

Territoires à Energie Positive

Nécessité, utopie ou réalité

Michel MAYA

maya@cluny.ensam.fr

Présentation multimédia sonore

www.tramayes.com/TePos

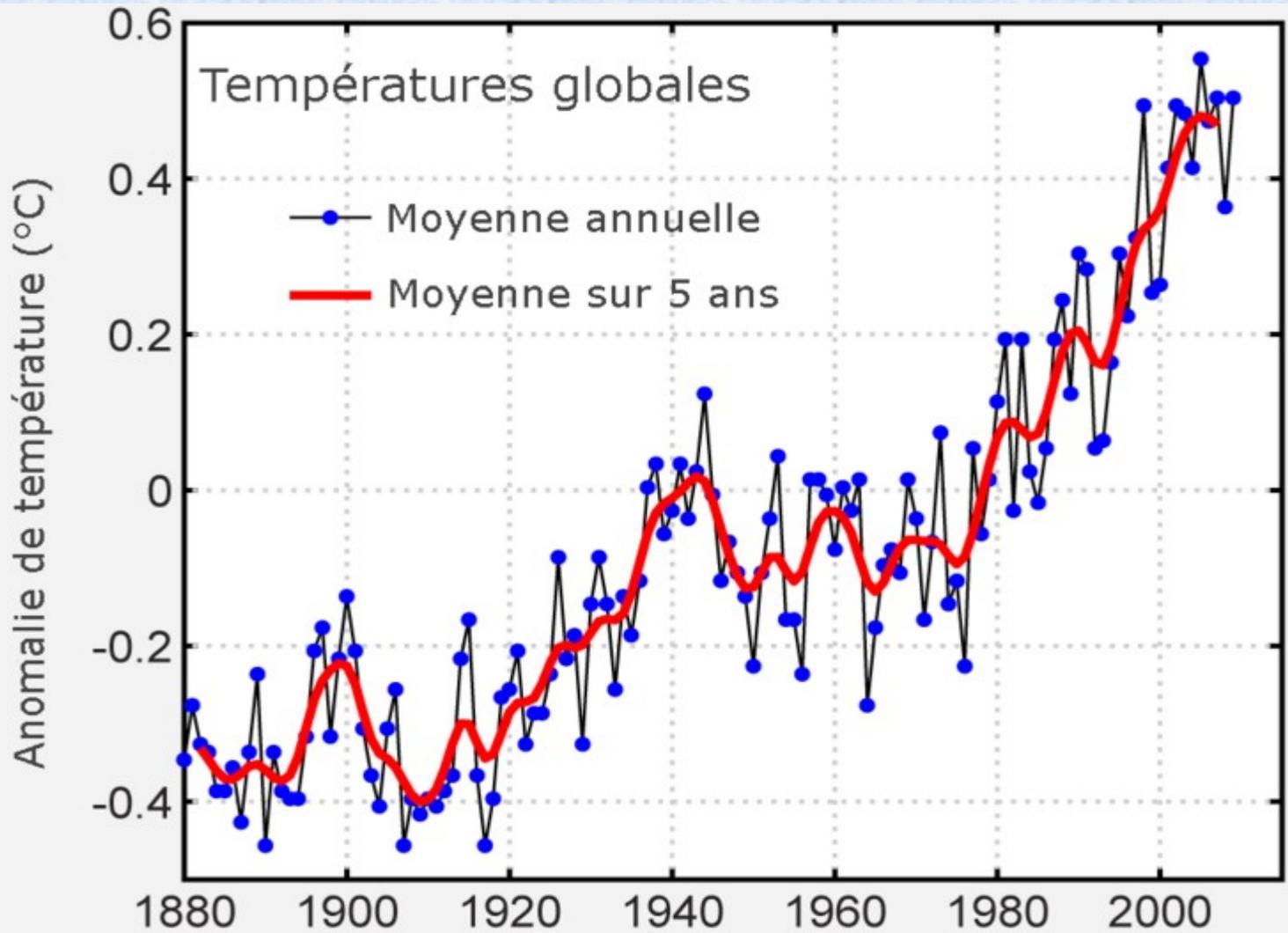
Veillez régler les hauts parleurs

Territoires à Energie Positive

Constat

L'énergie
A Tramayes
Des exemples

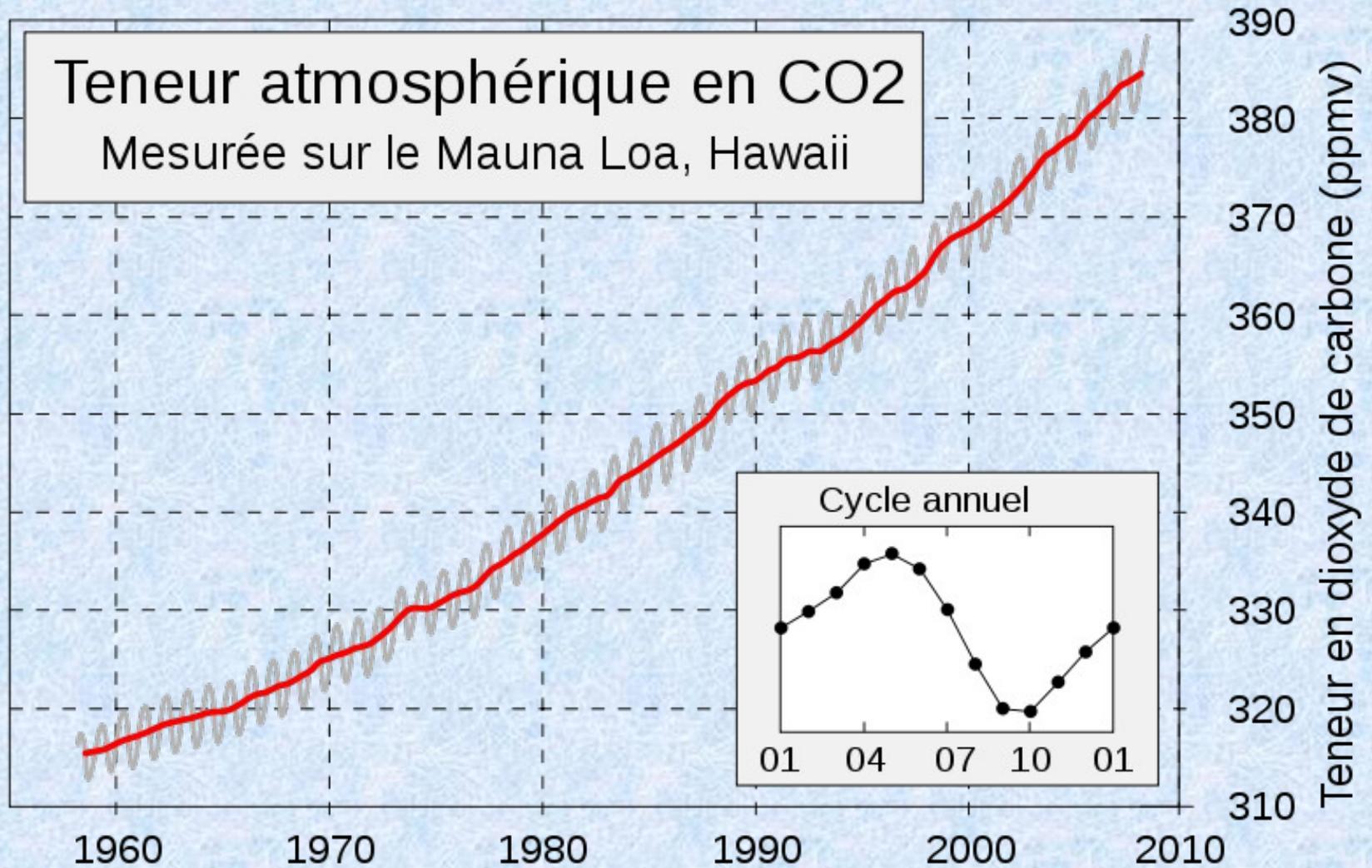
Territoires à Energie Positive



Globalwarming Art

Wikipédia

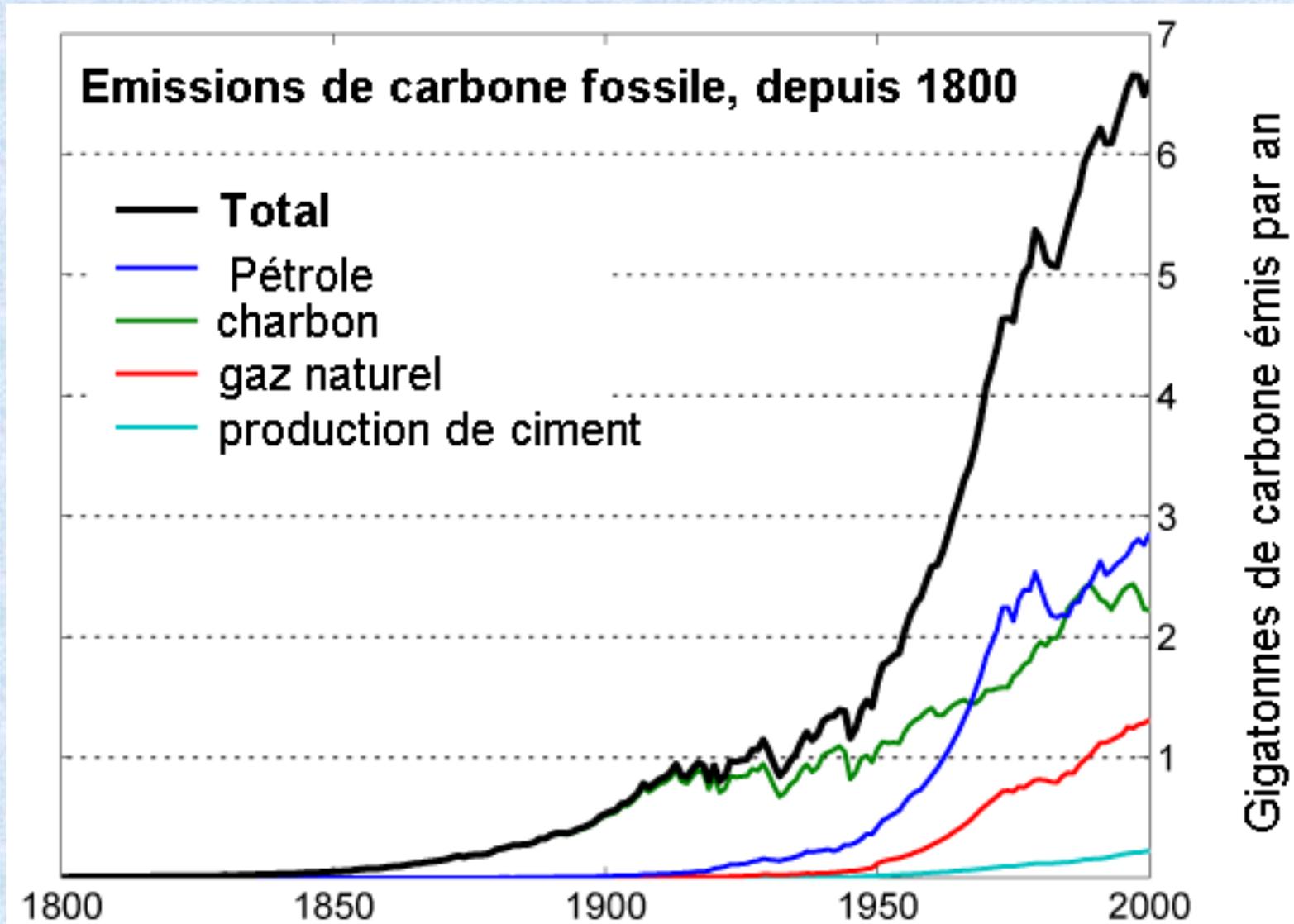
Territoires à Energie Positive



Sémhur

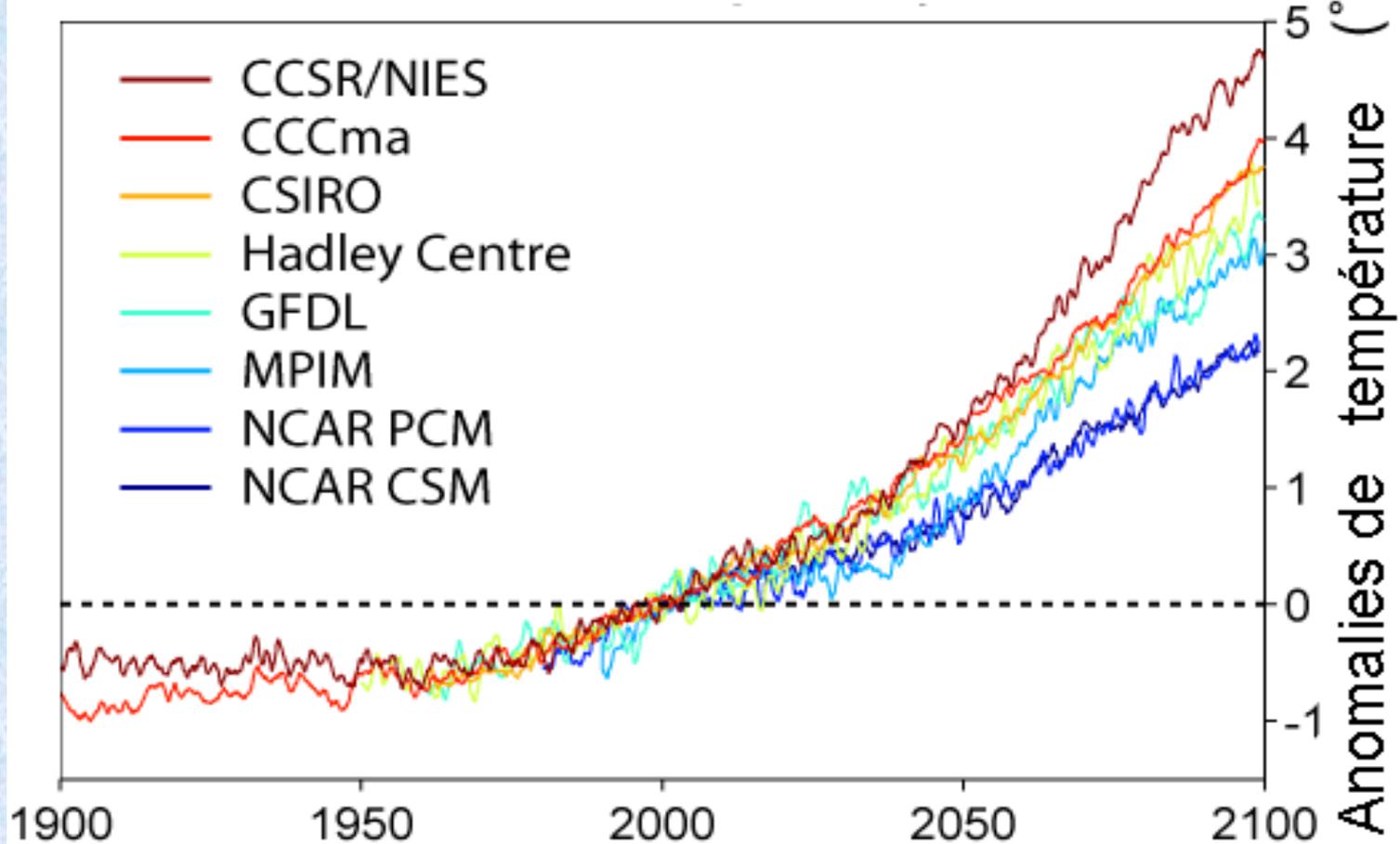
Wikipédia

Territoires à Energie Positive

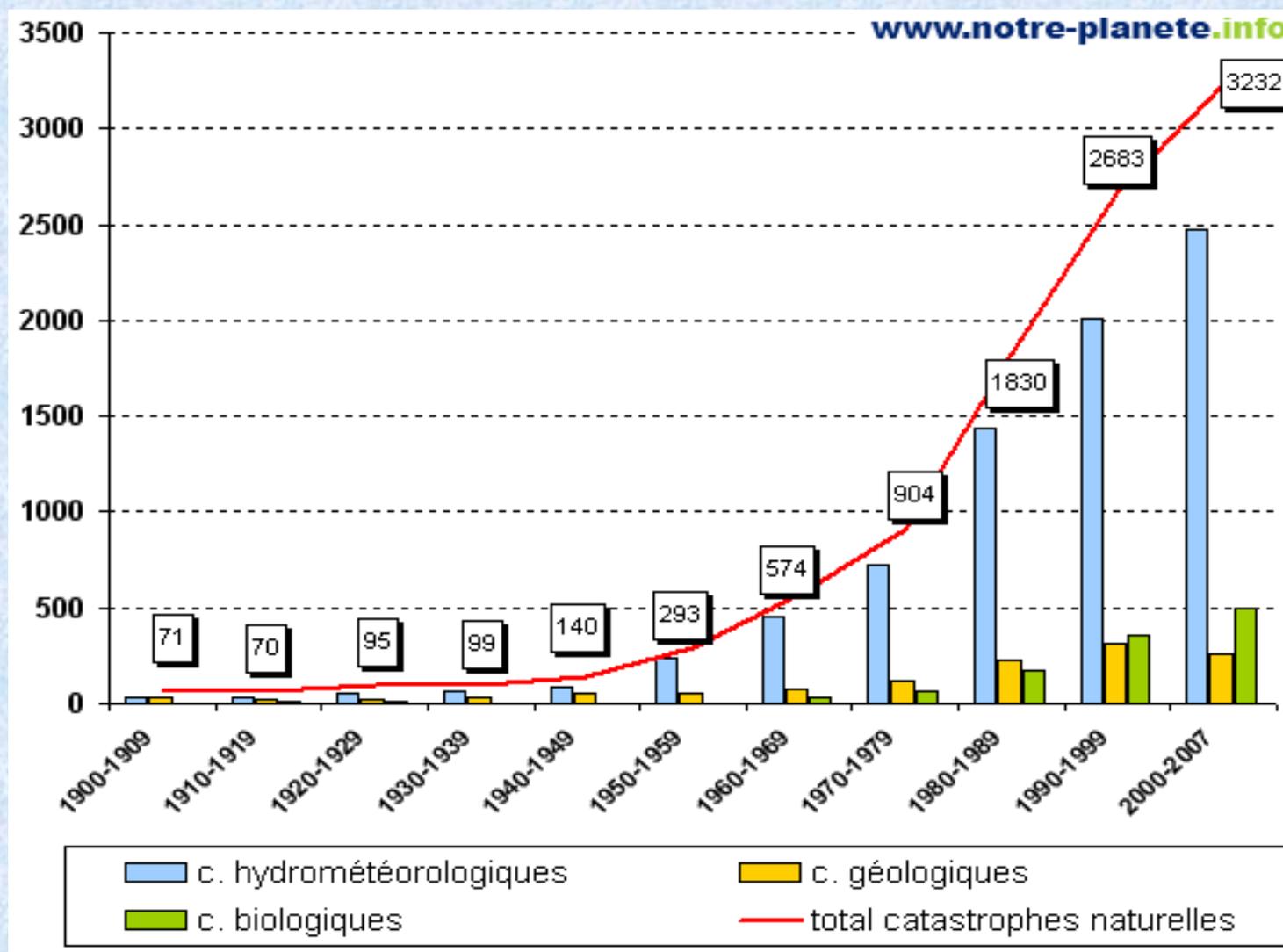


Territoires à Energie Positive

Prévisions des hausses de températures



Territoires à Energie Positive



Territoires à Energie Positive

Constat

L'énergie

A Tramayes

Des exemples

Territoires à Energie Positive

Que représente l'énergie que nous utilisons?



Le déplacement de km (consommation de 5 l/100)

Territoires à Energie Positive



L'Homme Tour Eiffel (HTE)

1 personne de 80 kg

1 masse de 40 kg

Hauteur de montée : 300 m

Energie dépensée : 360 000 Joule

1 masse de 40 kg

Hauteur de chute : 300 m

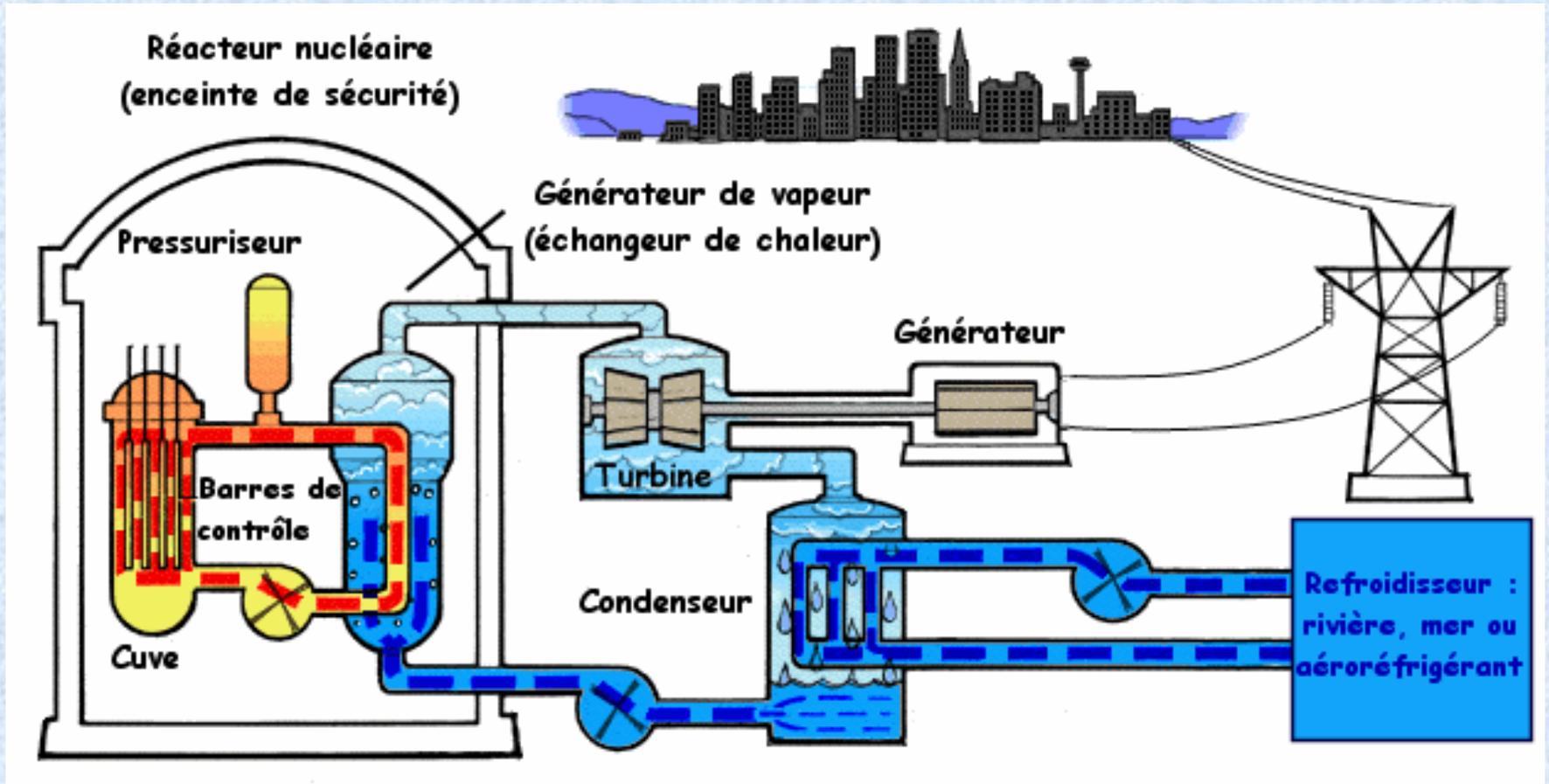
Energie récupérable : 120 000 Joule

Energie Primaire (EP): 360 000 Joule = 0,1 kWh

Energie Finale (EF): 120 000 Joule = 0,033 kWh

Rendement : 1/3

Territoires à Energie Positive



Original uploader was [Pâris Almageste](#) at [fr.wikipedia](#)

Territoires à Energie Positive

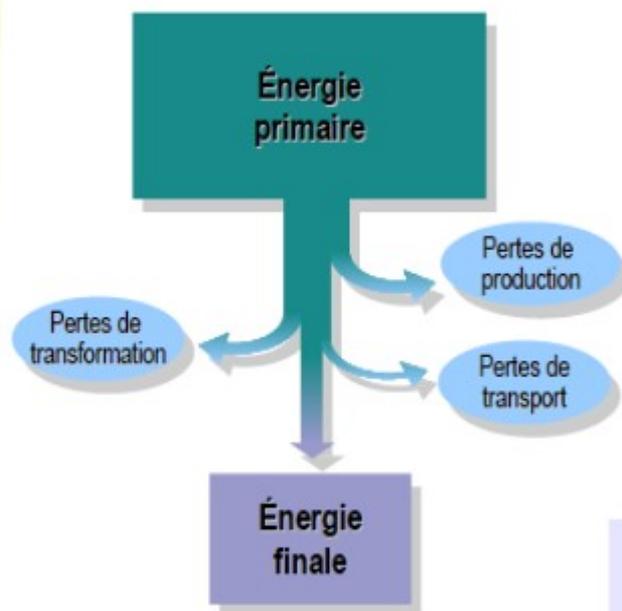
| <u>Centrale nucléaire</u> | Commune (département) | Nom du réacteur | Puissance [MW] therm. (MWt) | nette (MWe) |
|---------------------------|----------------------------------|------------------------|--|------------------------|
| <u>Belleville</u> | <u>Belleville</u> | <u>BELLEVILLE-1[5]</u> | 3817 | 1310 |
| | <u>(Cher)</u> | <u>BELLEVILLE-2[6]</u> | 817 | 310 |
| <u>Blayais</u> | <u>Braud-et-Saint-Louis</u> | <u>BLAYAIS-1[7]</u> | 785 | 910 |
| | <u>(Gironde)</u> | <u>BLAYAIS-2[8]</u> | 785 | 910 |
| | | <u>BLAYAIS-3[9]</u> | 785 | 910 |
| | | <u>BLAYAIS-4[10]</u> | 785 | 910 |
| <u>Bugey</u> | <u>Saint-Vulbas</u> | <u>BUGEY-2[11]</u> | 785 | 910 |
| | <u>(Ain)</u> | <u>BUGEY-3[12]</u> | 785 | 910 |
| | | <u>BUGEY-4[13]</u> | 785 | 880 |
| | | <u>BUGEY-5[14]</u> | 785 | 880 |



| | | | |
|--------------------|------------------------|-----|-----|
| <u>Pierrelatte</u> | <u>TRICASTIN-1[59]</u> | 785 | 915 |
|--------------------|------------------------|-----|-----|

Territoires à Energie Positive

Définition de l'énergie primaire



- ✓ L'énergie finale (kWh_{EF}) est la quantité d'énergie disponible pour l'utilisateur final.
- ✓ L'énergie primaire (kWh_{EP}) est la consommation nécessaire à la production de cette énergie finale.
- ✓ Par convention, du fait des pertes liées à la production, la transformation, le transport et le stockage :

• $1 kWh_{EF} \Leftrightarrow 2,58 kWh_{EP}$
pour l'électricité

• $1 kWh_{EF} \Leftrightarrow 1 kWh_{EP}$
pour les autres énergies (gaz, réseaux de chaleur, bois, etc.)

Territoires à Energie Positive

Que représente l'énergie que nous utilisons?



| | EF (kWh) | EP (kWh) |
|--|----------|----------|
| 1 ampoule 100 W pendant 1 heure | 0,1 | 0,258 |
| 1 cafetière 1kW pendant 6 minutes | 0,1 | 0,258 |
| 1 aspirateur 2,4 kW pendant 5 minutes | 0,2 | 0,516 |
| 1 radiateur 1 500 W électrique pendant 1 heure | 1,5 | 3,87 |
| 1 déplacement 20 km (consommation 5 l/100) | 10 | 10 |

Territoires à Energie Positive



L'Homme Tour Eiffel (HTE)

| | EF (kWh) | EP (kWh) | HTE _p |
|--|----------|-------------|------------------|
| 1 ampoule 100 W pendant 1 heure | 0,1 | 0,258 | 3 |
| 1 cafetière 1kW pendant 6 minutes | 0,1 | 0,258 | 3 |
| 1 aspirateur 2,4 kW pendant 5 minutes | 0,2 | 0,516 | 6 |
| 1 déplacement 20 km (consommation 5 l/100) | 10 | 10 | 300 |

Territoires à Energie Positive

EN17DET La consommation finale par types d'énergie en 2009, evolution 1990-2009, France et region

| | Consommation finale d'énergie | | | |
|---|-------------------------------|------|-----------------------|---------------|
| | | | France métropolitaine | |
| | 1990 | 2009 | 1990 | 2009 |
| | ktep | ktep | ktep | ktep |
| Consommation finale totale | + 13,5% | | 135651 | 153967 |
| Consommation finale totale (champ constant) (1) | | | 135651 | 148810 |
| Consommation primaire totale | +19,7% | | 176053 | 210750 |
| dont par types de produits | | | | |
| Charbon | 9792 5264 | | | |
| Produits pétroliers | 66218 66306 | | | |
| Gaz naturel et de réseaux | 25556 31684 | | | |
| Electricité primaire | 65973 92722 | | | |
| Bois-énergie | 7989 8093 | | | |
| Vapeur et chauffage urbain | 524 3568 | | | |
| Autres énergies renouvelables thermiques | 0 276 | | | |
| Combustibles spéciaux non renouvelables | 0 377 | | | |
| Biocarburants | ND 2460 | | | |
| dont par secteurs consommateurs | | | | |
| Industrie | 40595 35059 | | | |
| Industrie (champ constant) (1) | 40595 31778 | | | |
| Residentiel tertiaire | 50693 65348 | | | |
| Agriculture | 3201 3694 | | | |
| Transports | 41162 49866 | | | |

(1) Le champ de l'enquête qui permet d'estimer la consommation d'énergie dans l'industrie à changer en 2005, devenant plus complet. Pour permettre d'apprécier correctement les évolutions, on donne ici la consommation dans l'ancienne définition.

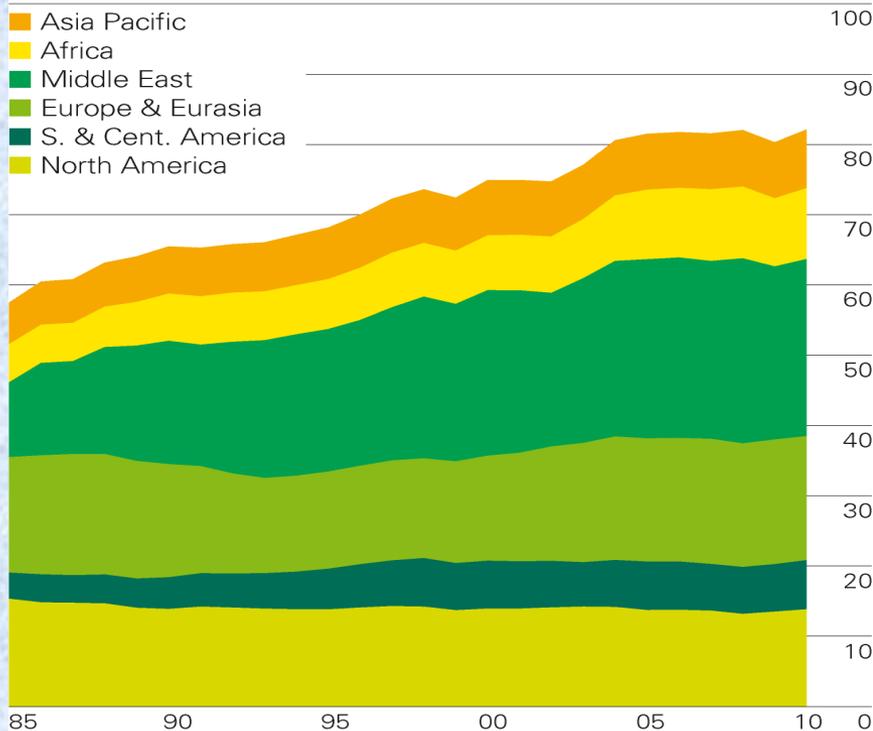
Territoires à Energie Positive

Oil production/consumption by region

Production by region

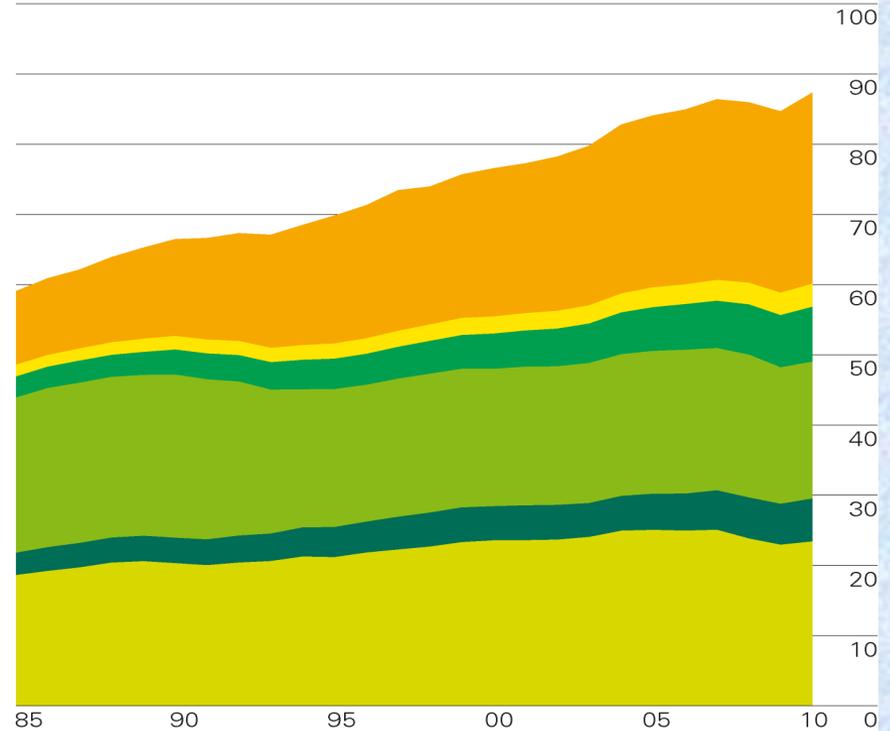
Million barrels daily

- Asia Pacific
- Africa
- Middle East
- Europe & Eurasia
- S. & Cent. America
- North America



Consumption by region

Million barrels daily



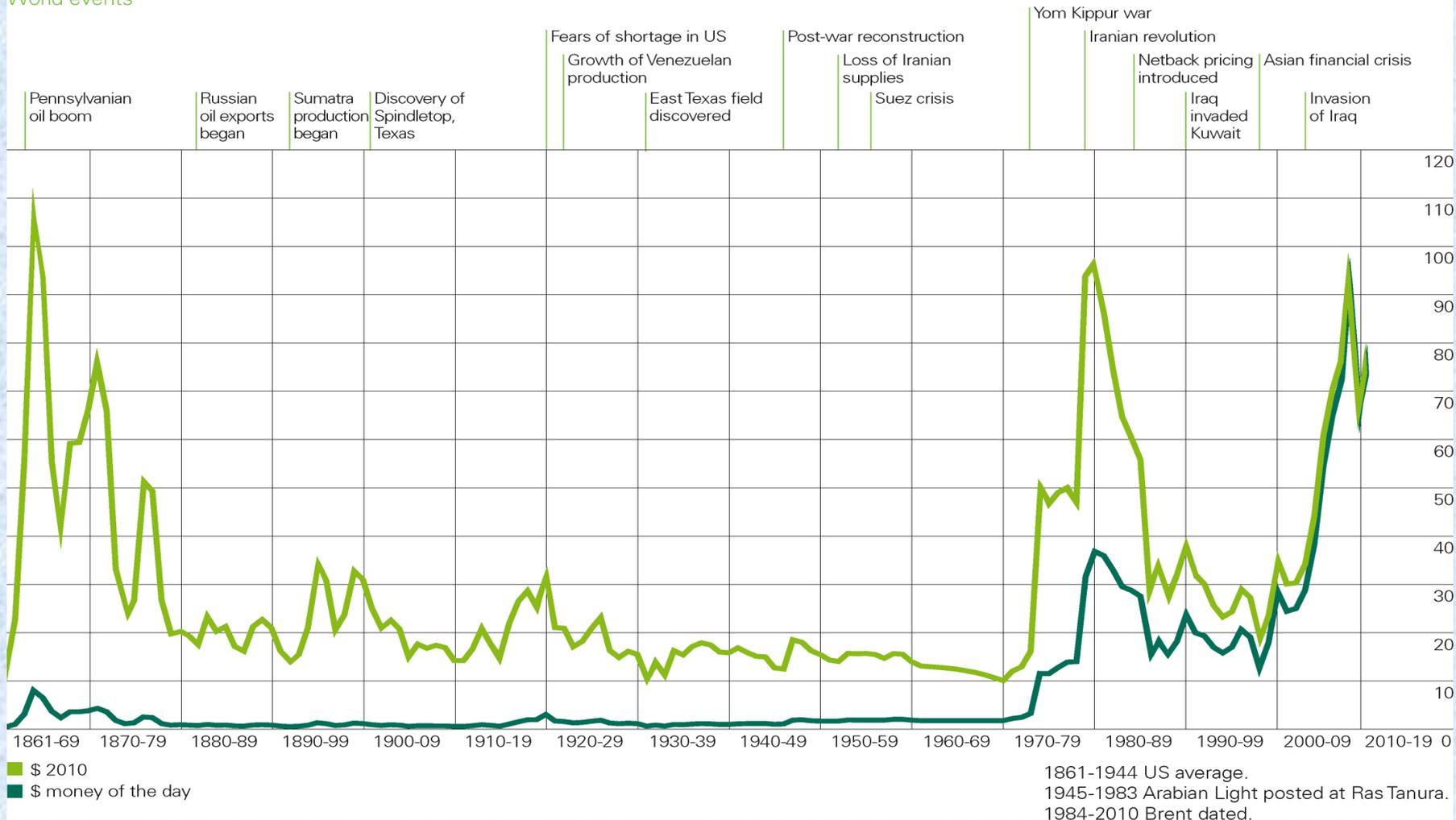
World oil production increased by 1.8 million b/d in 2010; growth was broadly-based, with increases in all regions except Europe & Eurasia. Moreover, growth was broadly split between OPEC and non-OPEC countries. World oil consumption increased by 2.7 million b/d; growth was above average in all regions, although Asia Pacific countries accounted for the majority (54%) of global consumption growth.

Territoires à Energie Positive

Crude oil prices 1861-2010

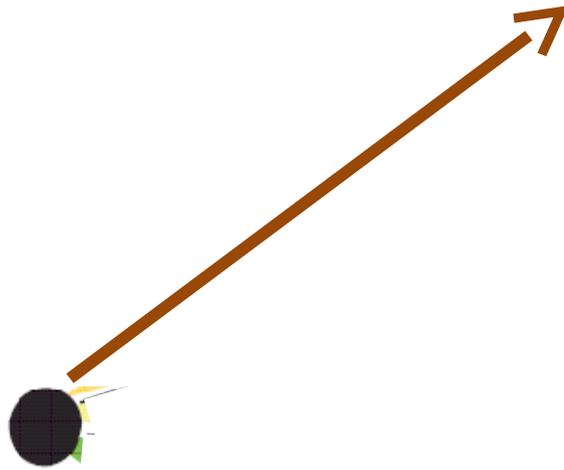
US dollars per barrel

World events



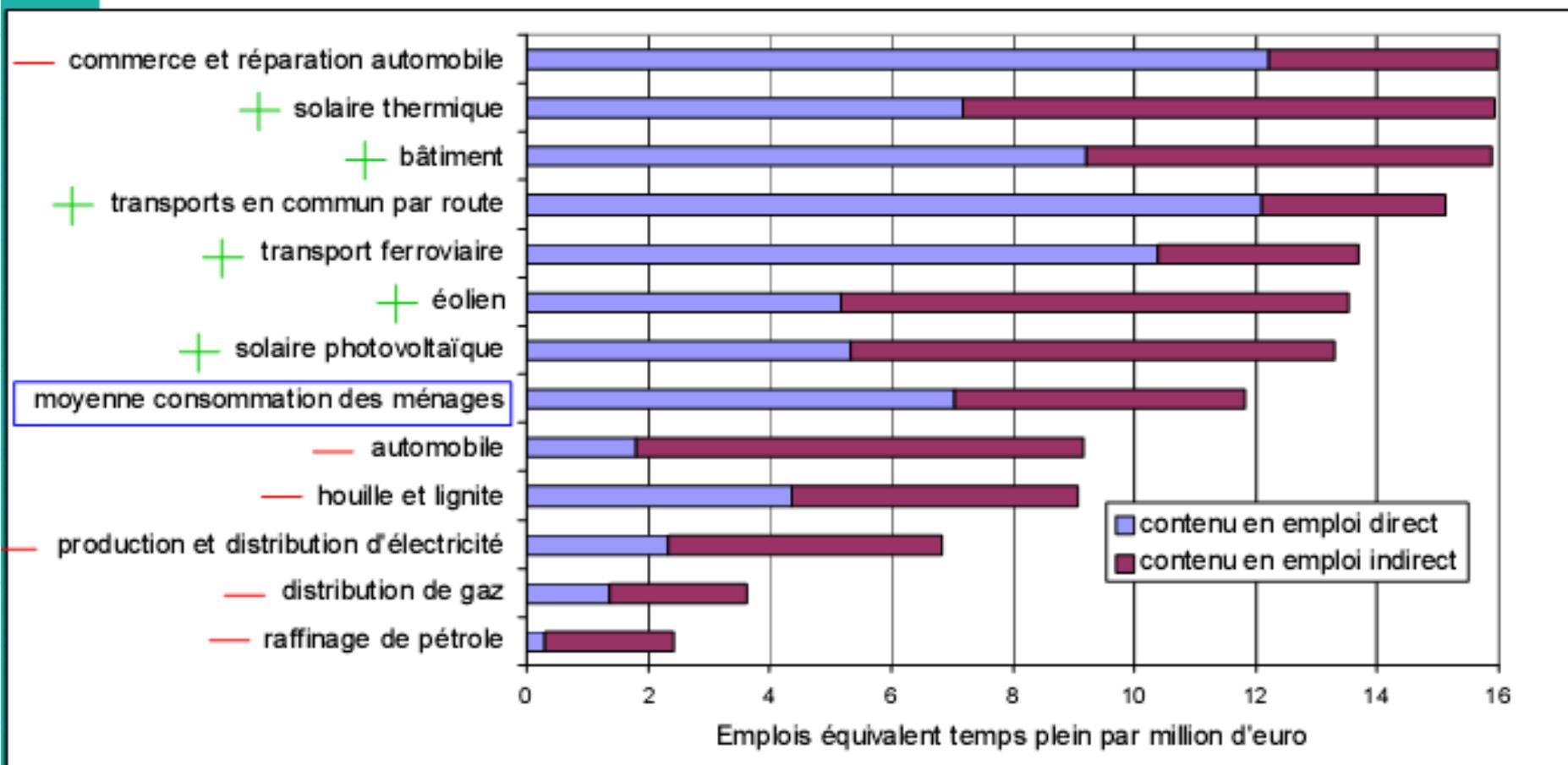
Territoires à Energie Positive

Consommations
Gaz à effet de serre



négaWatt

Territoires à Energie Positive



Contenu en emploi par branche en France en 2005
Calculs d'après Ademe et INSEE

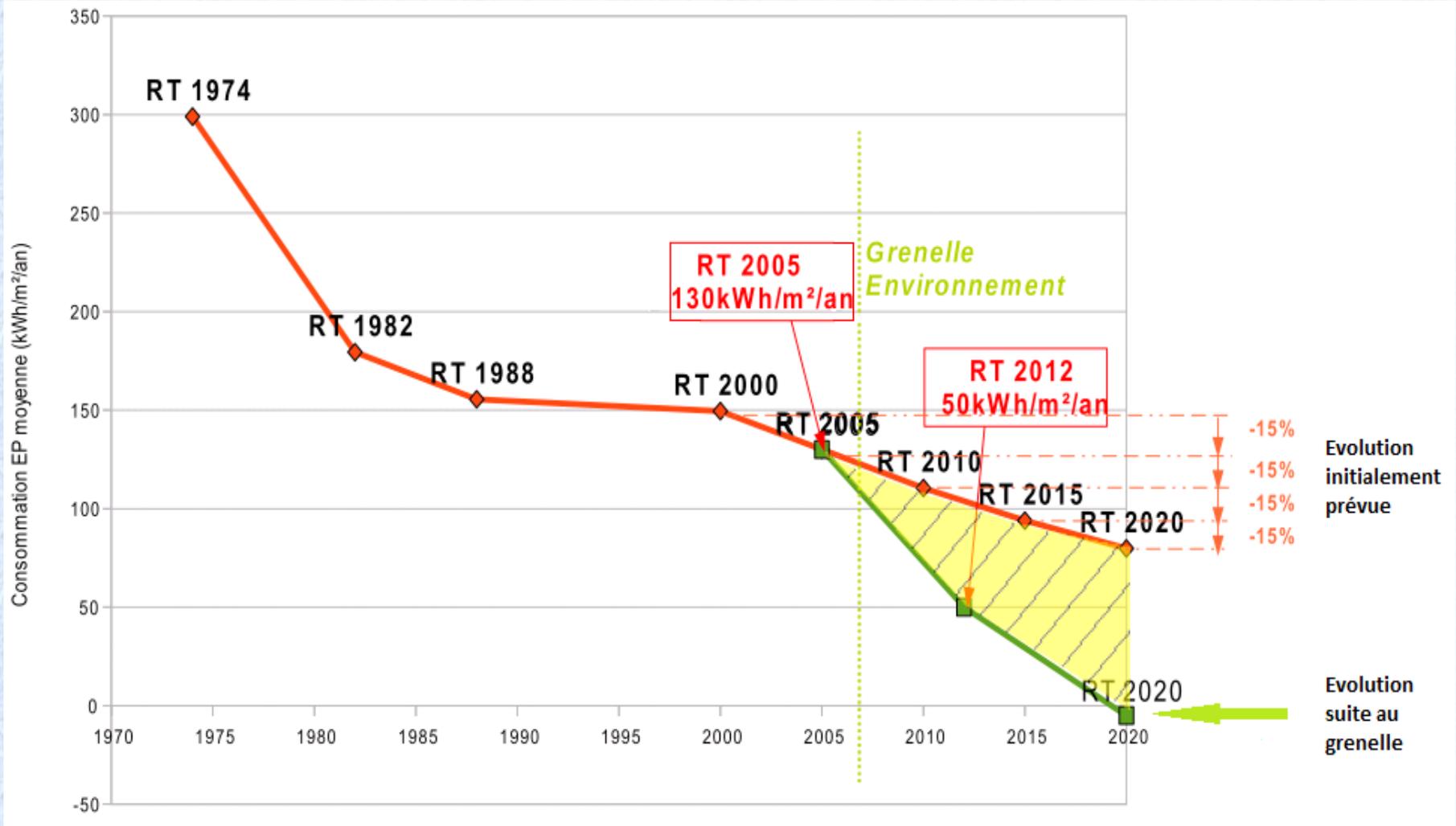
Territoires à Energie Positive

Contexte réglementaire français

- 1997 : Protocole de Kyoto ratifiant (signé par 172 pays) les engagements du Sommet de la Terre de Rio (1992)
- 27 Septembre 2001 : Directive Européenne « Energie Renouvelable » votée, sous présidence française, à l'unanimité
- France : Loi POPE (Programme fixant les Orientations de la Politique Energétique) => 21 % d'électricité d'origine renouvelable en 2010
- Grenelle de l'Environnement - Objectifs pour 2020 :
 - ✓ Réduire de 20 % les émissions de CO2
 - ✓ Améliorer de 20 % l'efficacité énergétique
 - ✓ Porter à 20 % la part des énergies renouvelables dans la consommation finale d'énergie

« Règle
des 3 fois 20 »

Territoires à Energie Positive



ATD 71

Territoires à Energie Positive

Le Grenelle Environnement (I)

Bâtiments neufs : généralisation des bâtiments basse consommation



➔ Grenelle I : loi de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'Environnement du 03/08/09 (Art.4)

➤ RT 2012

- ✓ 50 kWh_{EP}/(m².an) en moyenne à partir de fin 2012 en résidentiel
- ✓ Anticipation en non résidentiel et programmes ANRU dès fin 2011
- ✓ Modulation de l'exigence en fonction de critères techniques et des émissions de gaz à effet de serre des bâtiments

➤ RT 2020

- ✓ **Bâtiments à énergie positive** : « consommation d'énergie primaire inférieure à la quantité d'énergie renouvelable produite dans ces constructions, et notamment le bois-énergie »

Territoires à Energie Positive



Territoires à Energie Positive

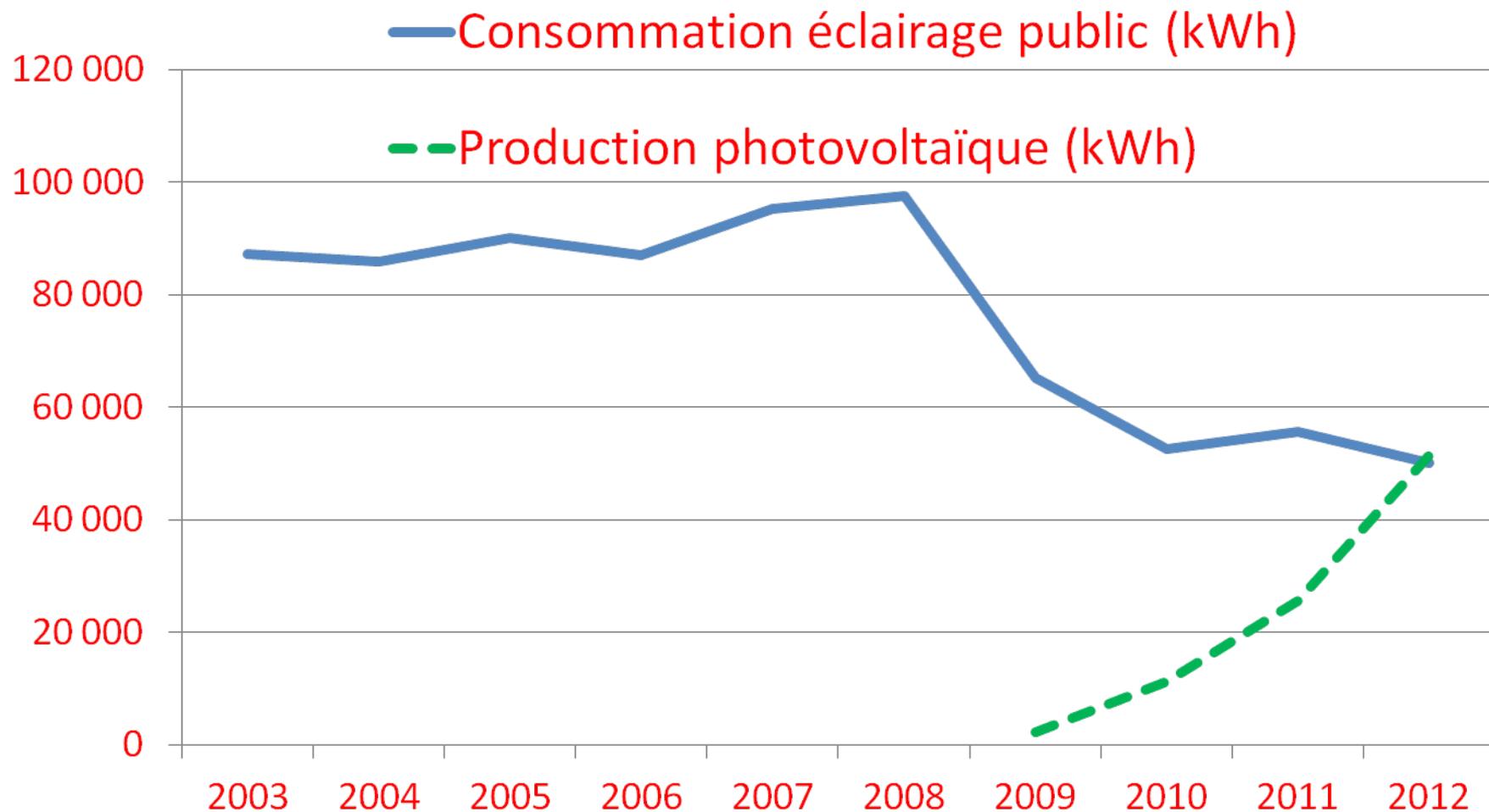
Constat

L'énergie

A Tramayes

Des exemples

Territoires à Energie Positive

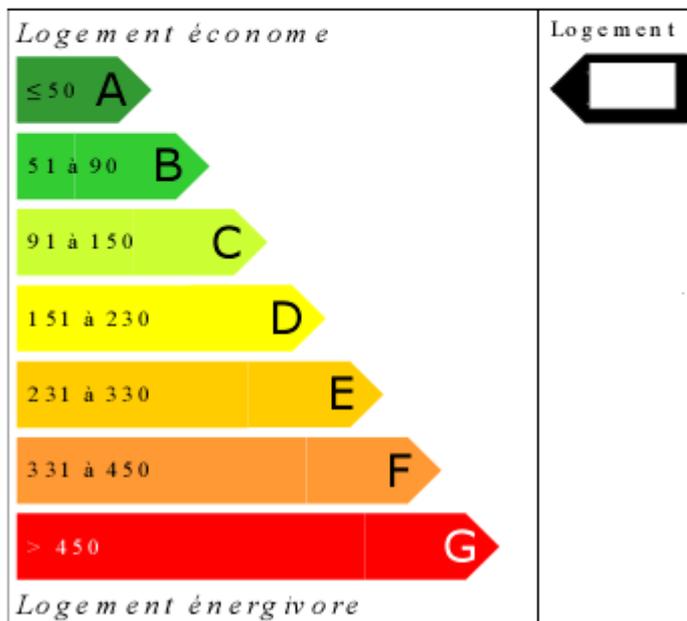


L'éclairage public à TRAMAYÈS

Territoires à Energie Positive

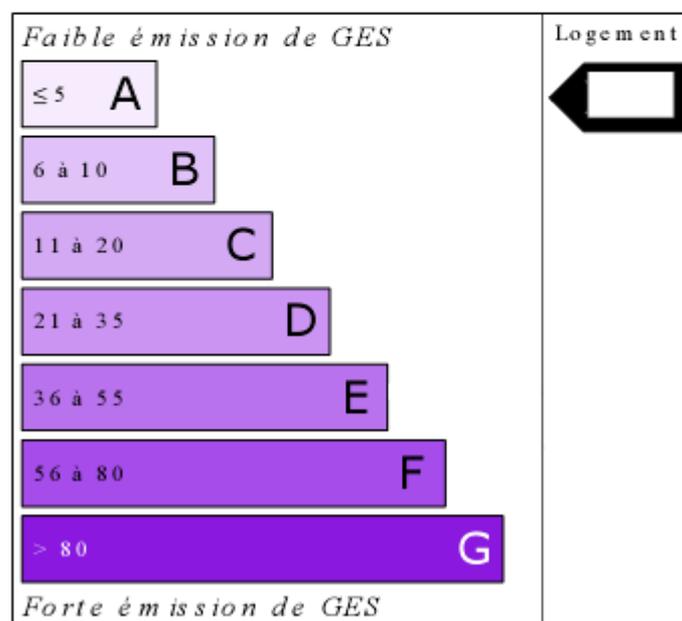
Consommations énergétiques
(en énergie primaire)
pour le chauffage, la production d'eau chaude
sanitaire et le refroidissement

Consommation conventionnelle : **7,8 kWh_{EP}/m².an**



Émissions de gaz à effet de serre (GES)
pour le chauffage, la production d'eau chaude
sanitaire et le refroidissement

Estimation des émissions : **1,7 kg éqCO₂/m².an**



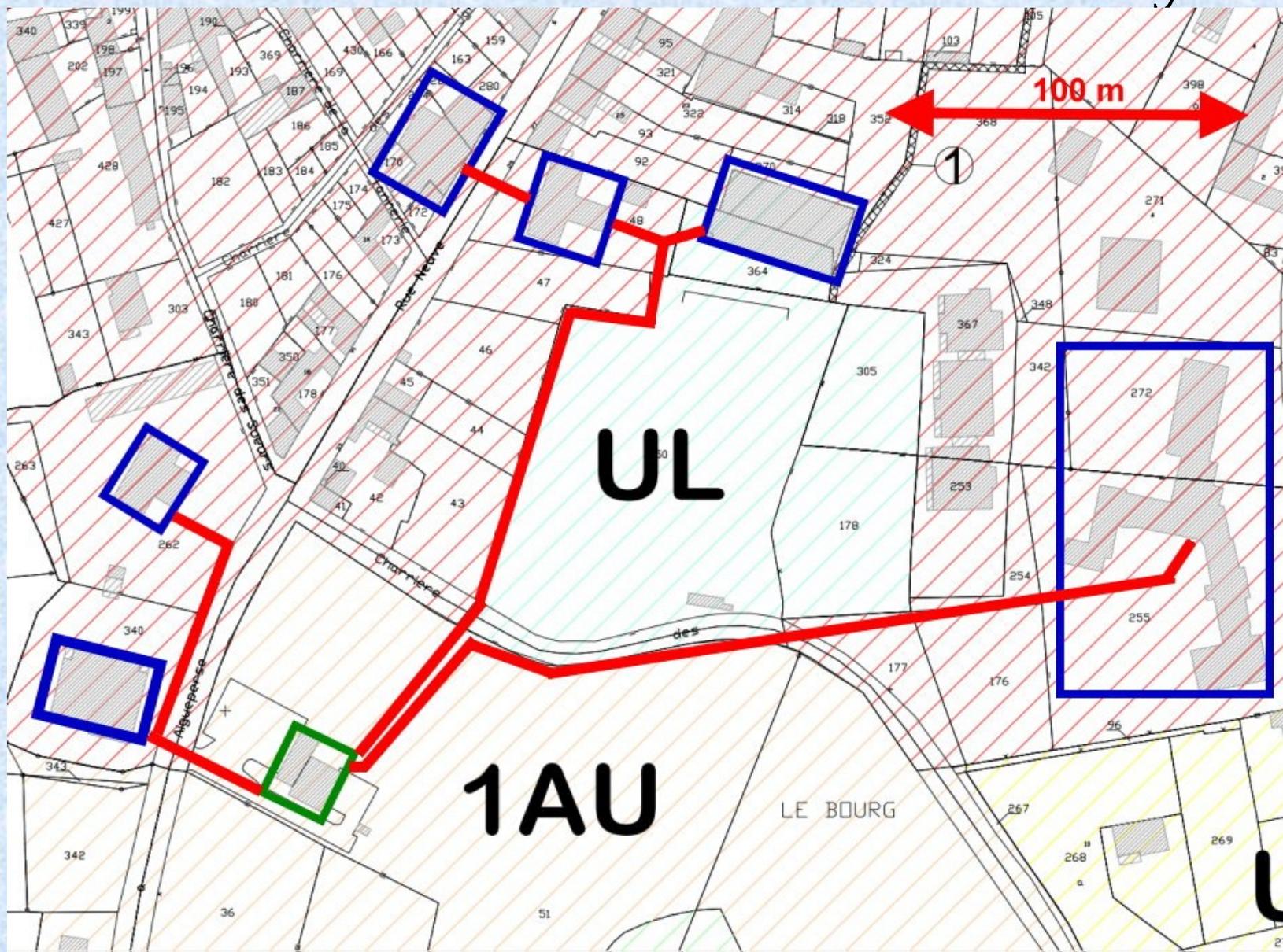
Une construction à TRAMAYES en 2011



Territoires à Energie Positive



La chaufferie biomasse de Tramayes



La chaufferie biomasse de Tramayes

Chaufferie équipée d'une chaudière biomasse de 1,2 MW
complétée par une chaudière fioul de 0,73 MW

| | | |
|-------------------------------|---------------------|-------------|
| Etudes et MO : | 102 600 € ht | 10 % |
| Réseau : | 123 280 € ht | 12 % |
| Chaudière : | 264 300 € ht | 26 % |
| Chauffage régulation : | 182 900 € ht | 18 % |
| Génie civil : | 246 600 € ht | 24 % |
| VRD : | 97 000 € ht | 10 % |

La chaufferie biomasse de Tramayes

Chaufferie équipée d'une chaudière biomasse de 1,2 MW
complétée par une chaudière fioul de 0,73 MW

| | | |
|---------------------------|---------------|--------|
| Coût d'investissement : | 1 059 567 €ht | |
| Subvention Etat DGE : | 69 000 € | 6,5 % |
| Subvention CR: | 336 120 € | 31,7 % |
| Subvention CG : | 84 030 € | 7,9 % |
| Subvention ADEME : | 84 030 € | 7,9 % |
| Financement commune ht : | 486 387 € | 45,9 % |
| Financement commune ttc : | 694 062 € | |

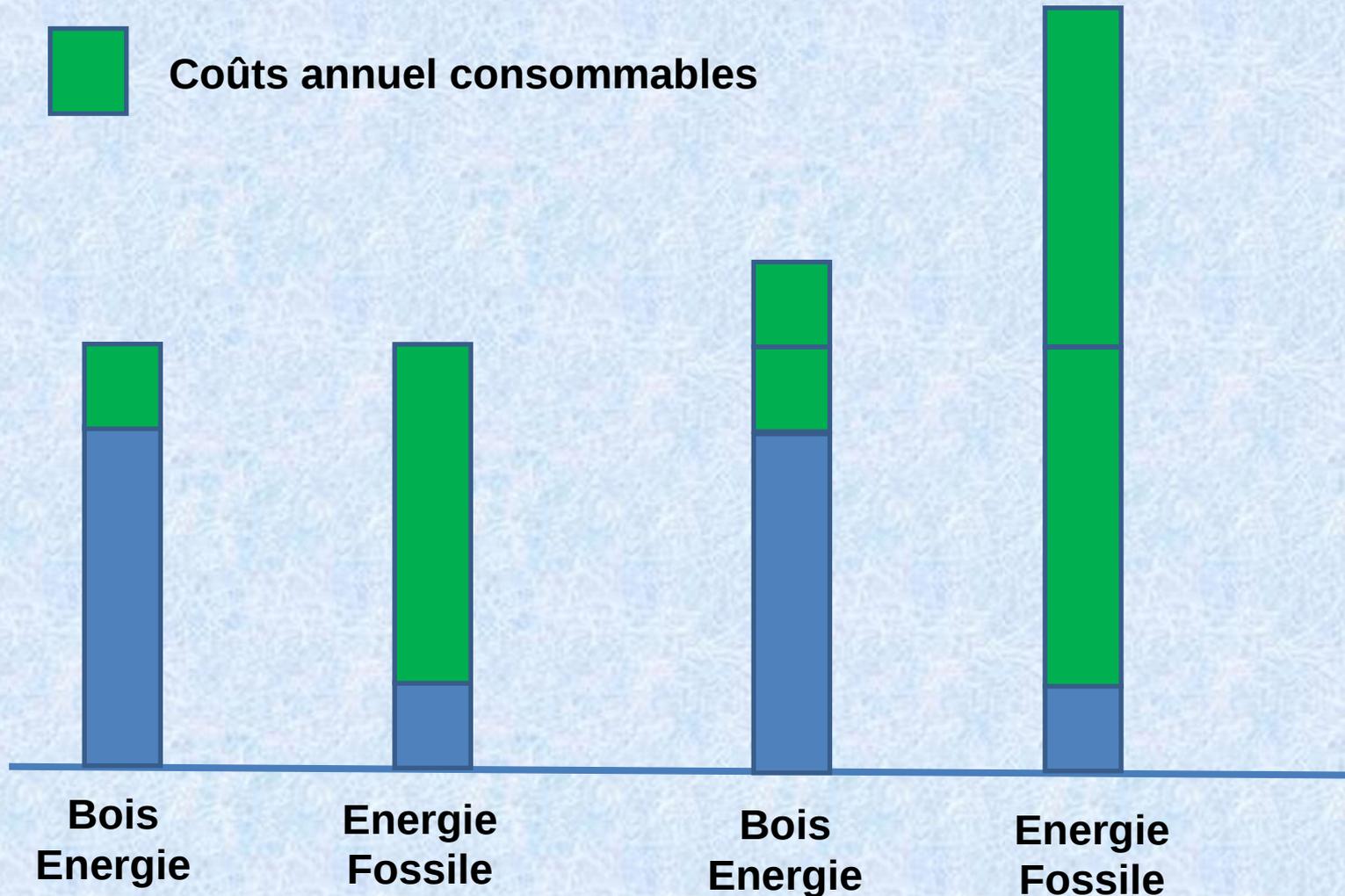
La chaufferie biomasse de Tramayes



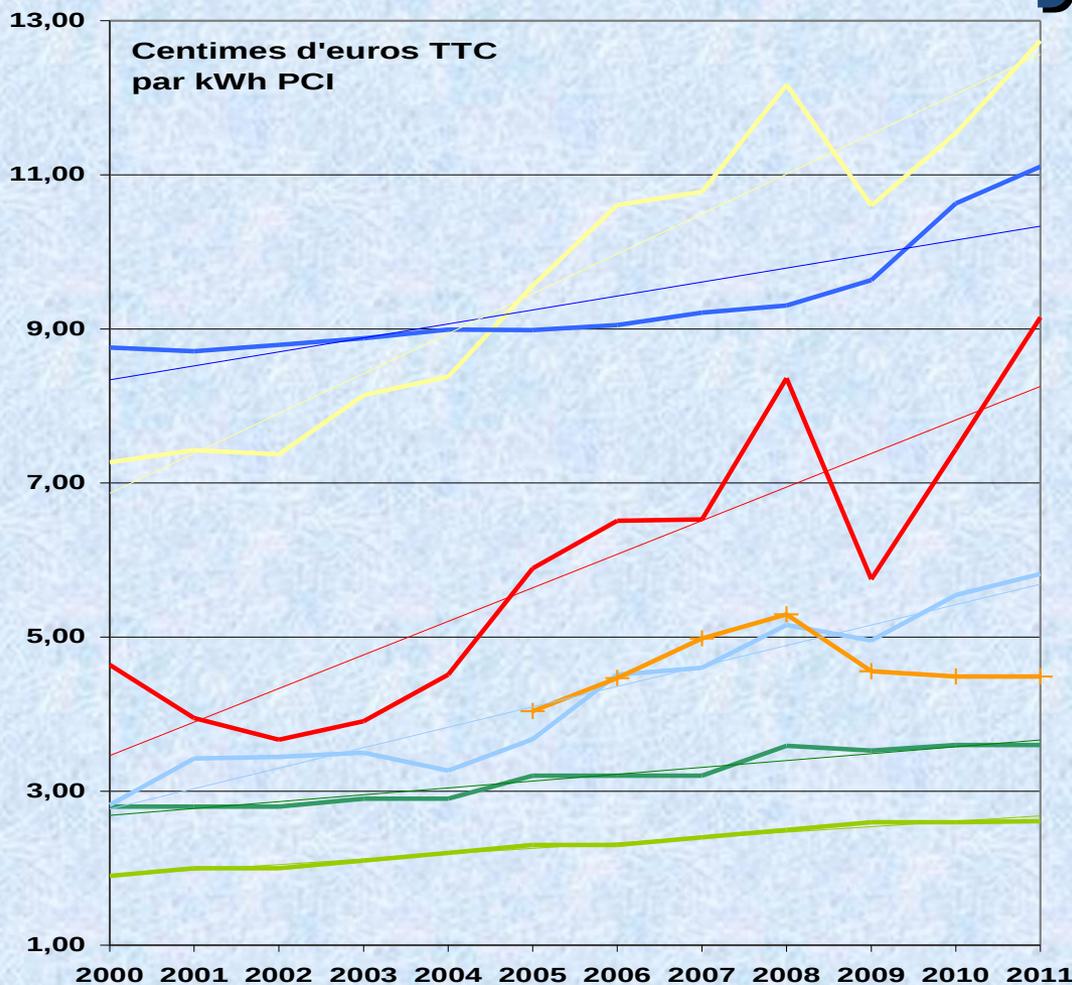
Amortissement investissements



Coûts annuel consommables



La chaufferie biomasse de Tramayes

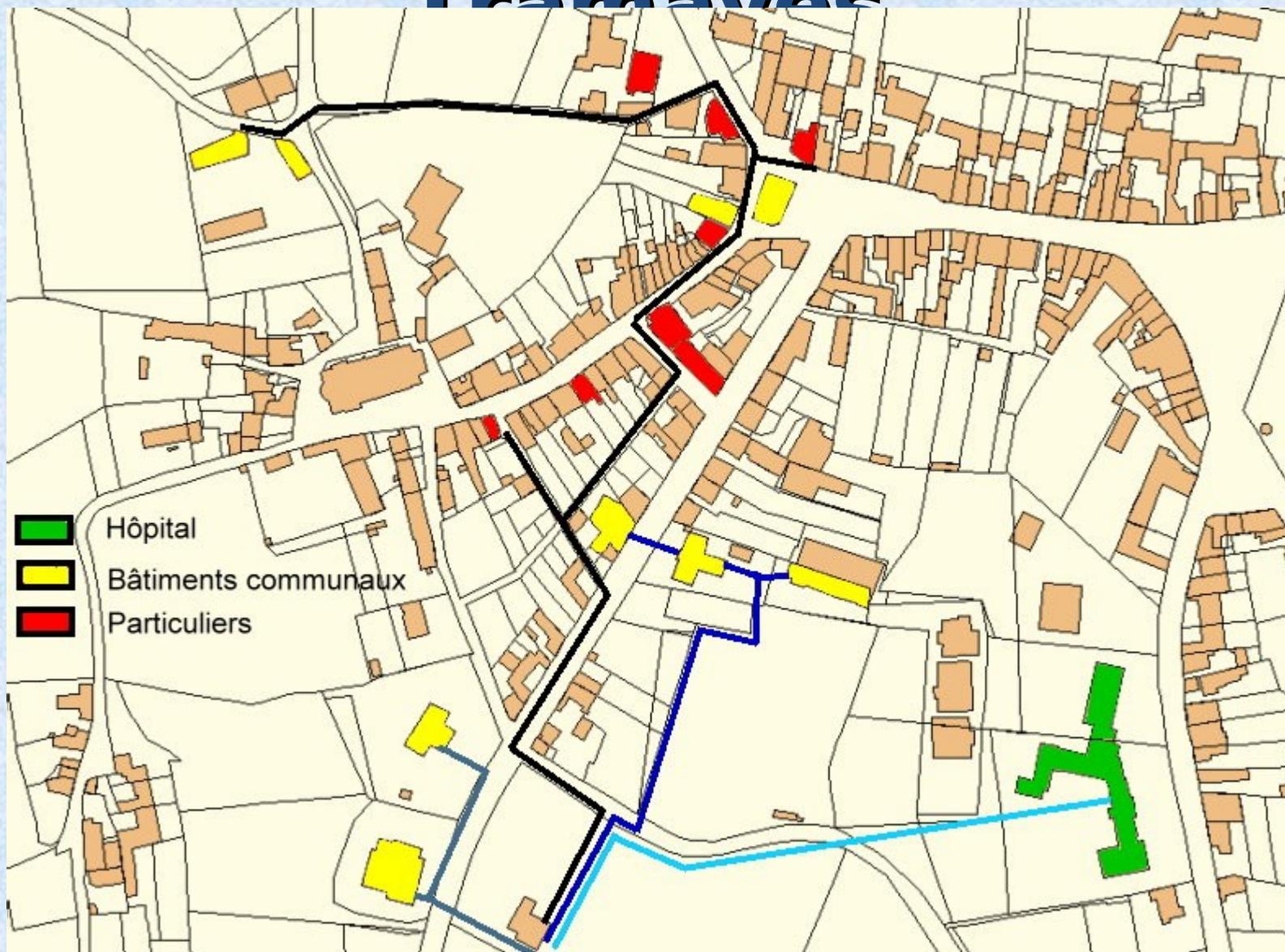


- Plaquettes forestières
- Bois buche
- Fioul
- Gaz naturel
- Propane
- Electricité (double tarif) - 60% HP 40%HC
- Granulés de bois

Sur la période 2005 - 2011:

- Gaz naturel : + 36 %**
- Fioul : + 35 %**
- Propane : + 25 %**
- Electricité : + 19 %**
- Plaquettes forestières : + 12 %**
- Bois bûche : + 11 %**
- Granulés de bois : + 10 %**

La chaufferie biomasse de Tramaves



La chaufferie biomasse de Tramayes

Quelques chiffres clés :

1 400 m de réseau

1 400 MWh produits par an

120 000 € ttc de recette annuelle (budget annexe indépendant)

TVA 5,5%

110 000 litres de fioul économisé par an

315 t CO₂ évité par an

Gestion en régie totale

La chaufferie biomasse de Tremoves



La chaufferie biomasse de Tremeville



La chaufferie biomasse de Tramaves



La chaufferie biomasse de Tramaves

Avant : 750 m² - Chauffage et ECS 250 kWh/m²

Après : 1000 m² - Chauffage et ECS 70 kWh/m²

Gain annuel : 117 500 kWh
63%



Architectes: DELERS et AC3 CROPIER

Le bois: une énergie renouvelable?

Quelques données sur le bois énergie en France

Une consommation qui concerne :

5,6 M de logements

45,2 % des maisons individuelles (en Rés. Princip.)

Une consommation globale

estimée à 43,5 M de stères en 2001

en diminution : -28% entre 1992 et 2001

Une consommation unitaire :

moyenne estimée à 7,7 stères / logement

très variable selon la région : (cf zones climatiques)

très variable selon le type d'appareil de chauffage

Le bois: une énergie renouvelable?

Aujourd'hui, le bois énergie en Bourgogne c'est :

**Environ 279 500 TEP sur 3 secteurs
(6% de la consommation régionale)**

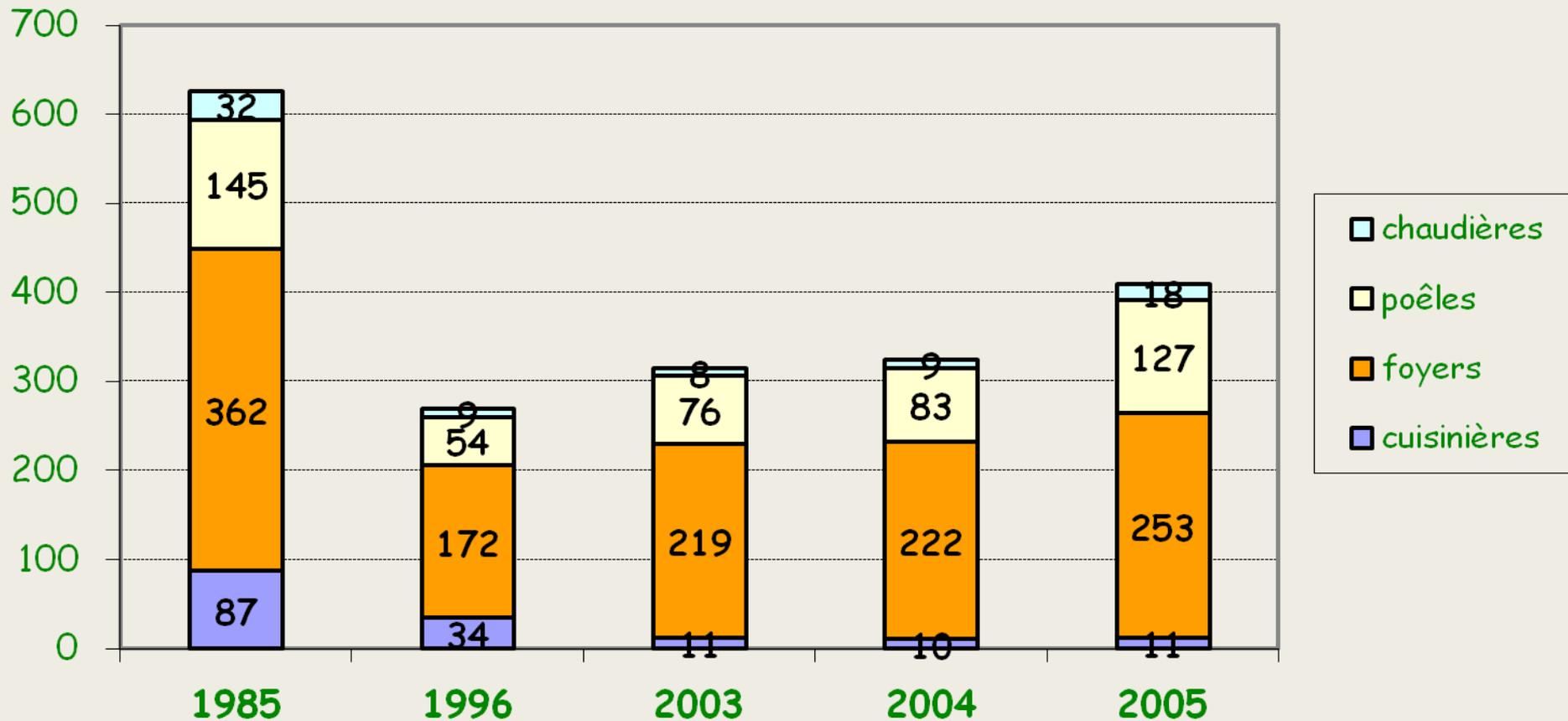
- **Le chauffage individuel : 234 000 TEP 83,7 %**
- **La chaleur industrielle : 37 000 TEP 13,2 %**
- **Le chauffage collectif : 8 500 TE 3,1 %**

(Sources : CEREN 2006, ADEME 2008)

**Consommation finale d'énergie en Bourgogne
(2002) : 4.5 MTEP**

Le bois: une énergie renouvelable?

Evolution du parc (milliers d'appareils): maisons et appartements



Source : Observ'er 2007

Le bois: une énergie renouvelable?



Inventaire forestier national :

Territoires à Energie Positive



Territoires à Energie Positive

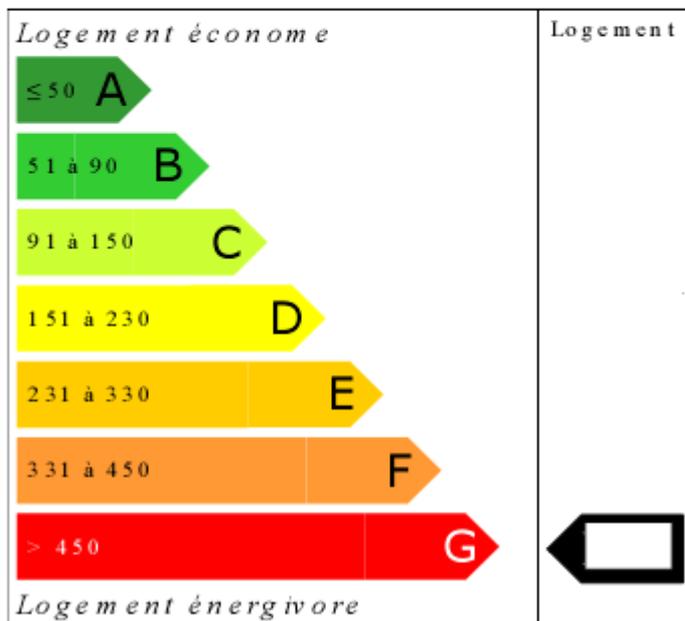
Constat
L'énergie
A Tramayes

Des exemples

Territoires à Energie Positive

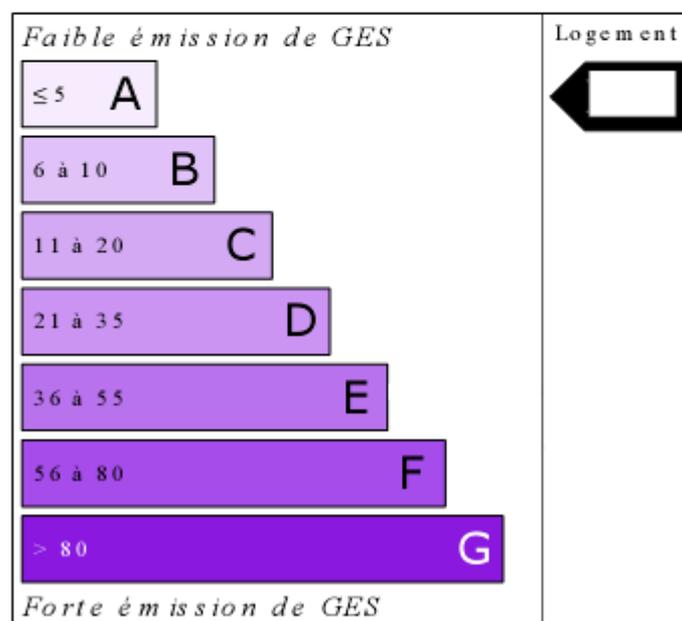
Consommations énergétiques
(en énergie primaire)
pour le chauffage, la production d'eau chaude
sanitaire et le refroidissement

Consommation conventionnelle : kWh_{EP}/m².an



Émissions de gaz à effet de serre (GES)
pour le chauffage, la production d'eau chaude
sanitaire et le refroidissement

Estimation des émissions : kg éqCO₂/m².an



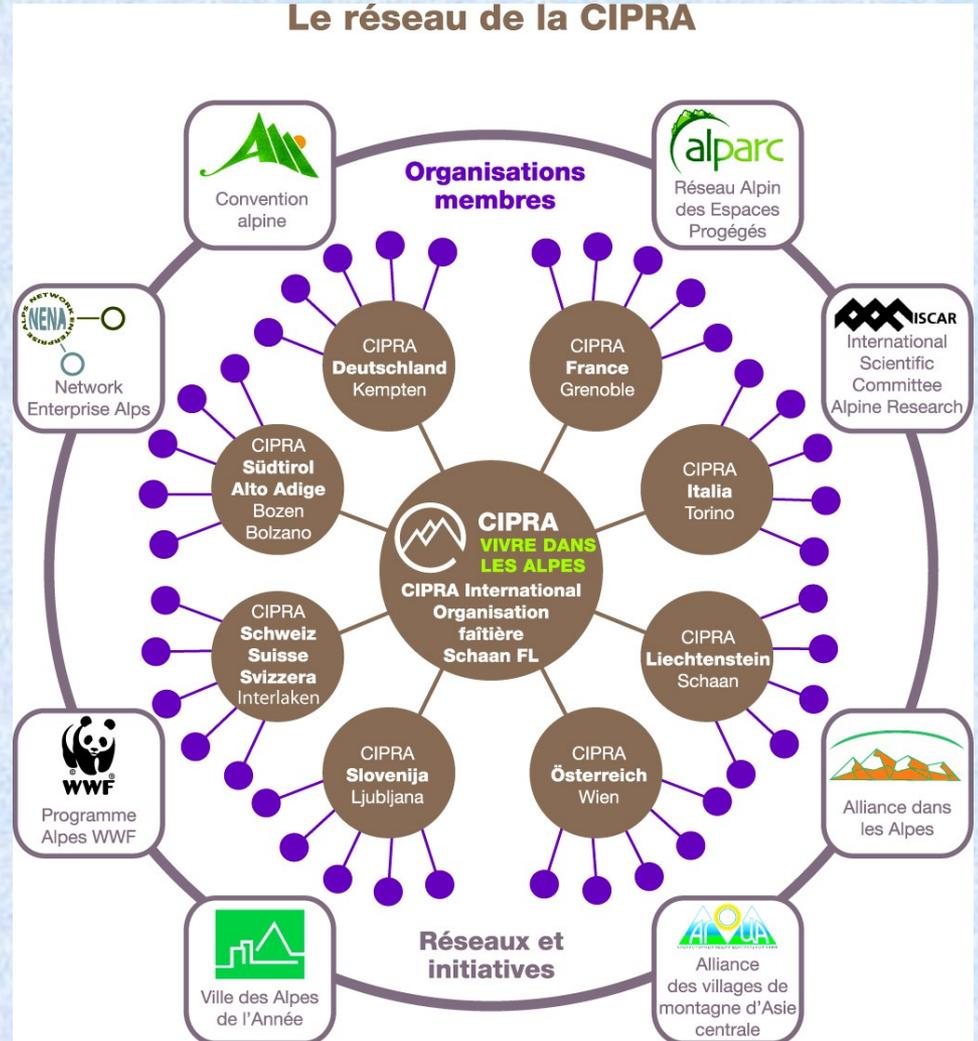
Ah, l'énergie électrique en France!

Territoires à Energie Positive

Commission Internationale
pour la Protection des Alpes



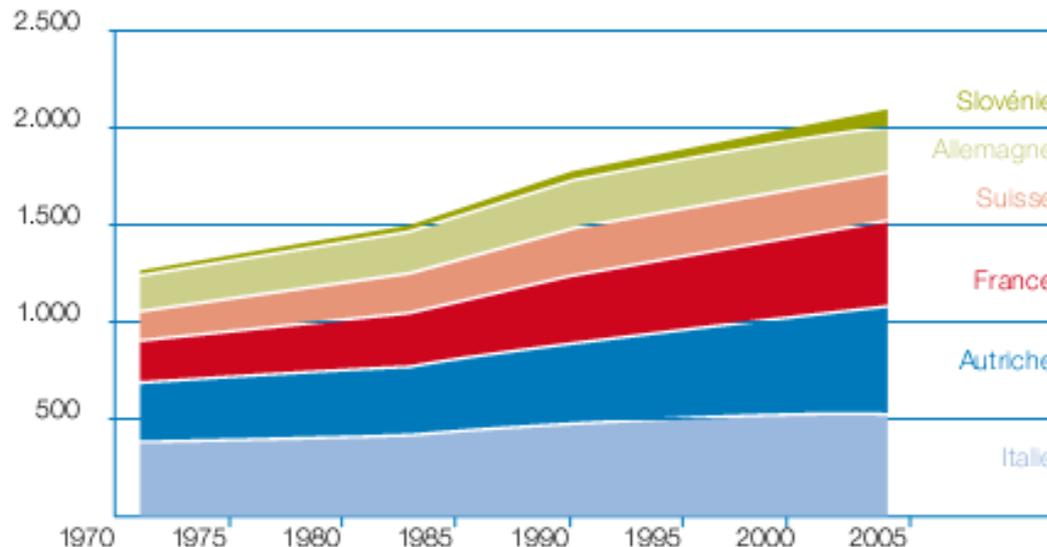
Le réseau de la CIPRA



Territoires à Energie Positive

Figure 1 :

Consommation d'énergie primaire dans les pays alpins de 1971 à 2004, en pétajoules (PJ).



Sources: Haberl et coll. 2001, Pastorelli 2007, AEI 2007a, AEI 2007b

| Consommation d'énergie | Pays (Mtep) | Espace alpin (Mtep) | Par habitant (Mtep) | Population alpine (en millions) | Population totale (en millions) | Superficie du pays (1000 km ²) | Superficie alpine (1000 km ²) |
|------------------------|-------------|---------------------|---------------------|---------------------------------|---------------------------------|--|---|
| Autriche | 33.7 | 13.5 | 4.1 | 3.3 | 8.3 | 8.39 | 5.49 |
| France | 262.6 | 10.8 | 4.3 | 2.5 | 61.7 | 54.40 | 3.98 |
| Allemagne | 328.5 | 5.6 | 4.0 | 1.4 | 82.3 | 35.70 | 1.09 |
| Italie | 202.5 | 14.7 | 3.5 | 4.2 | 57.9 | 30.13 | 5.24 |
| Slovénie | 6.0 | 1.8 | 3.0 | 0.6 | 2 | 2.03 | 0.78 |
| Suisse | 29.0 | 6.6 | 3.9 | 1.7 | 7.5 | 4.13 | 2.68 |
| total | 862.3 | 53.0 | 3.8 | 13.7 | 219.7 | 134.77 | 19.25 |

Données 2004

Source : Pastorelli 2007

Territoires à Energie Positive

Tableau 1 :

Bilan énergétique de
Kötschach-Mauthen 2007.
(Autriche)

| | Besoin d'énergie finale du territoire par type d'énergie | Production d'énergie finale du territoire par type d'énergie |
|-------------|---|---|
| Carburant | 40 GWh/a | 0 GWh/a |
| Combustible | 48 GWh/a | 26 GWh/a |
| Électricité | 14 GWh/a | 50 GWh/a |
| Total | 102 GWh/a | 76 GWh/a |

Source : Könighofer et coll. 2009.

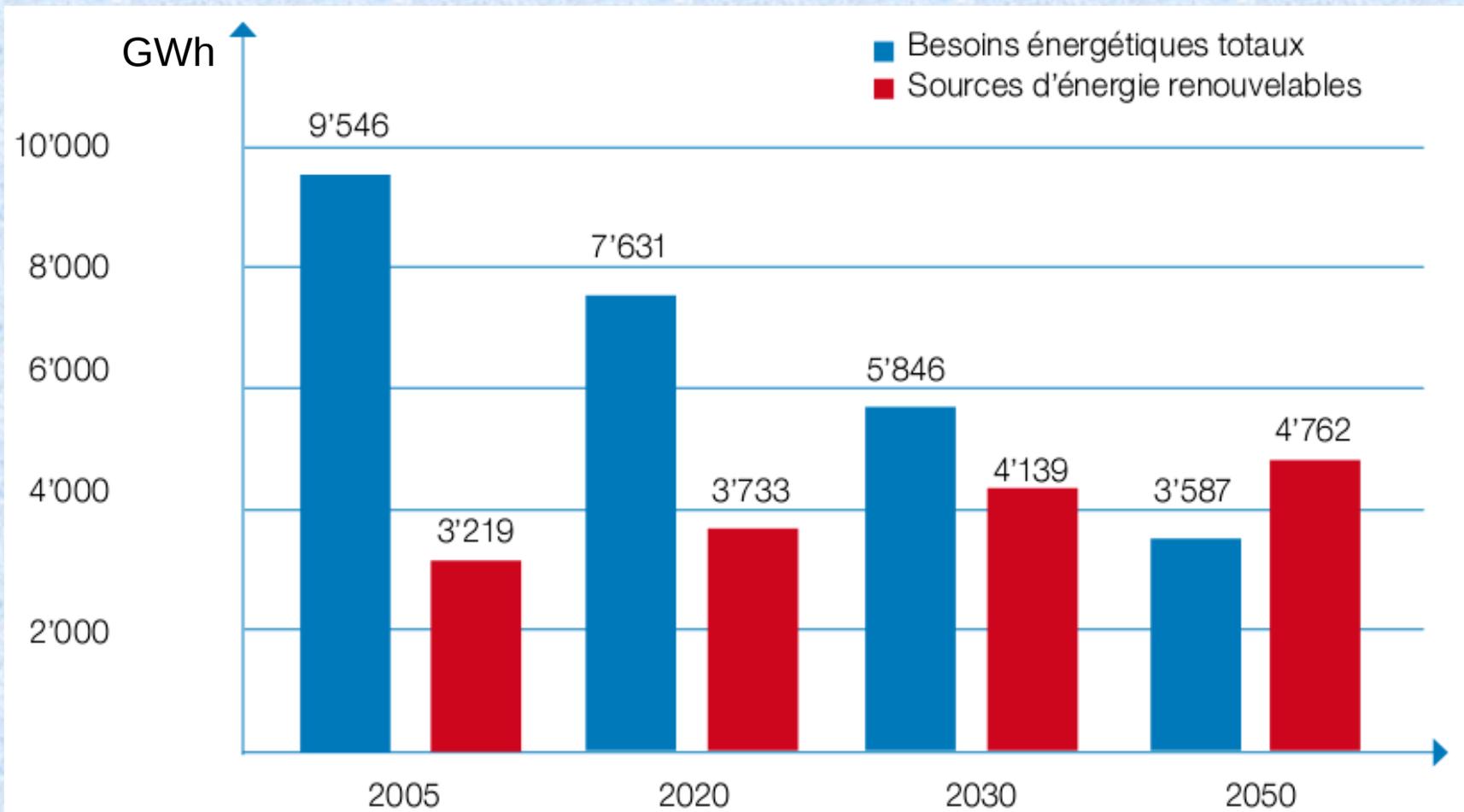
Tableau 2 :

Bilan énergétique prévisionnel de
Kötschach-Mauthen 2020.

- 60% CO2

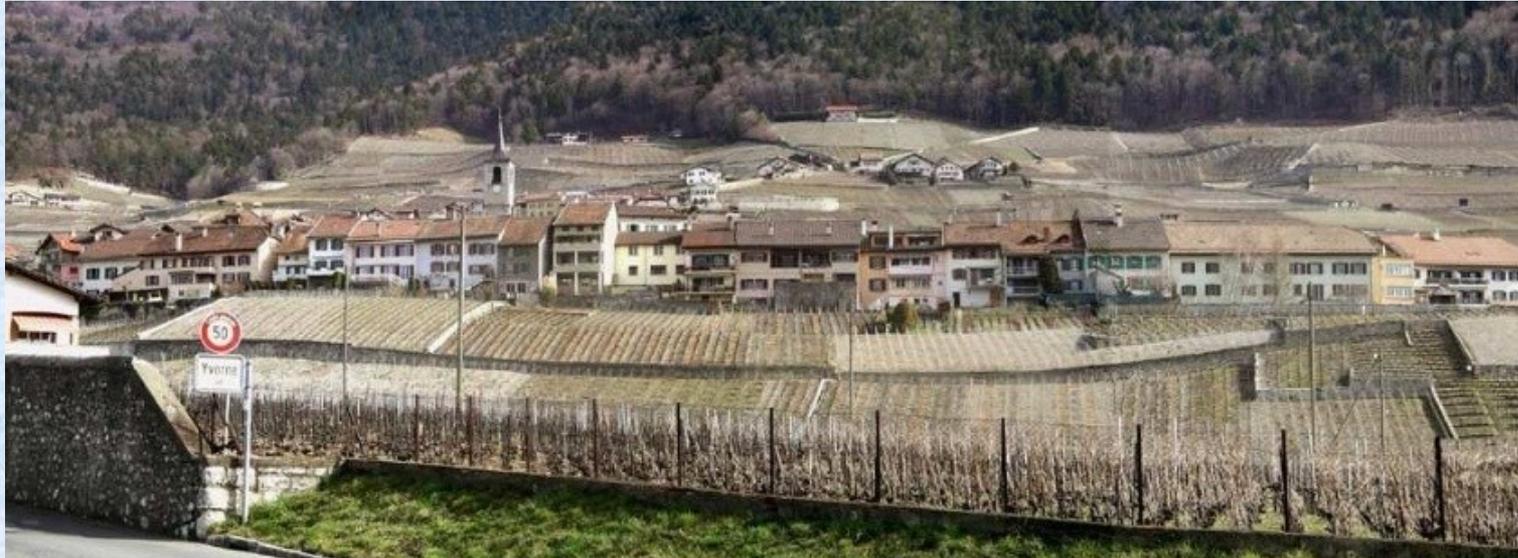
| | Besoin d'énergie finale du territoire par type d'énergie | Production d'énergie finale du territoire par type d'énergie |
|-------------|---|---|
| Carburant | 31 GWh/a | 5 GWh/a |
| Combustible | 46 GWh/a | 54 GWh/a |
| Électricité | 12 GWh/a | 57 GWh/a |
| Total | 89 GWh/a | 116 GWh/a |

Source : Könighofer et coll. 2009.



Source : Office du gouvernement régional du Vorarlberg 2010 : p. 19

Territoires à Energie Positive



Simulation photovoltaïque Yverne (Canton de Vaud – CH)

Territoires à Energie Positive



Eglise de Leipzig.

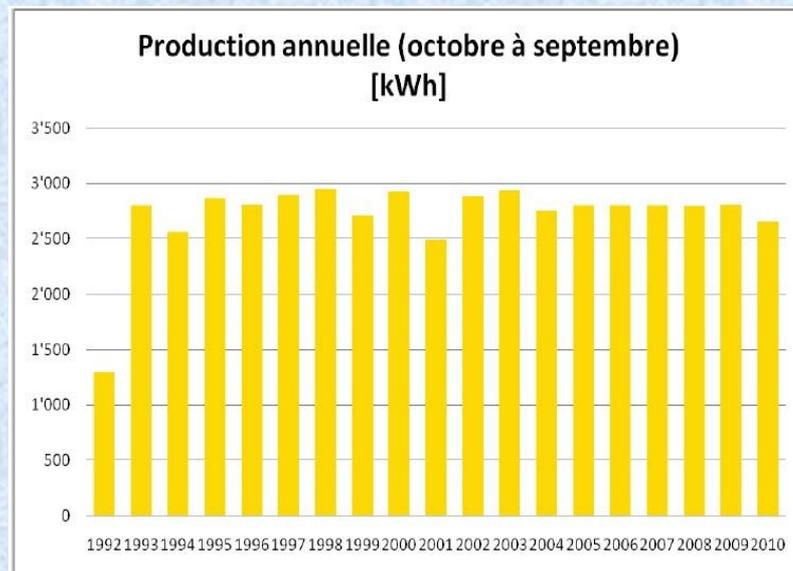


Eglise de Schönau.



Eglise de Zernin.

Territoires à Energie Positive



| | 1991 | 2011 |
|---------------------------|---------------------|---------------------|
| Surface | 24 m ² | 16 m ² |
| Coût actualisé | 75 000 FrS | 15 000 FrS |
| Energie grise fabrication | 7 ans de production | 2 ans de production |

http://www.roger-nordmann.ch/articles/2011.09.24_20ans_PV_treboux.shtml

Territoires à Energie Positive



Saint Moritz (CH)

Pompe à chaleur dans l'eau du lac – 4 700MWh – 475 000 l fioul – 1 200 t CO₂

CIPRA : L'énergie face au changement climatique

Territoires à Energie Positive

Tableau 1:

Répartition de la consommation d'énergie finale selon les secteurs de consommation dans les pays alpins

| | DE | AT | CH | IT | FR | SL |
|--|----|----|----|----|----|----|
| Ménages privés | 26 | 26 | 29 | 32 | 43 | 21 |
| Transports | 30 | 32 | 33 | 30 | 31 | 37 |
| Industrie, production de biens de consommation | 28 | 30 | 20 | 28 | 23 | 34 |
| PME, commerces, services, agriculture | 16 | 13 | 16 | 10 | 3 | 8 |

Sources : DE : BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. ; AT : Lebensministerium (brochure « Daten und Zahlen 2008 »), mise à jour 2008 ; CH : Office fédéral de l'énergie OFEN, mise à jour 2006 ; IT : ENEA Ente per le Nuove tecnologie, l'Energia e l'Ambiente su dati MSE, mise à jour 2005 ; SI : IJS-CEU, mise à jour 2007; FR : Commissariat général au développement durable – SOeS Service de l'observation et des statistiques, mise à jour 2009



Figure 1 :

Place à l'énergie solaire : la cité « Sonnenschiff » à Freiburg/D tire son énergie du soleil. L'avancée des toits empêche la surchauffe des bâtiments.



Figure 3 :

Rénover est rentable : les travaux de réhabilitation de l'ancienne poste de Bolzano/I sont déjà amortis cinq ans plus tard.

CIPRA : Construire et rénover face au changement climatique

Territoires à Energie Positive

Tableau 2 :

Coût de réhabilitation à l'exemple
de l'ancien bâtiment de la poste
de Bolzano/I.

| | Façade | Isolation | Fenêtres (16 % de la surface) | Total | en % |
|---|---------|-----------|-------------------------------------|----------------|-------|
| Réhabilitation sans mesures d'efficacité énergétique | 107.501 | 0 | 115.280 | 222.781 | 100 % |
| KlimaHaus C | 107.501 | 60.043 | 115.280 | 282.824 | 127 % |
| « Maison à 1 litre » | 107.501 | 144.294 | 161.392 | 413.187 | 185 % |

Source: Michael Tribus Architecture

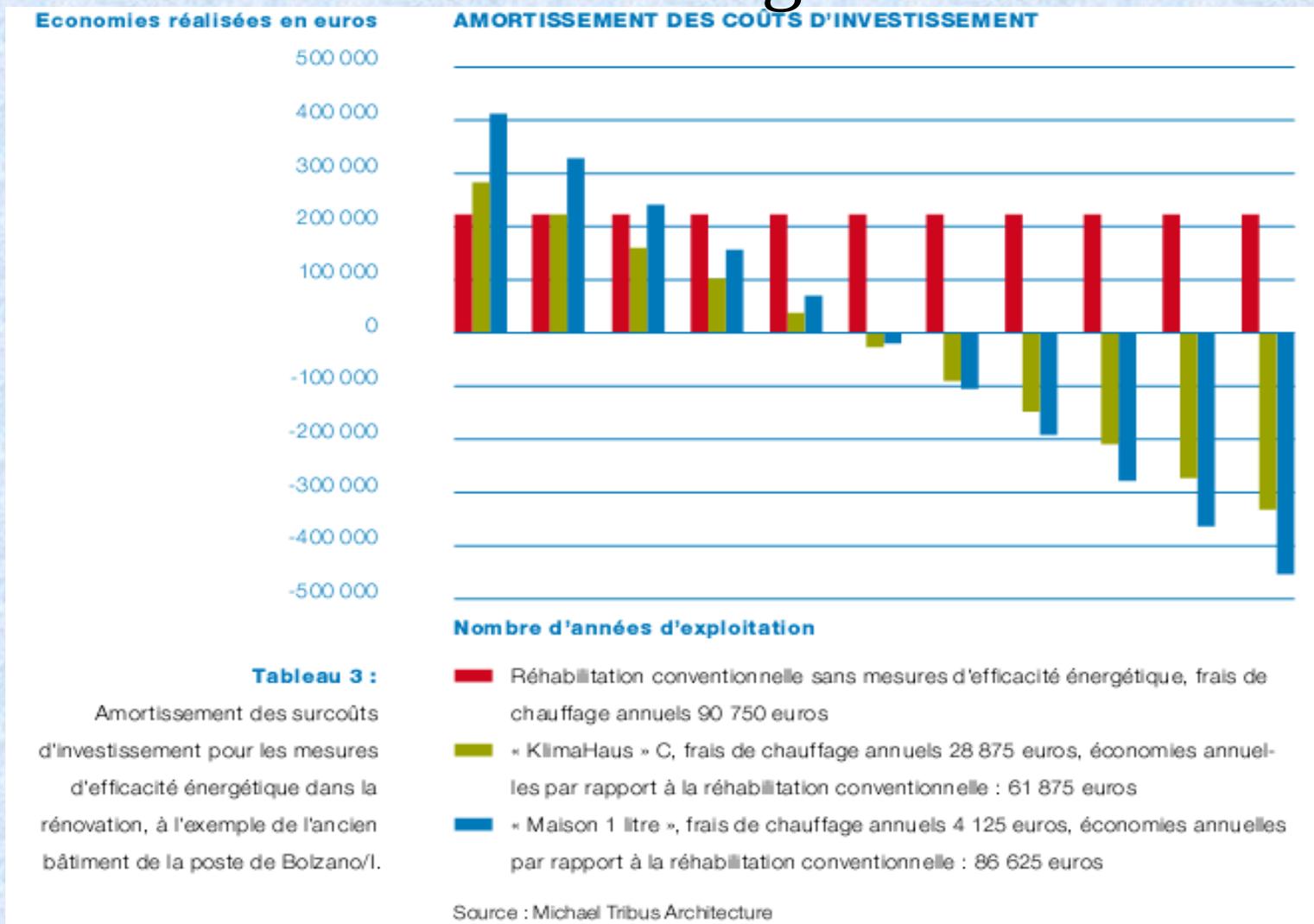
Figure 3 :

Rénover est rentable : les travaux de
réhabilitation de l'ancienne poste de
Bolzano/I sont déjà amortis
cinq ans plus tard.



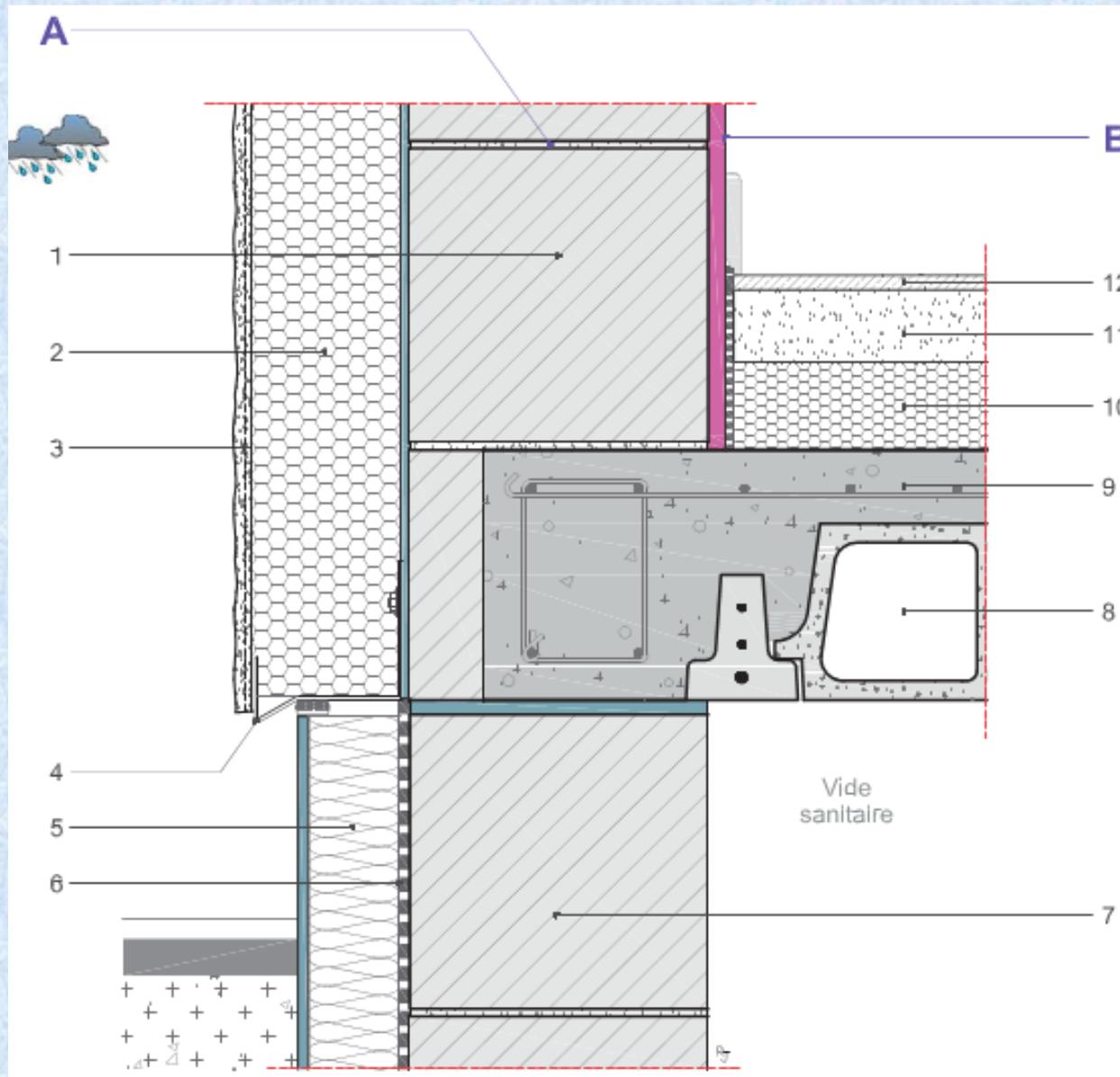
CIPRA : Construire et rénover face au
changement climatique

Territoires à Energie Positive

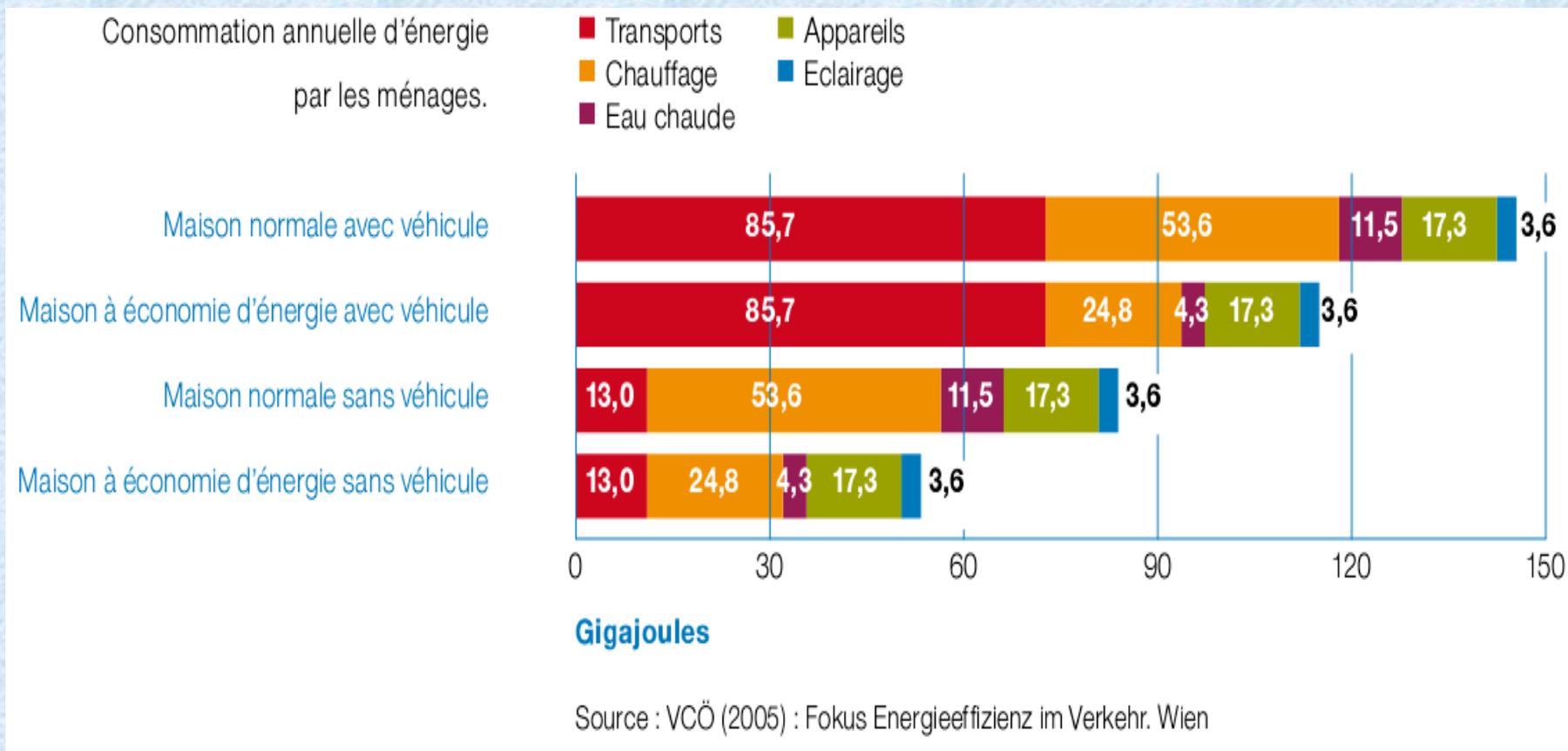


CIPRA : Construire et rénover face au changement climatique

Territoires à Energie Positive

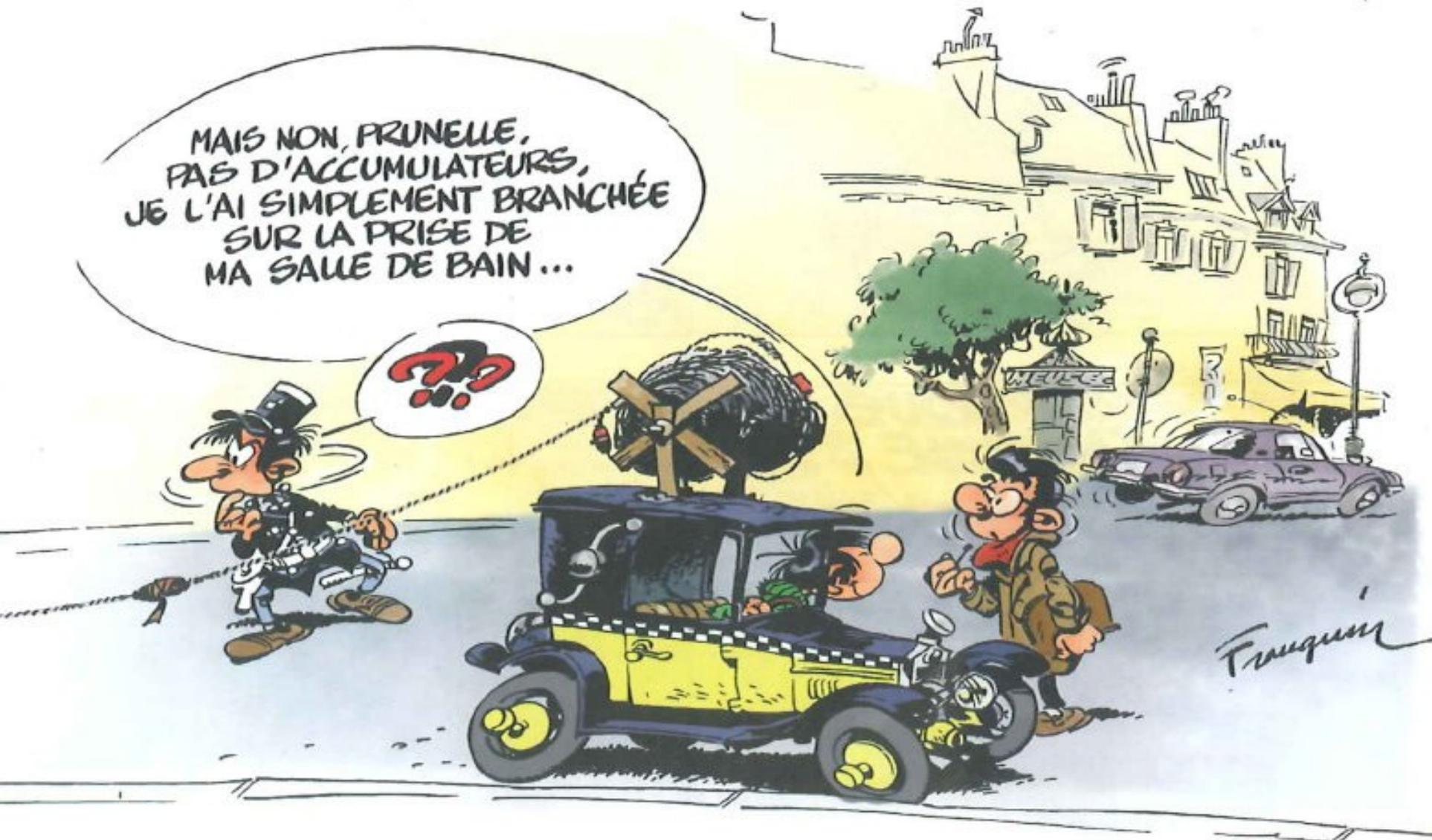


Territoires à Energie Positive



CIPRA : Aménagement du territoire face au changement climatique

Territoires à Energie Positive



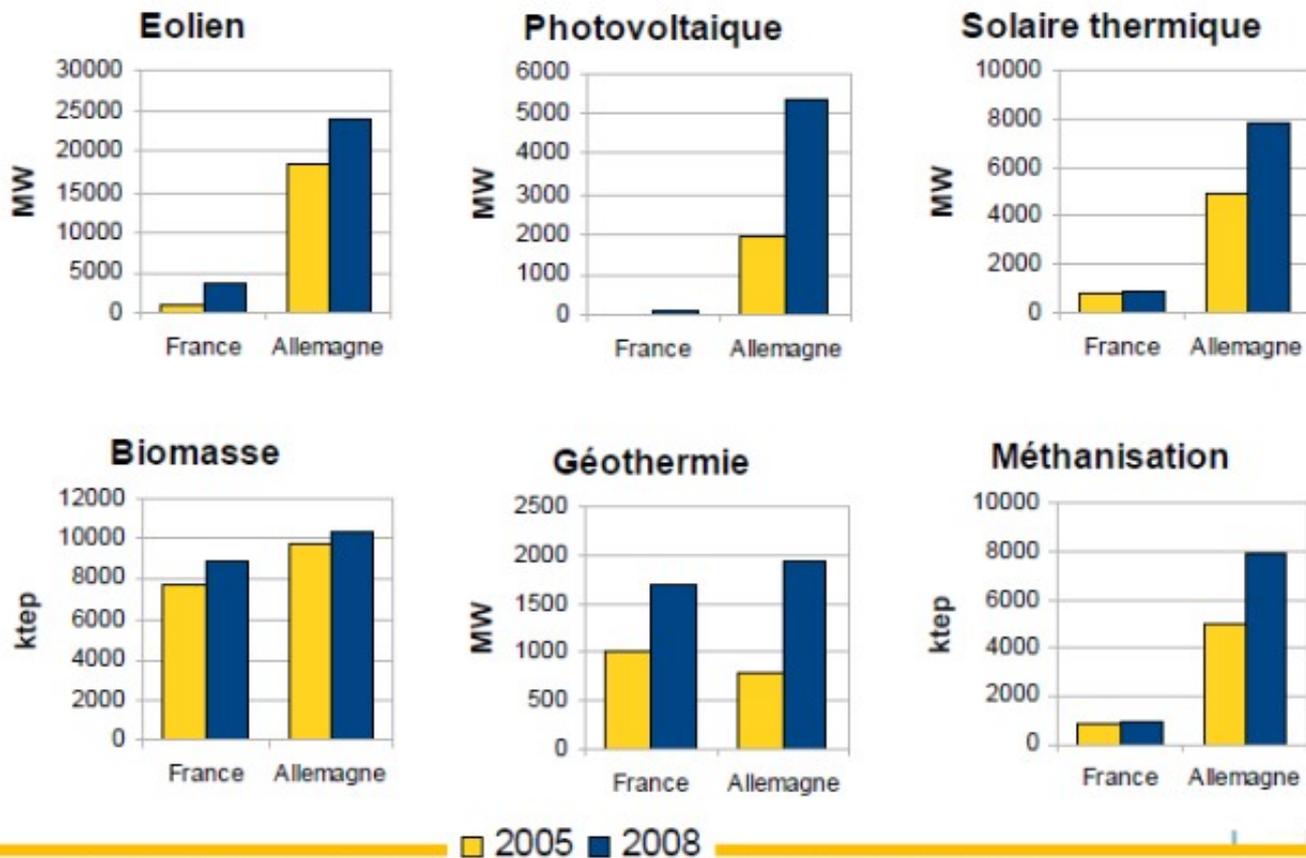
Territoires à Energie Positive



TF1 20h du 23/1/2012

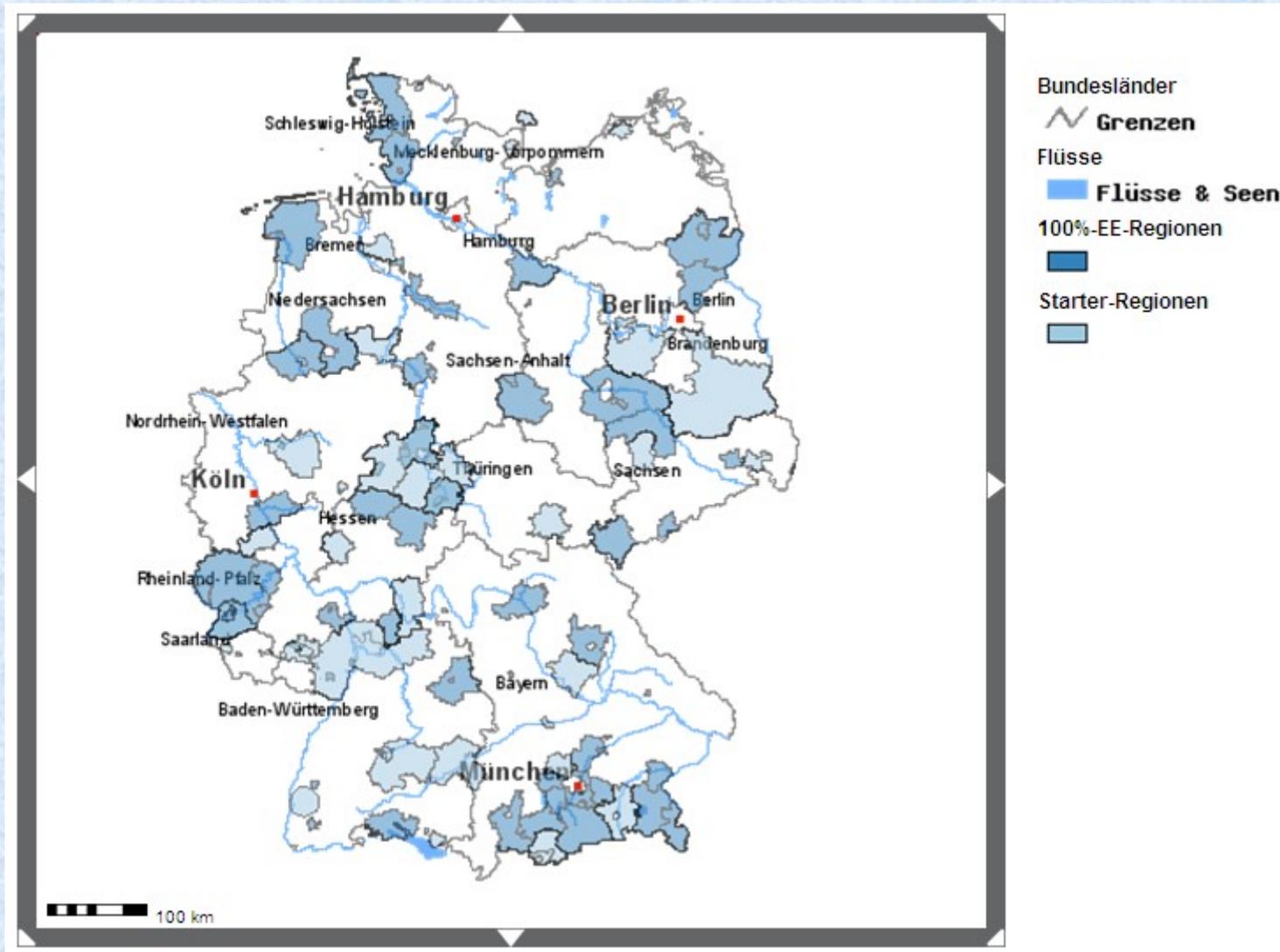
Territoires à Energie Positive

France-Allemagne: des choix énergétiques... différents!



Source: Bilan Observ'ER (via Enercoop)

Territoires à Energie Positive



Régions allemandes 100% énergie renouvelable

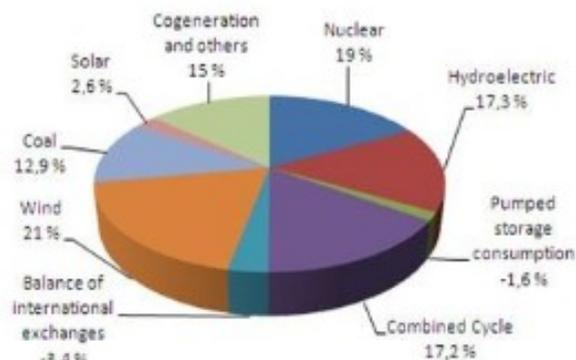
Territoires à Energie Positive

Etat des lieux de l'éolien en Espagne

L'éolien en Espagne

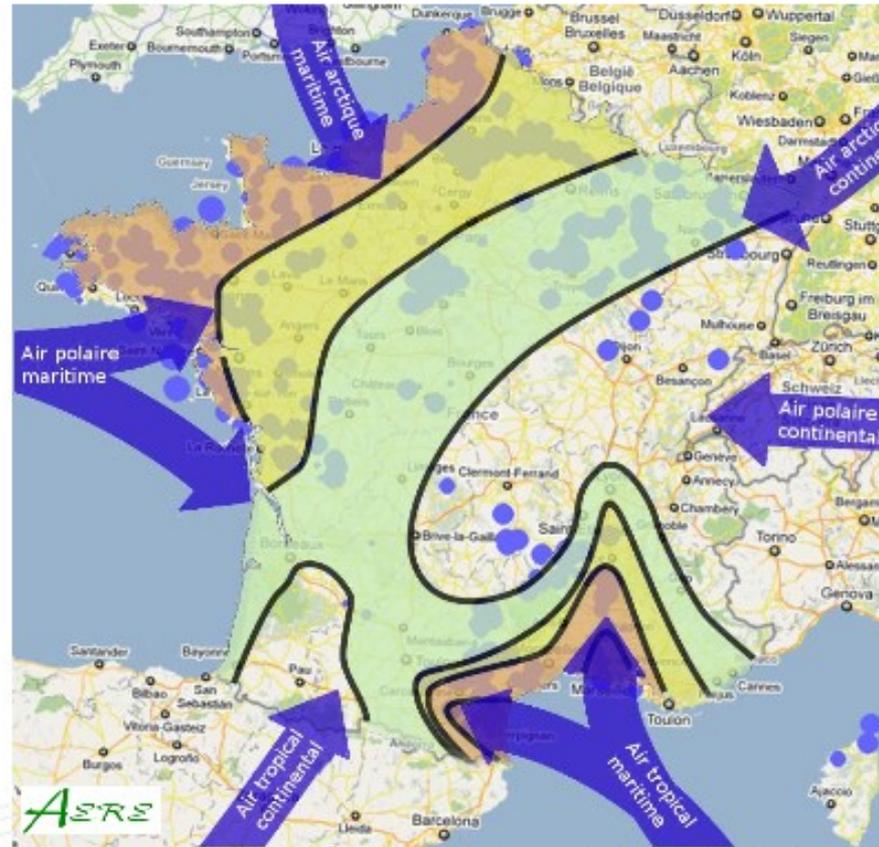
- 1) En mars 2011, l'éolien a été la première source de production électrique (21%) devant le nucléaire (19%).
- 2) Recherche d'un mix énergétique ; volonté de développer une filière industrielle (Gamesa, Ecotecnia).
- 3) Priorité aux zones où il y a du vent.

Demand coverage in March 2011



Territoires à Energie Positive

Intermittence et variabilité : mythe ou réalité ?

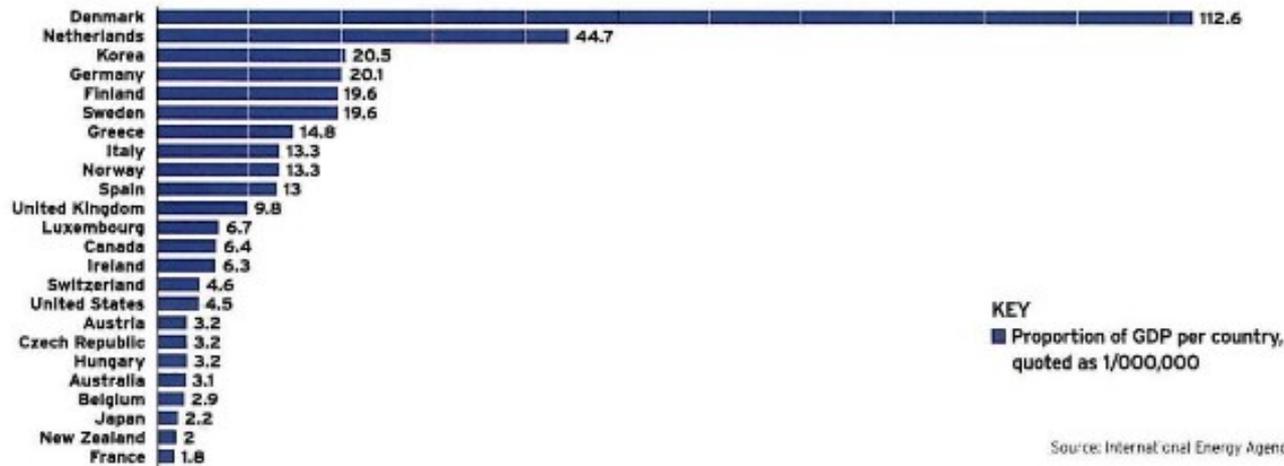


Territoires à Energie Positive

Conclusions

WIND ENERGY RESEARCH BUDGET AS A PROPORTION OF NATIONAL GDP

Average annual proportion of GDP spent on wind research per country from 1990-2008, quoted as one millionth



WINDPOWER MONTHLY SPECIAL REPORT SEPTEMBER 2010 21

Territoires à Energie Positive

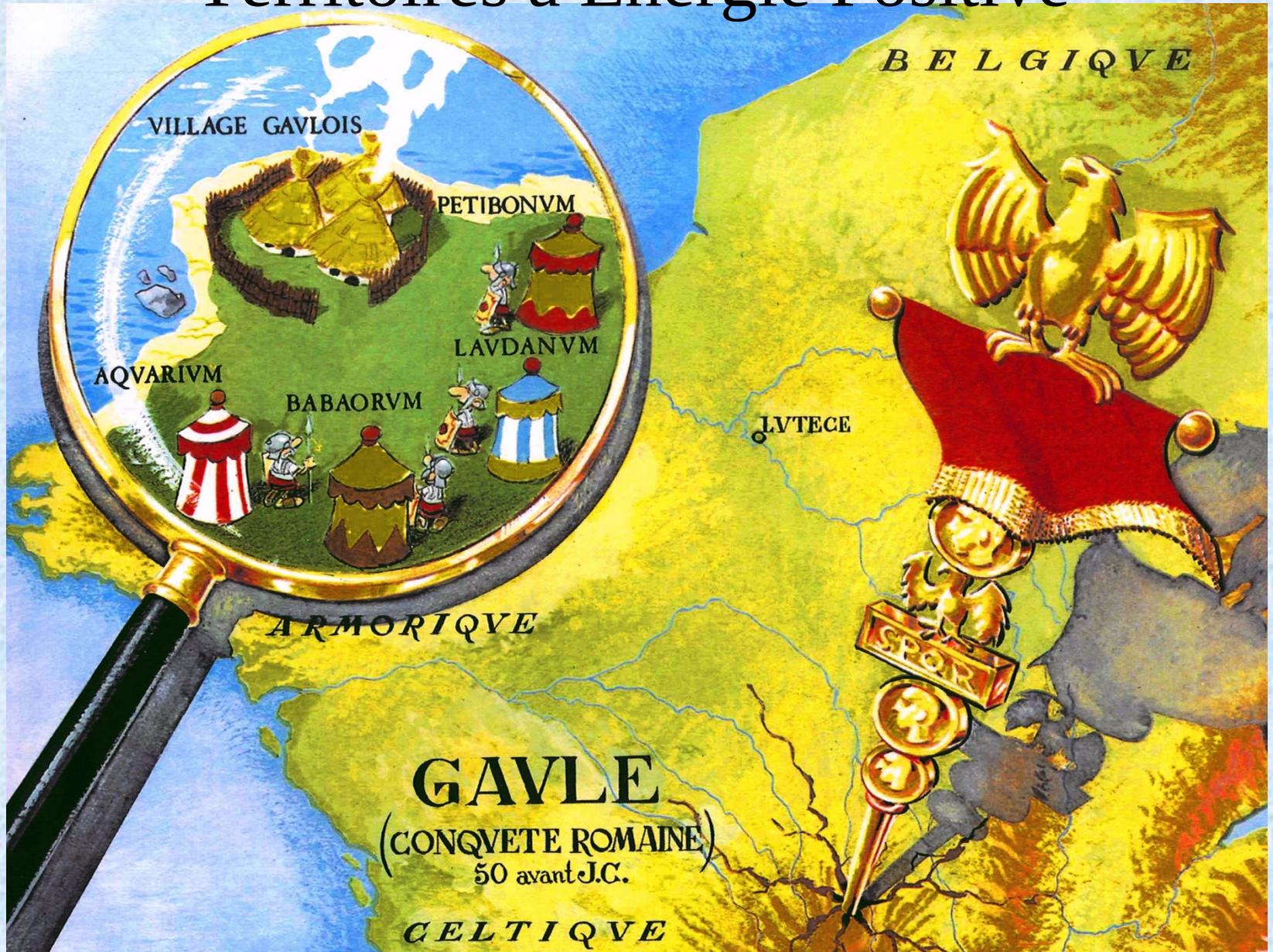


INFOS EN BREF

| | |
|--------------------------------|---|
| Maître d'ouvrage | Oberland Energie AG, CH-Spiez |
| Planification du projet | Dr. Eicher + Pauli AG, CH-Bern |
| Combustible | Plaquettes forestières et de scierie, découpes d'arbustes, bois de fin de vie |
| Usage | Vapeur de process et chauffage à distance |
| Extraction | Échelles |
| Types de chaudières | 2 x UTSR-5000.32, à grille d'avancement |
| Puissance | Installation à vapeur avec 2 x 6t/h |
| Technologie de filtrage | Multicyclone et électro-filtres |
| En service depuis | Avril 2011 |
| Économie de fuel | 2,8 millions de litres par a (avec le bois de fin de vie) 3,1 millions de litres par an (ensemble de la centrale biomasse) |



Territoires à Energie Positive



Territoires à Energie Positive

PUBLIC
SENAT

Territoires à Energie Positive

Réseau des territoires ruraux à énergie positive

| | | | |
|---|--------------|-------------------|------------------------|
| Communauté de communes du Mené | 22230 | Le Gouray | Bretagne |
| Communauté de communes du Diois | 26150 | Die | Rhône Alpes |
| Communauté de communes du Val de Drome | 26402 | Crest | Rhône Alpes |
| Communauté de communes du Val d'Ille | 35520 | Melesse | Bretagne |
| Mairie de Tramayes | 71520 | Tramayes | Bourgogne |
| Syndicat mixte du Pays Thouarsais | 79100 | Thouars | Poitou Charente |
| Mairie de Montdidier | 80500 | Montdidier | Picardie |

CLER

Territoires à Energie Positive

Merci pour votre attention

www.tramayes.com