



**Le véhicule « décarboné »**

**Joseph Beretta**

# Décarboné???

- ▶▶ Un véhicule « décarboné » n'est pas sans carbone
- ▶▶ Un véhicule émettant moins de 60g CO<sub>2</sub>/km et éligible au super bonus écologique de 5000€
- ▶▶ Ce peut être un véhicule:
  - ▶▶ Électrique
  - ▶▶ Hybride
  - ▶▶ Au GNV
  - ▶▶ Thermique super optimisé,.....
- ▶▶ Toute les possibilité technologique sont ouverte.



**contexte mondial énergie climat**

Contexte automobile

Les véhicules « décarbonés »

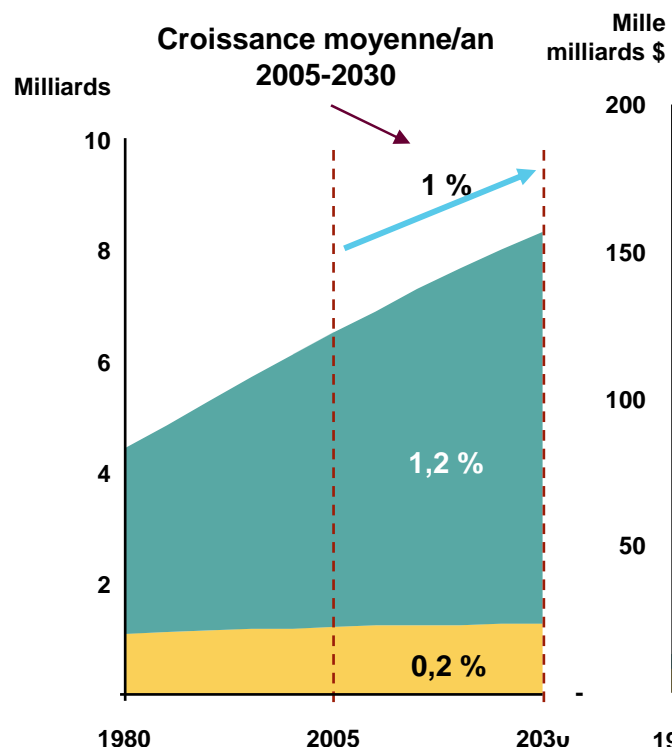
Les réponses technologiques

Conclusions

# Croissance de l'activité humaine 2008 - 2030

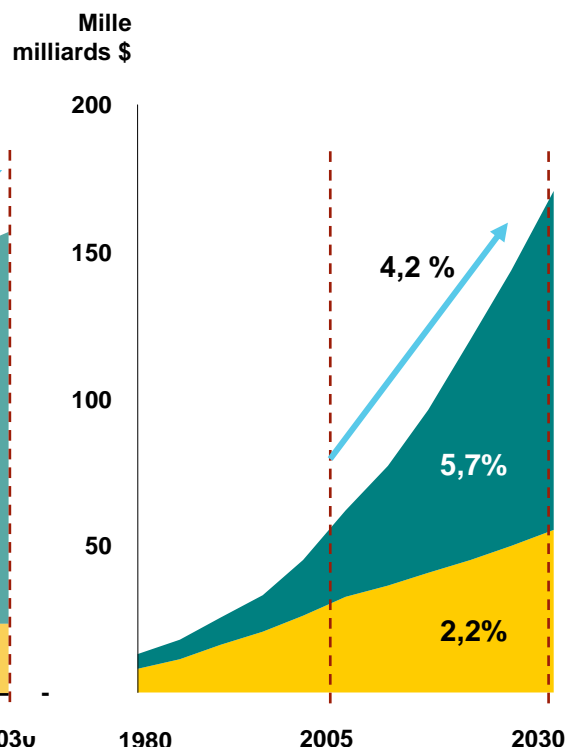
PSA PEUGEOT CITROËN

## Population



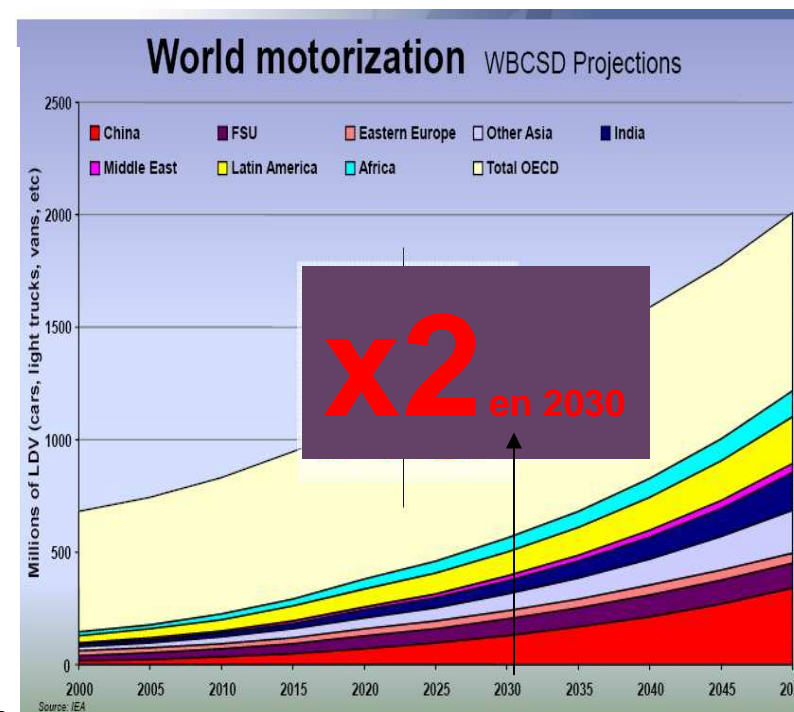
Source : ONU

## PIB PPA\*



2005-2020 : 4,6% (OCDE=2,2%, NOCDE=6,5%)  
2020-2030 : 3,6% (OCDE=2,1%, NOCDE=4,4%)

## Parc automobile



Source : AIE

OCDE

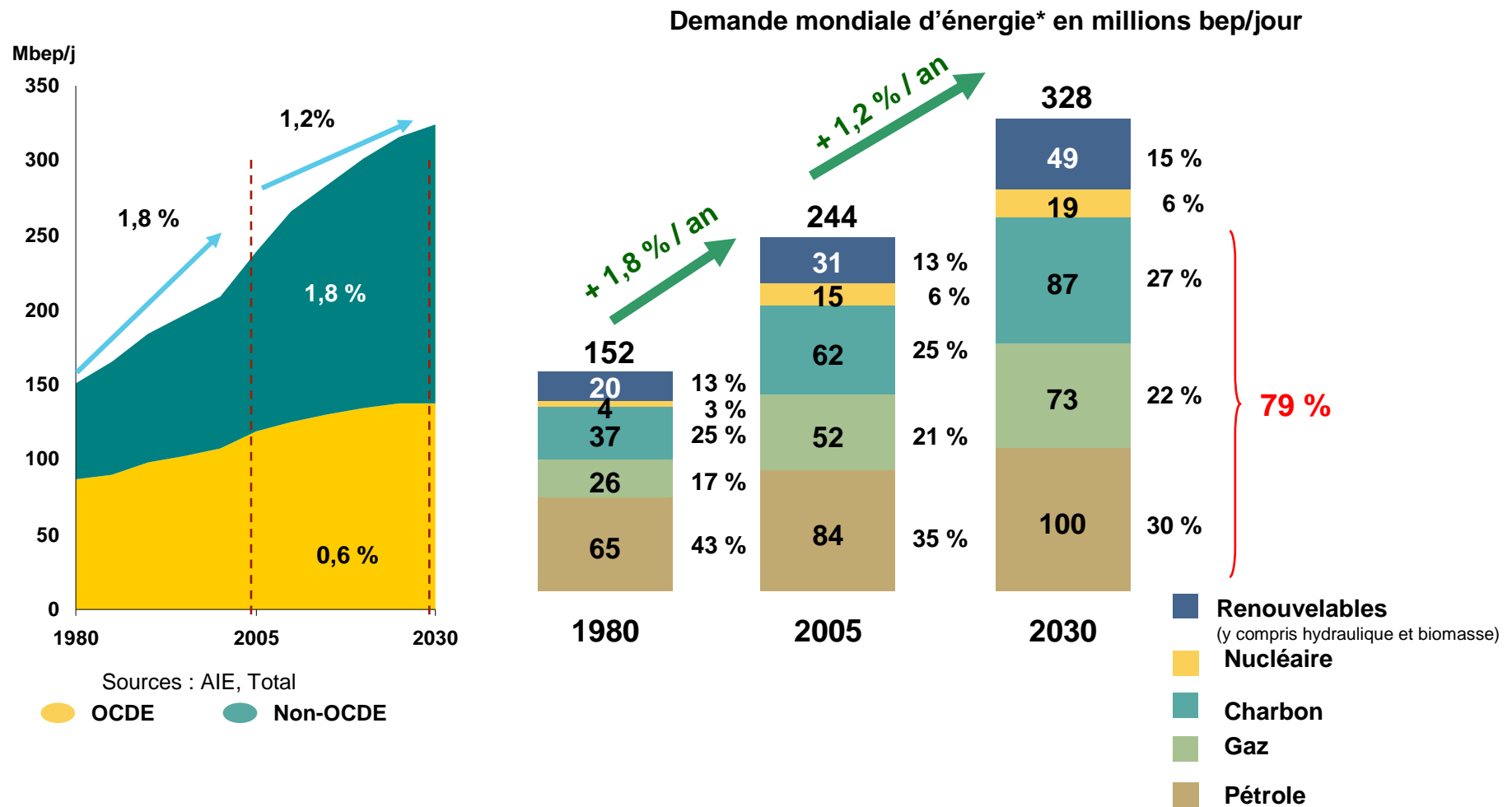
Non-OCDE

La croissance sera tirée par les pays non OCDE  
Le parc automobile x 2 en 2030

\* PIB PPA = Produit Intérieur Brut en Parité de Pouvoir d'Achat



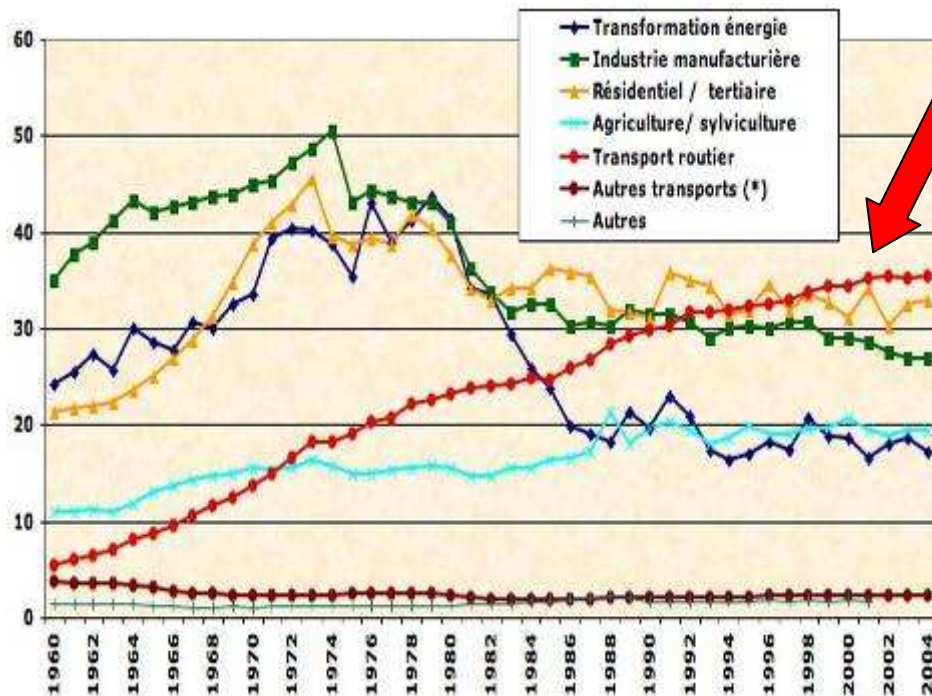
# + de besoin d'énergie



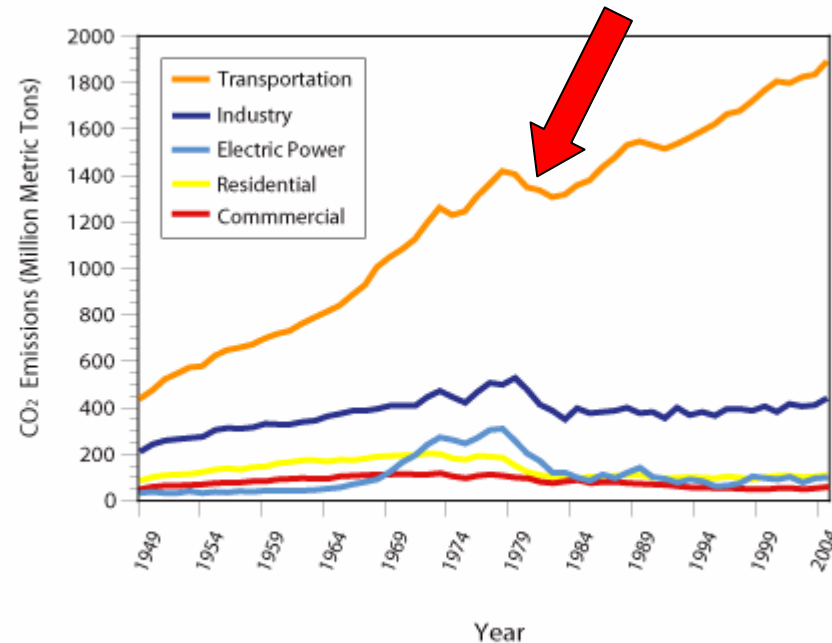
Les énergies fossiles représenteront encore 80 % du mix énergétique de 2030

# + d' émissions de CO<sub>2</sub>

Europe 1960 - 2004



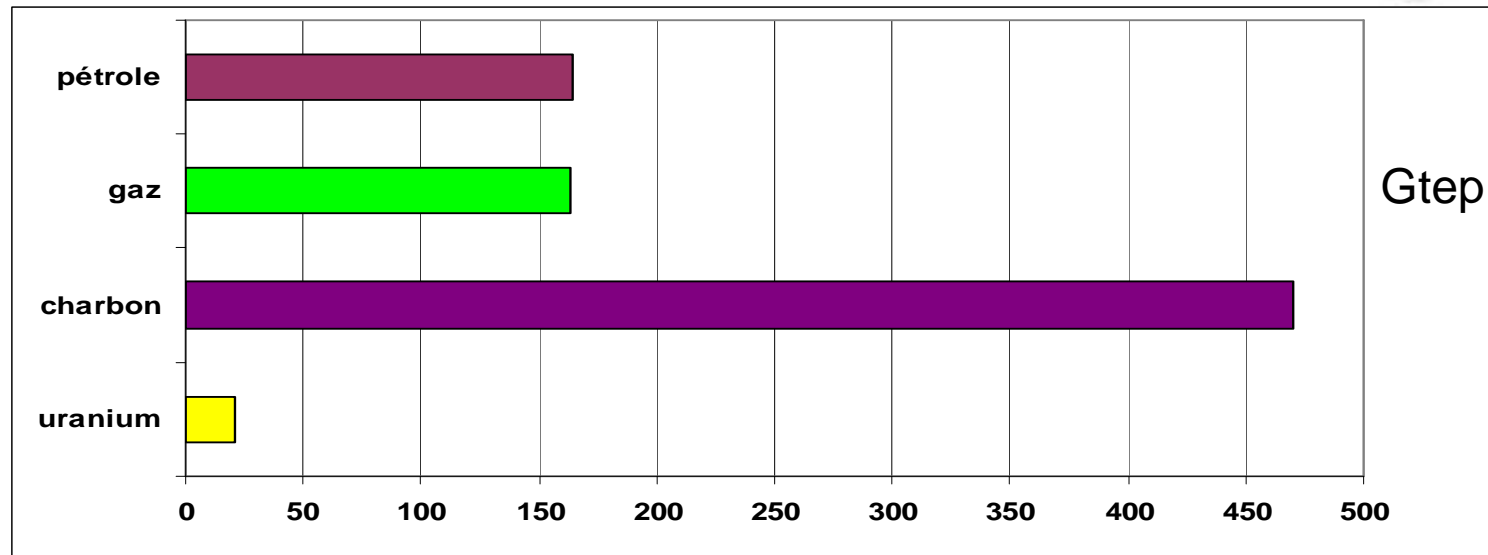
United States, 1949 - 2004



Source: Report # DOE/EIA-0573(2004)

Les transports = le secteur qui a la plus forte augmentation d'émission de CO<sub>2</sub> dans les pays de l'OCDE

# Réserves mondiales d'énergies



***Au rythme et coût actuel de consommation,***

***Réserves prouvées:***

- Pétrole: 169 Gtep = 42 ans
- Gaz: 160 Gtep = 60 ans
- de Charbon: 426 Gtep (848 Gt) = 133 ans
- d'Uranium: 80\$/kg = 21 Gtep (2,1 Mt) = 32 ans  
mais 130\$/kg = 80 ans

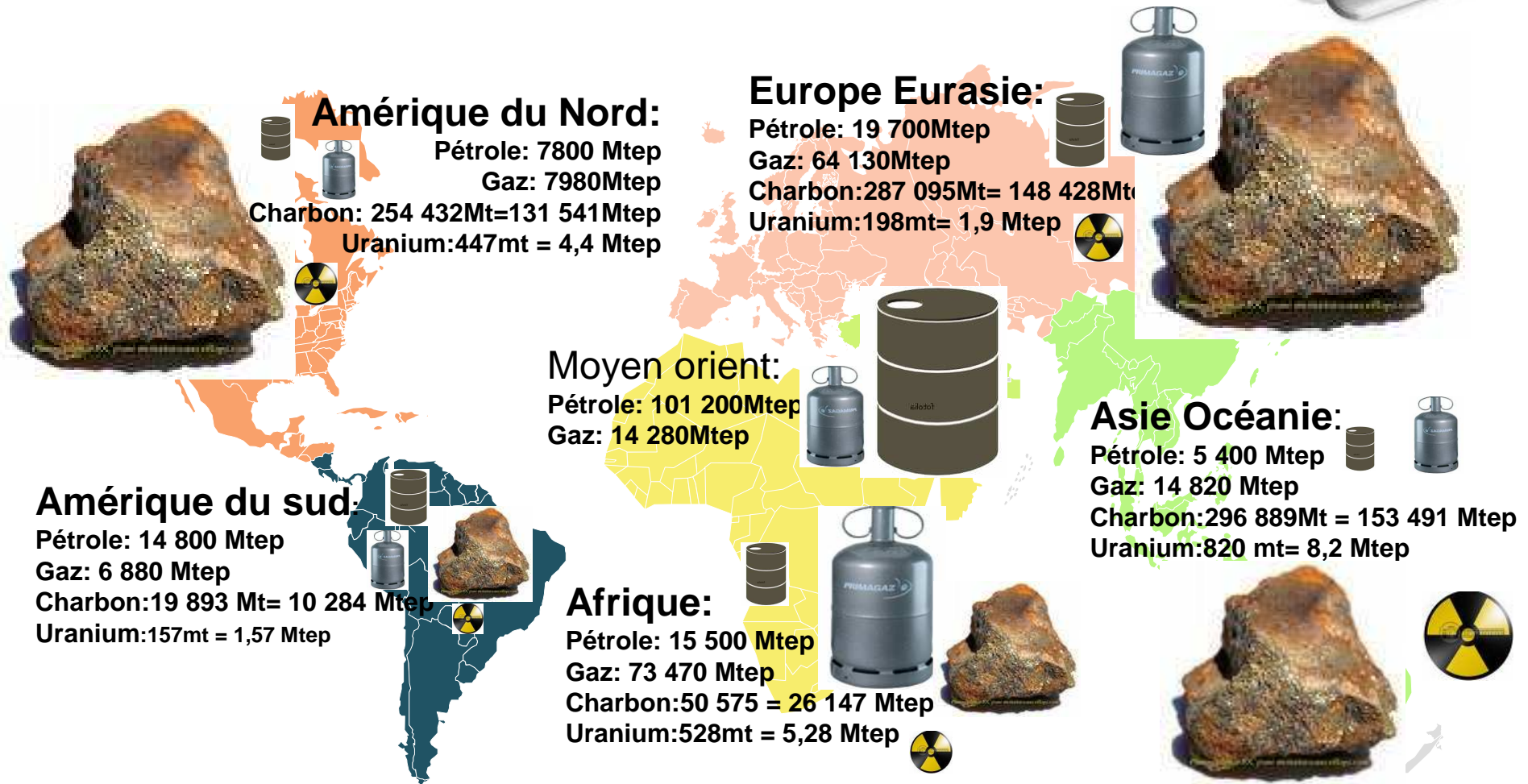
- Ces réserves sont basées sur le ratio actuel coûts d'extraction vs coût de l'énergie
- Un coût de l'énergie autorisant un coût d'extraction multiplié par 2 augmente les réserves d'un facteur 1,5 à 2,5



**Pas de problème imminent d'épuisement des réserves mais augmentation du coût de l'énergie**

(source BP et AIEA 2007 en 1tep (tonne équivalent pétrole) = 11,628 MWh)

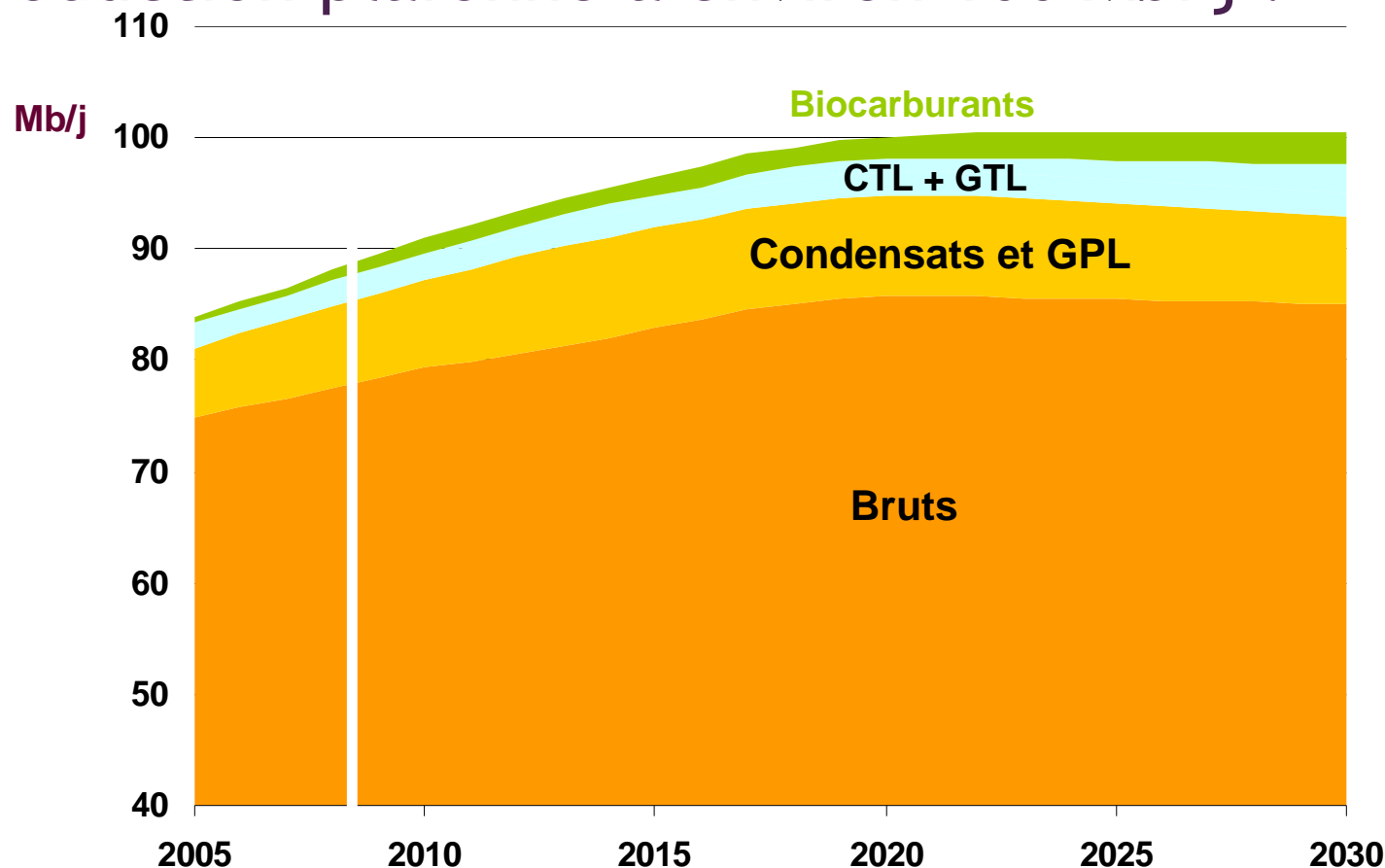
# Réserves Mondiales d'énergies



concentration des énergies primaires fossiles dans quelques zones géographiques  
 risque: accès à l'énergie

# 2020: l'industrie pétrolière annonce une production plafonné à environ 100 Mb/j ?

PSA PEUGEOT CITROËN



- Emergence « timide » des carburants de synthèse et poursuite du développement des biocarburants
- Importants efforts sur l'efficacité énergétique pour contenir la demande

\* Autres = GtL + CtL et gains de raffinage

## A retenir sur le paysage énergétique

- ▶ **Les carburants liquides, resteront dominants pour les 20 à 30 prochaines années.**
- ▶ **Contrainte de plus en plus forte pour réduire les émissions de CO<sub>2</sub>.**
- ▶ **Tension sur le gazole.** (ratio essence/Diesel, réglementation carburant marine, développement autre zone Diesel, ralentissement demande essence US...)
- ▶ **Evolution vers un marché des carburants liquide auto-contraint, régulé par une offre production « réaliste » estimée à 100 Mb/j en 2020.**
- ▶ **Emergence « timide » des carburants de synthèse et poursuite du développement des biocarburants,**  
(même si la production à horizon 2020 de ces nouveaux carburants ne devrait pas excéder 3 à 4,5 mbj - 3 à 4%)



contexte mondial énergie climat

**Contexte automobile**

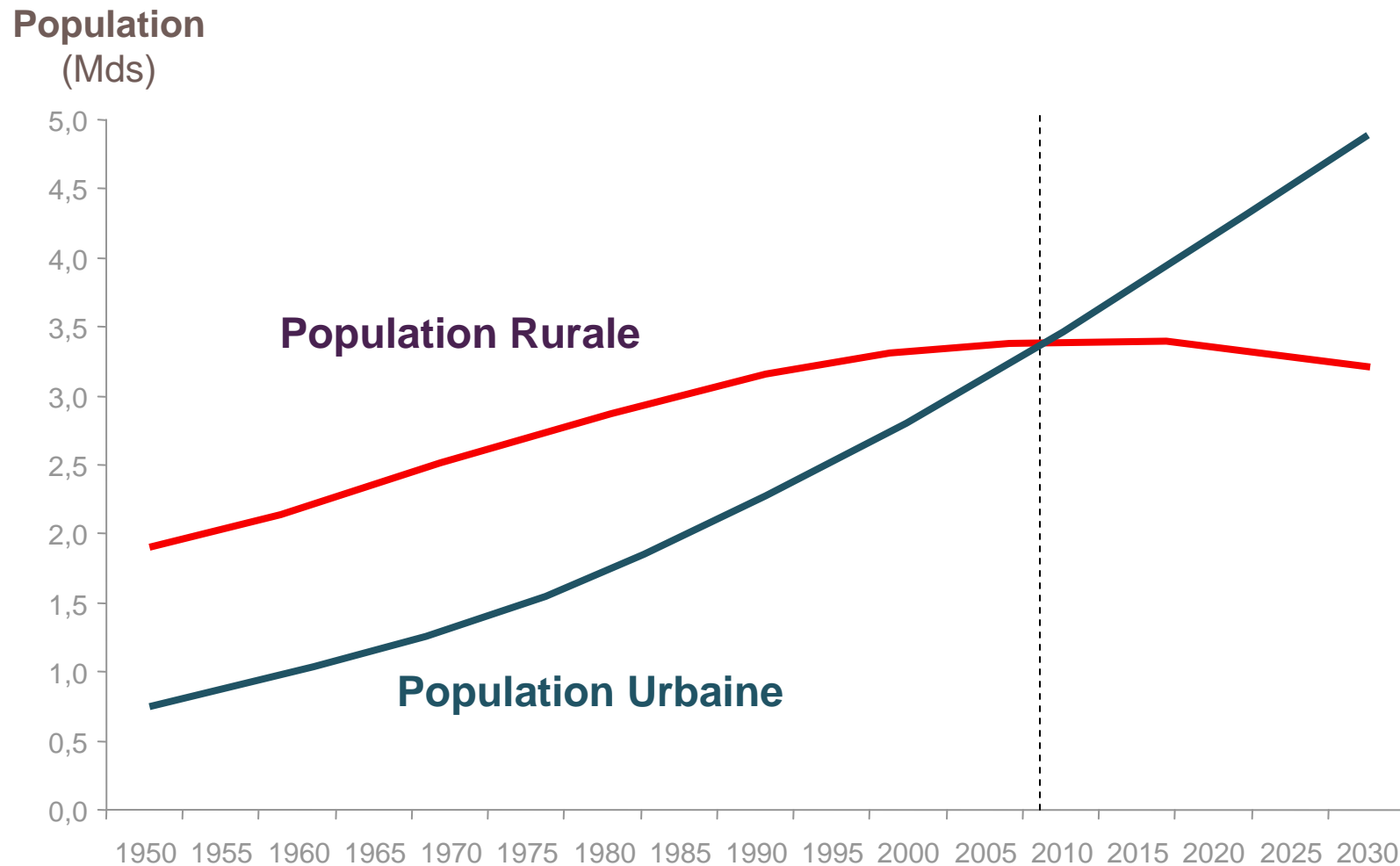
Les véhicules « décarbonés »

Les réponses technologiques

**Conclusions**



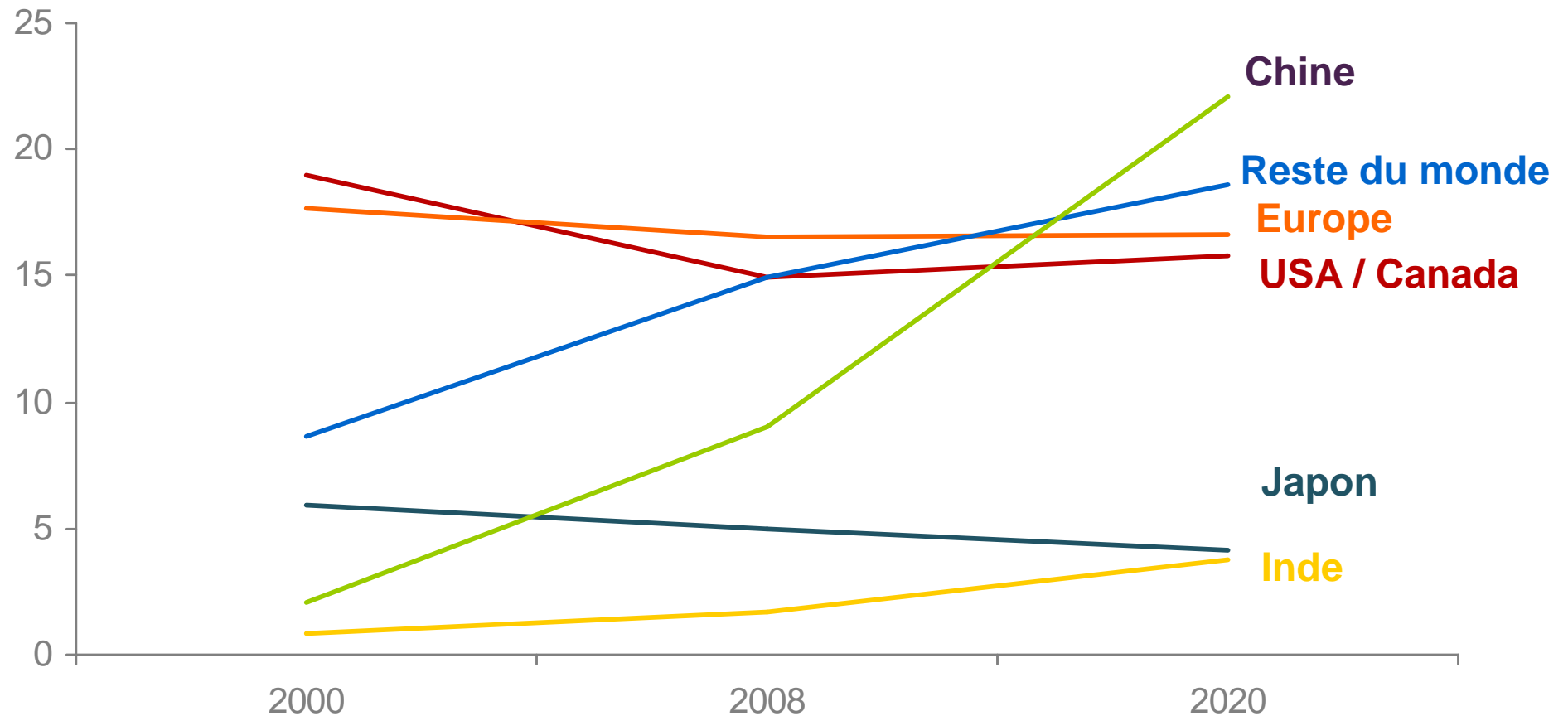
# La population urbaine dépasse la population rurale pour la première fois



# L'Asie moteur de la croissance mondiale

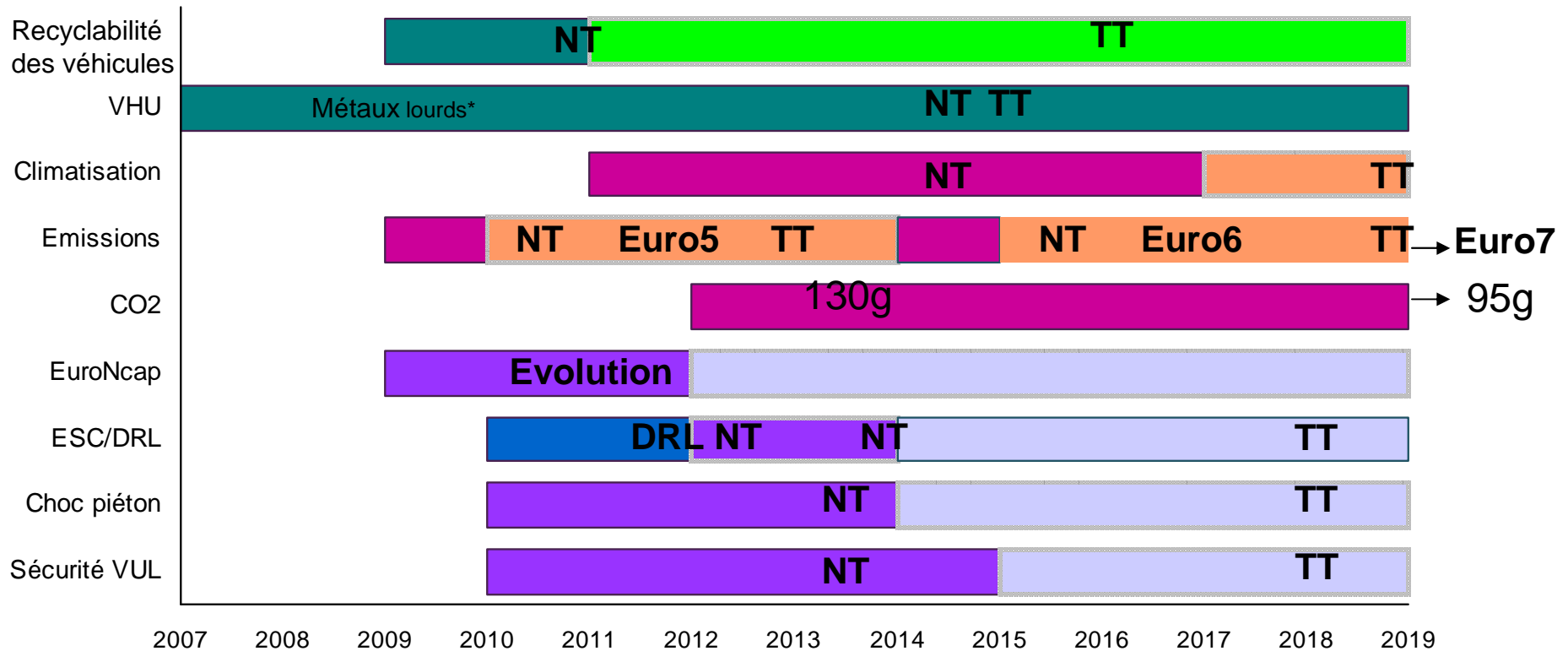
## Marchés Automobiles

(en millions de véhicules)



# Réglementation et Consumérisme

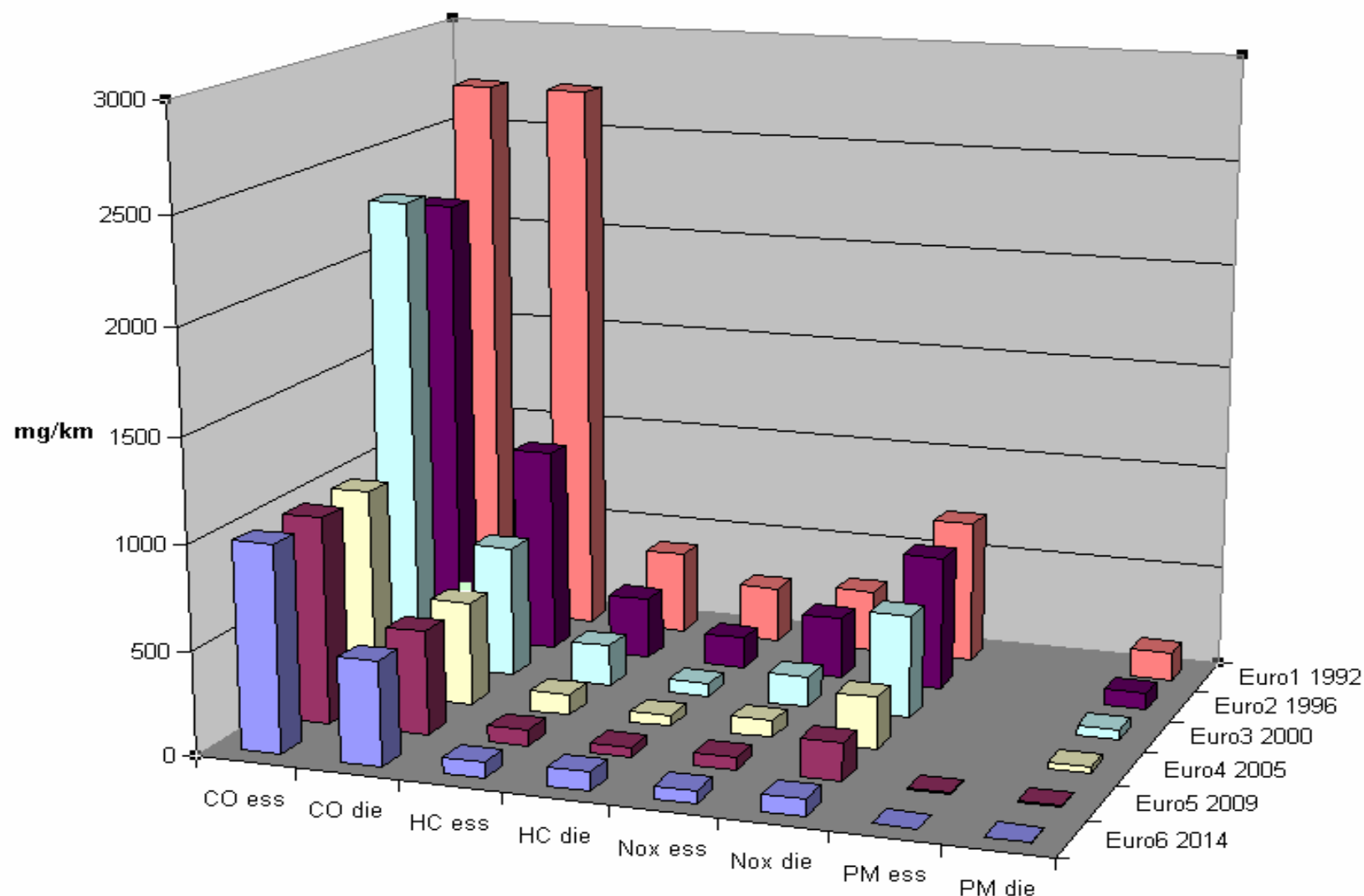
## Panorama actuel en Europe



➡ **Apparition de nouvelles contraintes réglementaires fortes**

\* En application depuis 2003 avec révision périodique de la liste des exemptions

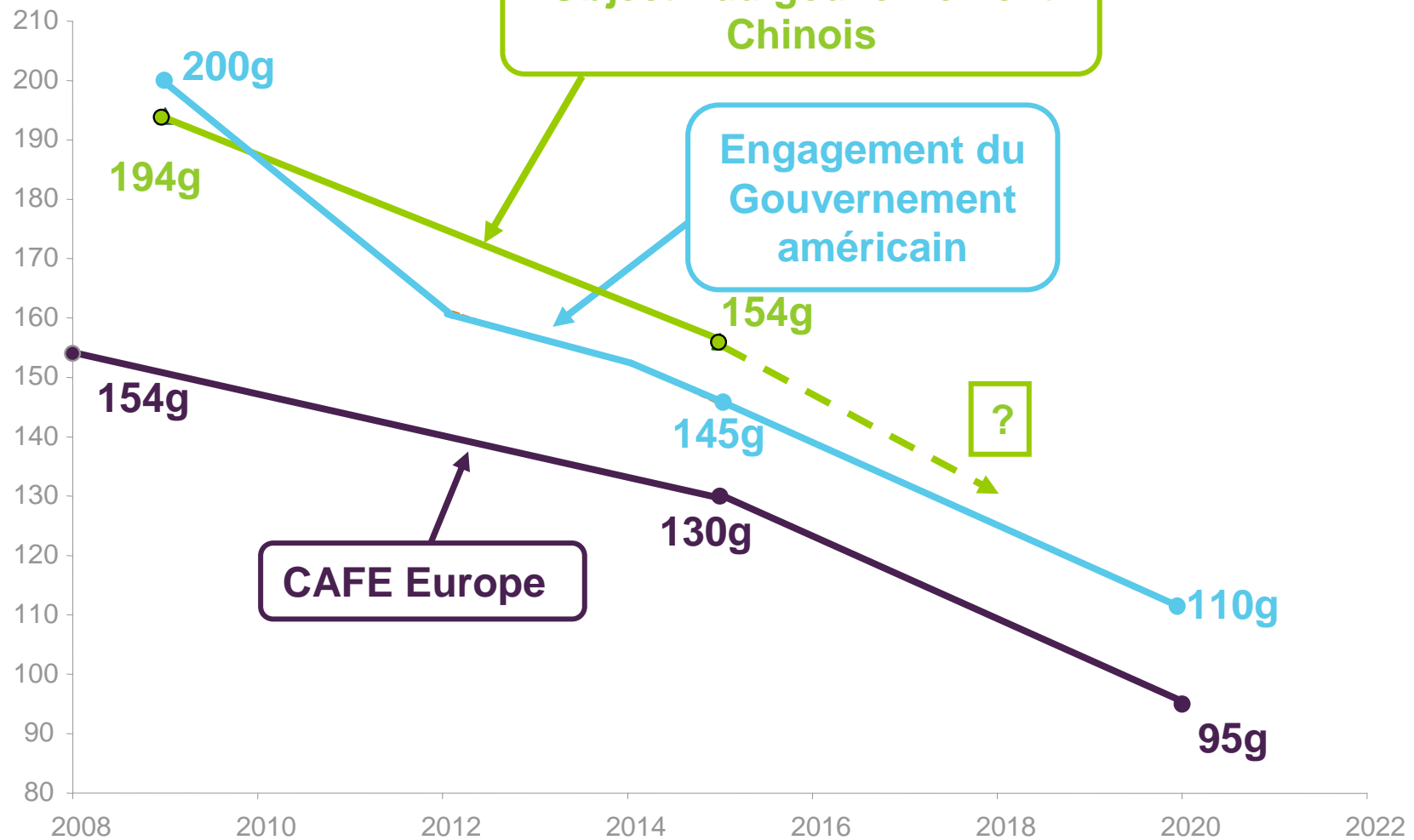
# La pollution locale les normes « Euro »



**Vers le « Fuel neutral »**

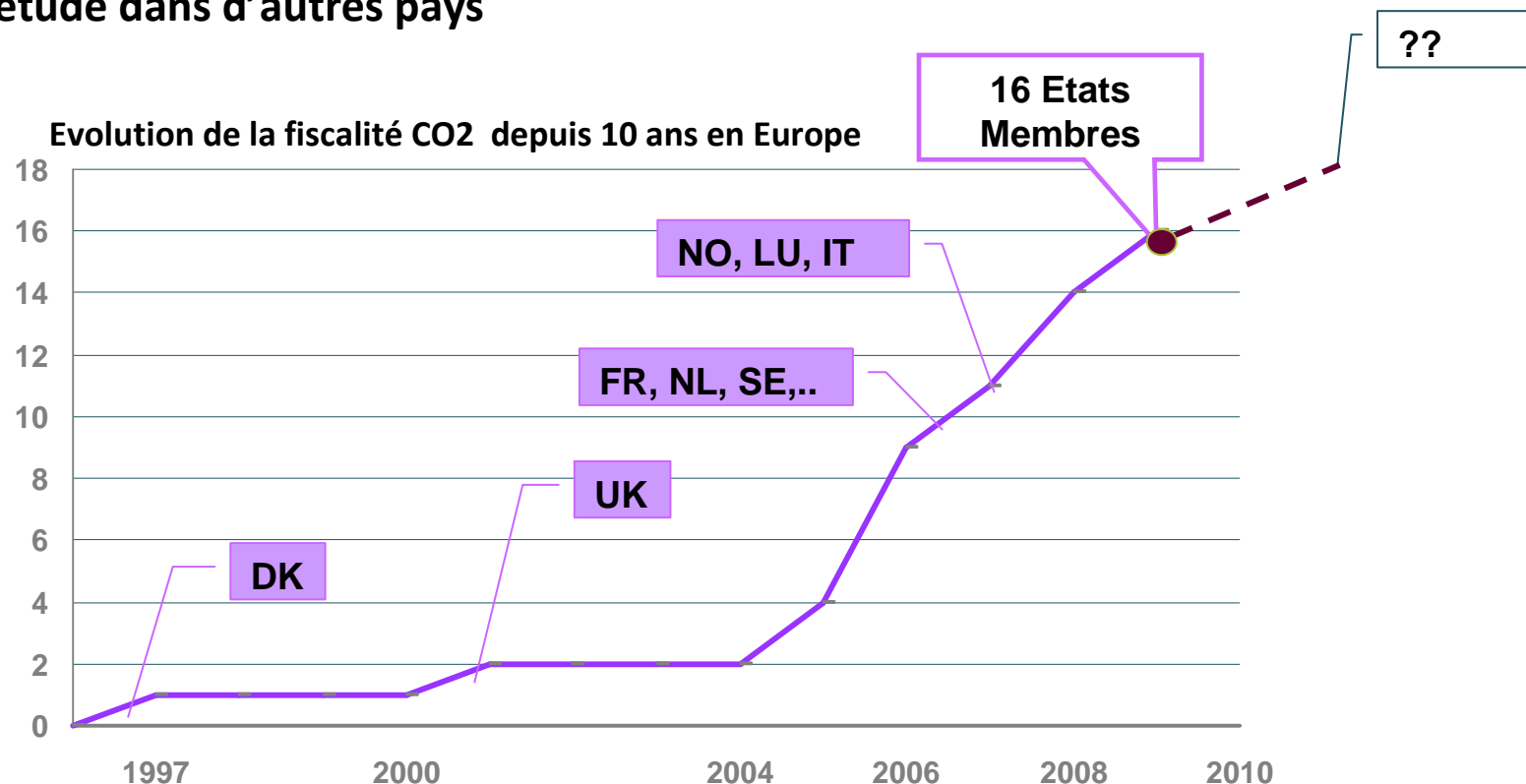
# Convergence des objectifs CO<sub>2</sub> au niveau Mondial

g of CO<sub>2</sub>/km



# La Fiscalité CO<sub>2</sub> Véhicules en Europe

- Introduite en 1997 au Danemark
- 16 Etats membres ont une taxation CO<sub>2</sub>
- A l'étude dans d'autres pays



➡ Le CO<sub>2</sub> s'impose comme l'unité de base de la fiscalité automobile env.

## A retenir sur l'introduction

- ▶ **L'automobile est un des produits le plus réglementé**
- ▶ **Risque important sur la définition produit et la compétitivité des constructeurs vis-à-vis des réglementations et de la fiscalité.**
- ▶ **Les règlements sont des contraintes pour les constructeurs.**
- ▶ **La fiscalité est une orientation du choix des consommateurs.**
- ▶ **Les attentes consuméristes doivent être prise en compte.**
- ▶ **Il faut anticiper très en amont ces évolutions car notre industrie à une forte inertie lié aux investissements.**





contexte mondial énergie climat

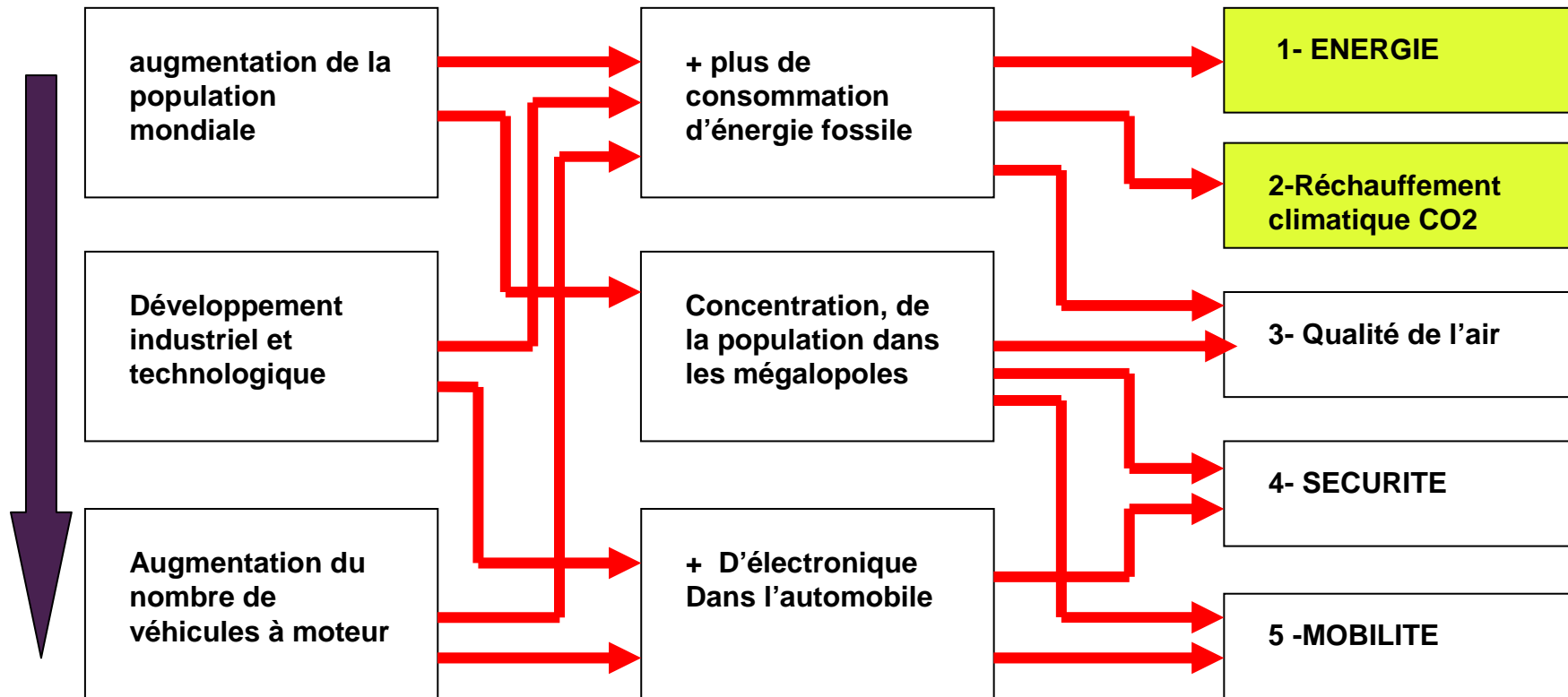
Contexte automobile

**Les véhicules « décarbonés »**

Les réponses technologiques

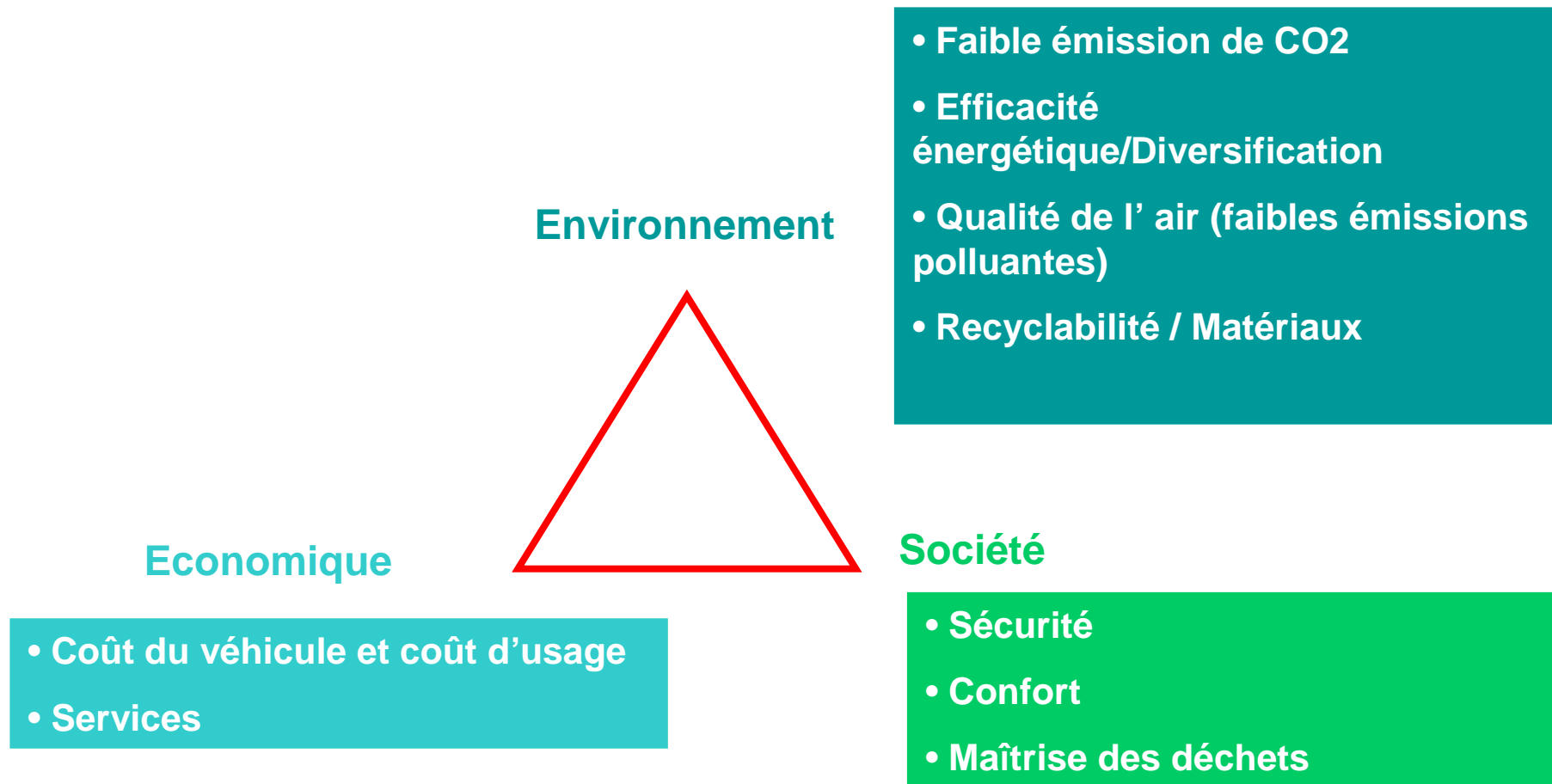
Conclusions

# Les enjeux majeurs de l'automobile:



Aujourd'hui Cinq enjeux pour l'automobile de demain

# Les véhicules « écologiques »



## Des véhicules plus écologiques pour « Chacun »

- Pour nous,
- Chaque client a un besoin de mobilité spécifique à son monde de vie, et adapté à la zone géographique où il vit,
- En conséquence nous devons lui proposer le meilleur choix économique en terme de:



***Energie***  
***Technologie***  
***Usage***



# Les déterminants pour l'automobile :

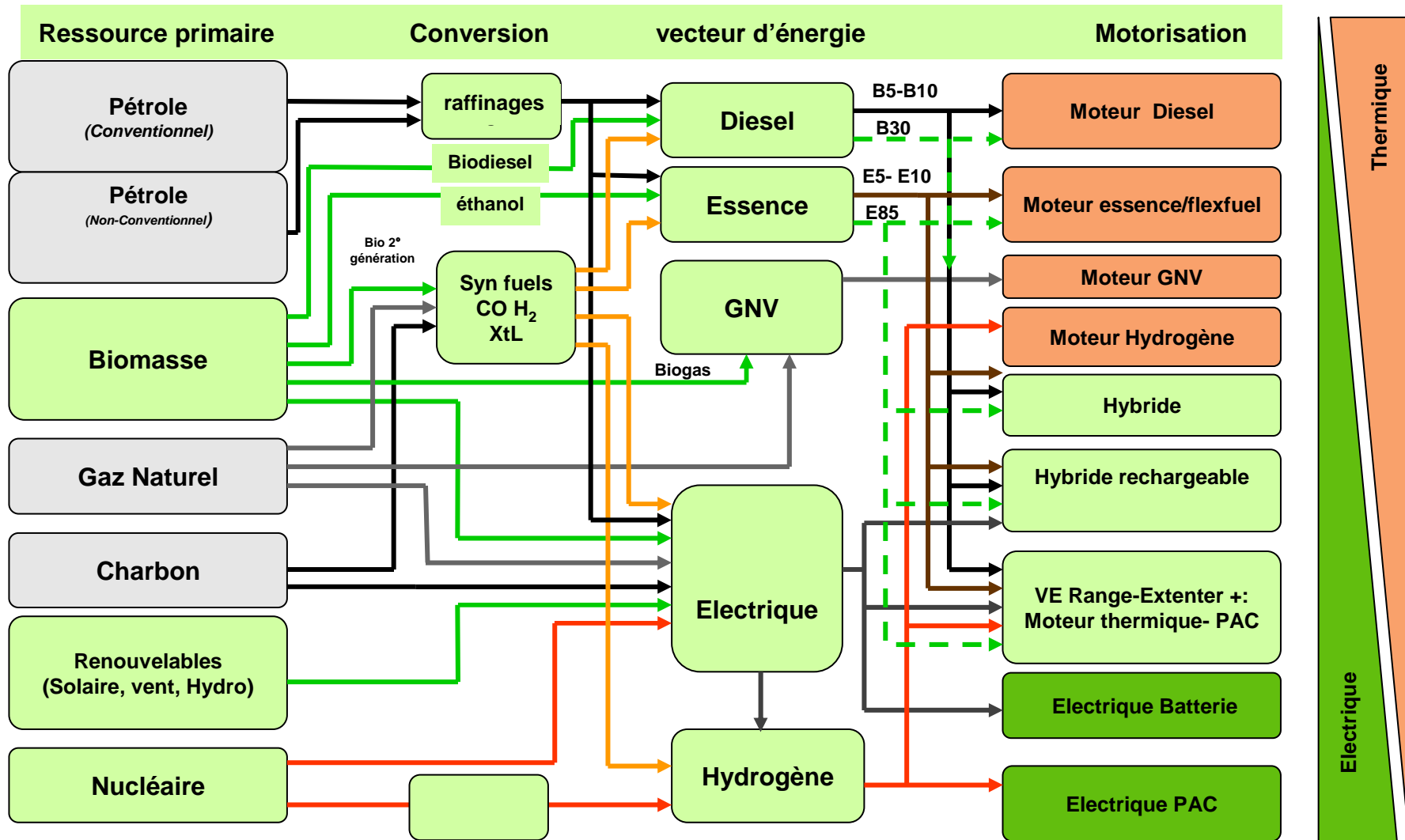
## 3 critères vertueux

- Rejet de CO2 du puits à la roue,
- Rendement du processus global,
- Coût de la technologie automobile, de l'énergie associée et de son usage



# Le panel énergies/ technologies

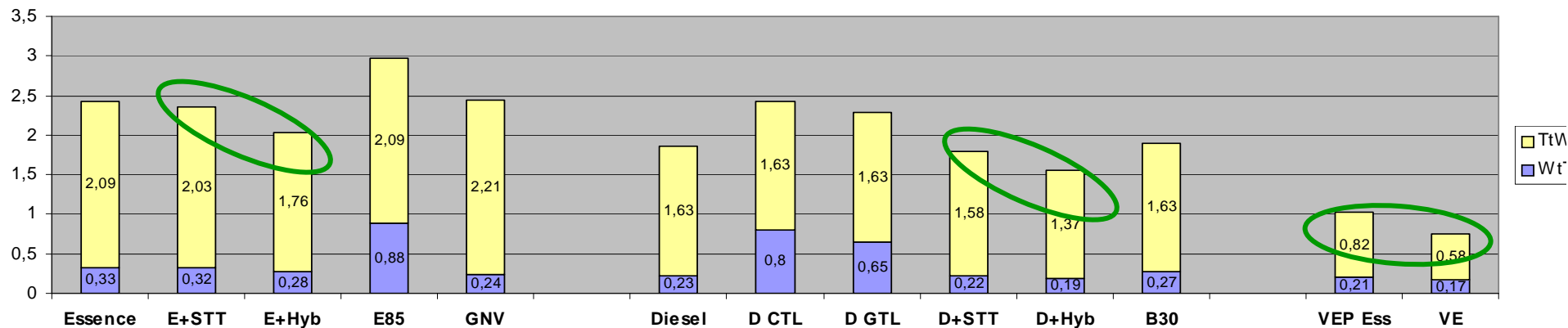
Avec la diversité des énergies, les approches du puits à la roue sont nécessaires.



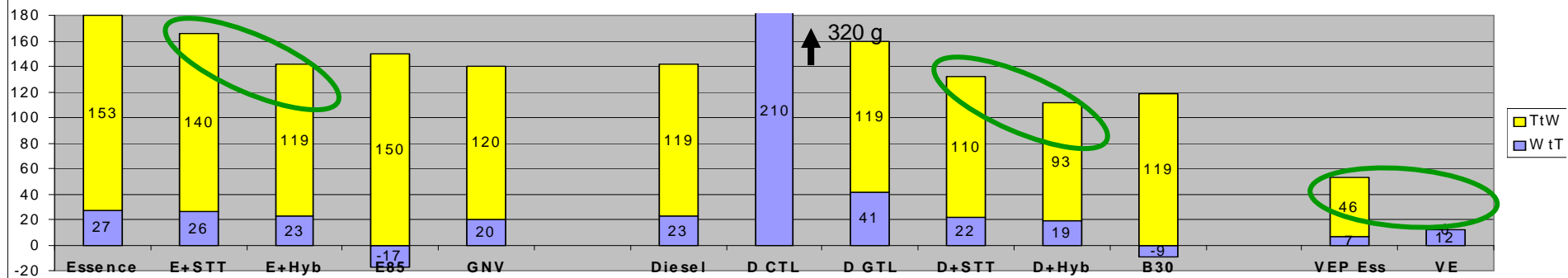
# BILAN énergie / climat/ coût:

## des différentes technologies

MJ/km



CO2/km

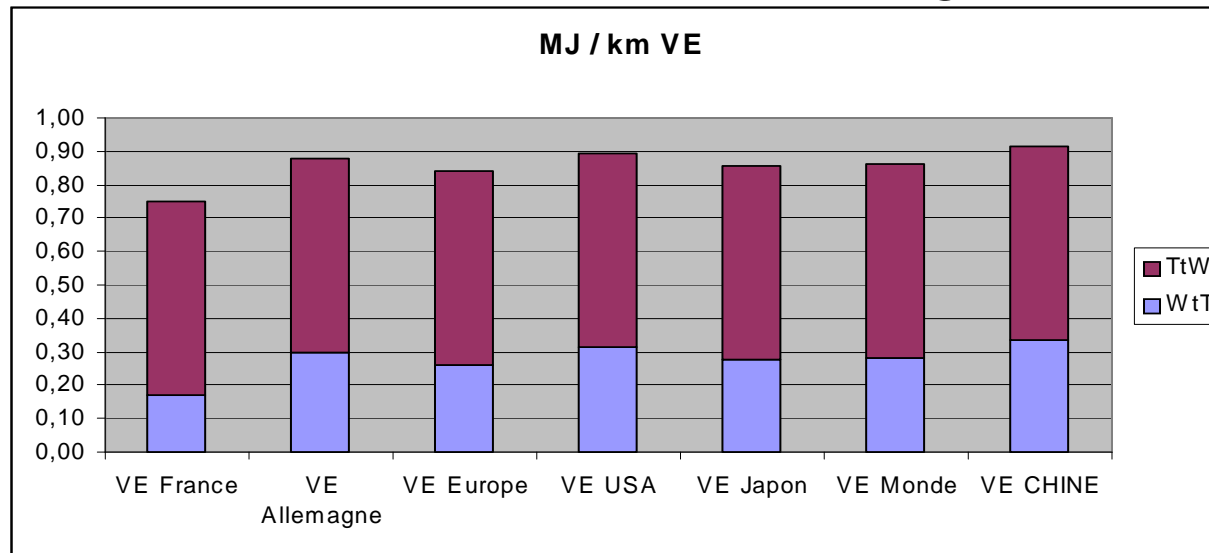


Véhicule: C4/308, cycle MGEV, VEP: 30% essence – 70% électricité, Électricité: mixte France, GNV: transport + 4000km  
 E85: betterave Europe B30: colza Europe

**Un avantage évident pour les technologies hybrides et électriques, mais à quel prix?**



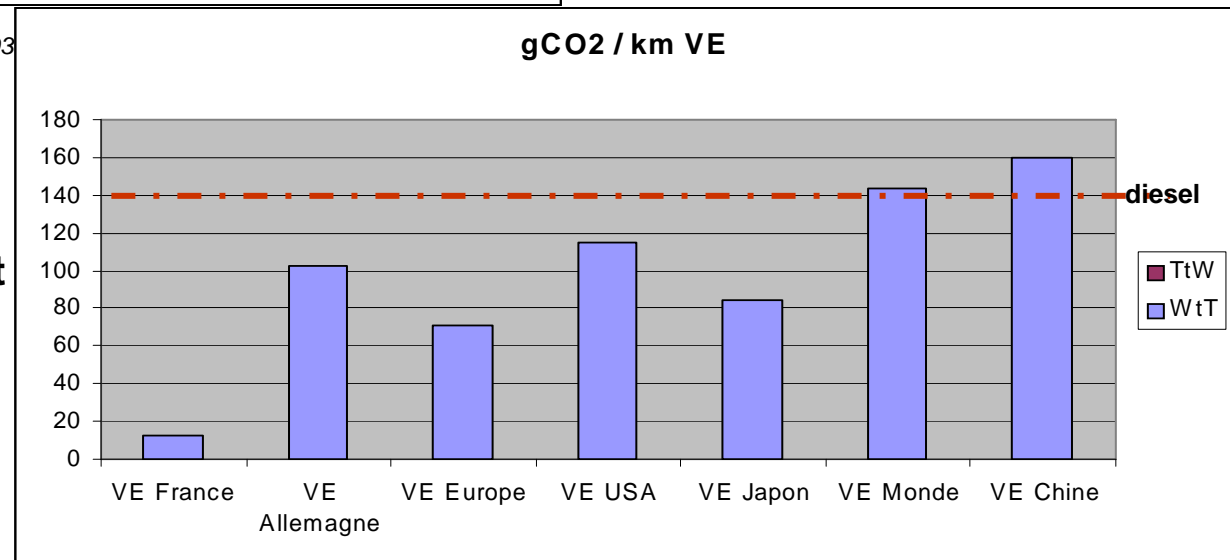
# BILAN énergie / climat : Zoom sur le VE (C4/308)



**Toujours  
Très bien pour l'énergie**  
( Diesel = 1,86 MJ /km WtW)

Source IREE ( institut pour la recherche sur l'énergie) 2003

**De bon à mauvais pour le climat**  
( Diesel = 142 gCO<sub>2</sub> /km WtW)



Source ademe / direm 2006

**Le VE oui mais pas n'importe où**

## A retenir sur la stratégie véhicule écologique

- ▶▶ **Proposer des véhicules écologiques pour « CHACUN »:**
- ▶▶ **Meilleur choix Energie/ Technologie adapté à chaque besoin de mobilité, favorisant:**
  - ▶▶ **L'efficacité énergétique,**
  - ▶▶ **Un faible impact sur le climat,**
  - ▶▶ **Un faible impact sur la santé,**
  - ▶▶ **Et à un coût adapté à l'usage en fonction des zones géographiques.**
- ▶▶ **Tout cela pour obtenir des résultats significatifs et rapides sur le parc grâce à une «Pervasion » rapide (vitesse de pénétration sur le marché).**



contexte mondial énergie climat

Contexte automobile

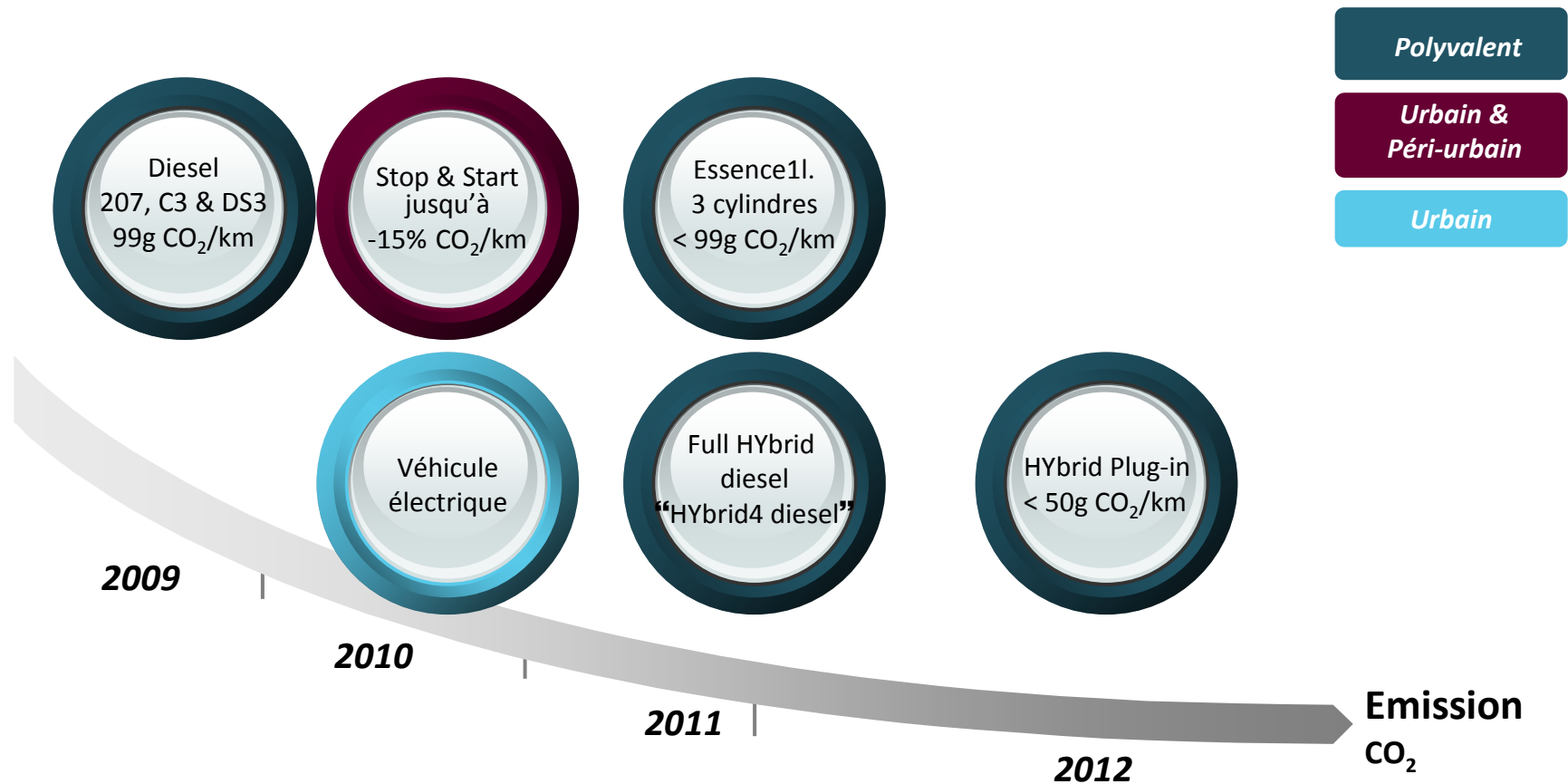
Les véhicules « décarbonés »

**Les réponses technologiques**

Conclusions

# PSA Peugeot Citroën :

- La stratégie des véhicules décarbonnés du groupe réponds:
  - Aux nouveaux usages de mobilités (changements dans la mobilité quotidienne, changements des modes de vie : de la possession à l'usage)
  - À la nouvelle donne environnementale et urbaine



# Optimiser la performance environnementale globale du véhicule

## Groupe Motopropulseur

10% de réduction de consommation  
Gain → 15g CO<sub>2</sub>

## Aérodynamique

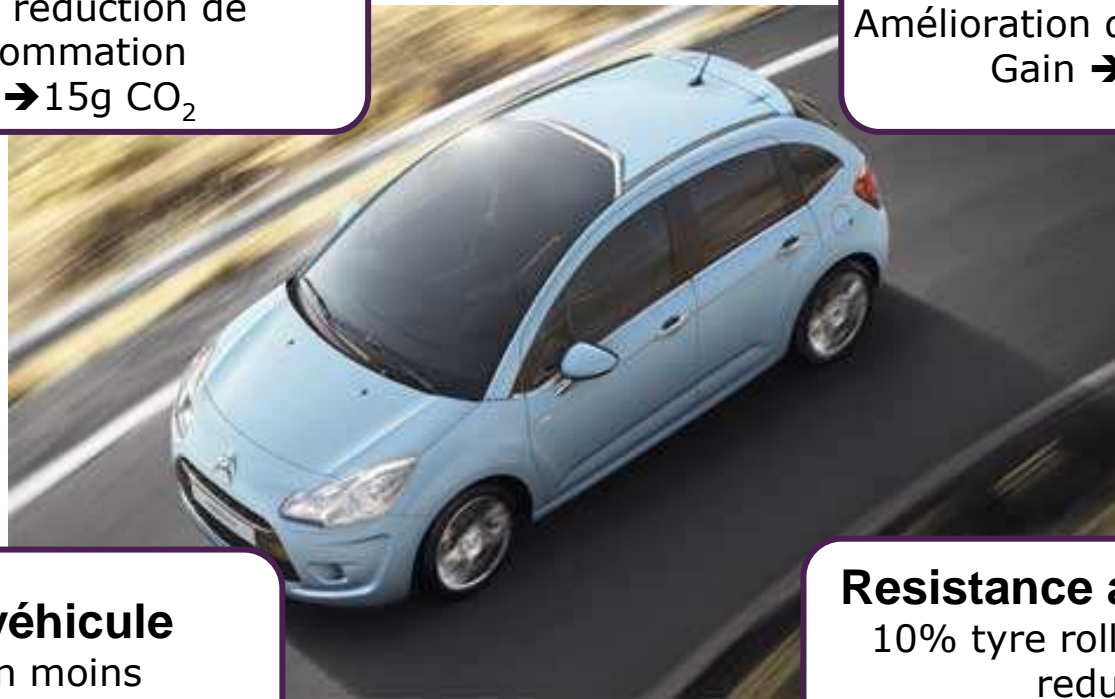
Amélioration de 5dm<sup>2</sup> sur SCx  
Gain → 2.5g CO<sub>2</sub>

## Masse véhicule

100kg en moins  
Gain → 4g CO<sub>2</sub>

## Resistance au roulement

10% tyre rolling resistance reduction  
Gain → 2g CO<sub>2</sub>





## Optimisation du Groupe Moto-Propulseur thermique



## Le groupe motopropulseur

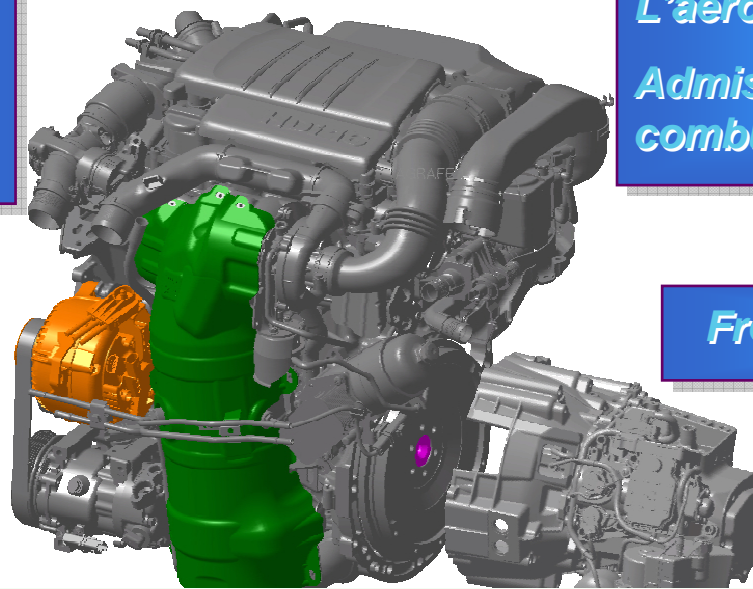
Les principaux leviers pour augmenter son efficacité

*Technologie moteur :  
Contrôle, pilotage  
Suralimentation,...*

*L'aérodynamique  
Admission et chambre de  
combustion*

*Réduire sa masse*

*Frottement et lubrification*

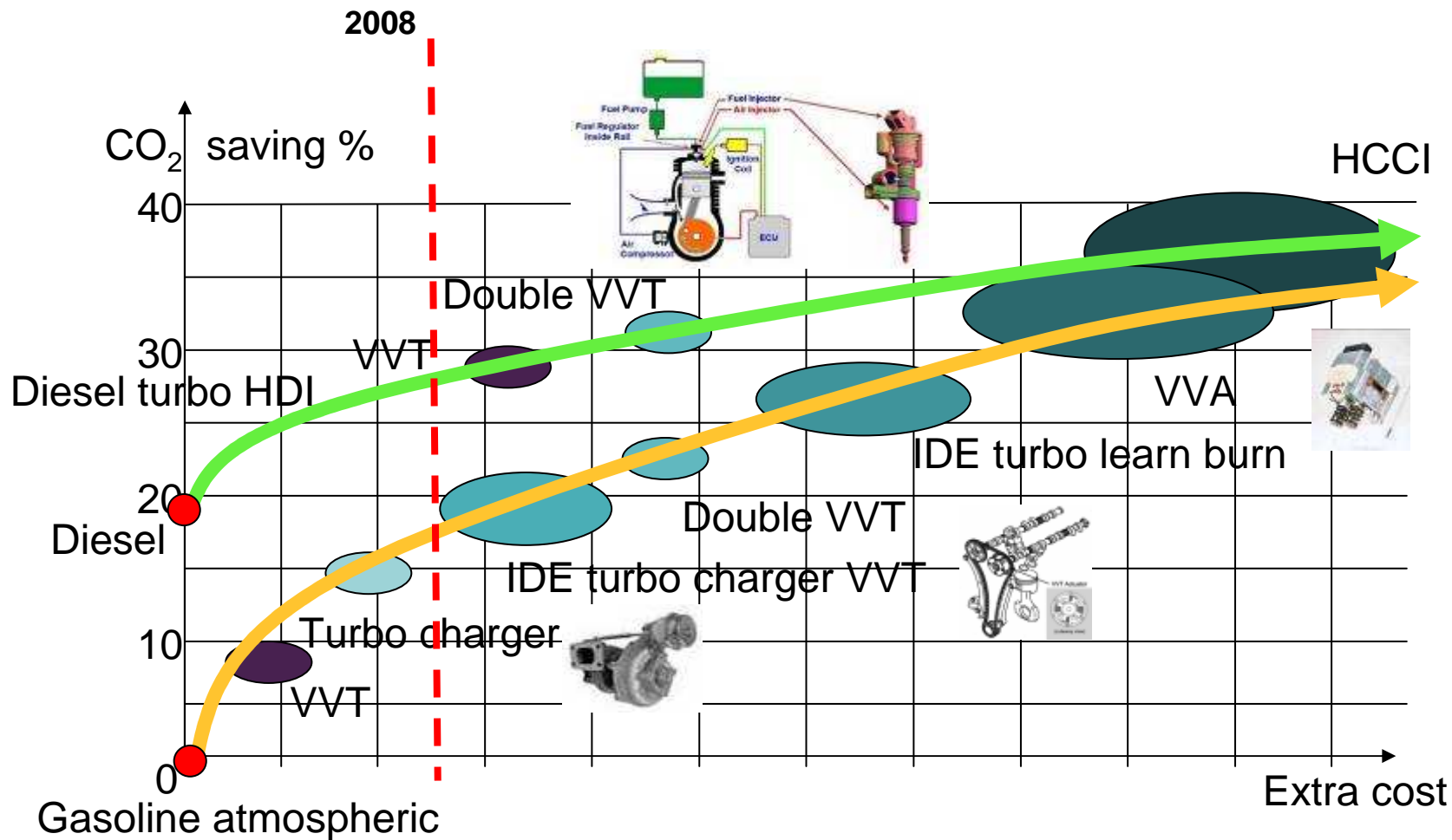


Moteur DV6 HDI PSA PEUGEOT CITROËN

*Optimisation moteur boîte*



# potentiel des moteurs thermiques



**Demain encore - 15% pour l'essence et -10% pour le diesel  
Sur la consommation**



## Energies alternatives pour moteur thermique

## Les biocarburants

- **Tous les véhicules PSA Peugeot Citroën sont compatibles avec:**
  - **E10 (10% éthanol) pour les moteurs essences depuis 2000.**
  - **B10 (10% de biodiesel) pour tous les diesels, B30 pour les moteurs HDI depuis 1998.**

**Pour 1l d'éthanol c'est de l'ordre 40% de gain de CO<sub>2</sub> du puits à la roue par rapport à 1l d'essence.**

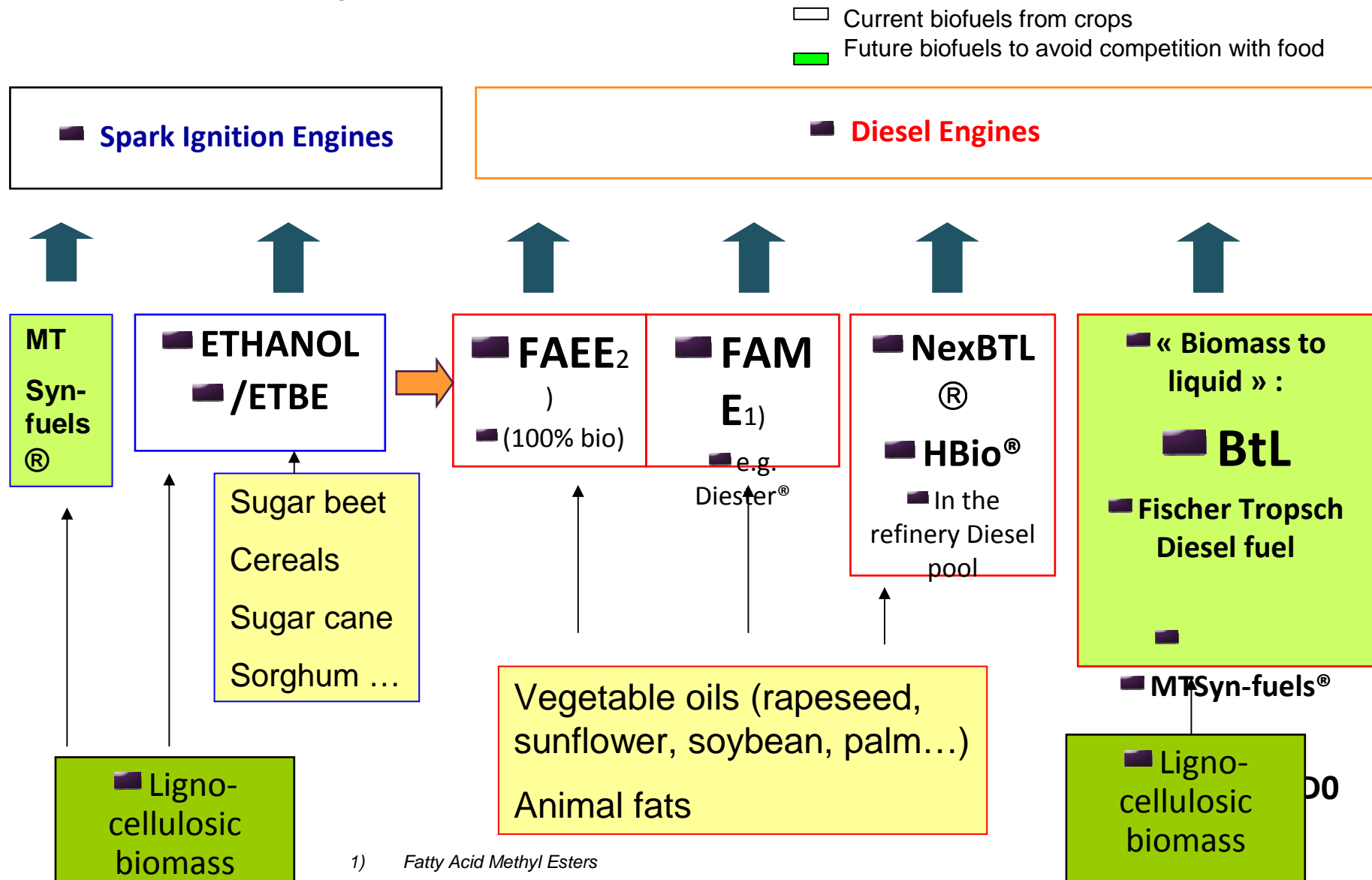
**Pour le Biodiesel le gain est de l'ordre de 60%.**

**Pour aller au-delà de 10%,**

- **La 2<sup>e</sup> génération (+2015) qui utilisera la filière biomasse lignocellulosic pour obtenir des carburant synthétiques (BTL, MTSynfuel...) présente un potentiel important vis-à-vis du CO<sub>2</sub> : 70% à 80% de réduction du puits à la roue**
  - **Mais le coût reste à documenter.**

# Les biocarburants

## Biocarburants un panel de solutions



- 1) Fatty Acid Methyl Esters
- 2) Fatty Acid Ethyl Esters

## Les biocarburants

- **Tous les véhicules PSA Peugeot Citroën sont compatibles avec:**
  - **E10 (10% éthanol) pour les moteurs essences depuis 2000.**
  - **B10 (10% de biodiesel) pour tous les diesels, B30 pour les moteurs HDI depuis 1998.**

**Pour 1l d'éthanol c'est 40% de gain de CO<sub>2</sub> du puits à la roue par rapport à 1l d'essence.**

**Pour le Biodiesel le gain est de 50%.**

**Pour aller au-delà de 10%,**

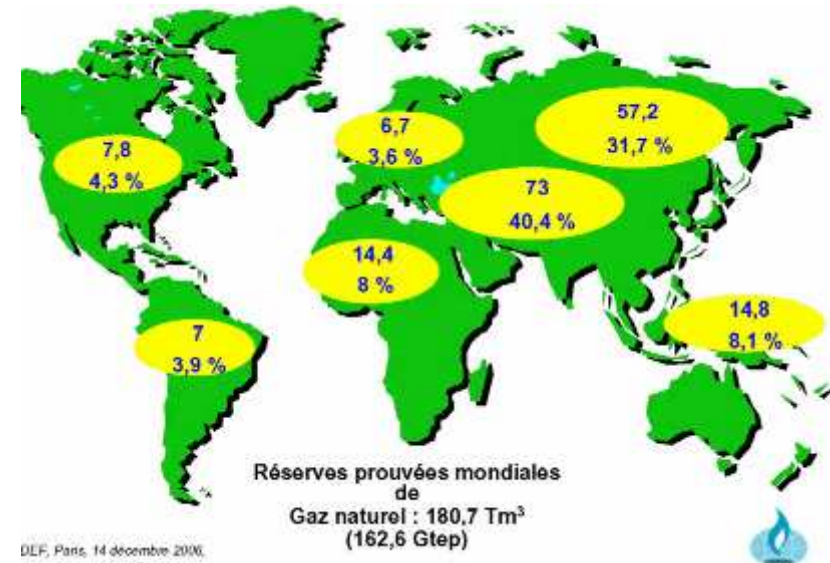
- **La 2<sup>e</sup> génération (+2015) qui utilisera la filière biomasse lignocellulosic pour obtenir des carburant synthétiques (BTL, MTSynfuel...) présente un potentiel important vis-à-vis du CO<sub>2</sub> : 70% à 80% de réduction du puits à la roue**
  - **Mais le coût reste à documenter.**

## Le GNV

- Ressources en gaz:
- Plus de 65 ans de réserves avec la consommation et coûts d'extraction actuelle (BP, 2006)
- La distribution géographique est mieux répartie que le pétrole.

### ■ Avantages:

- Diversification de l'énergie
- Un ratio H/C élevé (CH<sub>4</sub>): faible émissions de CO<sub>2</sub>
  - ➔ - 20 à -25% par rapport à un moteur essence.
- Indice d'octane élevé : RON-MON = 130-115 pour du méthane.
- → Possibilité d'obtenir des performances supérieures (– 30% CO<sub>2</sub> ) si moteur adapté (taux de compression, suralimentation,...)
- Diminution des polluants, du bruit et des vibrations



PSA Peugeot Citroën Tests on dédicace engine	CNG
HC	-20%
CO	-60 %
NOx	-50%

## A retenir sur les technologies thermiques

- ▶ Des gains substantiels sont encore possible sur les motorisations thermiques 10% en diesel, 15% en essence.
- ▶ Il semble difficile sur les motorisations thermiques d'atteindre la barre des 60gCO<sub>2</sub>/km.
- ▶ Le gain CO<sub>2</sub> des biocarburants ne se répercute pas au niveau véhicule.
- ▶ Le GNV peut permettre d'atteindre la barre des 60gCO<sub>2</sub>/km en adaptant le moteur au spécificité du GNV
- ▶ Pour aller plus loin il faut électrifier le véhicule



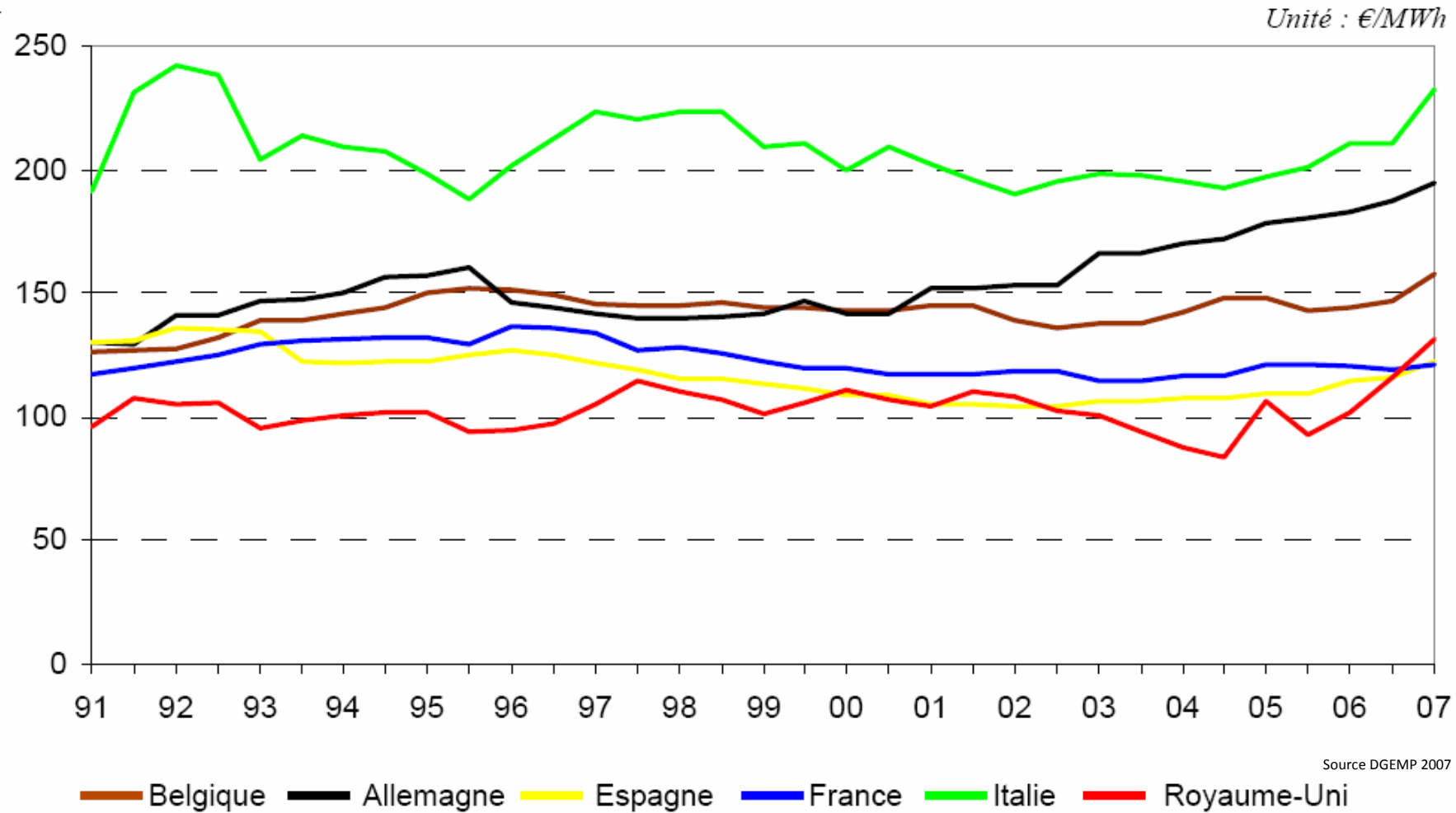


## L'électrification des Véhicules



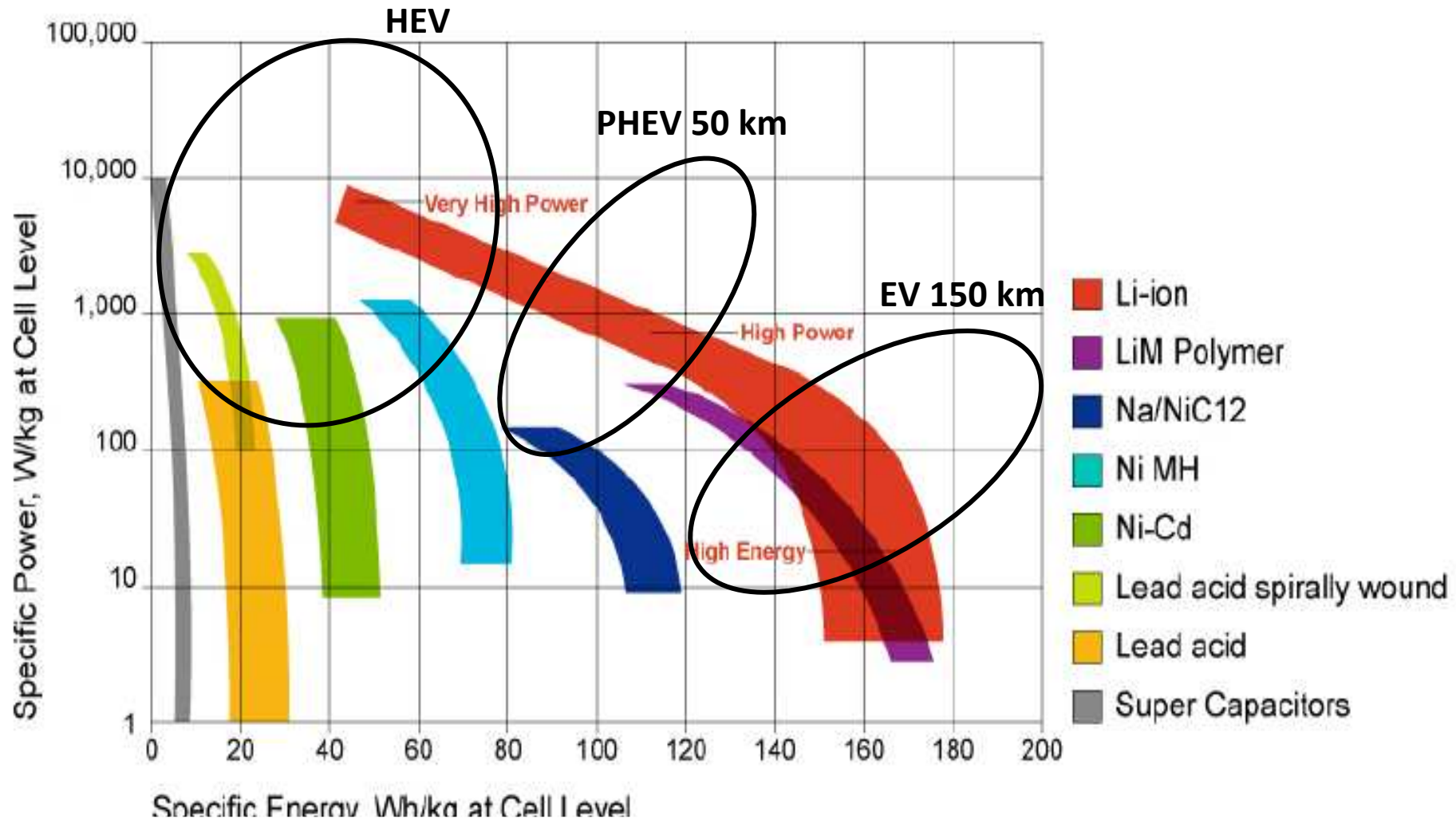
## Stabilité du coût de l'électricité

### ■ Une plus grande stabilité du prix de l'électricité TTC



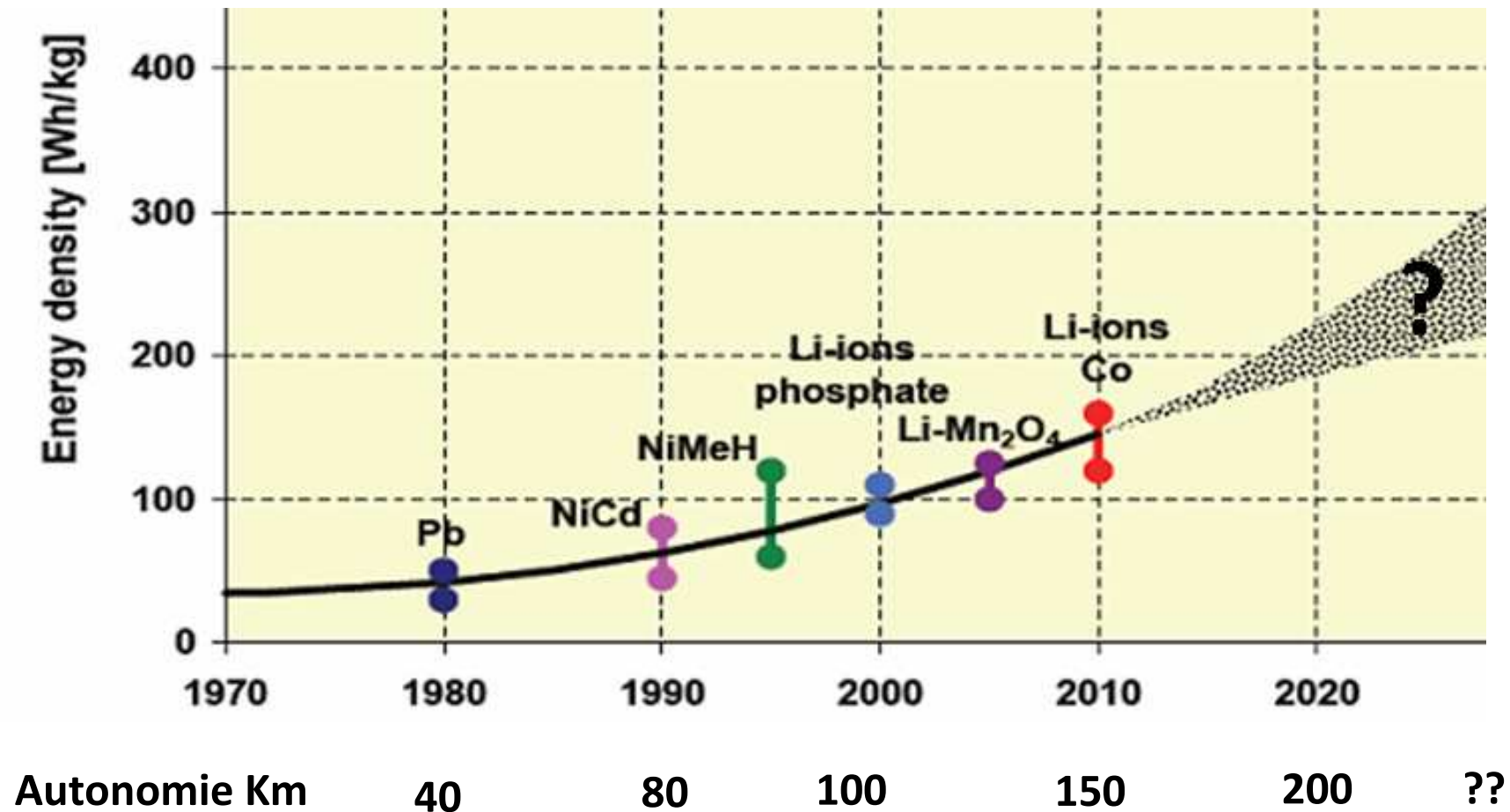
# Technologies batteries

## Différentes technologies batteries pour différentes applications



**Les batteries Lithium couvrent toutes les applications**

# Technologies batteries



autonomie : des évolutions limitées



L'hybride



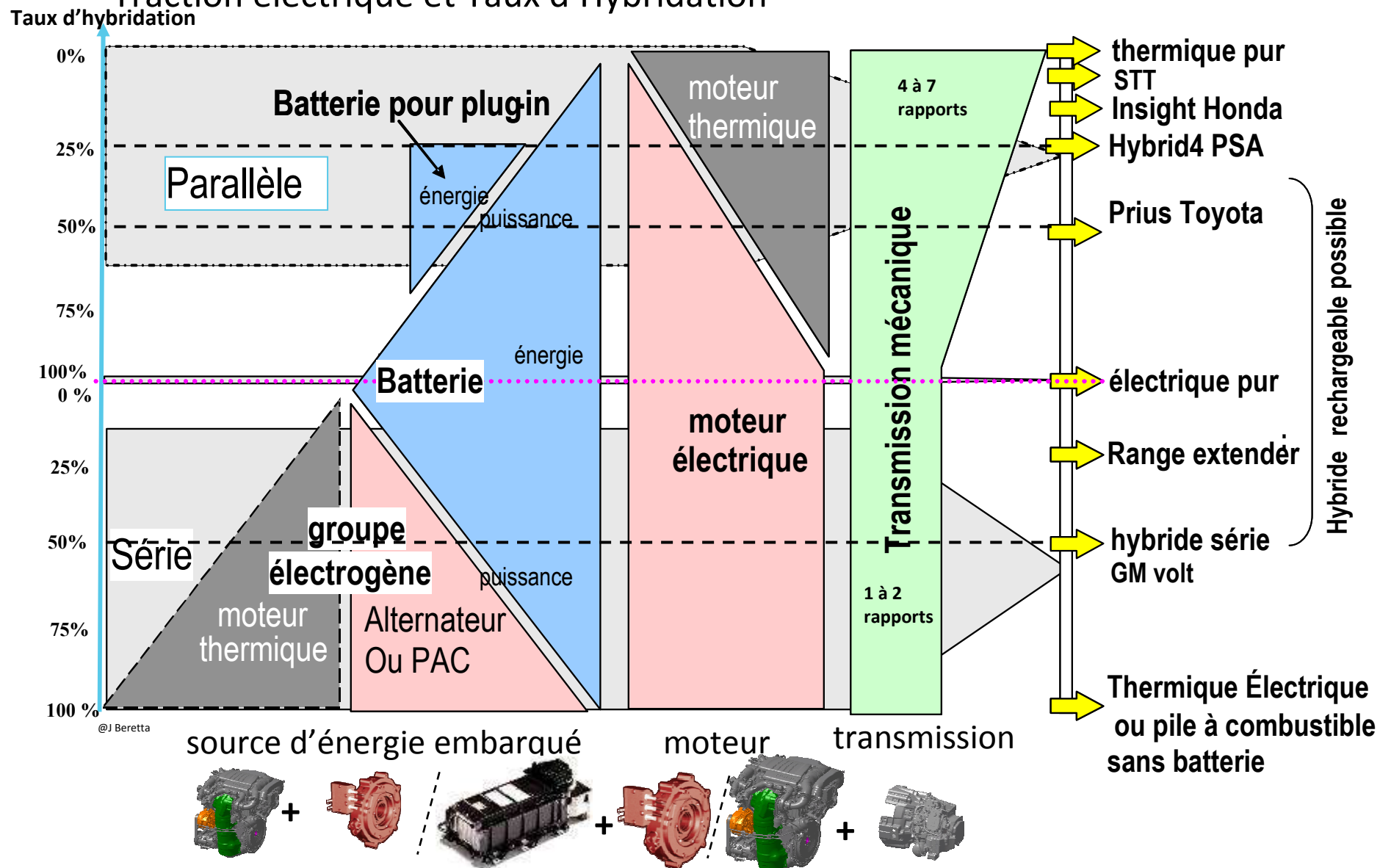
# Chaîne de traction alternatives

## Une longue histoire chez PSA



# Analyse technique

## Traction électrique et Taux d'Hybridation



# Taux d'hybridation et gain de carburant

Différents degrés d'hybridation

## Puissance électrique

~2kW

- *Micro Hybride*
  - *Stop&Start*
  - *Le moteur s'arrête quand le véhicule est à l'arrêt*

~6kW

- *Mild Hybride*
  - *Stop & Start + 1st étape de freinage récupératif*
  - *Power assist – boost à l'accélération*

~25kW

- *Full Hybride*
  - *Mild Hybrid + optimisation énergétique, mode électrique (-5km), freinage récupératif*

~40kW

- *Hybride rechargeable*
  - *Full Hybrid + mode ZEV(+ de 10 km)*

## Gain de carburant

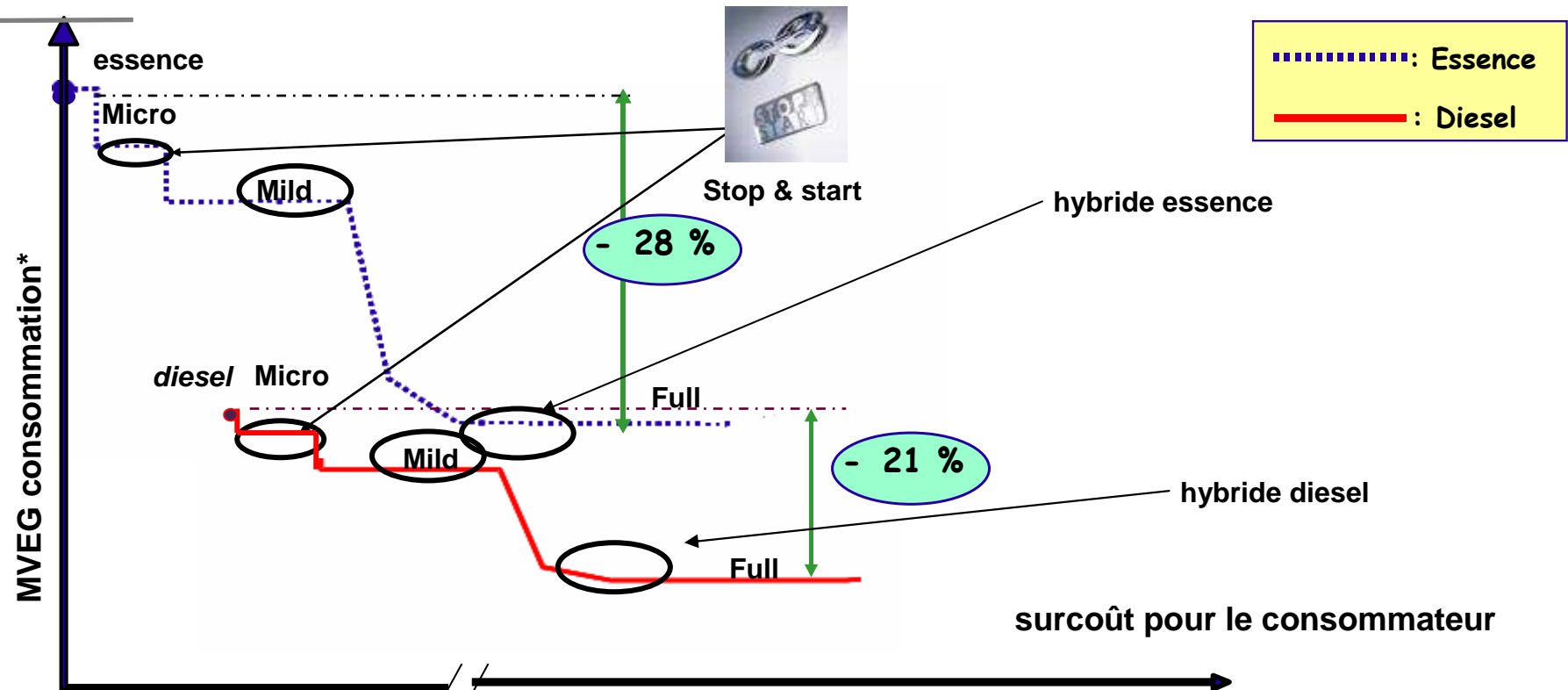
5-7%

12-15%

25-35%

50-60%

# Stop & Start, mild et Full hybride diesel versus essence

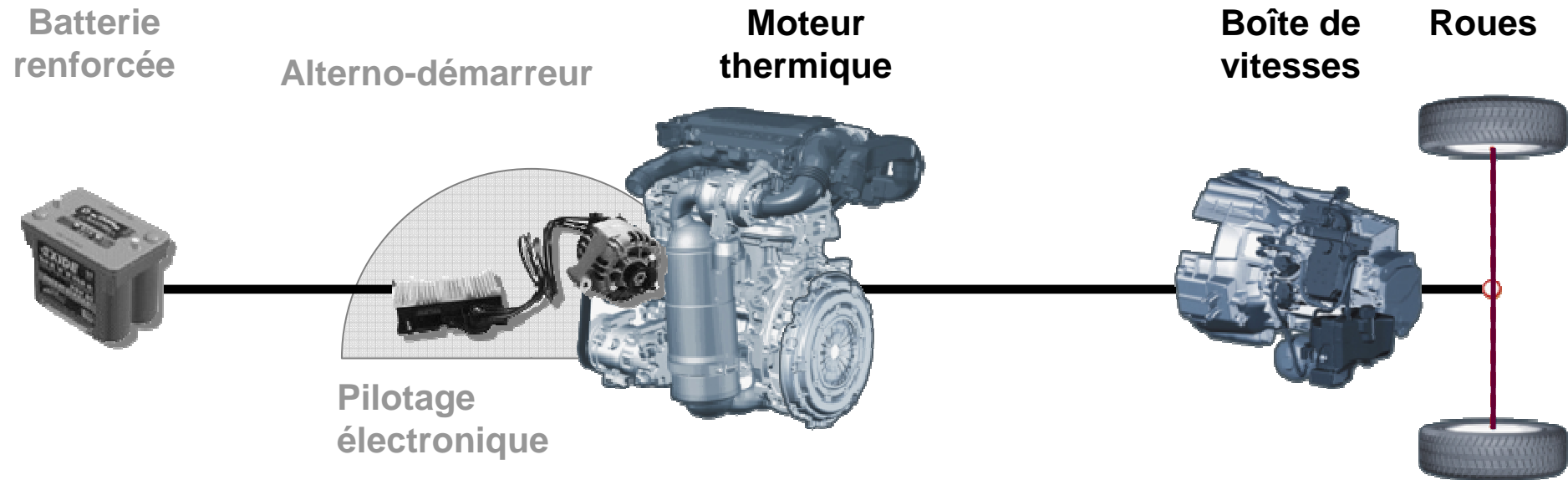


\*Simulation with same performances on car, same level of technologies on ICE, just change the drive train

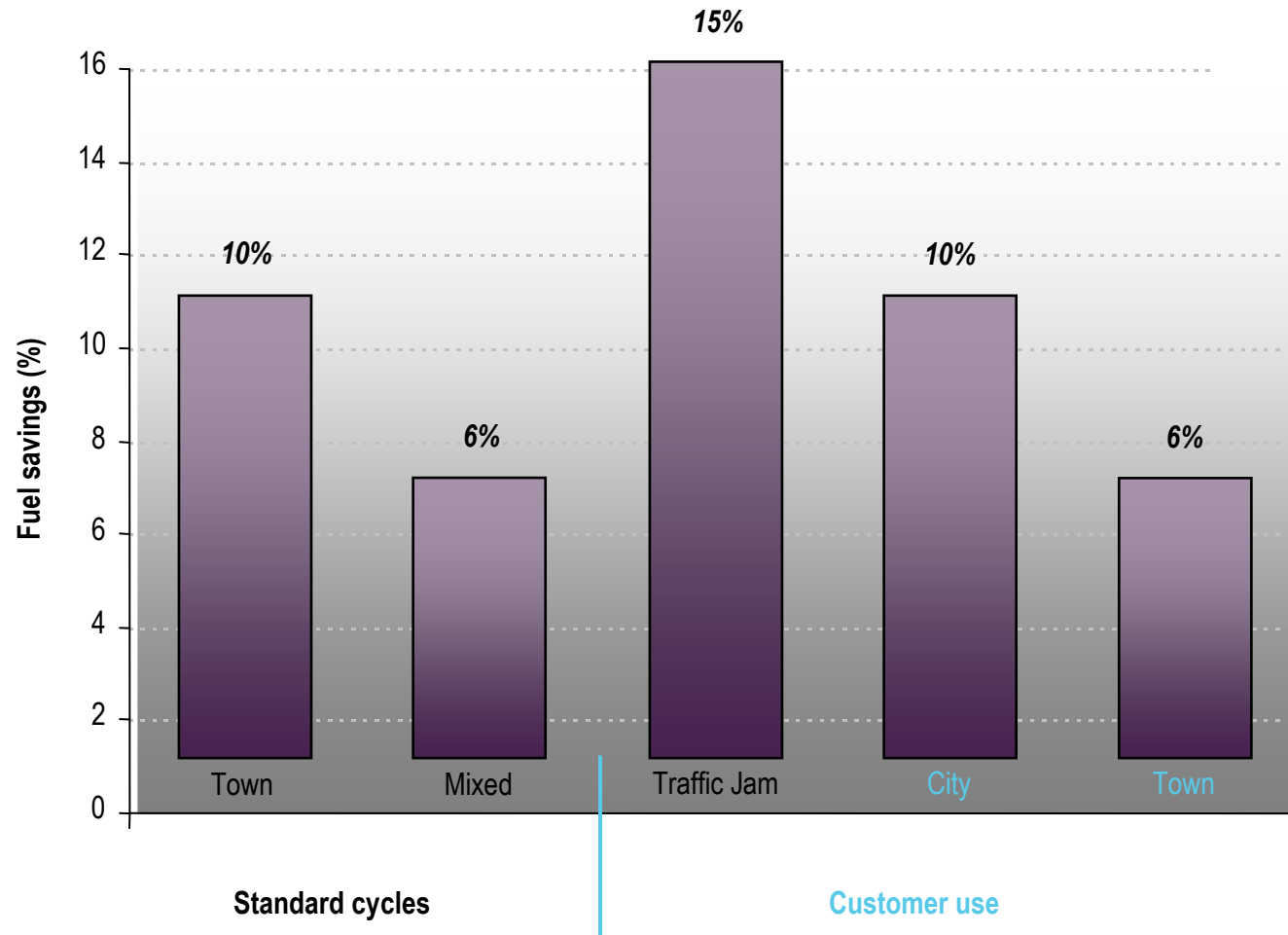


# Micro Hybrides

## Stop & Start classique (C2 / C3)



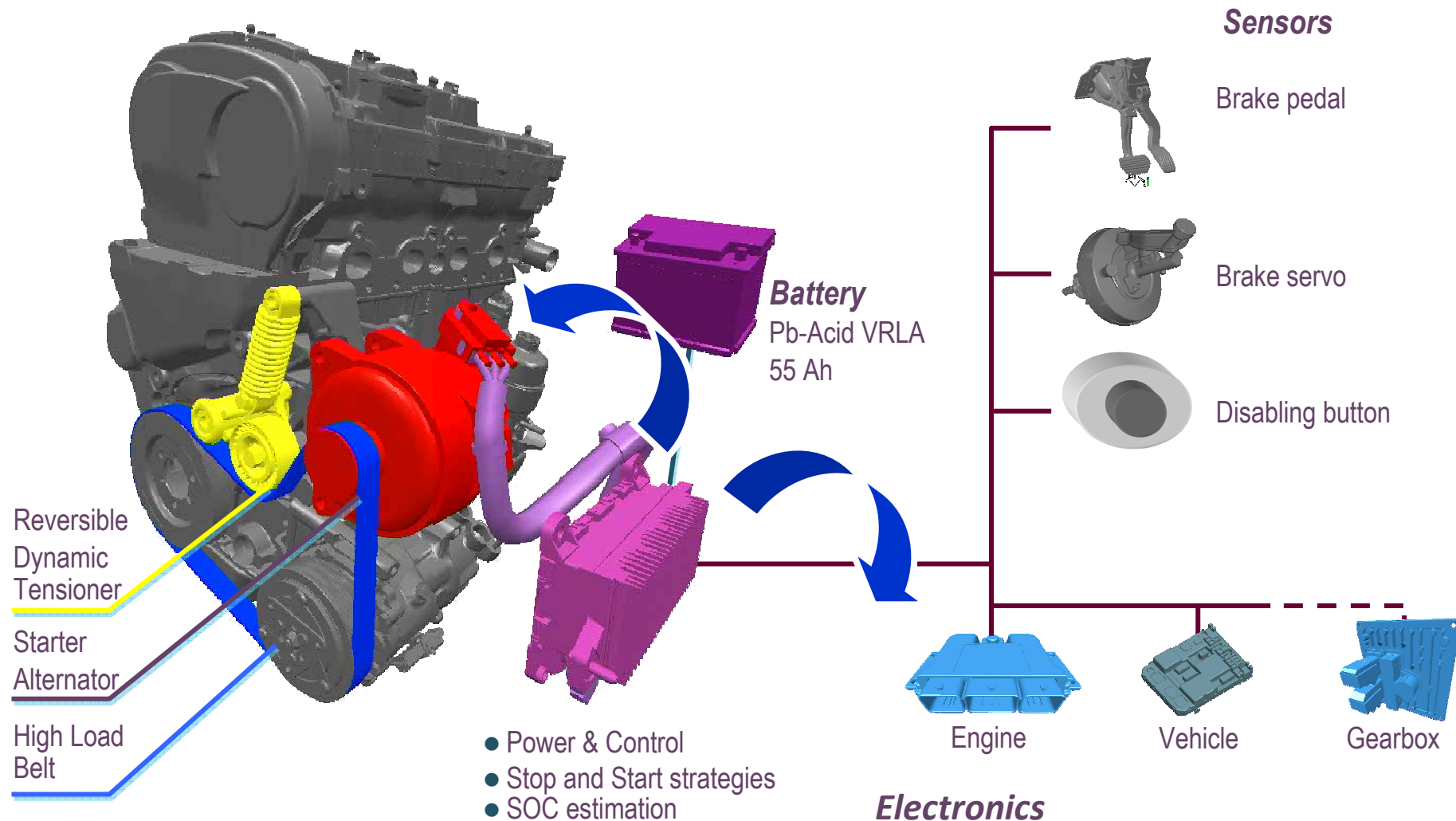
## Stop & Start



Sur motorisations essence et Diesel  
- 0,7 à -1,0 l/100 km en ville  
Silence à l'arrêt

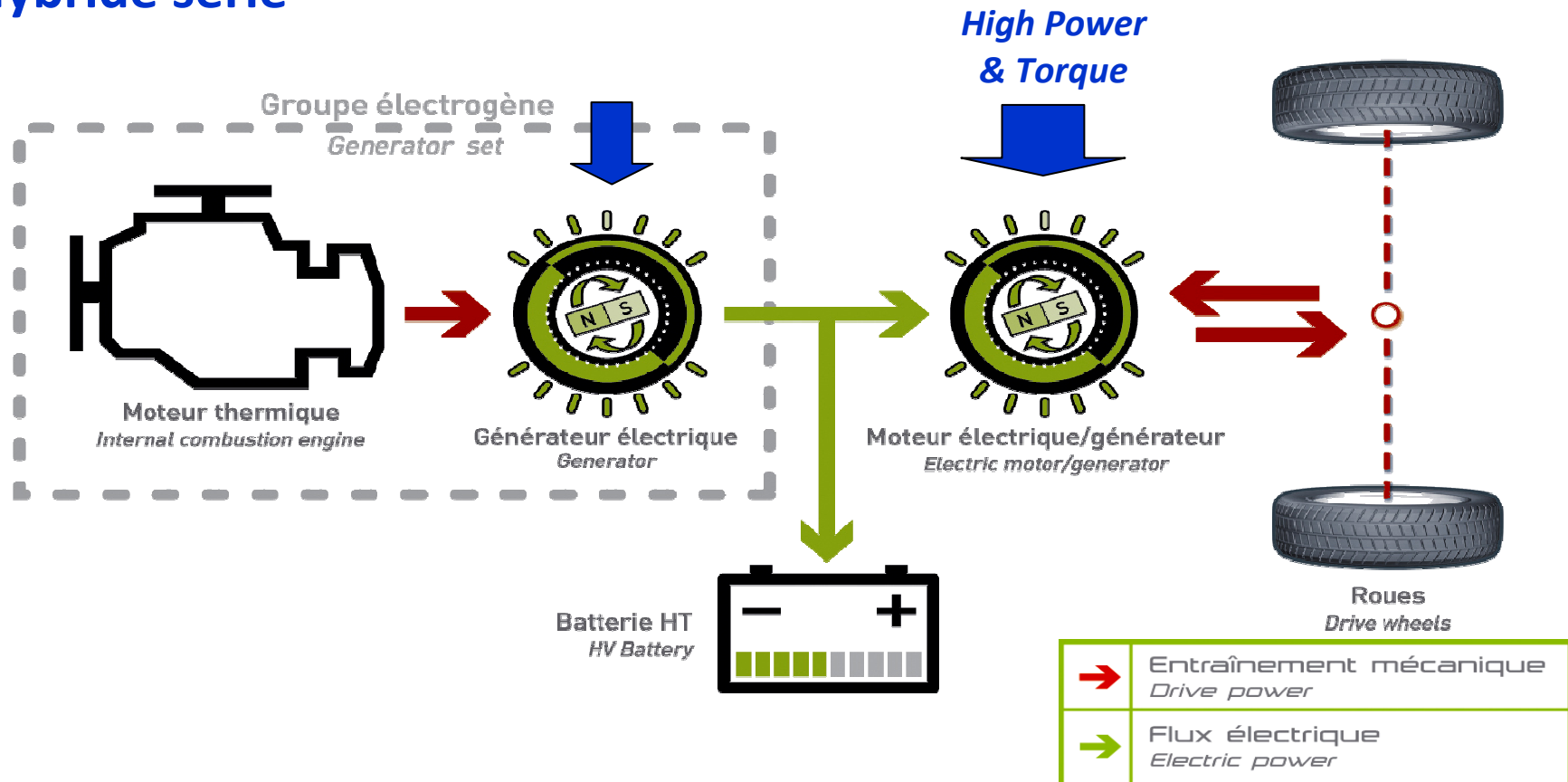
# production en grande série

*2<sup>nd</sup> génération de STT en 2010  
plus de 1 million de Peugeot et Citroën en 2013*



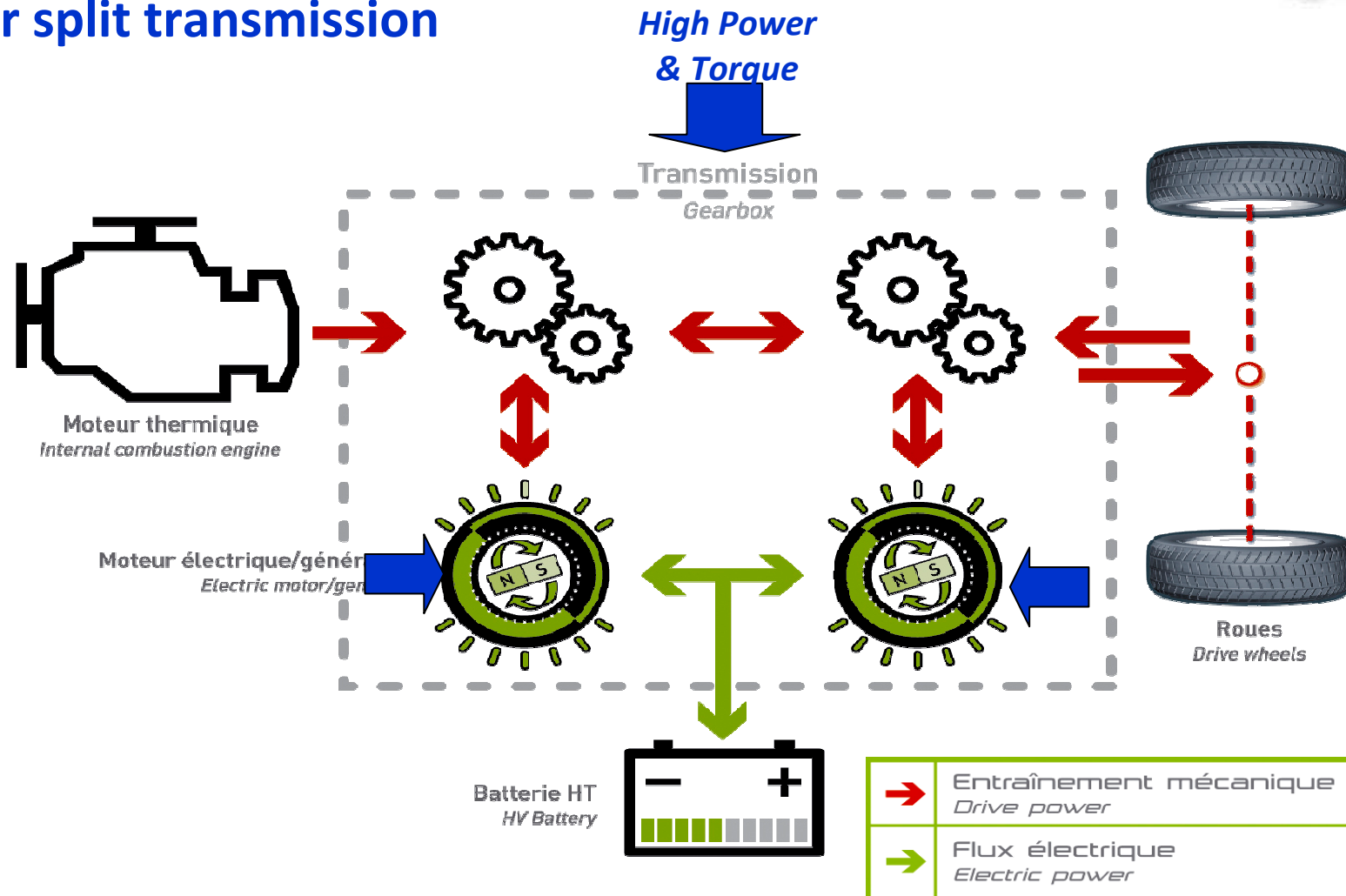
# Quelle architecture hybride?

## Hybride série



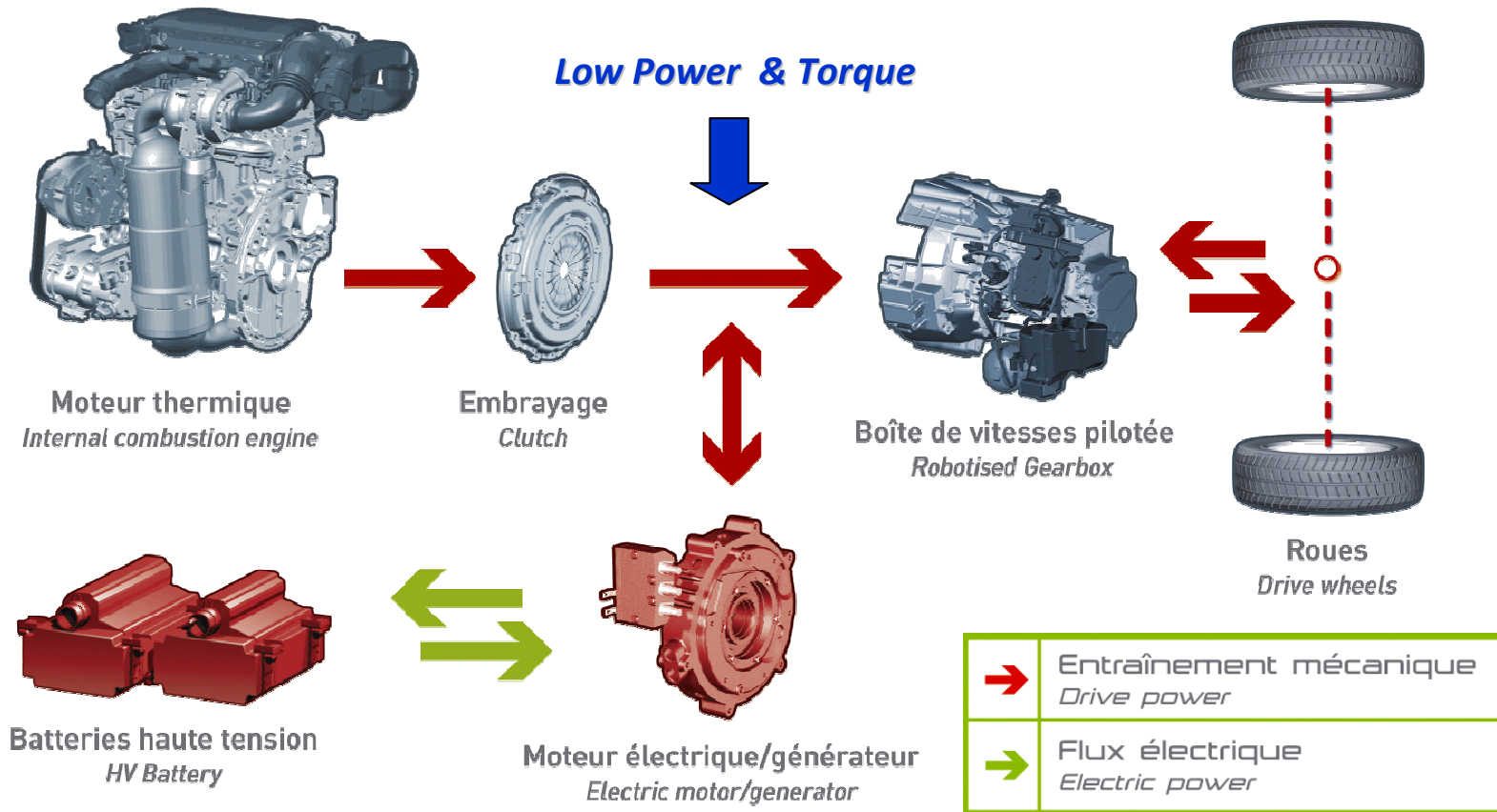
# Quelle architecture hybride?

## Power split transmission



# Quelle architecture hybride?

## hybride Parallèle



# ■ ■ ■ Quelle architecture hybride?

*Des composants issus du flux Majeur de production*

---

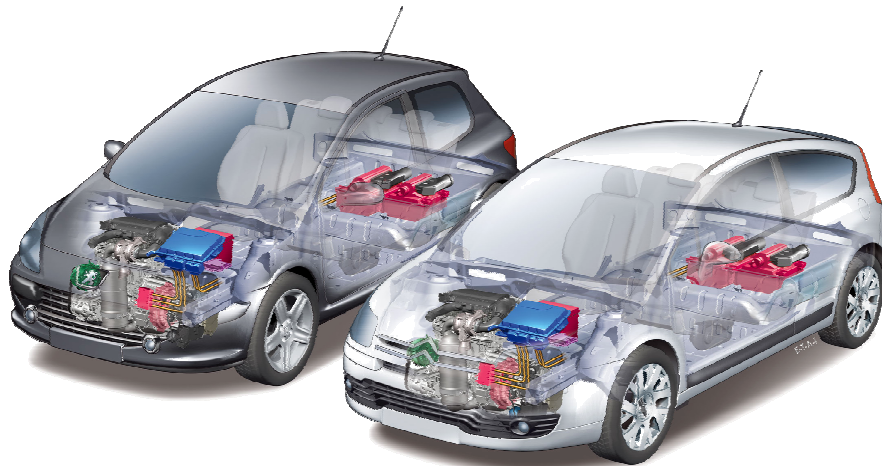
***Moteur Diesel***

***Filtre à Particules***

***Stop & Start***

***Boîte de vitesse Robotisé***

## *Evaluation de différentes architectures d'Hybride Diesel*



*Peugeot 307, 308 & Citroën C4*

►HybrideHDi◄

**HYbrid4**



# PSA stratégie Full Hybride



## ■ *Meilleur compromis entre coûts et avantages client*

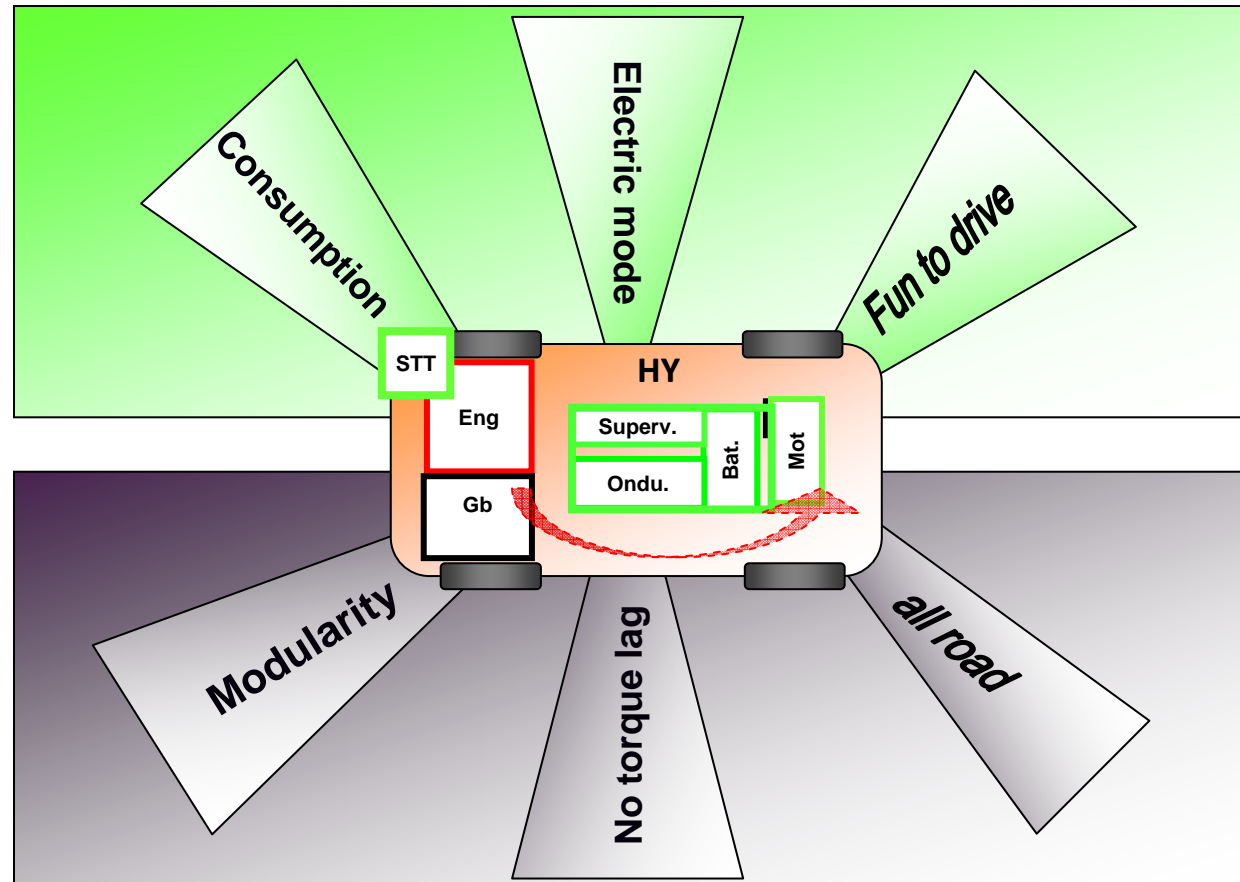
- *Diesel HDi Hybride* → *CO<sub>2</sub>*
- *Hybride Parallèle* → *Optimisation de la puissance électrique*
- *Réutilisation de composants de séries* → *€uros*
- *Nouvelle architectures modulaire* → *Volumes, gains clients*

*Mais le surcoût reste trop important aussi nous introduisons une nouvelle architecture*

*→ Avec des avantages pour le client*

# HY4 : Innovation avec des gains clients

## Hybride Conventionnel



*HYbrid4 gains additionnels*

## Hybride Diesel en 2011: 3008 & DS5 HYbrid4

- ▶ 200 CH e-4WD
- ▶ 99 g CO<sub>2</sub>/km
- ▶ 3,8 l/100 km

Superviseur chaîne de transmission hybride

Electronique de Puissance  
(Convertisseur & Onduleur haute tension)

2.0 l HDi FAP, 125 kW

Stop&Start Haute tension  
8 kW

Boîte manuelle 6 vitesses  
automatisée

Batterie haute tension (NiMh)

Train arrière électrique 30 kW

Composants existants

# HYbrid4



L'hybride rechargeable

## PSA Hybrides rechargeables:

○ hybride rechargeable 15-20km: évolution de la batterie de HYbrid4 en lithium-ion  
Présérie en 2012 véhicule a 50gCO<sub>2</sub>/km




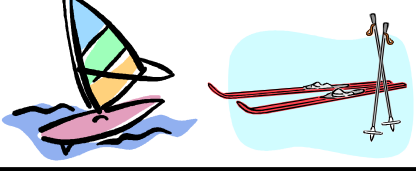
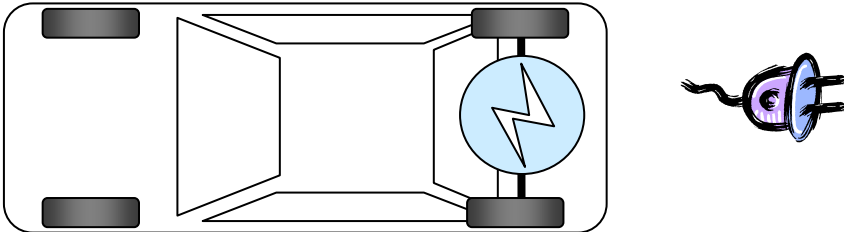
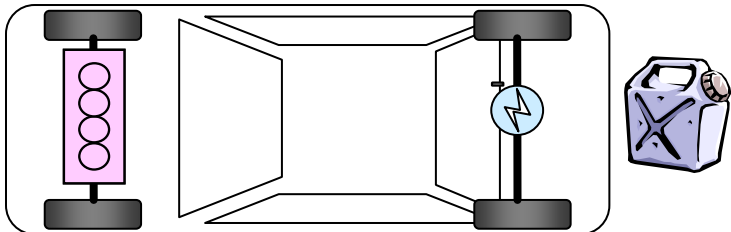
○ hybride rechargeable 50-70km: projet fond démonstrateur Ademe  
prototype en 2012





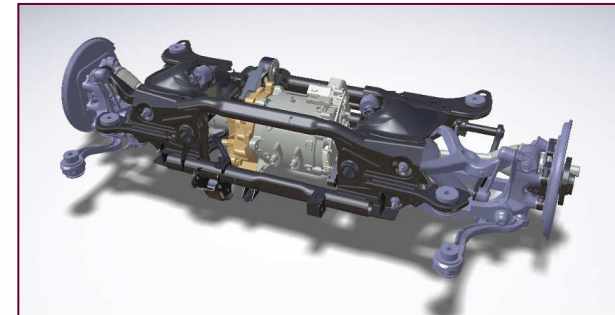
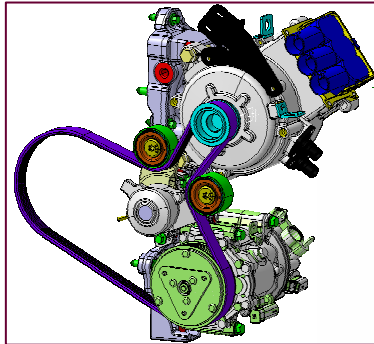
# Pour aller plus loin : l'hybride rechargeable

- Plus abordables que les véhicules électriques pur
- Roule au quotidien en électrique pur
- Totalement polyvalent

Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi (+ congés)	Dimanche (+ congés)
Usage quotidien courtes distances					Usage occasionnel longues distances	
						
Mode électrique + recharge électrique					Mode hybride + ravitaillement carburant	
						



## HYbrid4: architecture compatible avec l'Hybride Rechargeable



*Système Batterie  
Li Ion*

*Chargeur*

*Câblage et connectique  
de charge*

***Seulement 3 Nouveaux composants pour réaliser un hybride rechargeable***

## HYbrid4 Rechargeable, les performances

- 2012
- 50 g CO<sub>2</sub>/km
- 20 km autonomie électrique
- 40 kW Puissance Electrique



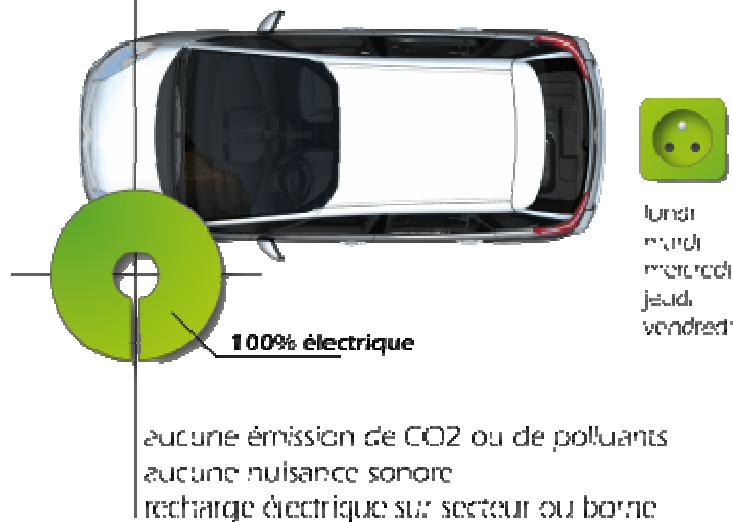


# HYdole : Hybride rechargeable bi-mode

## Electrique

### usage quotidien courtes distances

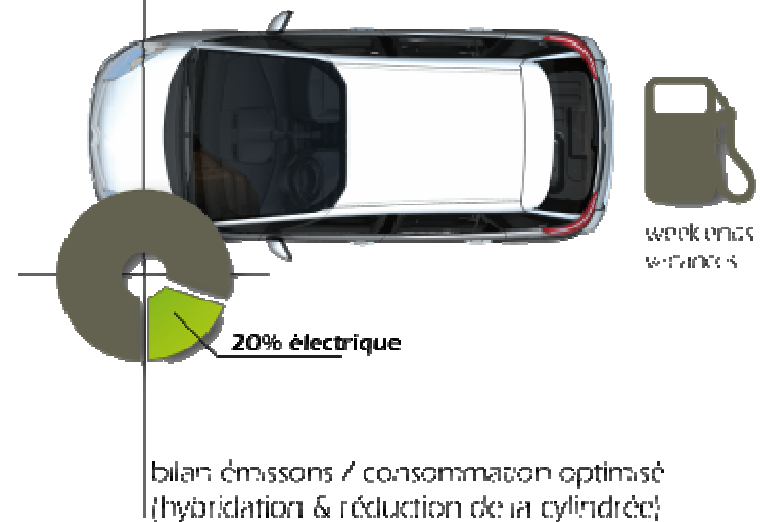
besoin limité d'autonomie  
besoin modéré de puissance



## Hybride

### usage occasionnel longues distances

besoin important d'autonomie  
besoin plus important de puissance



- Mode électrique : **50kW**, 2000Nm, 110km/h, **50km**
- Mode hybride : **60kW** thermique 150km/h
- Partenariat avec EDF, IFP, CEA, Leroy-Somer et Freescale, **subventionné à 40%** par l'ADEME

PSA PEUGEOT CITROËN



Véhicules Electriques

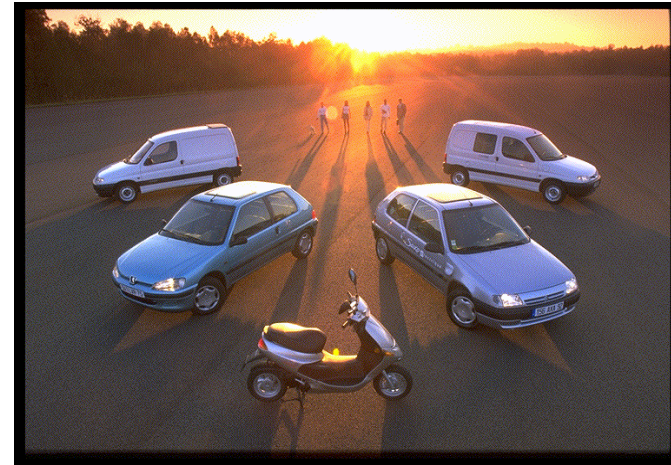
# Avantages et inconvénient du véhicule électrique

## ■ Avantages

- bruit
- Émissions
- CO2
- rendement énergétique

## ⚡ Inconvénients

- prix (+ 10 000€)
- Autonomie (150 à 200 km)



⚡ C'est un marché niche de véhicule urbain, essentiellement tributaire aujourd'hui de la réglementation et des aides fiscales.

⚡ - puissance de 20 à 40 kW

⚡ - tension de 100 V à 300 V

# Véhicules électriques : expérience PSA



Citroën C15 - 1989  
V. Max: 90km/h - 70km



Citroën AX - 1993  
V. Max: 91km/h - 80km



Citroën Saxo - 1997  
V. Max: 91km/h - 75 km

Citroën Berlingo - 1998  
V. Max: 95 km/h - 95 km



## Véhicules Electriques "Zero Emission"

Peugeot 106 - 1993  
V. Max: 91km/h - 75 km



Peugeot Partner - 1998  
V. Max: 95 km/h - 95 km



**10 000 véhicules électriques vendus**



# Une nouvelle mobilité urbaine

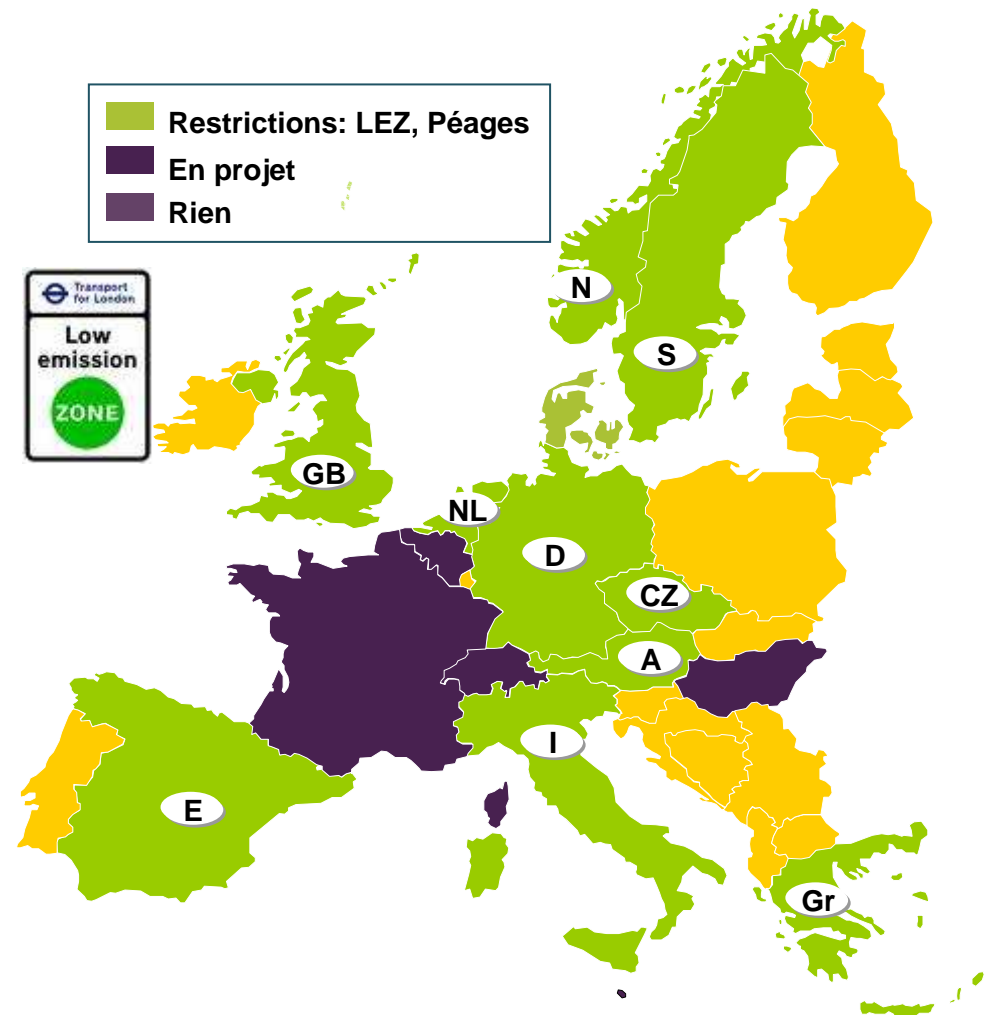
- Des trajets courts dans la mobilité au quotidien :
  - 38 km en moyenne par jour en semaine
  - 70 % des déplacements automobiles font moins de 30 km ( 40% font moins de 5km)
  - Baisse de l'usage quotidien automobile en centre ville
- De nouveaux comportements de mobilité  
Auto partage, multi modalité ...
- Une sensibilité à l'environnement importante



Source: Observatoire du BIPE. FR 2009.  
Enquête transport. INSEE. FR 2008

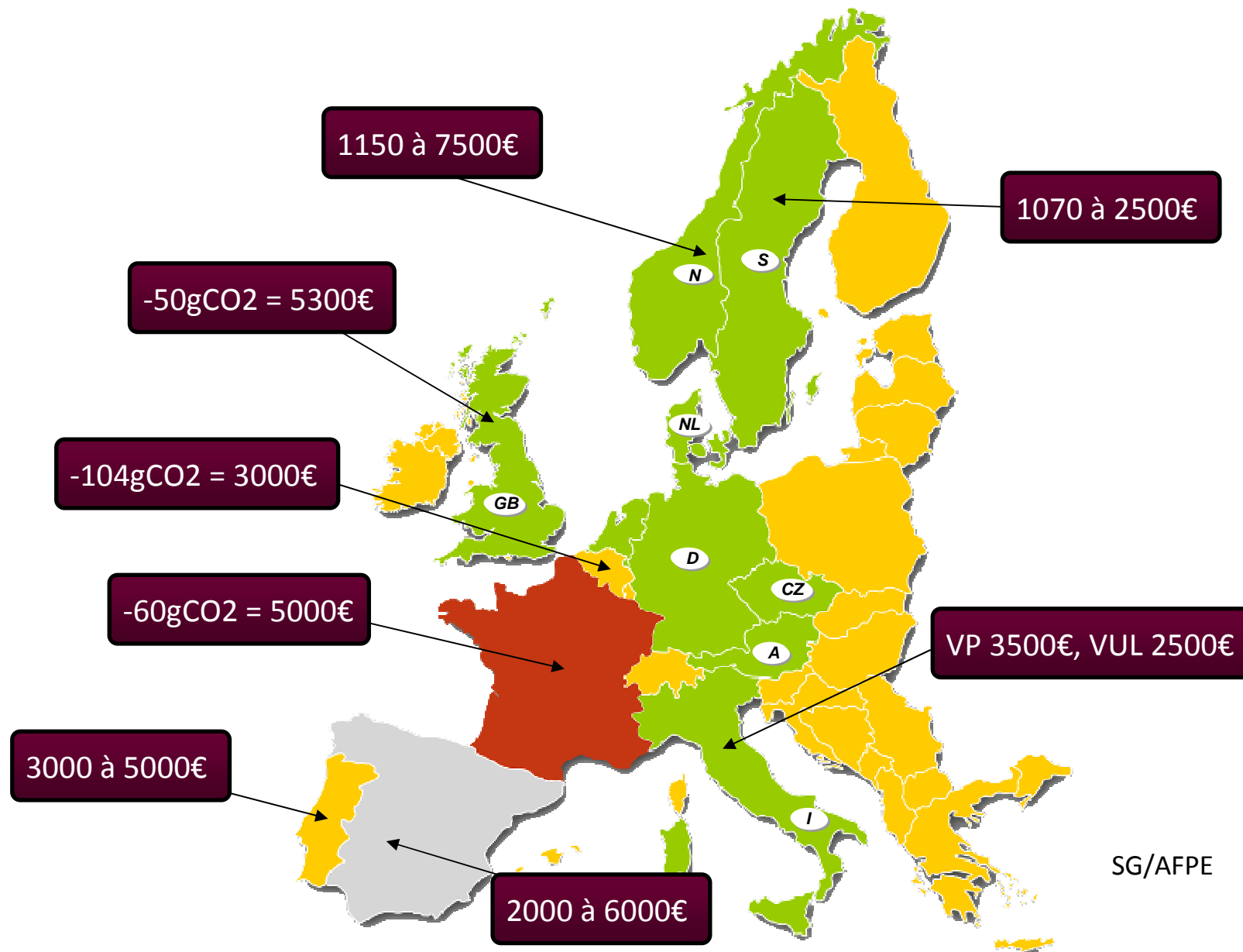
## Un contexte favorable

- Des politiques nationales et urbaines de gestion de la mobilité :
  - développement des péages urbains , Low Emission.Zones (LEZ)
  - évolution des infrastructures de recharge
  - Soutien pour de nouvelles expérimentations en matière de services de mobilité



SG/AFPE

# Une fiscalité favorable au VE en Europe



SG/AFPE

# véhicule Electrique nouvelle offre PSA

PSA PEUGEOT CITROËN

## PSA Peugeot Citroën:

- 1er constructeur à commercialiser une gamme complète de véhicules électriques en 2010 ( VP et VUL)



Partner



iOn



E-Vivacity

1. semestre 2010

2. Semestre 2010



Berlingo



C-ZERO



## A retenir sur les véhicules électriques et hybrides

- ▶ **Le seul hybride généralisable aujourd'hui est le STT**
- ▶ **Le full hybride à un surcoût important et son introduction passe par les modèles premiums avec valorisation maximum de la partie électrique: gain CO2 et prestations supplémentaires (4x4, ...)**
- ▶ **Le véhicule électrique à batterie sera encore limité par son autonomie et son prix d'achat.**
- ▶ **La polyvalence doit être recherchée par l'hybride rechargeable et non pas par l'autonomie électrique.**
- ▶ **Le véhicule électrique et l'hybride rechargeable permettent de descendre sous les 60gCO2/km**

**Introduction,**

**contexte mondial énergie climat**

**La stratégie véhicules écologique**

**Les réponses technologiques**

**Conclusions**

# Conséquences pour l'Automobile

- ▶ **Nécessité d'augmenter l'efficacité énergétiques de tous les véhicules.**( réduction de la consommation et du CO2)
- ▶ **Nécessité d'optimiser le couple énergie-technologie (dont énergies alternatives telles que le GNV, l'électricité...) en fonction de l'usage principal du véhicule et de l'impact climat-énergie-coût de la zone de commercialisation.**
- ▶ **Pour faire des véhicules décarboné nous disposons d'un panel de solutions tant technologique qu'énergétique et, seul quelque une permettent d'adresser à la fois les enjeux énergétique et climatique. Il est important ne pas se tromper de cible**

# MERCI



**EGEM**

électronique – génie électrique – microsystemes

# Le génie électrique automobile

*la traction électrique*

*sous la direction de  
Joseph Beretta*

*hermes*

*Lavoisier*

**EGEM**

électronique – génie électrique – microsystemes

# Electronique, électricité et mécatronique automobile

*sous la direction de  
Joseph Beretta*

*hermes*

*Lavoisier*