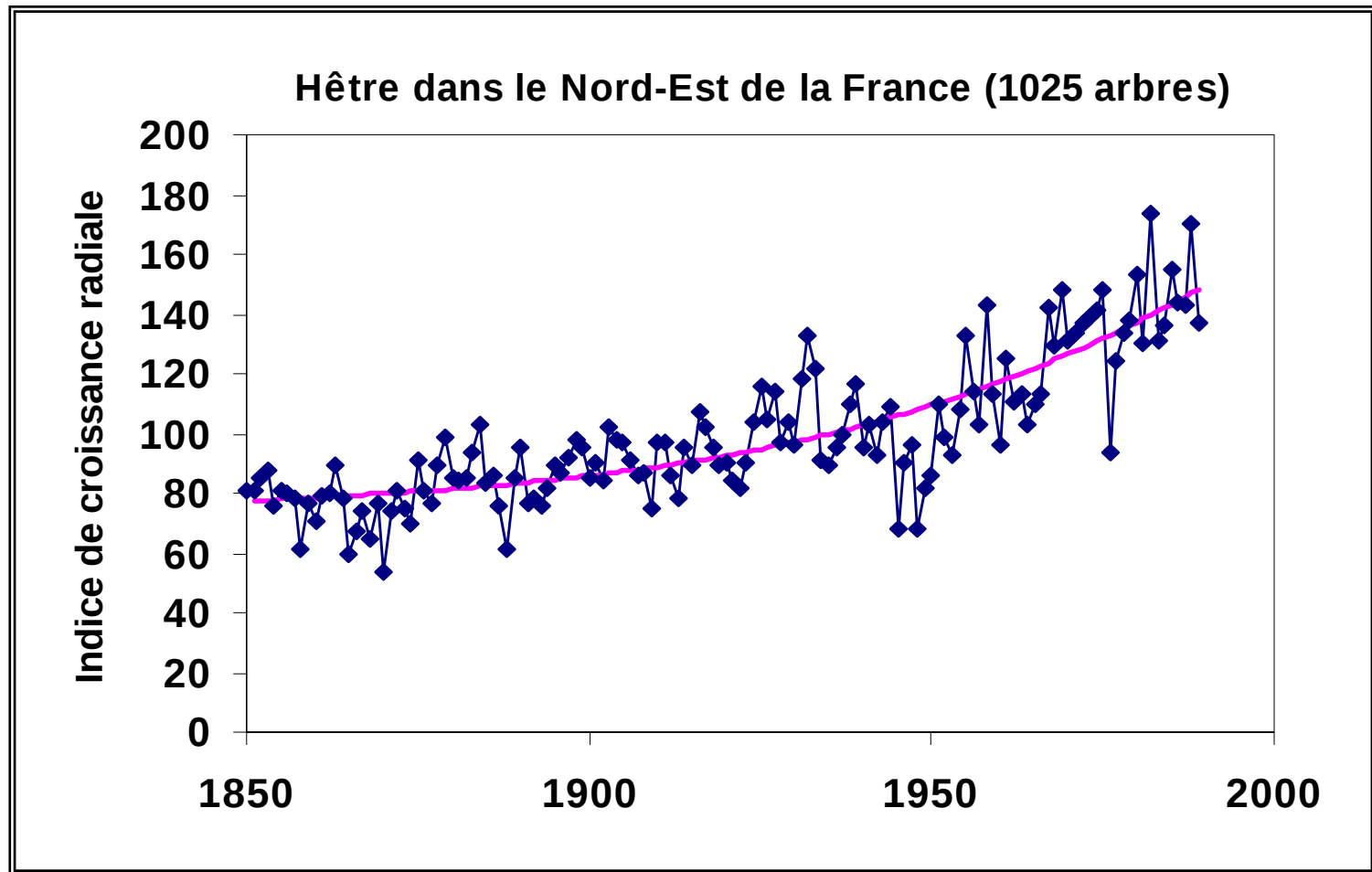
Une situation « normale »
l'exemple du 13 Août 2004



Un aléa élevé
l'exemple du 13 Août 2003

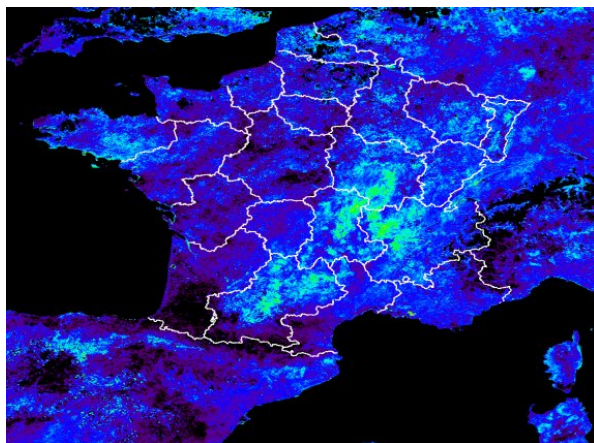


Une accélération de la croissance pour la plupart des essences forestières françaises (hors 2003) source INRA

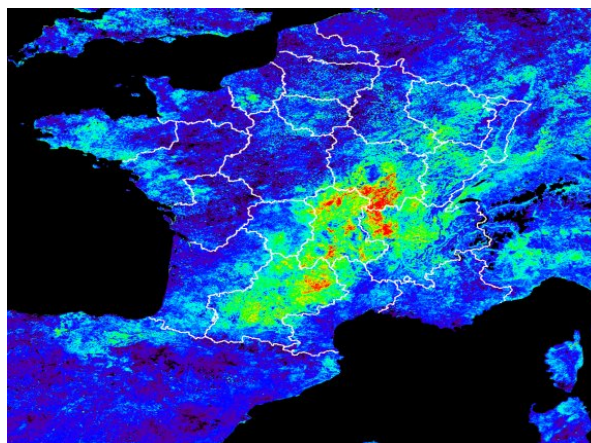


Eté 2003:

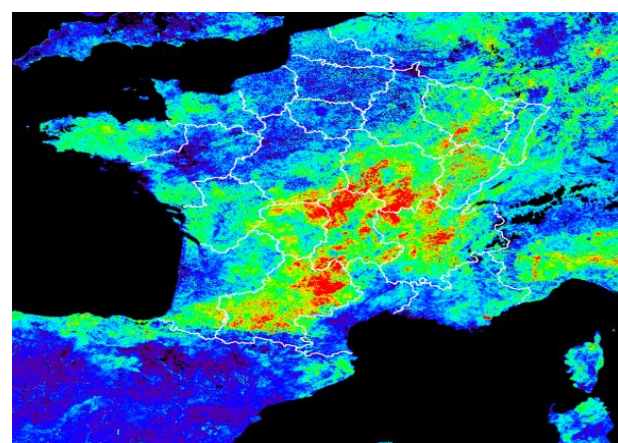
chaleur et sécheresse endommagent la végétation
malgré la hausse du CO2



juin



juillet



août

← plus vigoureuse moins vigoureuse →



VEGETATION/Spot5

THE DATE 161106 - © D. Dron

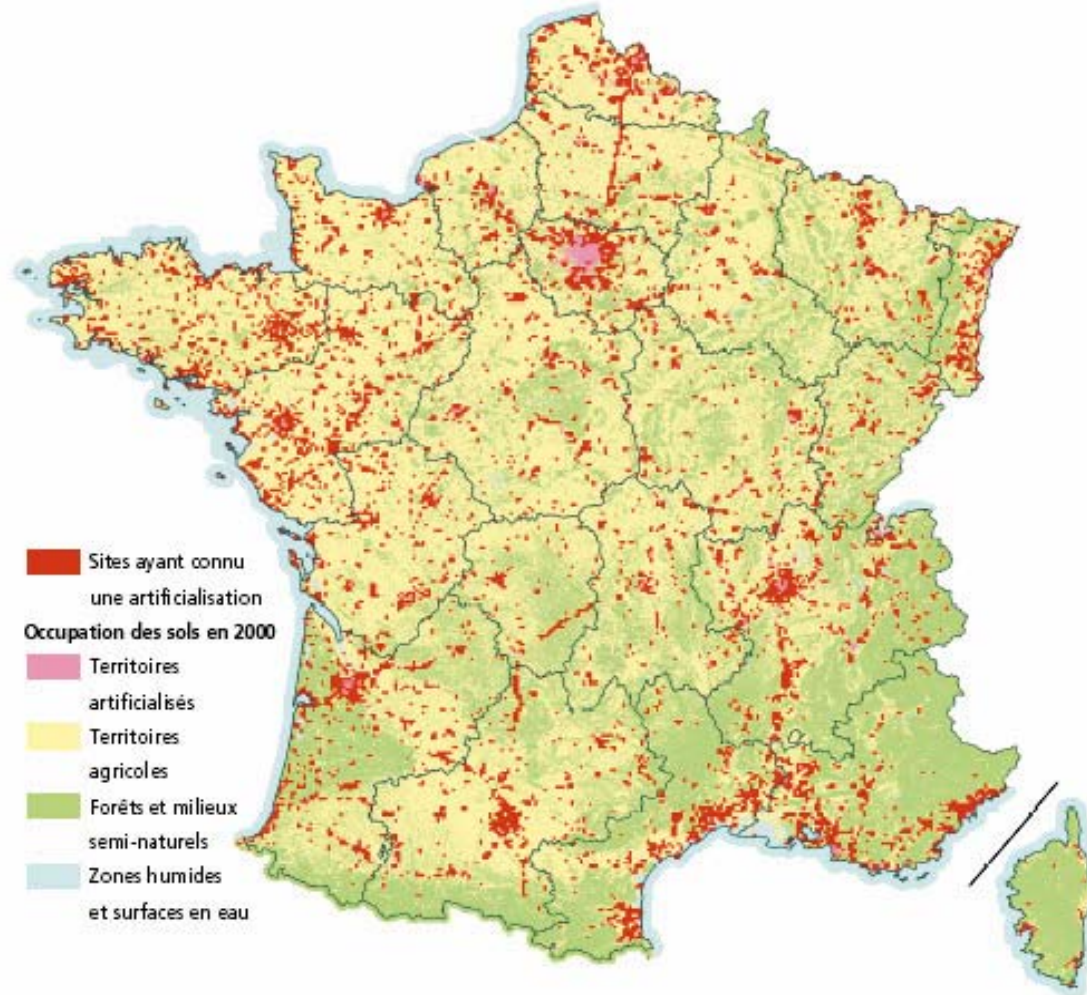
EMP

Crue « 1910 » à Paris: évaluation 2005

(Commissariat Général du Plan)

- *RER et métro supposés non inondés*
- **880000 personnes** et **170000 entreprises** atteintes
- Perturbation à **50% de l'eau potable** et à **70% du métro-RER** pendant **un mois**
- **200000 personnes sans téléphone, un million sans électricité**
- **70cm au-dessus** du niveau de 1910 à précipitations égales (imperméabilisation)
 - Coût: **30Md€**
 - **10% PIB IdF** l'année de l'inondation

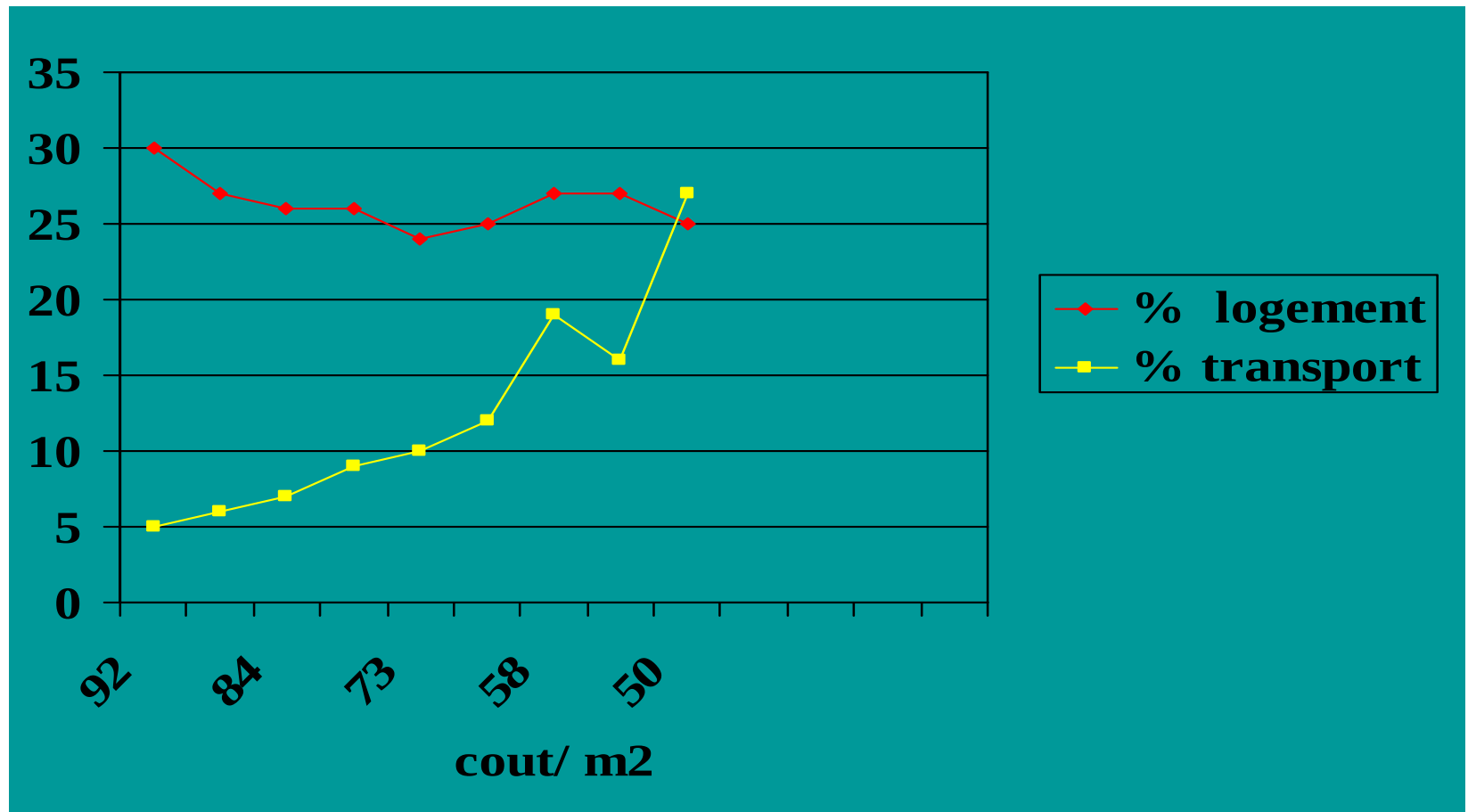
Artificialisation des sols 1990-2000 (IFEN)



La vulnérabilité climatique, question générale

- **Régimes hydriques modifiés** : agriculture, écosystèmes, tourisme
 - **Montée des températures**: agriculture, écosystèmes, santé, incendies de forêt...
 - **Glissements de terrain sous glaciaires**: risques infrastructures et habitations
 - **Sécheresses de sol** et stabilité des bâtiments
 - **Événements plus intenses** : robustesse des infrastructures, bâtiments et organisations, sylviculture, agriculture, érosion côtière, zones inondables (crues), urbanisation, imperméabilisation
 - **Disponibilités en eau**: énergie, agriculture, villes, incendies
 - **Qualité des terres**: niveau des océans, salinisation, contenu organique
 - **Variabilité météorologique accentuée**: tourisme, agriculture, transports
 - **Enneigements de moyenne montagne réduits** : tourisme, agriculture
 - *Risques de grande ampleur?*
-
- >>> une nouvelle **répartition des budgets** publics et privés
 - >>> une question d'organisation et de robustesse pour **toutes** les activités

Part de la dépense logement et transport dans le budget, en fonction du coût du m2 de logement (Francs 1994, JP Orfeuil)

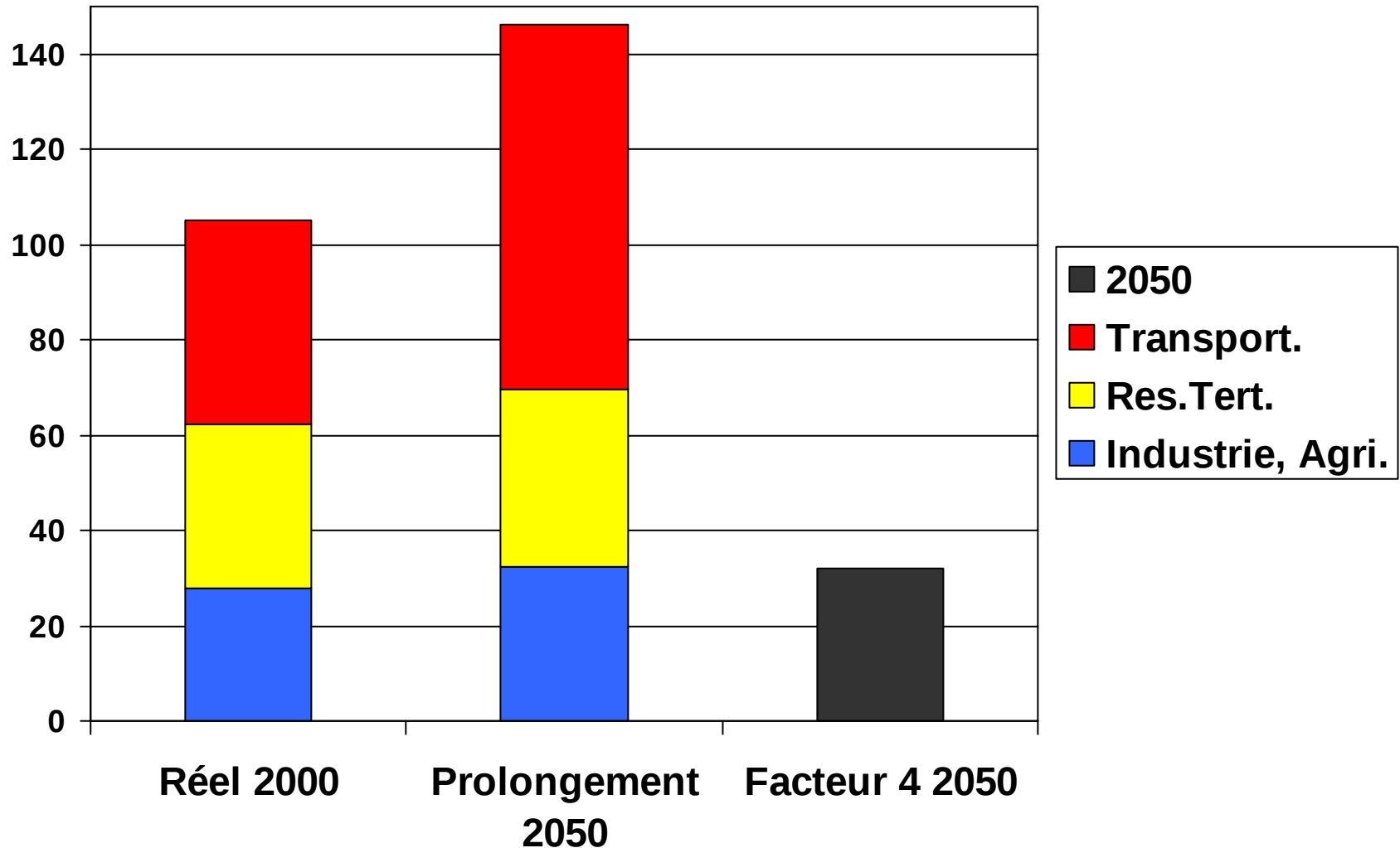


Le Facteur 4 en France

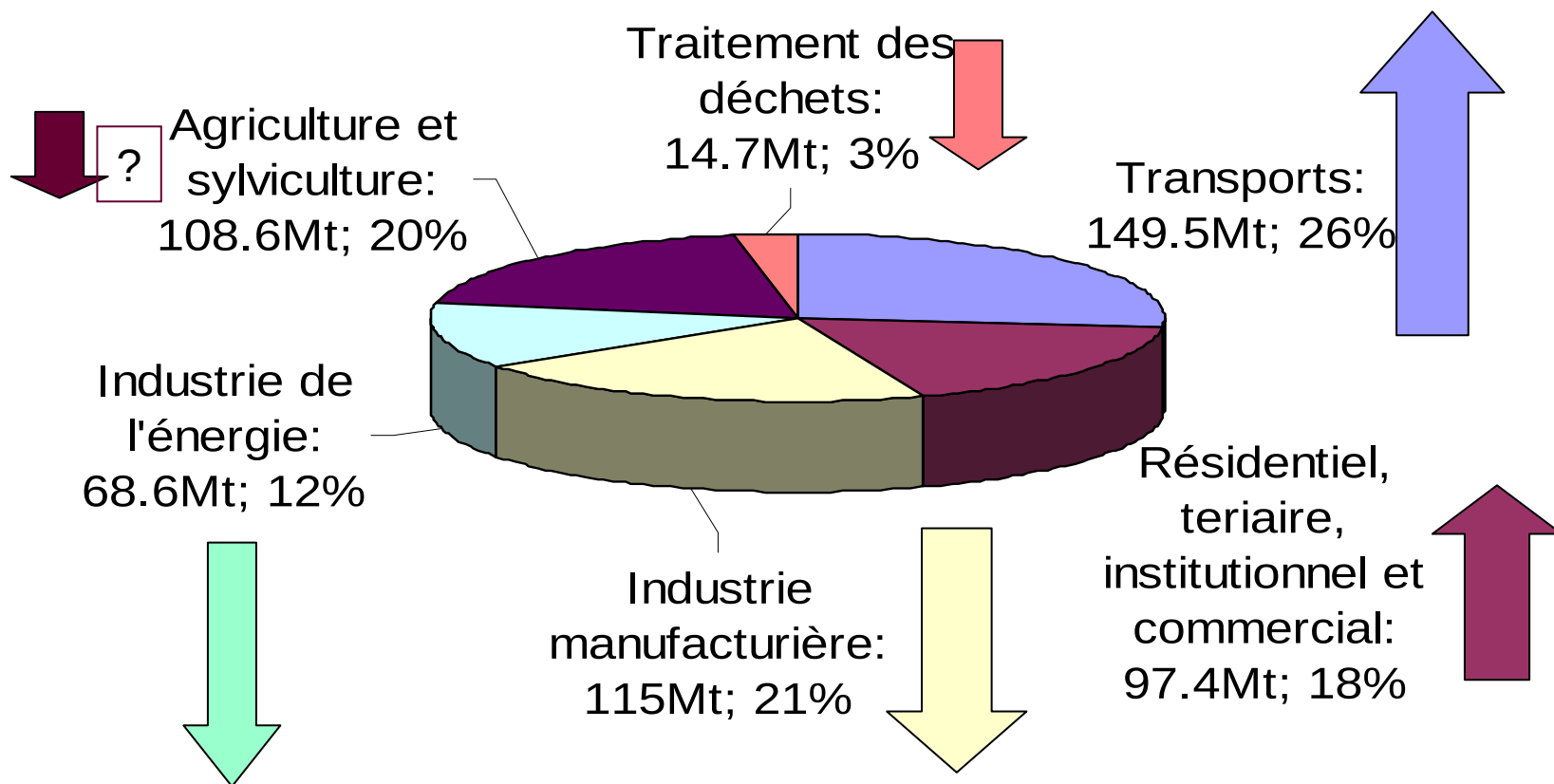
Radanne)

(MIES, 2003, P.

En MtC



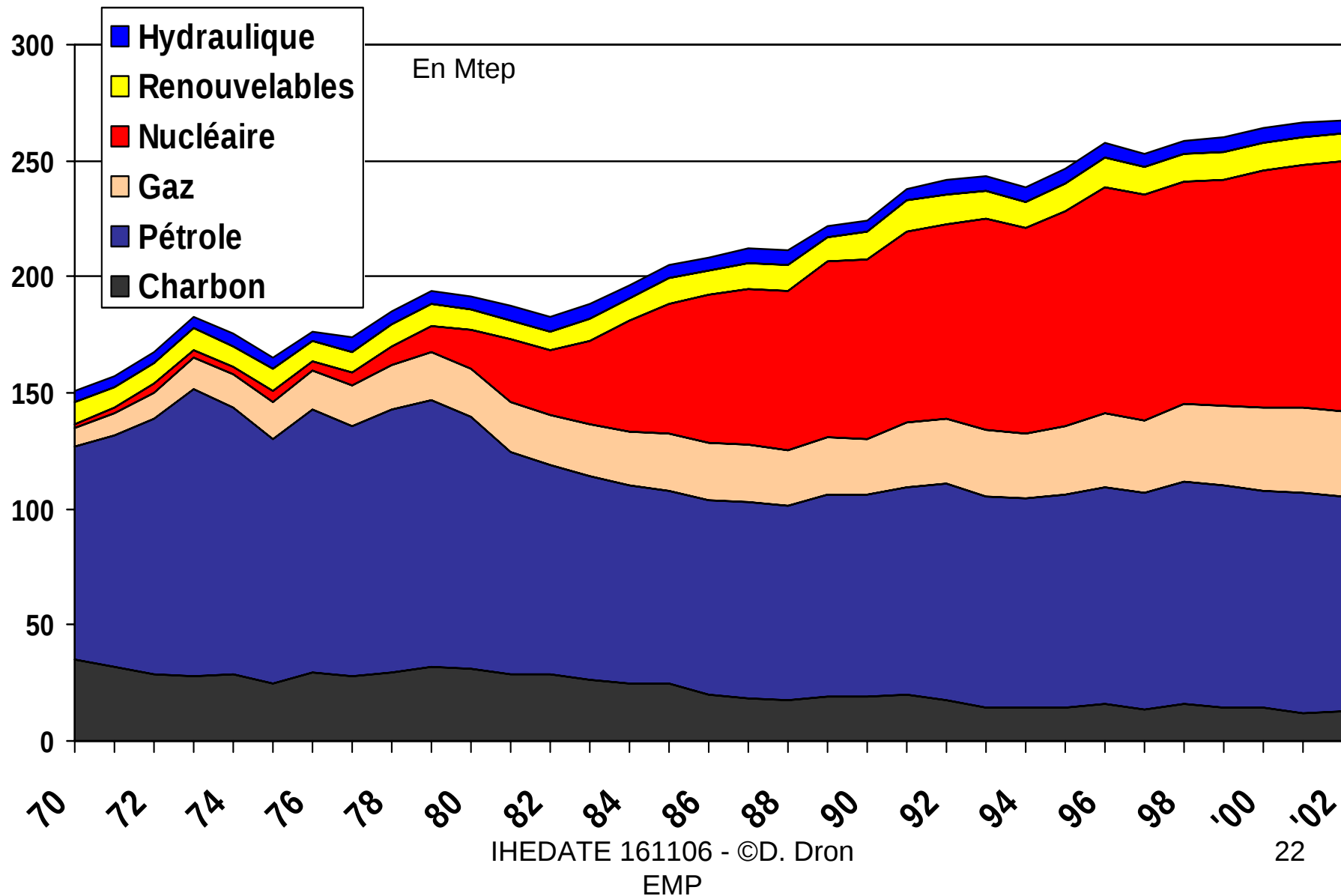
Gaz à effet de serre, France 2002



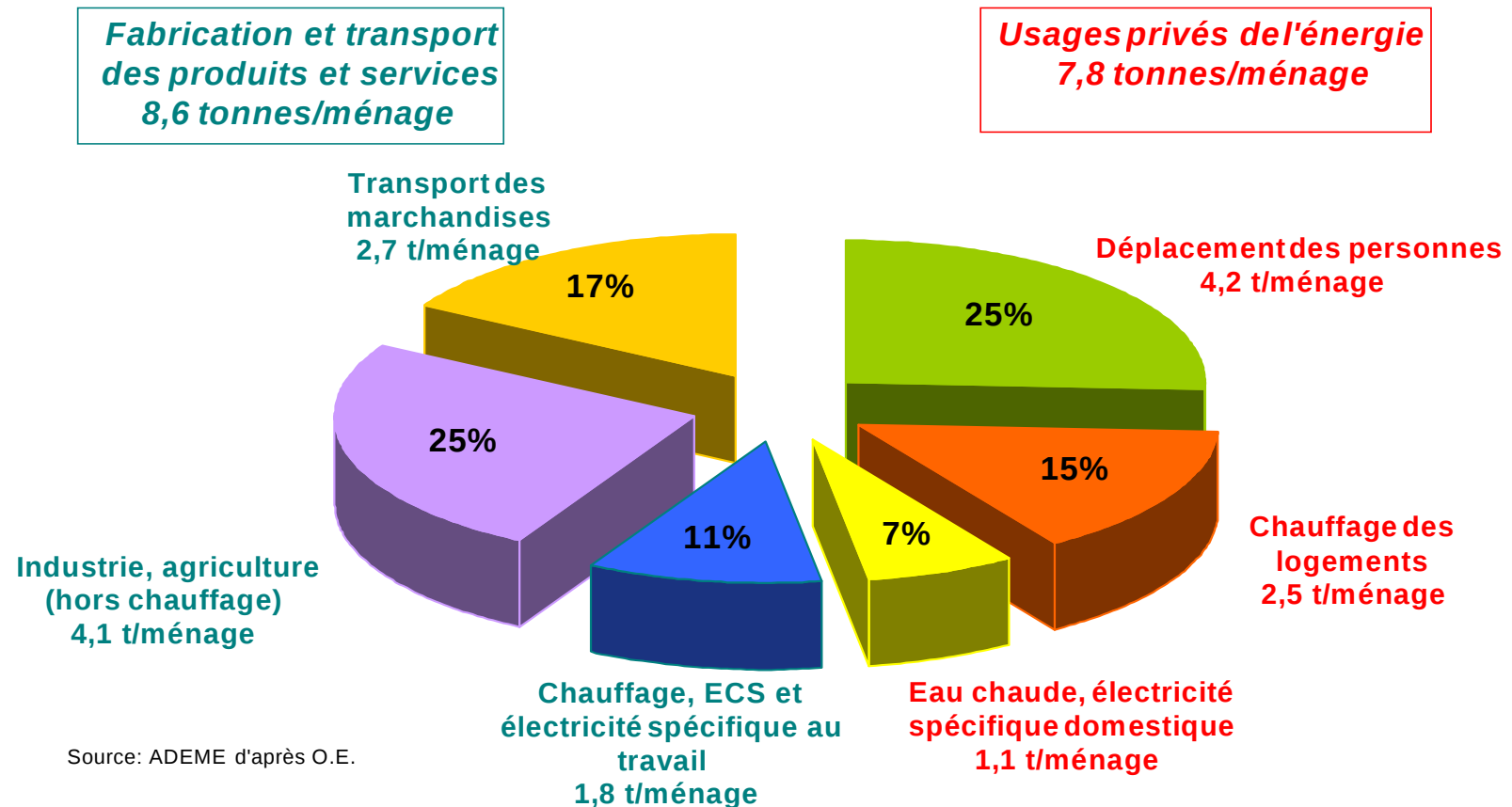
Emissions de gaz à effet de serre par secteurs en 2002, en Mt équivalent CO2 (total: 559 Mt)

Consommation d'énergie primaire en France

(MIES, 2003)

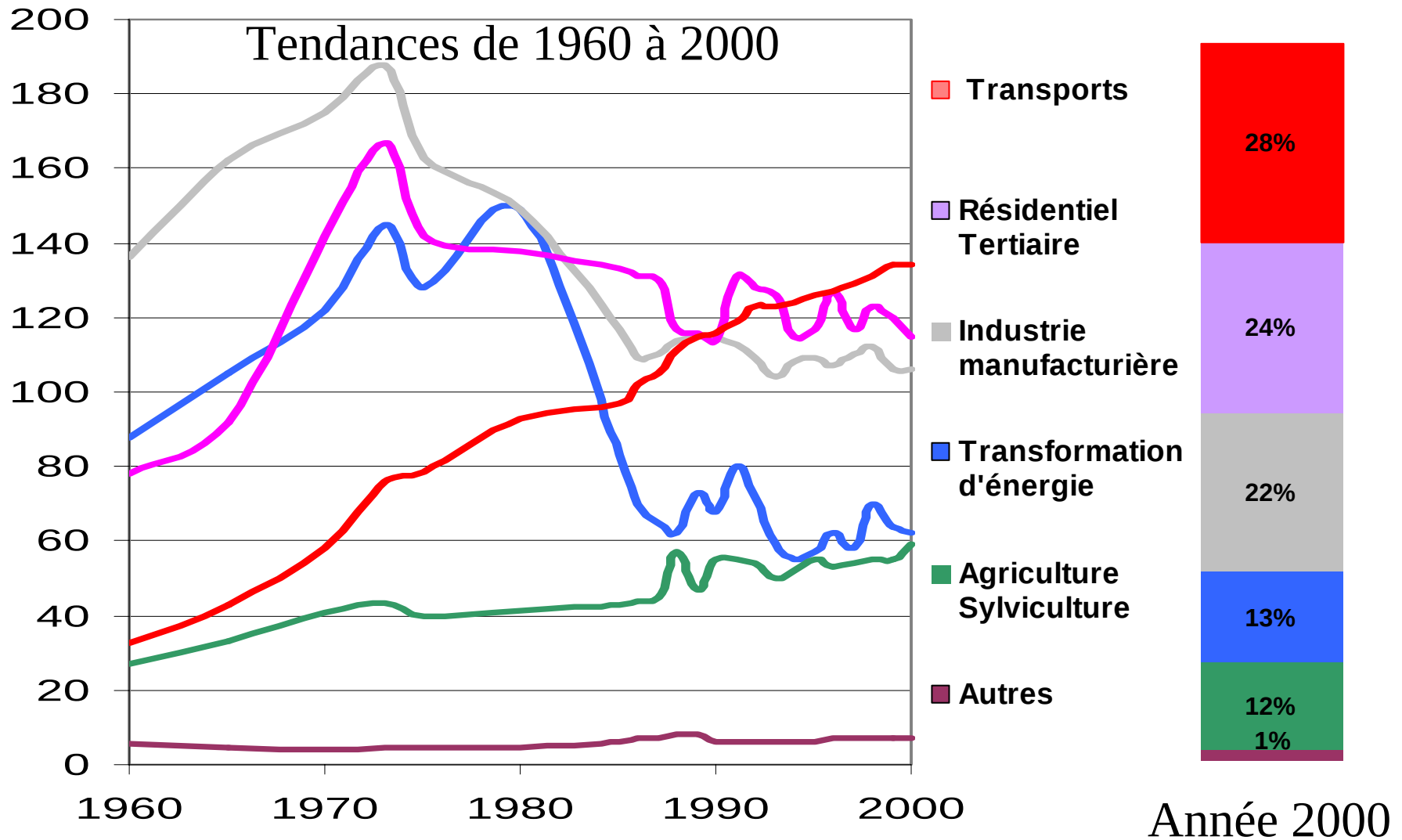


Emissions d'un ménage français (Ademe 2003)



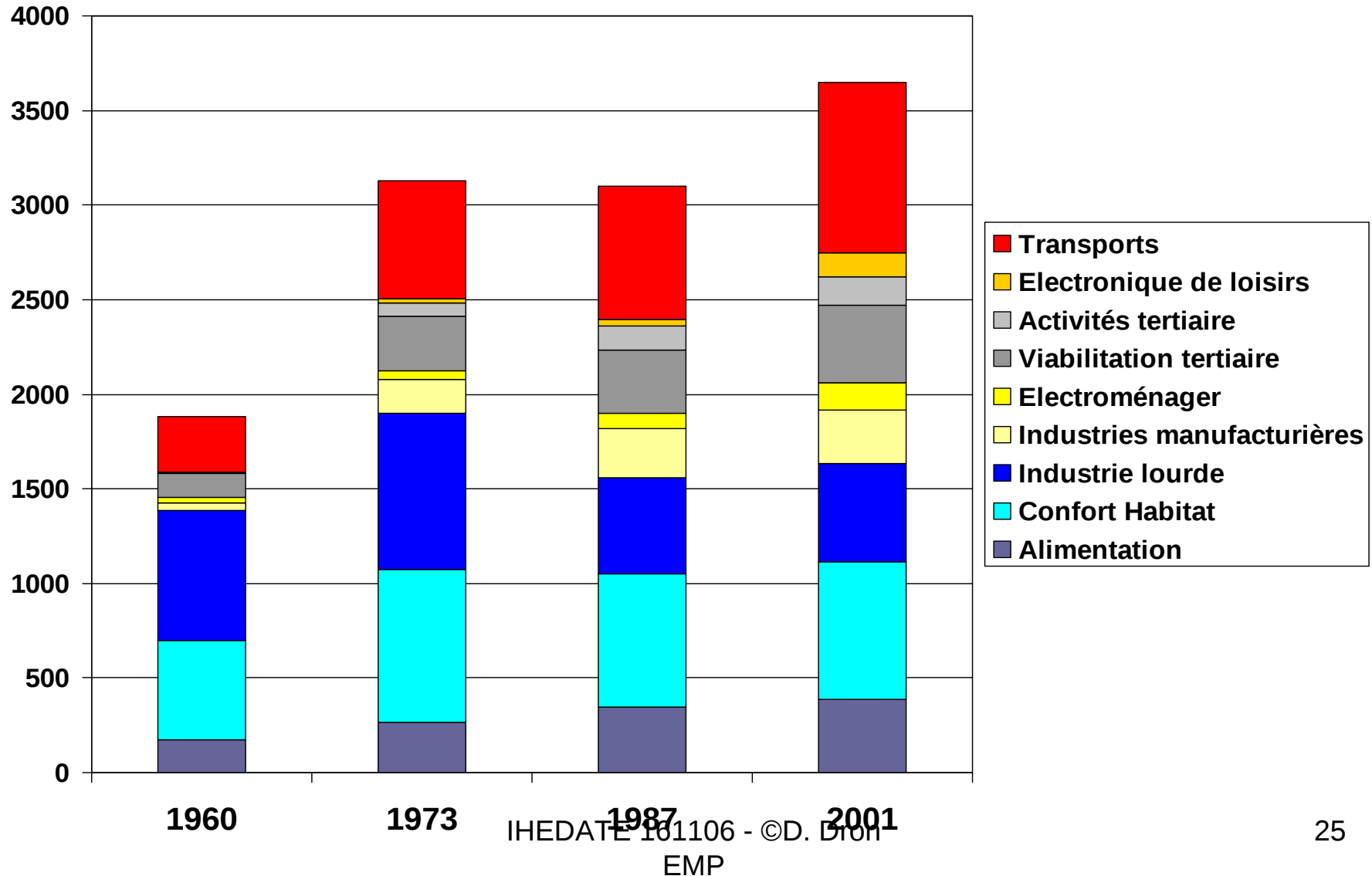
Source: ADEME d'après O.E.

Emissions de CO₂ en France (source Ademe)

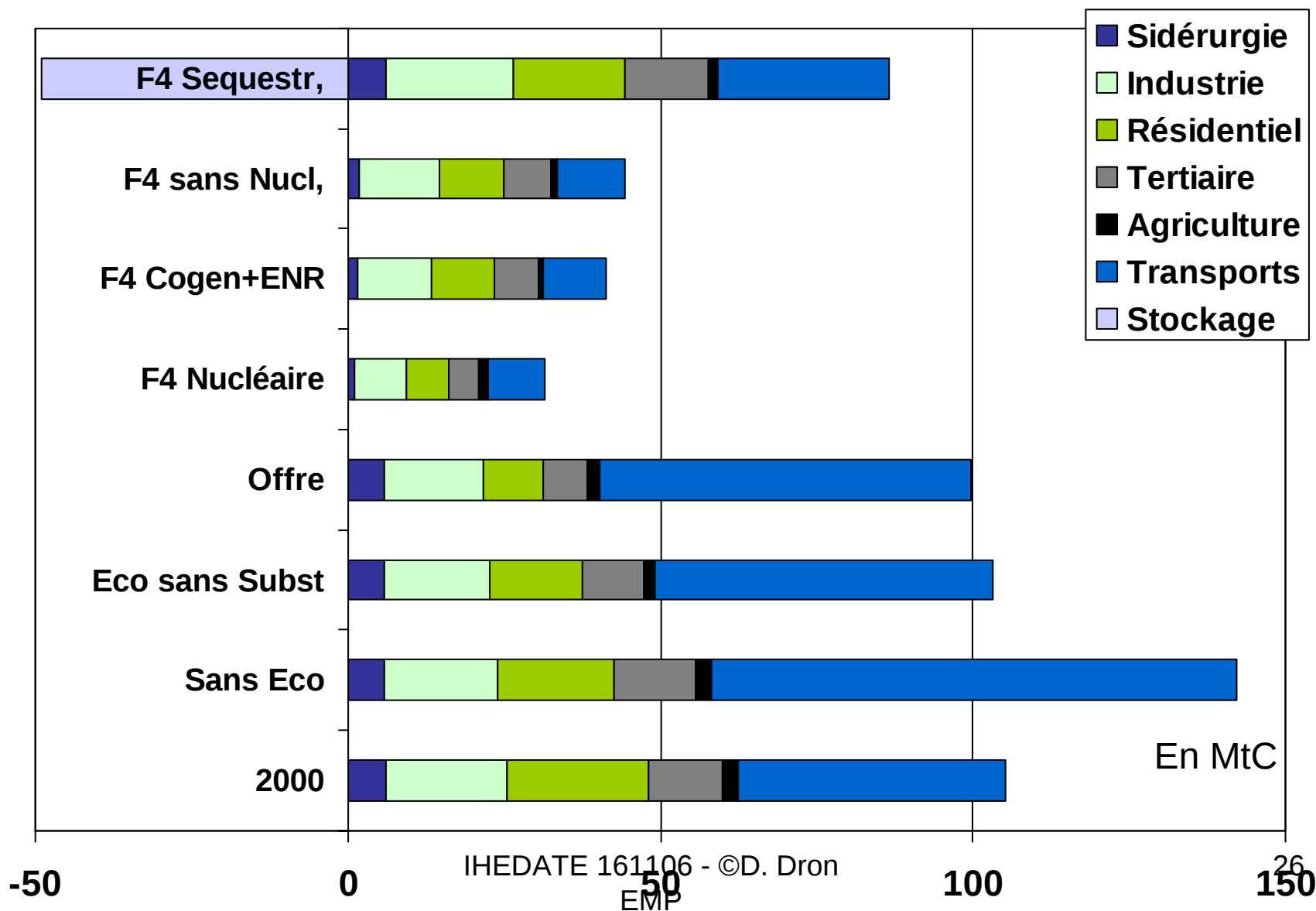


Evolution de la consommation d'énergie par habitant

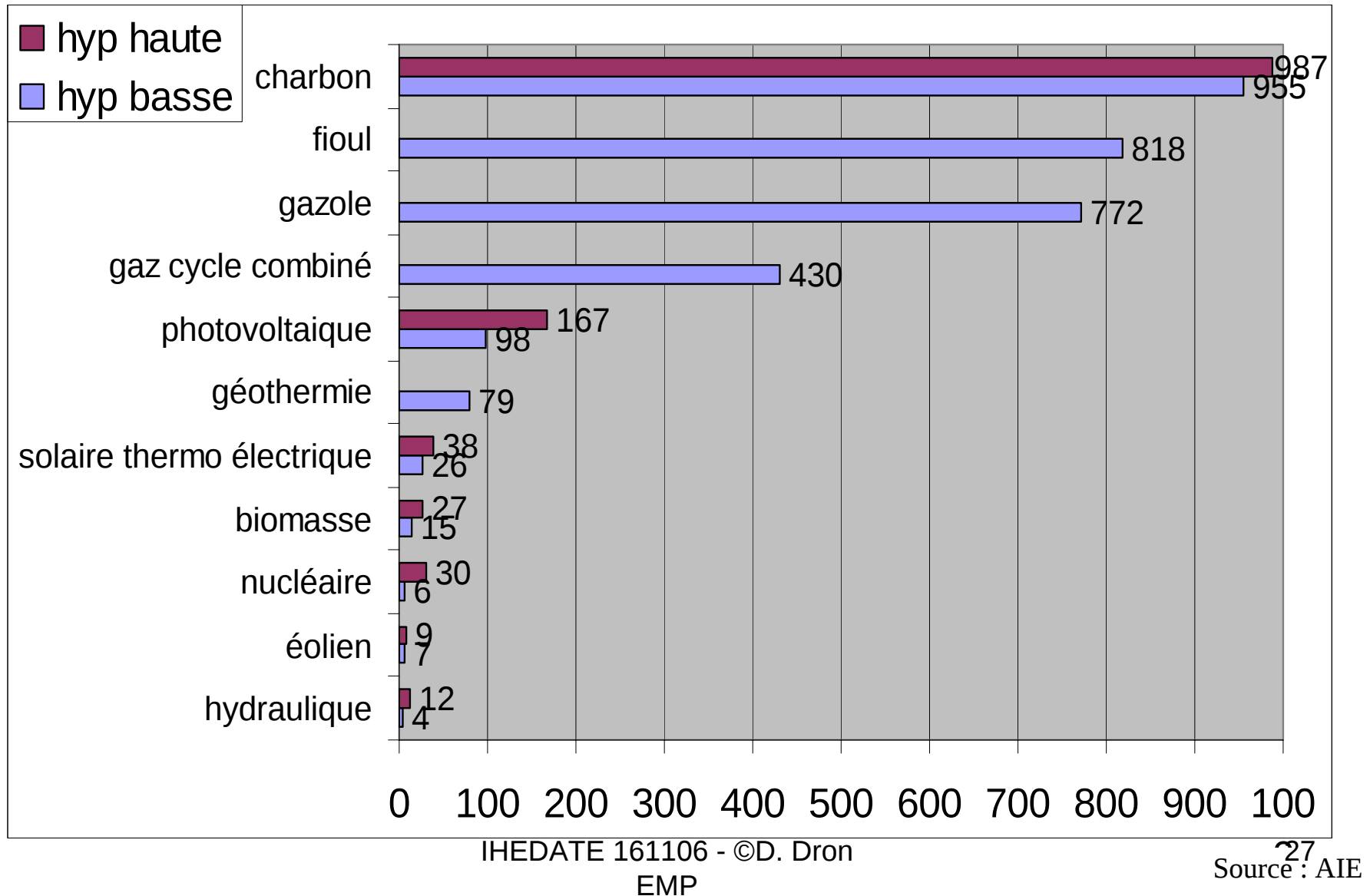
(MIES 2003 , P. Radanne)



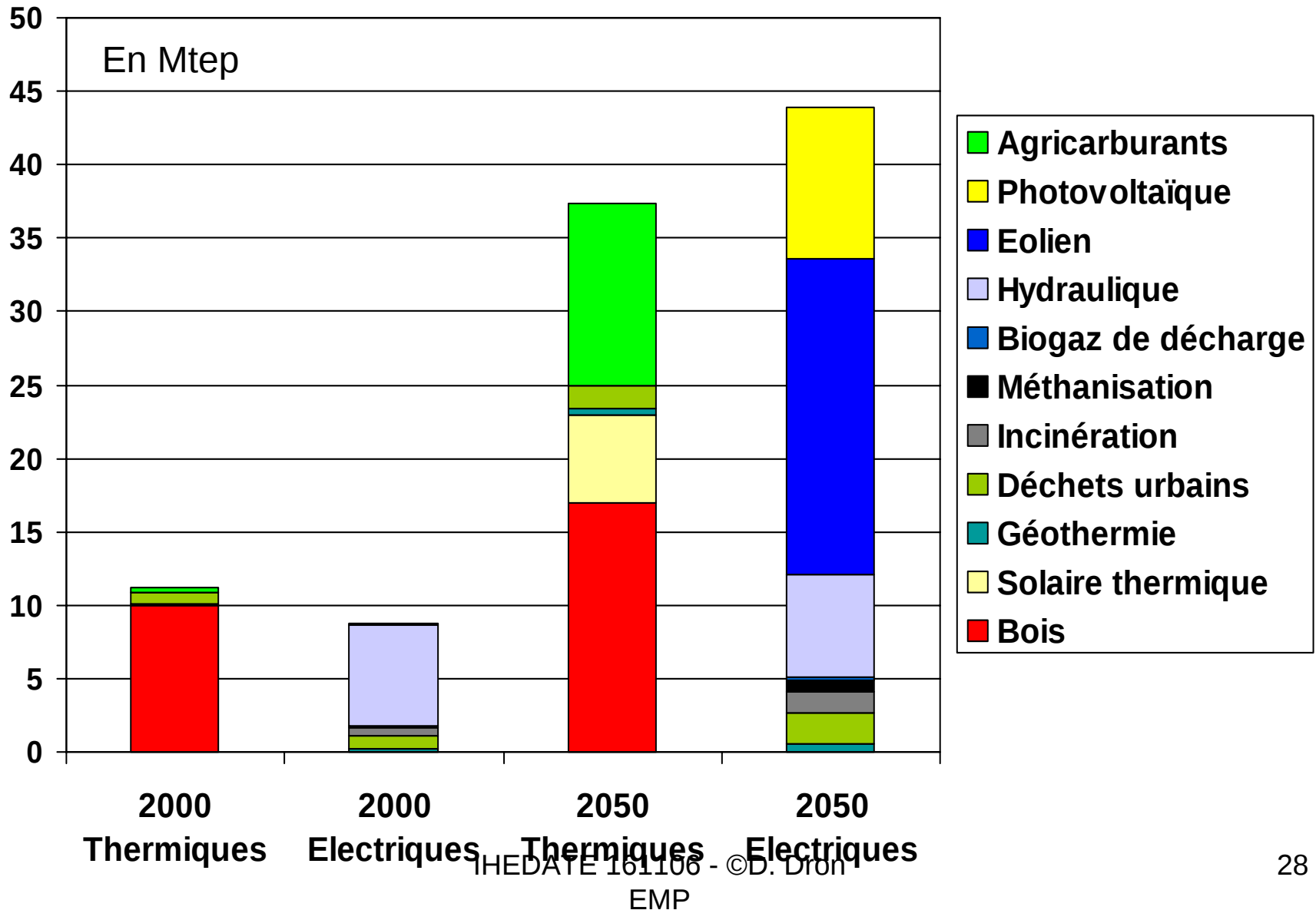
Comparaison des émissions de CO2 par secteurs (MIES, 2003)



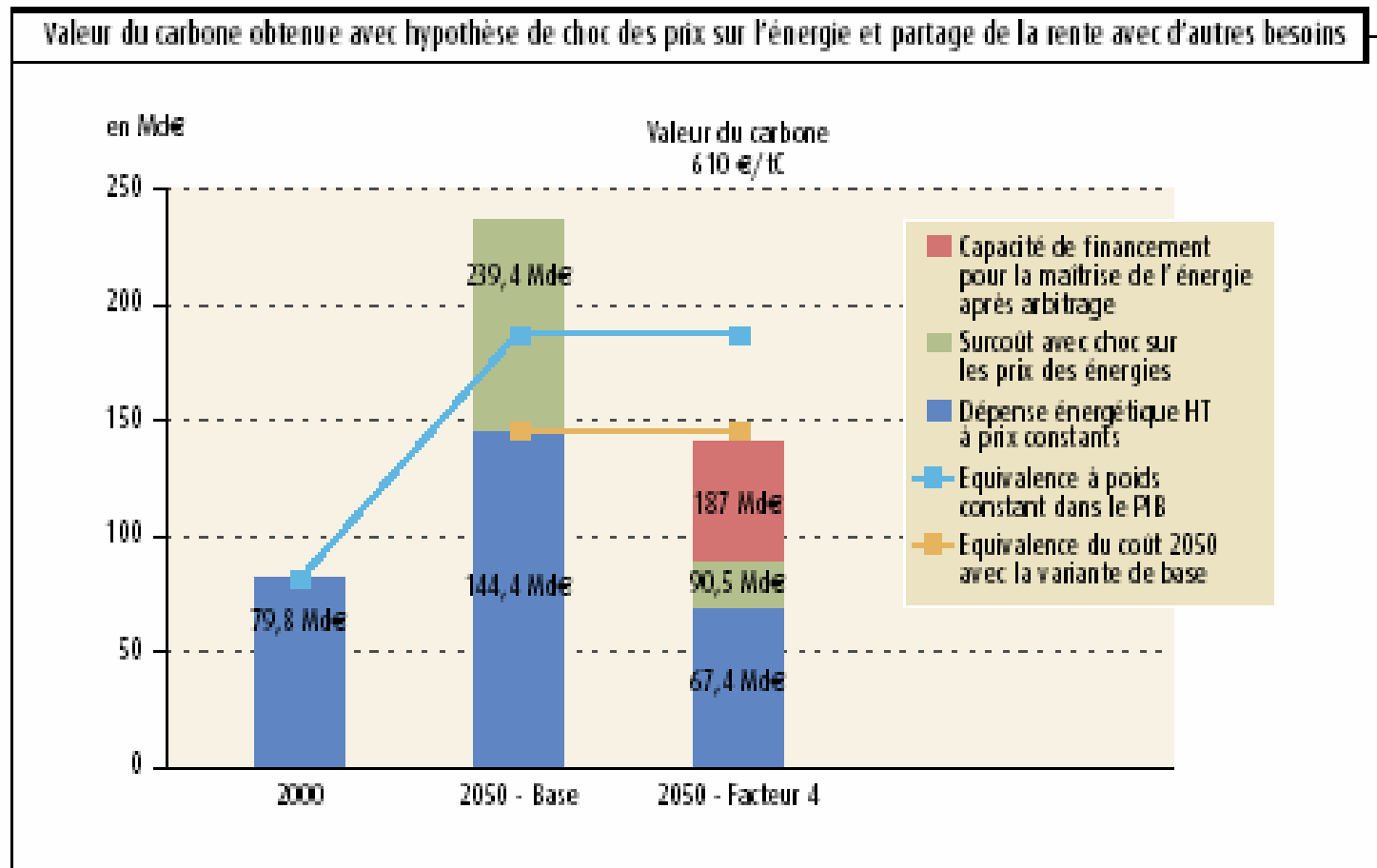
électricité : émissions des fossiles et des renouvelables en ACV (gCO2/kWh)



Développement des énergies renouvelables (MIES 2003)



La réduction du risque climatique rapporte à l'économie... même hors dégâts évités (MIES, 2003)

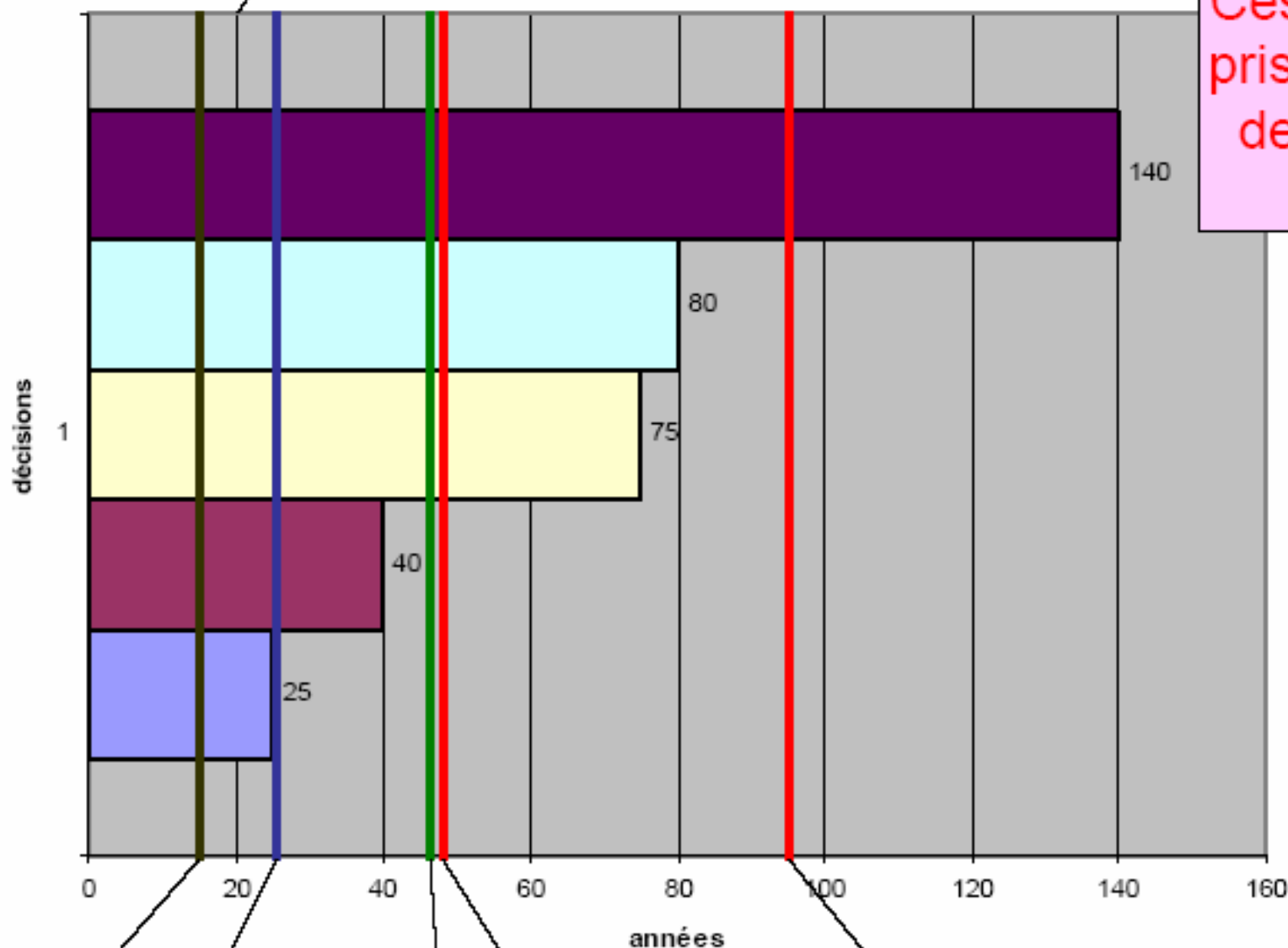


Dépendance énergétique
UE : 75%

vie des décisions

Ces décisions,
prises en 2006,
devront vivre

...



Pic
pétrole
2020

Pic gaz
2030

Fact 1, 2 ou 4

T°: +2,5 +1,5 ou +1°C

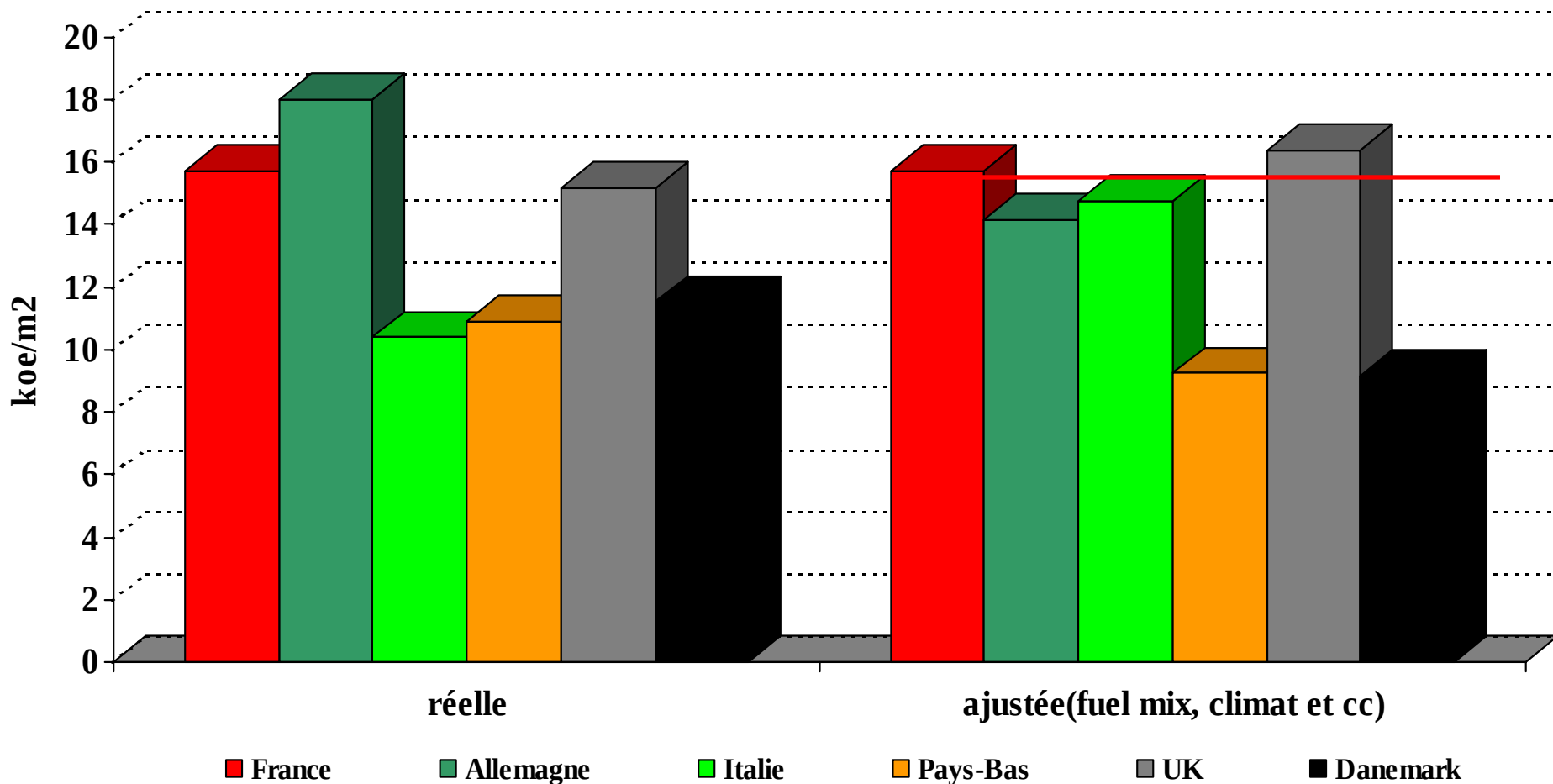
T°: +6 + 4 ou +2,5°C?

Les indispensables

(source MIES 2003)

- Des transports ne dépendant plus que pour un tiers des hydrocarbures et 2 à 4 fois plus économes (techniques, organisations)
- Des bâtiments 3 fois plus économes dans leur conception et leurs usages, sans fuel
- Une production électrique très peu émissive
- Une efficacité énergétique maximale des biens et services
- Des énergies renouvelables diversifiées et « soutenables »
- Des comportements économes généralisés et facilités

Chauffage domestique : comparaison des consommations unitaires ajustées par m2 et degré-jour (Enerdata, 2003)



Des interrogations à 10-30 ans pour des résultats sensibles à 20-40 ans (MIES, 2003)

- Stockage du CO₂? Marge de manœuvre des fossiles
 - Stockage de l'électricité? Marge de manœuvre des énergies discontinues (vent, soleil) et des transports
 - Nucléaire non proliférant et plus économe (« Génération 4 »)? Faisabilité d'un plus large recours mondial
 - Stockage et distribution de l'hydrogène? Faisabilité de la diffusion du vecteur H₂
-
- *Robustesse institutionnelle et sociétale? Passer une période de transition de 20 ou 30 ans*
 - *Les questions immédiates difficiles: fret routier longue distance, trafic maritime, aviation*

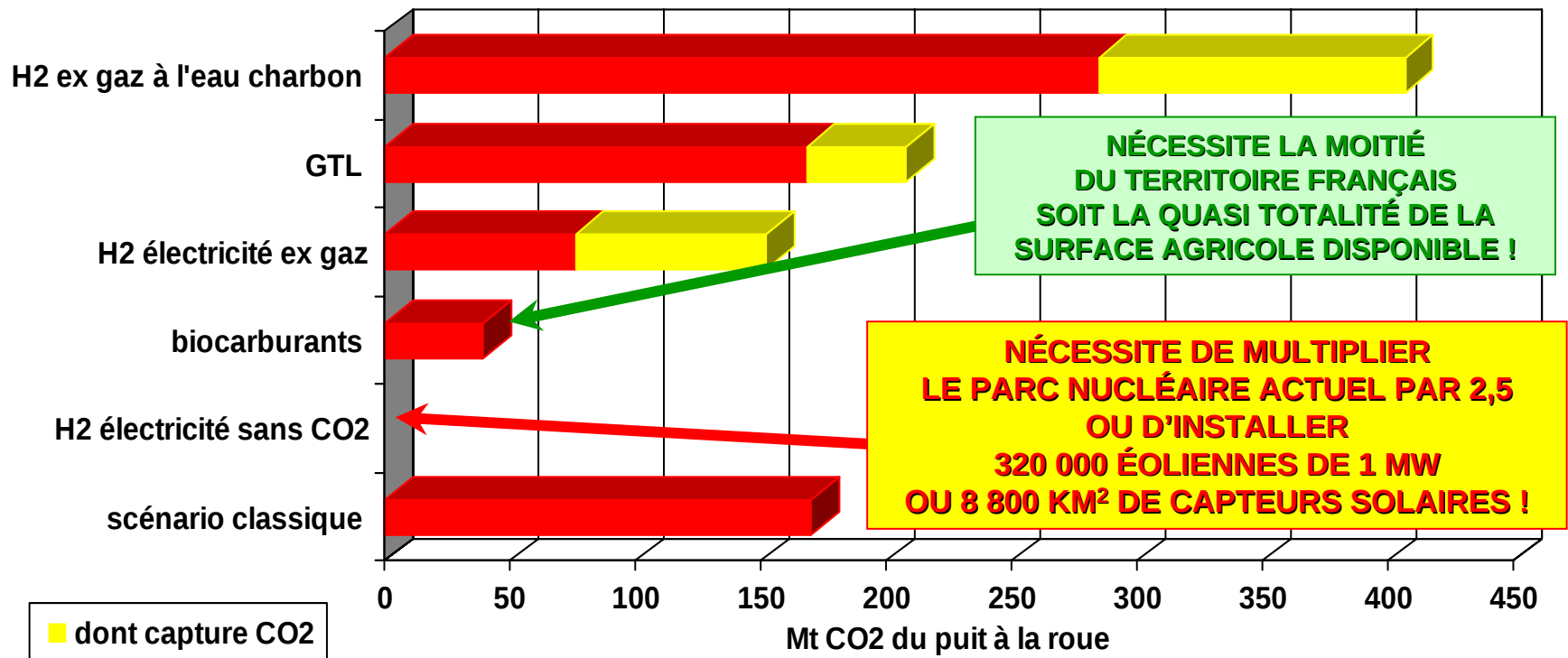
Phaser le raisonnement: pour ces 10-20 ans, des diffusions immédiates possibles

- Bâtiments: efficacité énergétique (50kWh/m²), Enr (solaire thermique, géothermie, biomasse...)
 - Ménages, Collectivités, Etat, UE
- Transports: achats, puissance réduite, efficacité, usages
 - Ménages, Collectivités, Entreprises, UE
- Agriculture: réduction des intrants, robustesse des sols et des agrosystèmes
 - Agriculteurs, Collectivités, UE
- Procédés, produits et schémas industriels
 - Entreprises, Etat, UE

DEMANDE ÉNERGÉTIQUE DES TRANSPORTS ROUTIERS EN France (source ADEME)

UNE ÉVALUATION *THÉORIQUE* DES DIFFÉRENTES FILIÈRES

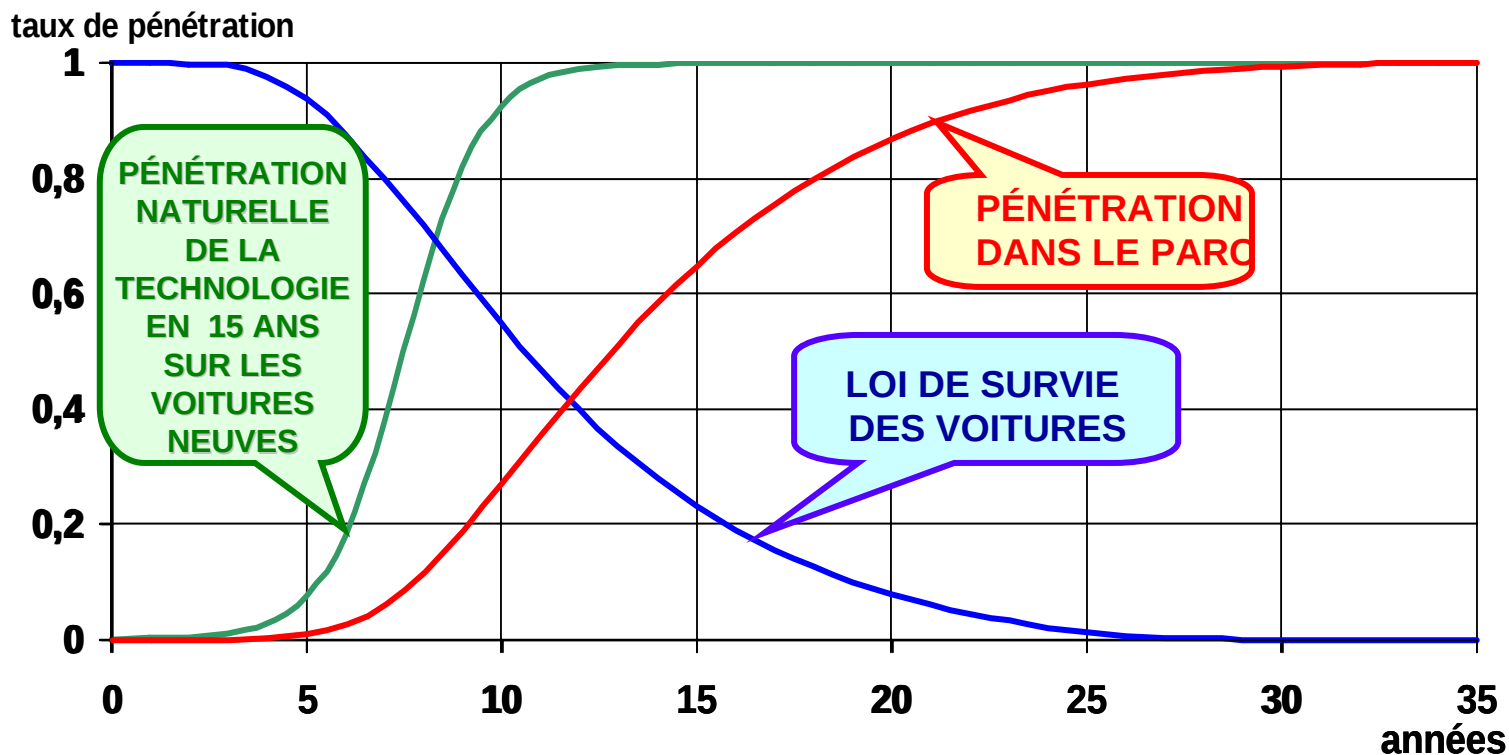
BASE : SCÉNARIO B DES SCHÉMAS DE SERVICE TRANSPORT, TRAFIC 2020



TOUTES LES FILIÈRES ÉNERGÉTIQUES ONT DES LIMITES...

LE LENT RENOUVELLEMENT DU PARC DE VOITURES PARTICULIÈRES

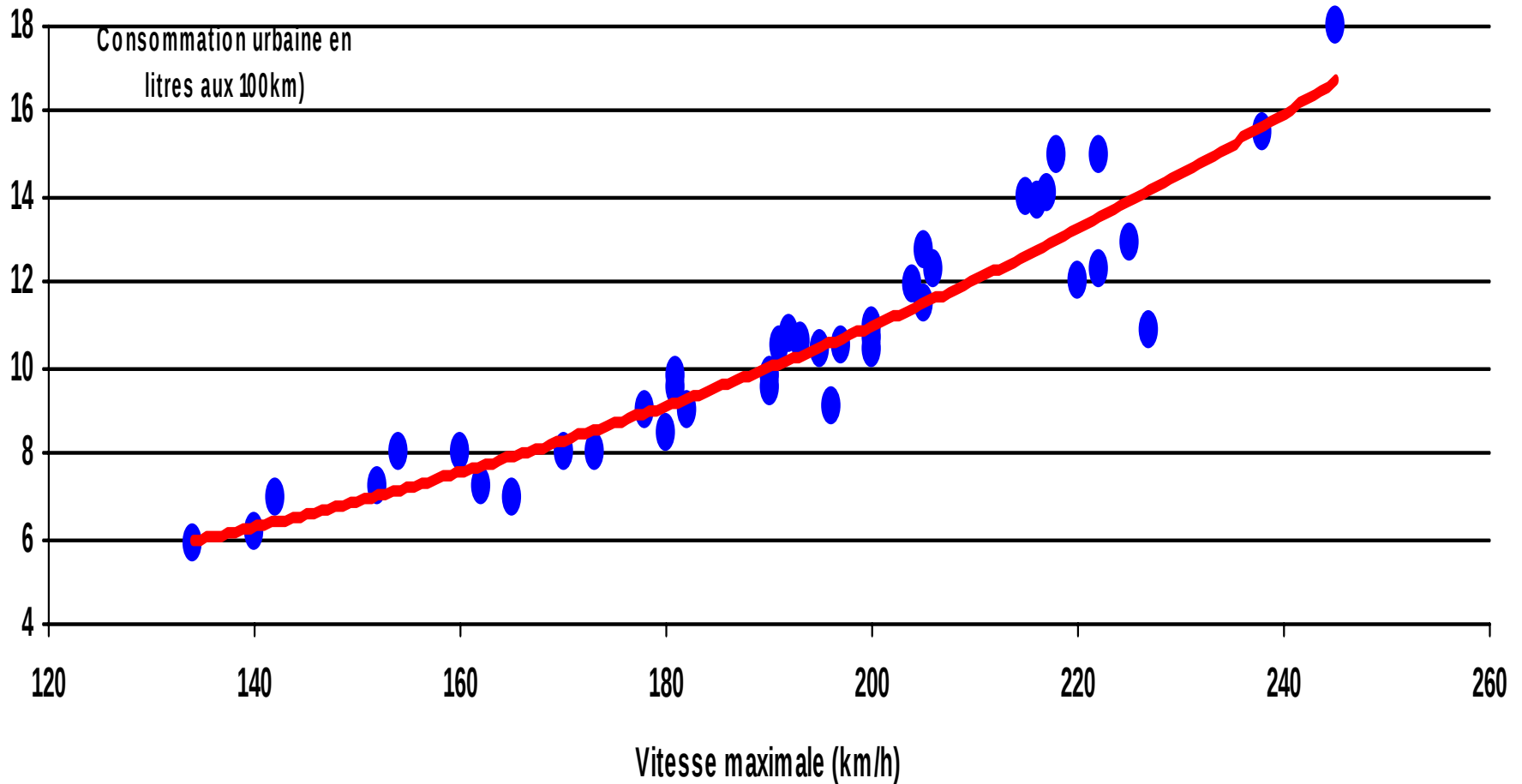
PÉNÉTRATION NATURELLE D 'UNE NOUVELLE TECHNOLOGIE



ÉQUIPEMENT DE 50% DU PARC : 13 ANS
ÉQUIPEMENT DE 95% DU PARC : 24 ANS

Source C.Gallez

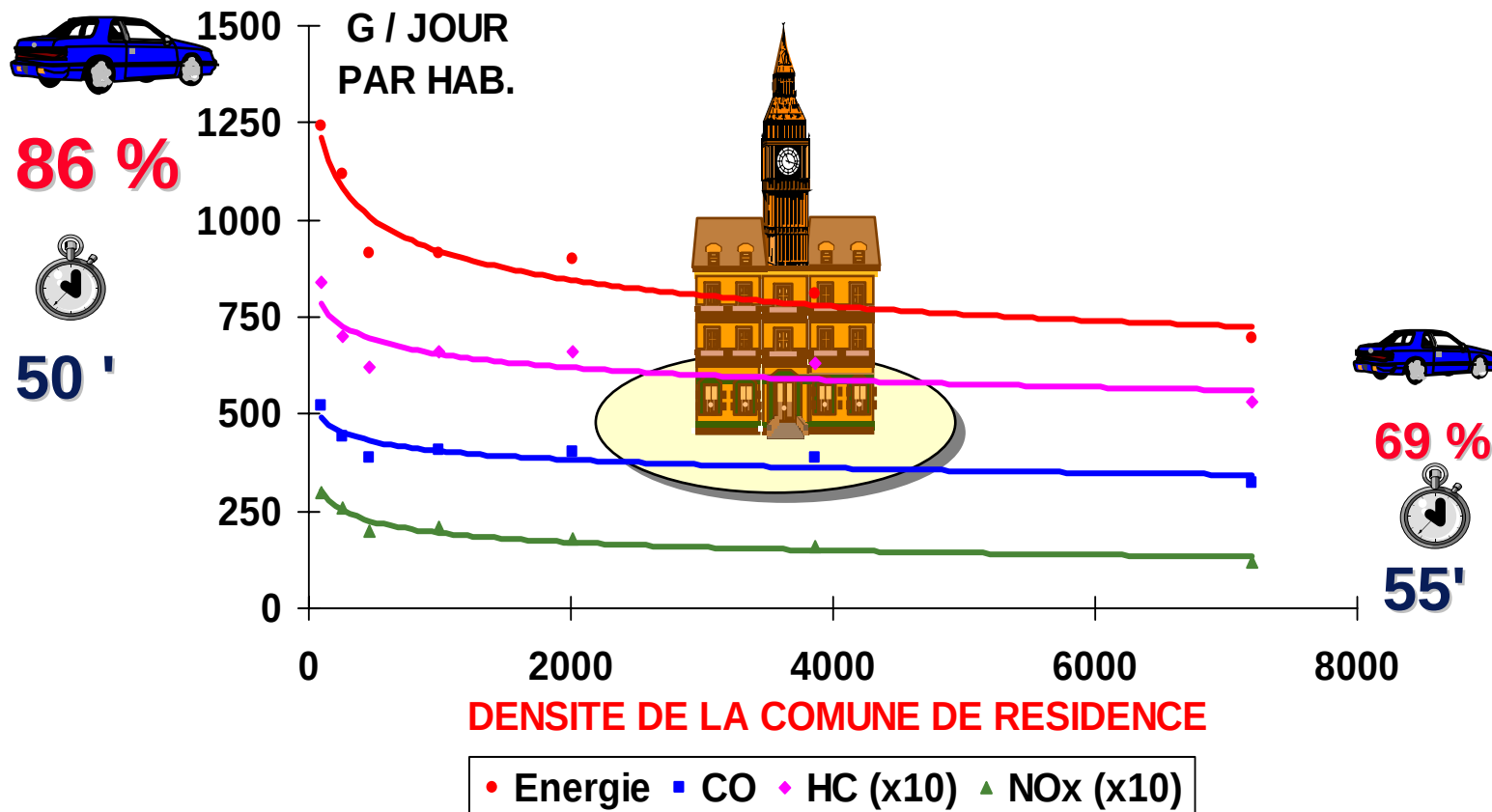
HAUTE PUISSANCE = HAUTE CONSOMMATION URBAINE un rapport 2,5



Source INRETS

LILLE 1987 : EFFET DE LA DENSITE

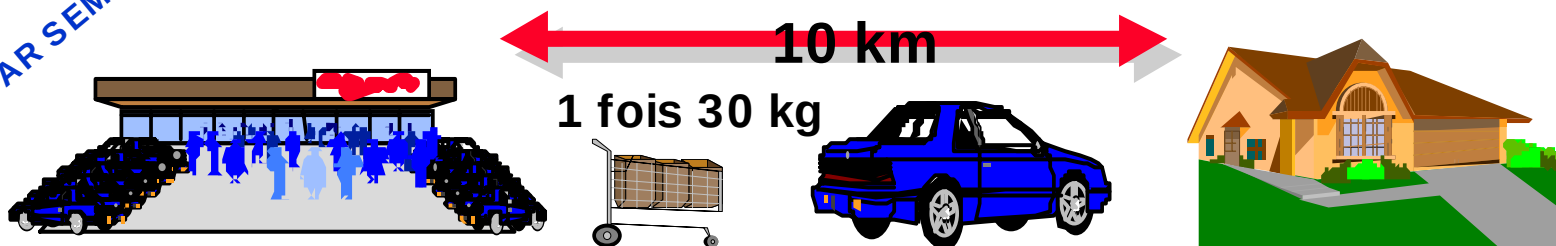
urbapopu



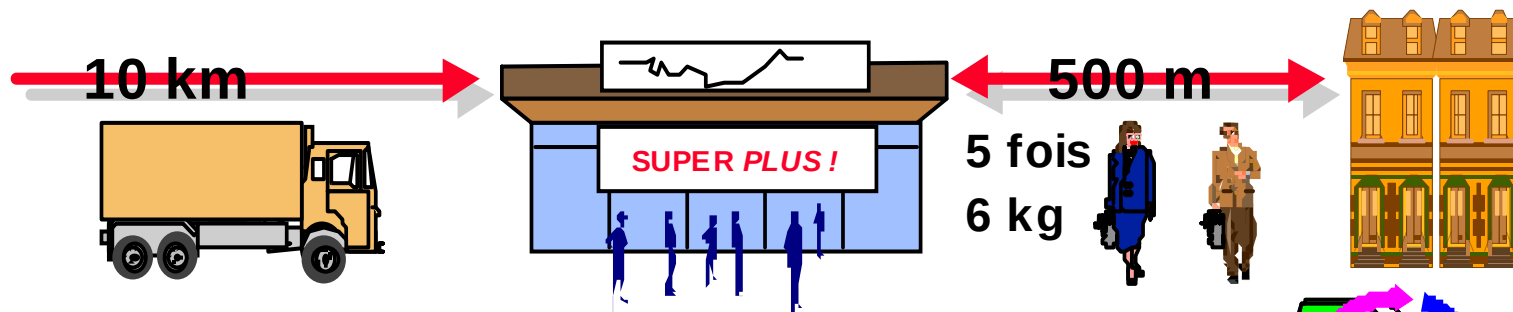
Source INRETS Gallez 1995 pour l'ADEME

LES EFFETS DE L'URBANISME EXTENSIF : L'EXEMPLE DE L'APPROVISIONNEMENT DES MENAGES

PAR SEMAINE SCENARIO 1 : HYPERMARCHÉ DE PERIPHERIE

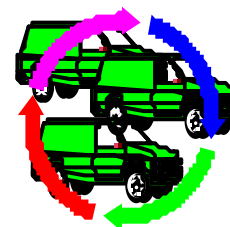


SCENARIO 2 : SUPERMARCHÉ DE PROXIMITE

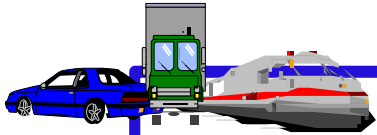


SCENARIO 3 : SCENARIO 2 AVEC LIVRAISON A DOMICILE

Par tournée PVU :
8 clients livrés
30 kg/client



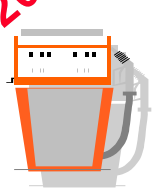
Source Ademe 1997



UN EFFET DESASTREUX SUR LE BILAN ENERGIE NUISANCES

200 MENAGES

SCENARIO 1 : HYPERMARCHÉ DE PERIPHERIE



251 kep

CO²



773 kg



12 300 m².h

Polluants



29 kg

Bruit



200 voit.

SCENARIO 2 : SUPERMARCHÉ DE PROXIMITE



4 kep

CO²



12,6 kg



760 m².h

Polluants



0,3 kg

Bruit



~ 10 voit.

SCENARIO 3 : SCENARIO 2 AVEC LIVRAISON A DOMICILE

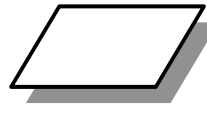


19 kep

CO²



60 kg



1305 m².h

Polluants



2,2 kg

Bruit



~ 35 voit.

Source Ademe / IMPACT 1997

Mesures locales: expérimentations

(INRETS, JP Orfeuil 1999)

-50% prix bus	clientèle +10%CT à +35% (5ans)
X2 prix parkings centre	-20% trafic centre, -2% trafic aggro
+25% prix carburant	Trafic -3%CT, -10%LT Conso -8%CT, -18%LT
Péage cordon 3€ Londres (estim.)	VP -15%, bus =7%, fer +2%, émissions -23%
Places parkings centre/2	-5% trafic CT
Fréquences bus+50%	Clientèle +10% à +35%
Imprévisibilité ou retard 1mn	Pénalisation= +8mn parcours
Respect vitesses	Conso -3% à -4%

Résultats péage londonien

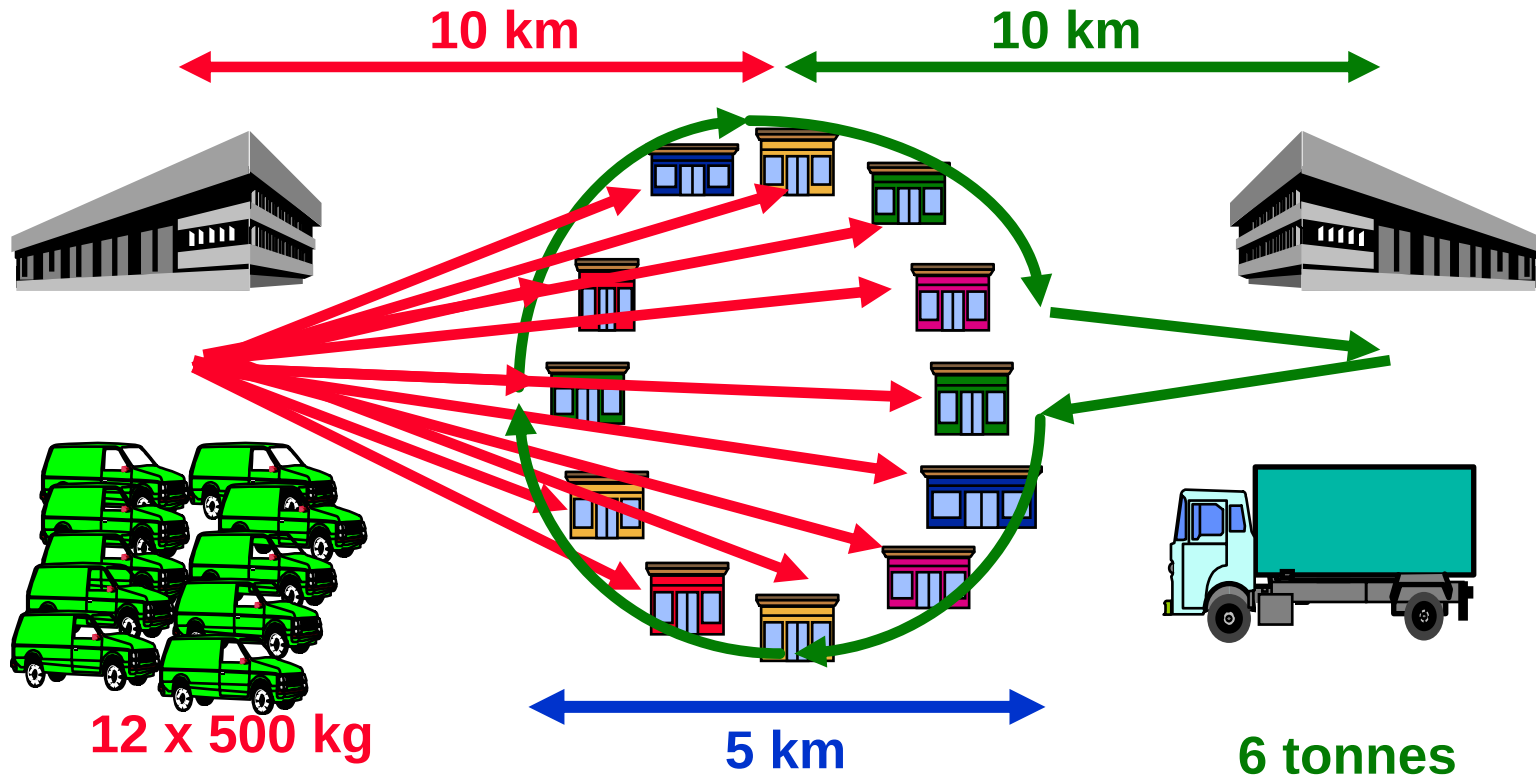
JP Orfeuil, 2005

- Zone de péage: 27km², 5£/jour
- Trafic VP -15%
- Congestion VP -30%
- Vitesse et clientèle bus: en hausse
- Faiblesse: coûts de gestion élevés, donc peu d'argent revenant aux TC

LIVRAISON EN PARALLELE OU TOURNÉE DE LIVRAISON ?

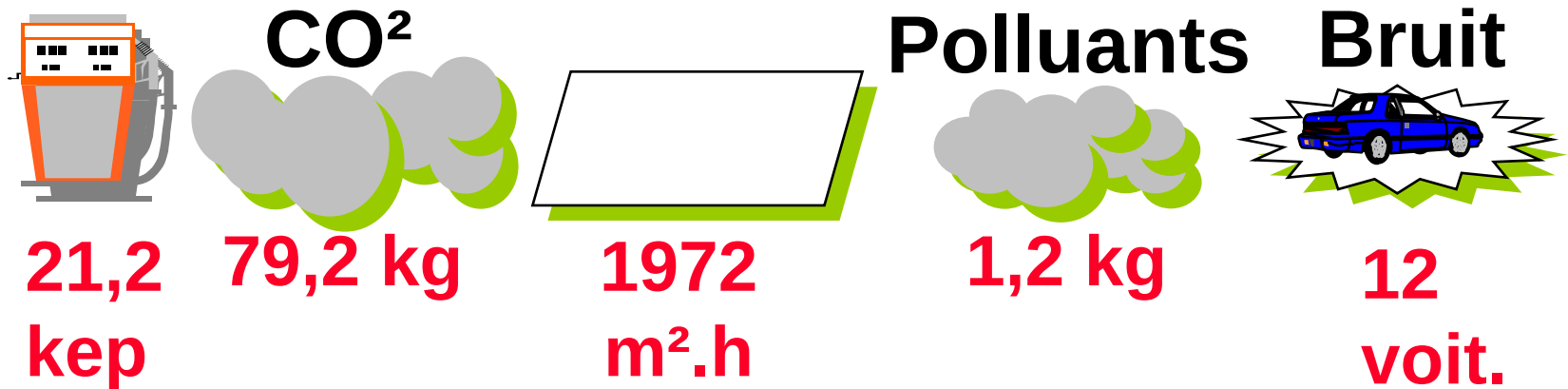
SCÉNARIO 1 :
LIVRAISON EN PARALLELE

SCÉNARIO 2 :
TOURNÉE DE LIVRAISON

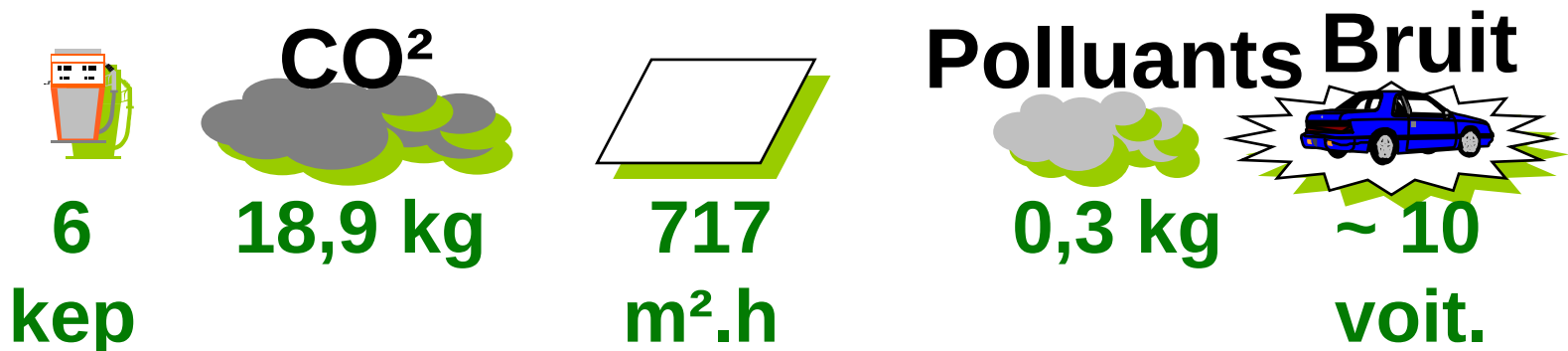


UN EFFET NÉGATIF SUR LE BILAN ÉNERGIE / NUISANCES

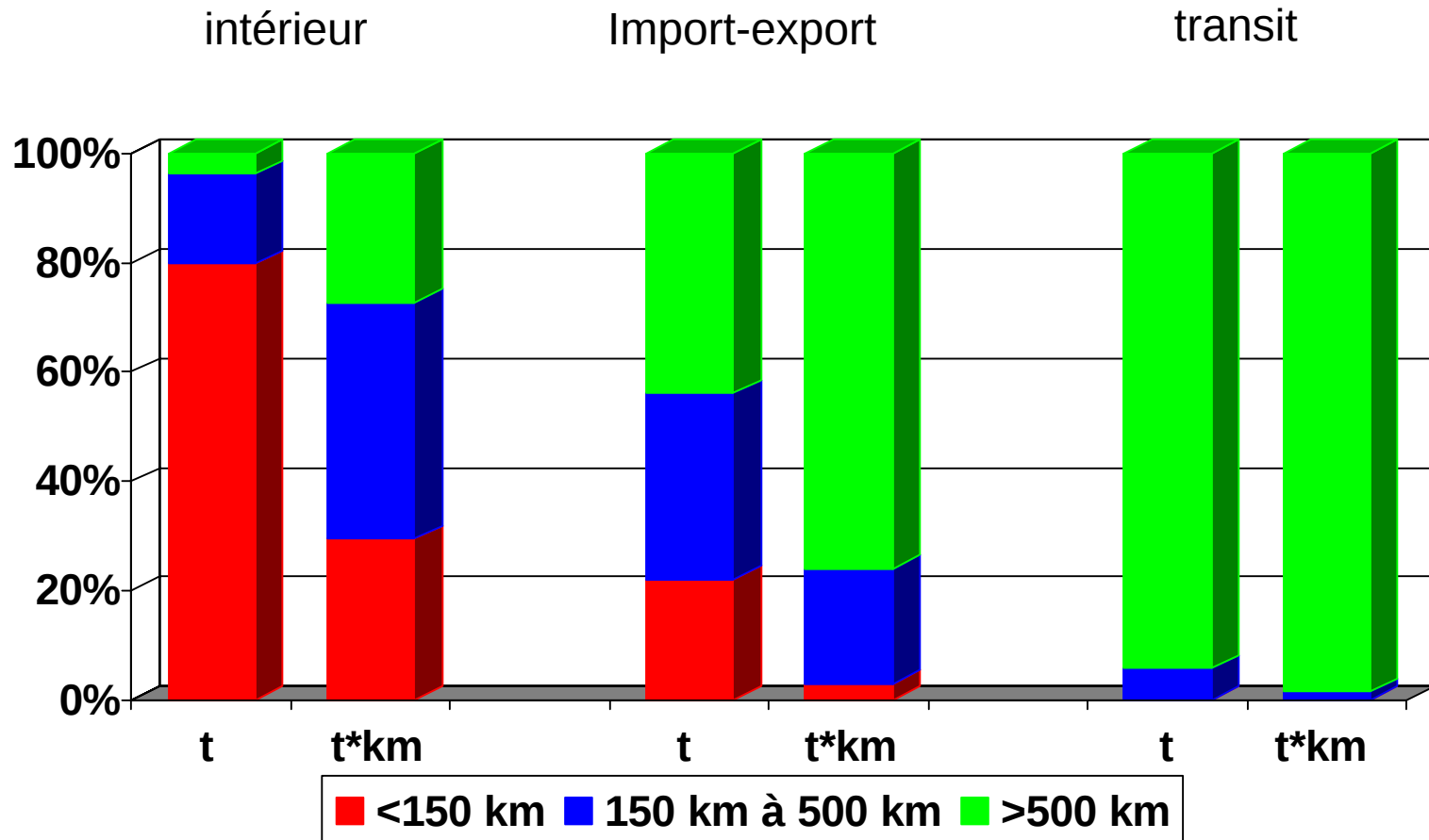
SCENARIO 1 : LIVRAISON EN PARALLELE



SCENARIO 2 : TOURNÉE DE LIVRAISON



LES POSSIBILITÉS DE TRANSFERT MODAL: recours au transport combiné eau ou rail (source Ademe)

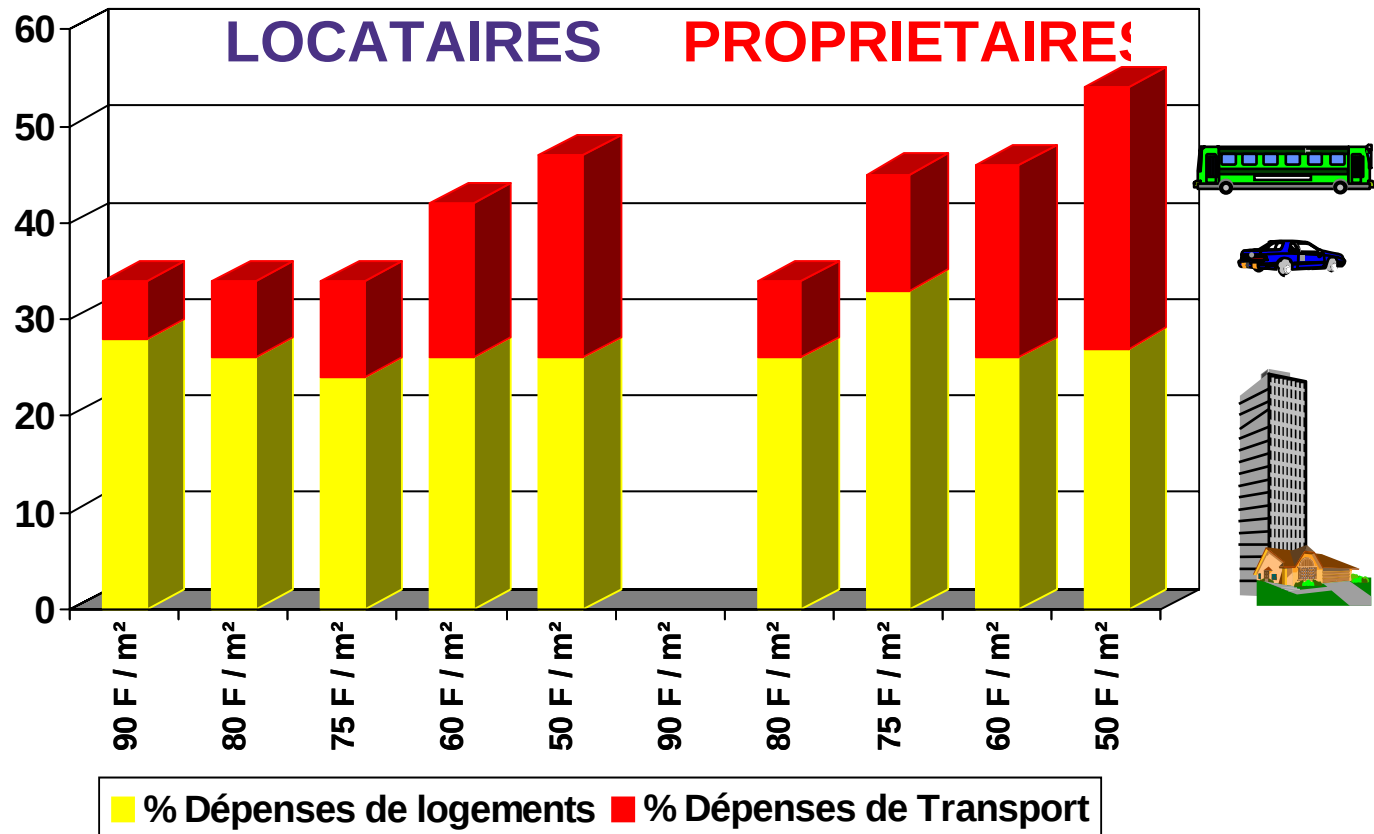


Rapports carbone 2000 (source Ademe)

- Voyageurs
 - avion/tgv: 60
 - voiture/tgv: 35
 - voiture/car,TER: 3
- Marchandises
 - route/rail: jusqu'à 200
 - maxic/tc: 13
 - route/fleuve: 2-3
 - fleuve-rail:6-60
- Route/route commerces:
15 à 60
 - route/route:2-4

LOGEMENT, TRANSPORTS & REVENU DES MENAGES :

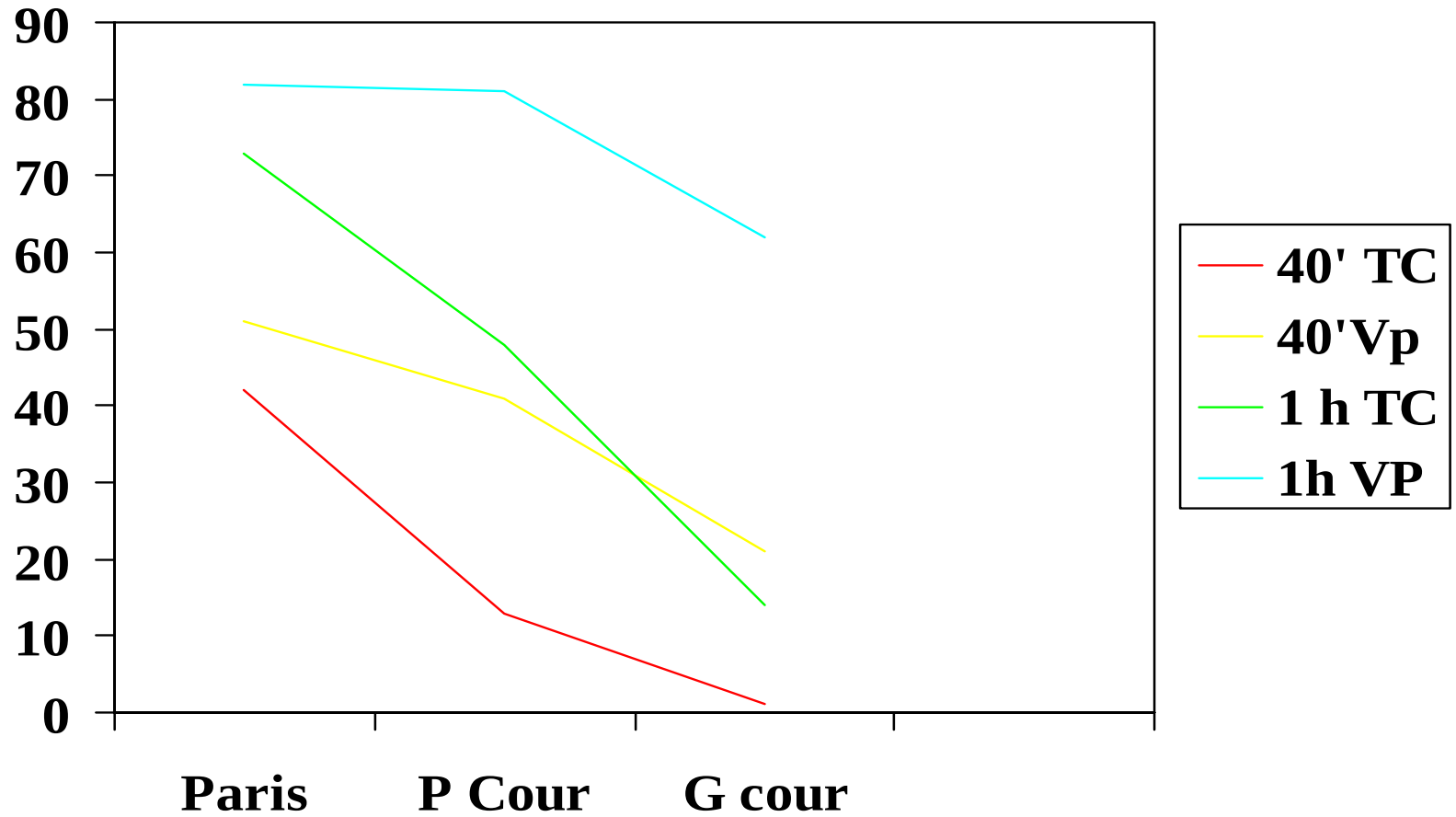
IMPACT SUR LA QUALITE DE VIE



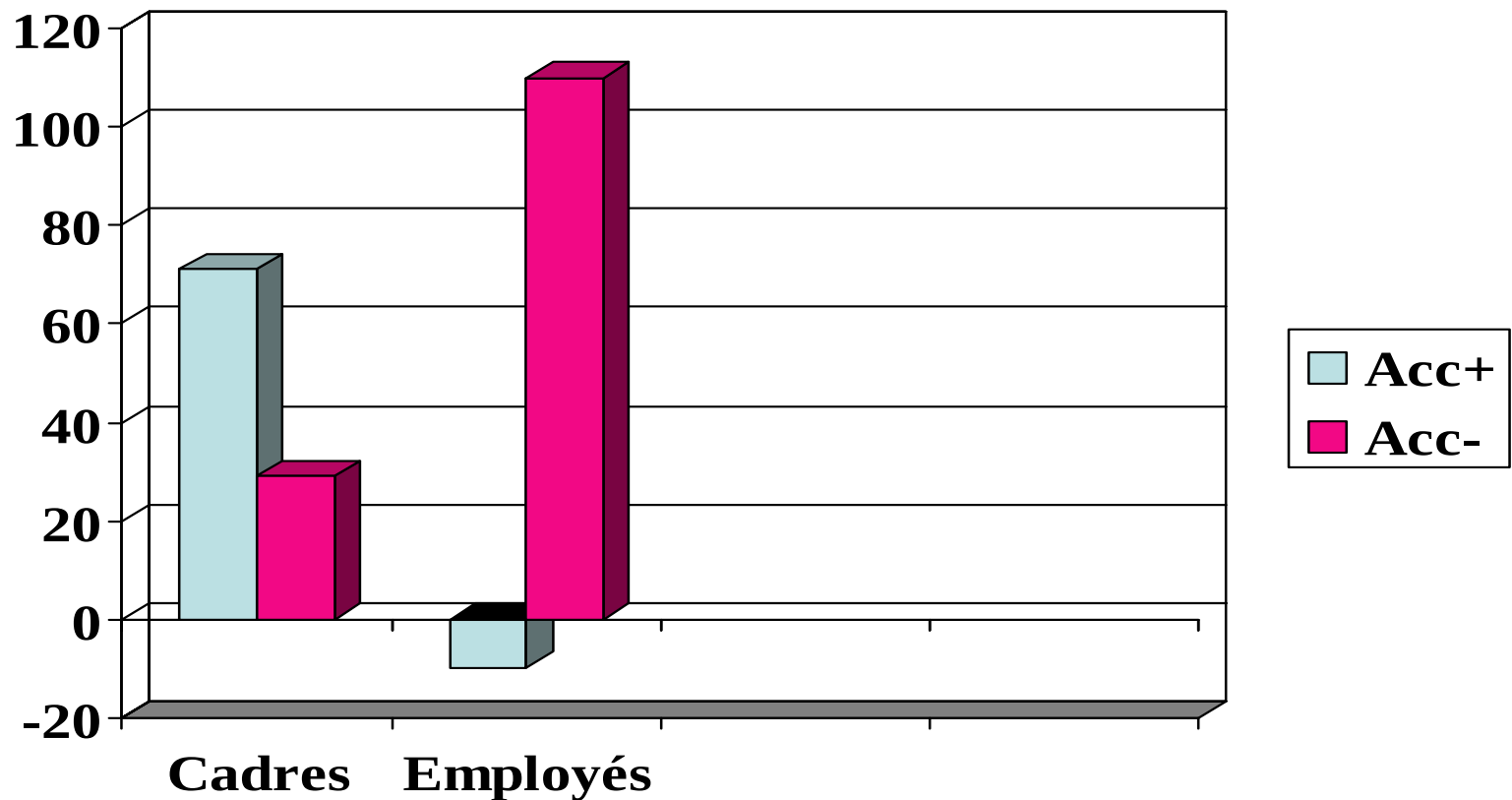
Source : A. POLLACHINI & J.P. ORFEUIL « Les budgets logement et transport en Ile de France »

Marché de l'emploi accessible

JP Orfeuil

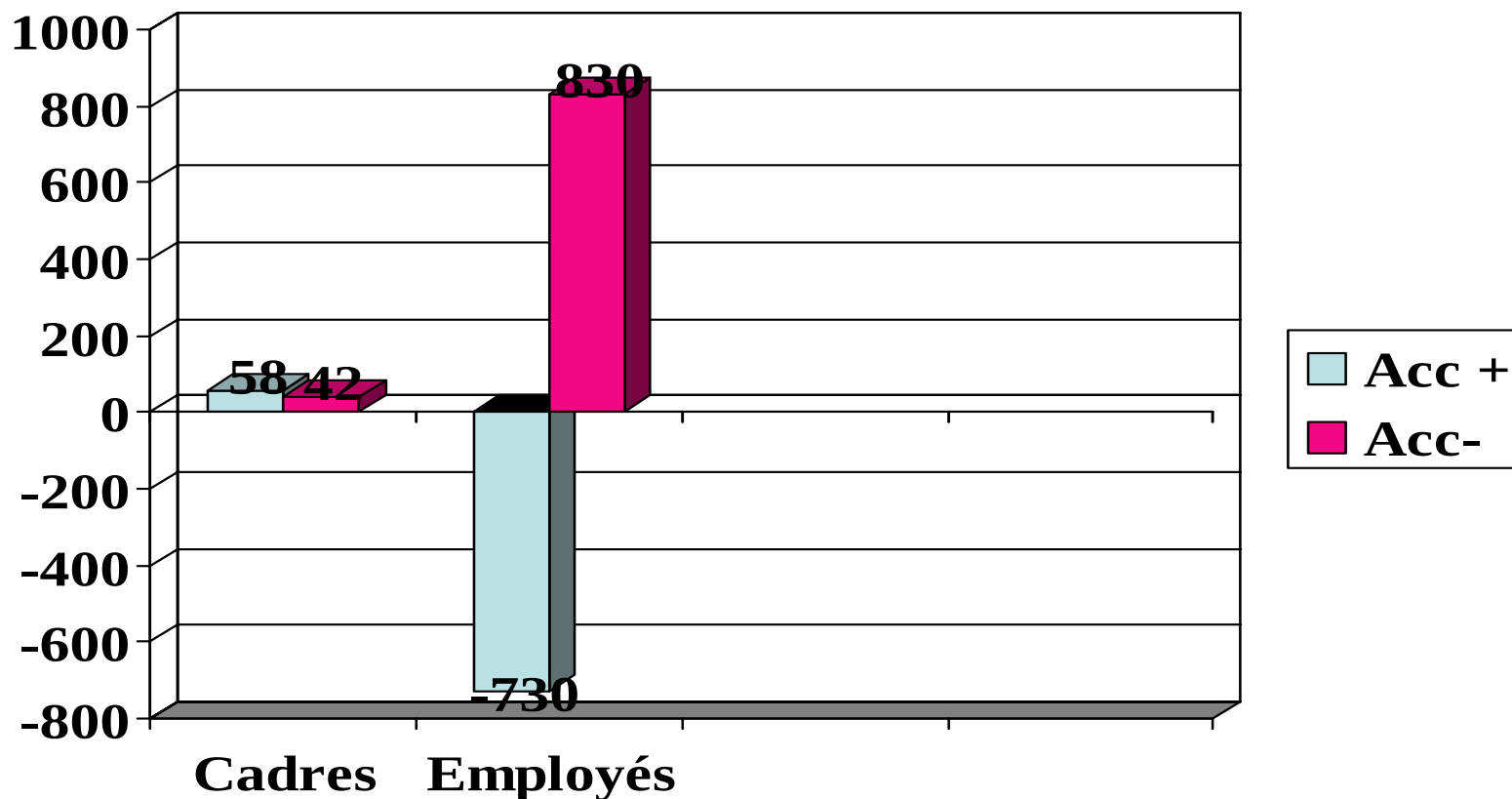


Rapports habitat / emploi: évolution des résidences, années 90 JP Orfeuil



Rapports habitat / emploi: évolution des emplois, années 90

JP Orfeuil



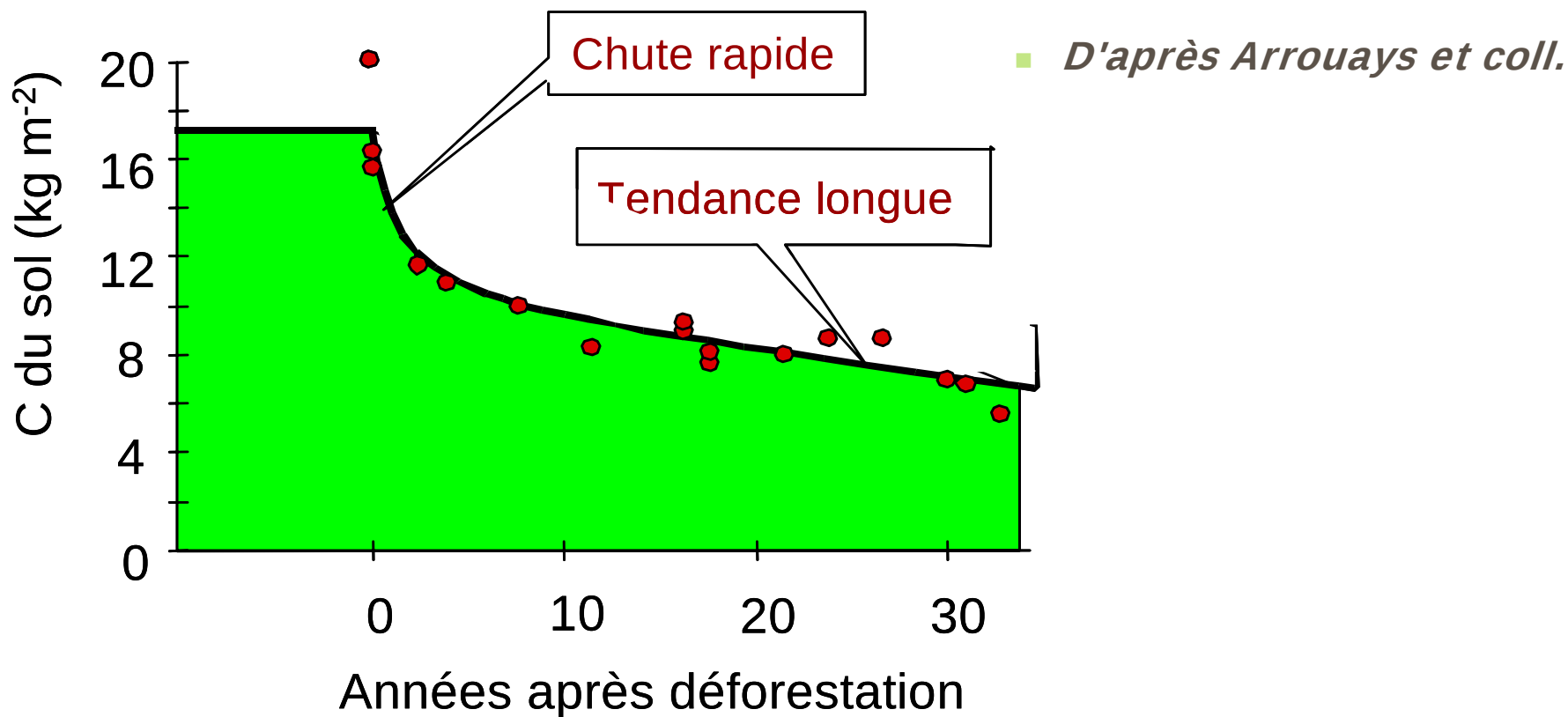
Un horizon décisif, à la fois ouvert et contraint

(FAO 2006 ; M. Griffon « Nourrir la planète », CIRAD 2006)

- 9 milliards de terriens au minimum en 2050
- Disponibilités mondiales d'extension limitée en tenant compte des pentes et des sols >> accroissement des rendements obligatoire mais difficile
- Laisser au moins 500-600Mha non exploités (biosécurité climatique: Amazonie, Congo...)
- Impasses de la «révolution verte»: effondrement des nappes (Inde, Chine...), pollutions chimiques et biologiques, déforestation (Amazonie, Indonésie, Congo), érosion et pertes de fertilité, appauvrissement biologique, résistances chimiques, maladies humaines, plafonnement des rendements, vulnérabilité / ravageurs
- >> Nécessité d'une « Révolution Doublement Verte »
- Energies renouvelables diversifiées: physio-énergies (phyto – agri- et sylvi-; zoo-), mais aussi éolien, solaire, géothermie...
- Phytochimie de champ, de serre ou de réacteur

L'agriculture modifie le stock de carbone du sol (INRA)

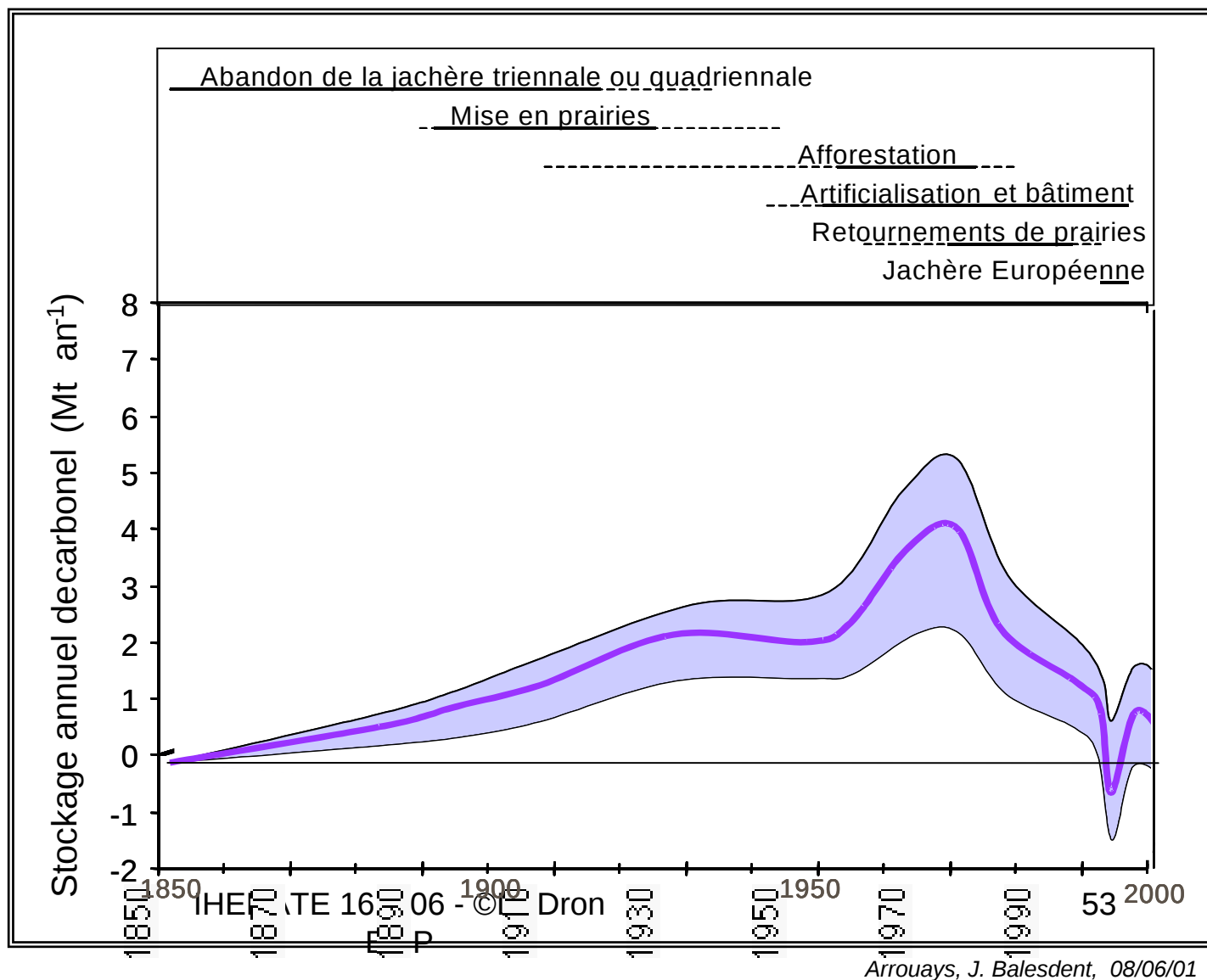
- Forêt -> Culture
- Limons du piémont pyrénéen



Effet des changements d'usage sur le stockage de C par les sols (calcul)

Potentiel : de
1 à 3 MtC /an

Expertise INRA
pour MEDD
2002



Diverses corrections et adaptations à réussir

- Dégradation des ressources
 - Irrigation: **nappes** Inde et Chine, **salinisation (-8% terres irriguées/an monde)**
 - **Sols** activité biologique et toxicité: Cu, Zn, phytos sur **6,7Mha France**)
 - Sols **Mat. Organique** : moyenne grande culture France : **moins 30% en 30 ans**
- Questions sanitaires
 - **Lien Parkinson / usage phytosanitaires démontré** USA 2006 (Harvard sur 143000 personnes pendant 10 ans); premier Parkinson reconnu maladie professionnelle en France (2006, agriculteur); étude MSA France en cours
 - Dépassement **LMR phytos 2002 >8% céréales fruits et légumes** (moyenne UE 5,5%)
- Variétés: la sélection sur un seul critère réduit la robustesse générale
 - **Sélection au seul rendement/ha suppriment des résistances** : ex maïs / chrysomèle (Diabrotica)
 - Accroissement des résistances par OGM : ex **USA** quantités de phytos **accrues de 30% (RR) voire doublées en insecticides sur coton Bt / cultures conventionnelles** (Benbrook - données USDA 2001) ; ex **Argentine herbicides doublés sur soja RR / conventionnel >>> herbicides plus toxiques (paraquat...)** (Benbrook -INTA 2004)
- Gestion spatiale
 - Ex **cohabitation alimentaire-non-alimentaire**: « Yalta » US /maïs déc 2002 : zéro GM pharmaceutique dans 3 états « alimentaires » consenti par la Biotech Indust. Organiz.

« Principes de la Révolution Doublement Verte » (FAO 2006)

Source: Nourrir la planète, M. Griffon (p332)

Agriculture conventionnelle (« Révolution verte »)

Agriculture « Révolution doublement verte »

Artificialisation la plus complète possible du milieu naturel	Inscription des systèmes productifs dans le cadre des écosystèmes
Utilisation des intrants en forçage du système de production	Recherche d'un équilibre biogéochimique entre intrants et extrants
Spécialisation des productions et standardisation des techniques	Diversification des productions
Protection absolue de la production et éradication des maladies et ravageurs	Gestion du patho-système en vue de la contention des envahisseurs

Des marges importantes, à favoriser

- **Blé** : variétés naturellement robustes (INRA: Oratorio...)
 - moindre densité de semis, **moins d'azote (20%), moins de fongicides et facteurs de croissance (-70 -100%)**
 - >>> **résultats économiques égaux ou meilleurs**, coûts réduits,
 - variabilité des rendements réduite, contenu protéine maintenu
- **Cultures mélangées**: ex riz à haut rendement et riz rustique
 - >>en 2 ans **0 fongicides, -94% maladies,+89% productivité** (Chine)
- **Forêts et cultures** multispécifiques
 - plus robustes aux invasions de ravageurs climato-induites.
 - Agri-énergies : pionnières de la R2V?
- **Canicule 2003: cultures agribio plus résistantes** que les conventionnelles du fait de la meilleure qualité des sols (EU, USA)
- « **Révolution doublement verte** » (**FAO 2006**) : pour des rendements plus robustes et soutenables qu'en conventionnel

Une adaptation économiquement gagnante pour la collectivité

- *Les substitutions ne suffiront pas*
- *Entreprises: robustesse et adaptation*
- *Urbanisme, habitat: compétitivité, fiabilité*
- *Transports : fiabilité, accessibilité*
- *Vulnérabilités socio-économiques : atténuer*
- *Agriculture/forêt/nature en ville: énergie, circuits courts, disponibilité, attractivité*
- **Gagner de la liberté économique** en réduisant les contraintes : depuis chocs 70', 1% pib gagné sur poste énergie (=1,5% pib)
- **Une nouvelle répartition des budgets** publics et privés (prévention, réparation)...

Les ressources environnementales, condition d'une attractivité territoriale durable

- **Attractivité?**

- fiabilité des fonctions territoriales
- atténuation des coûts socio-économiques
- >>robustesse des fonctions environnementales
- >>organisation insérée dans le nouveau contexte
- >>activités répondant aux tendances longues
- >>réalisme et équité

Quelques références bibliographiques

- « *L'homme et sa planète* », direction M. Boiteux, Académie des Sciences morales et politiques, PUF juin 2003
- « *La division par 4 des émissions de CO2 en France d'ici 2050 : introduction au débat* », P. Radanne, MIES 2004 (www.effet-de-serre.gouv.fr)
- « *Energies de ton siècle! Des crises à la mutation* », P. Radanne, Lignes de repère février 2005
- « *Changement climatique, énergie et développement durable des territoires* », Territoires 2030 n°2, DATAR, décembre 2005
- « *L'homme face au climat* », direction E. Bard, Collège de France, Odile Jacob 2006
- « *Nourrir la planète* », Michel Griffon, Odile Jacob 2006
- « *Energie et changements climatiques* », Regards sur la terre n°1, AFD-IDDRI, Presses de Sciences Po, novembre 2006
- « *Transports : virage imminent vers le prochain monde* », D. Dron, Transports, octobre 2006
- « *Questions d'environnement global pour un schéma directeur régional* », D. Dron, Urbanisme, décembre 2006