

# ***Pourquoi la voiture du futur ne pèse que 500 kg?***



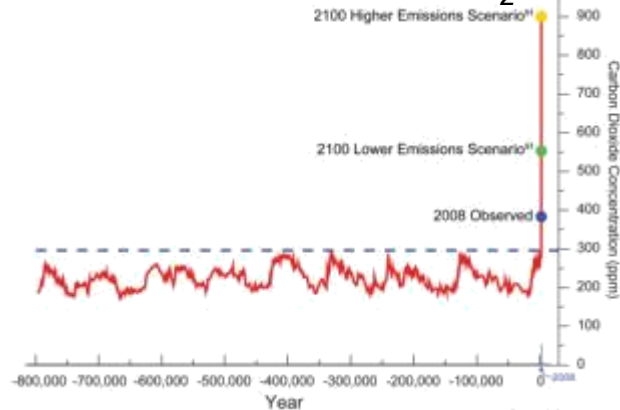
**Nicolas Meilhan**  
*Ingénieur Conseil, Frost & Sullivan*

Janvier 2014

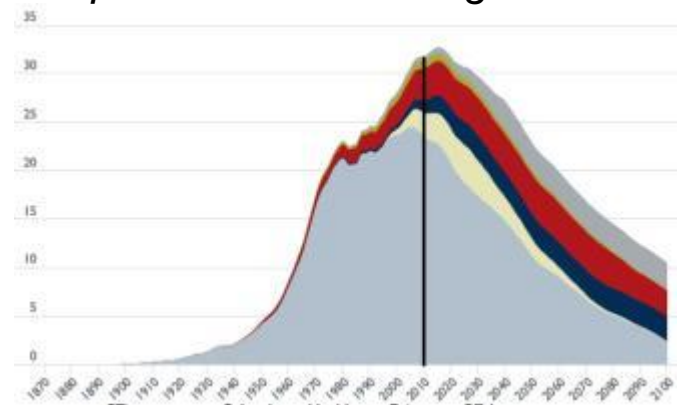
# 5 défis majeurs sont à prendre en compte pour concevoir la mobilité de demain: les émissions de CO<sub>2</sub>, l'épuisement des énergies fossiles, la pollution atmosphérique mais aussi les bouchons et le stationnement

## 2 défis globaux

Les émissions de CO<sub>2</sub>



Épuisement des énergies fossiles



## 3 défis locaux

La pollution



Les bouchons



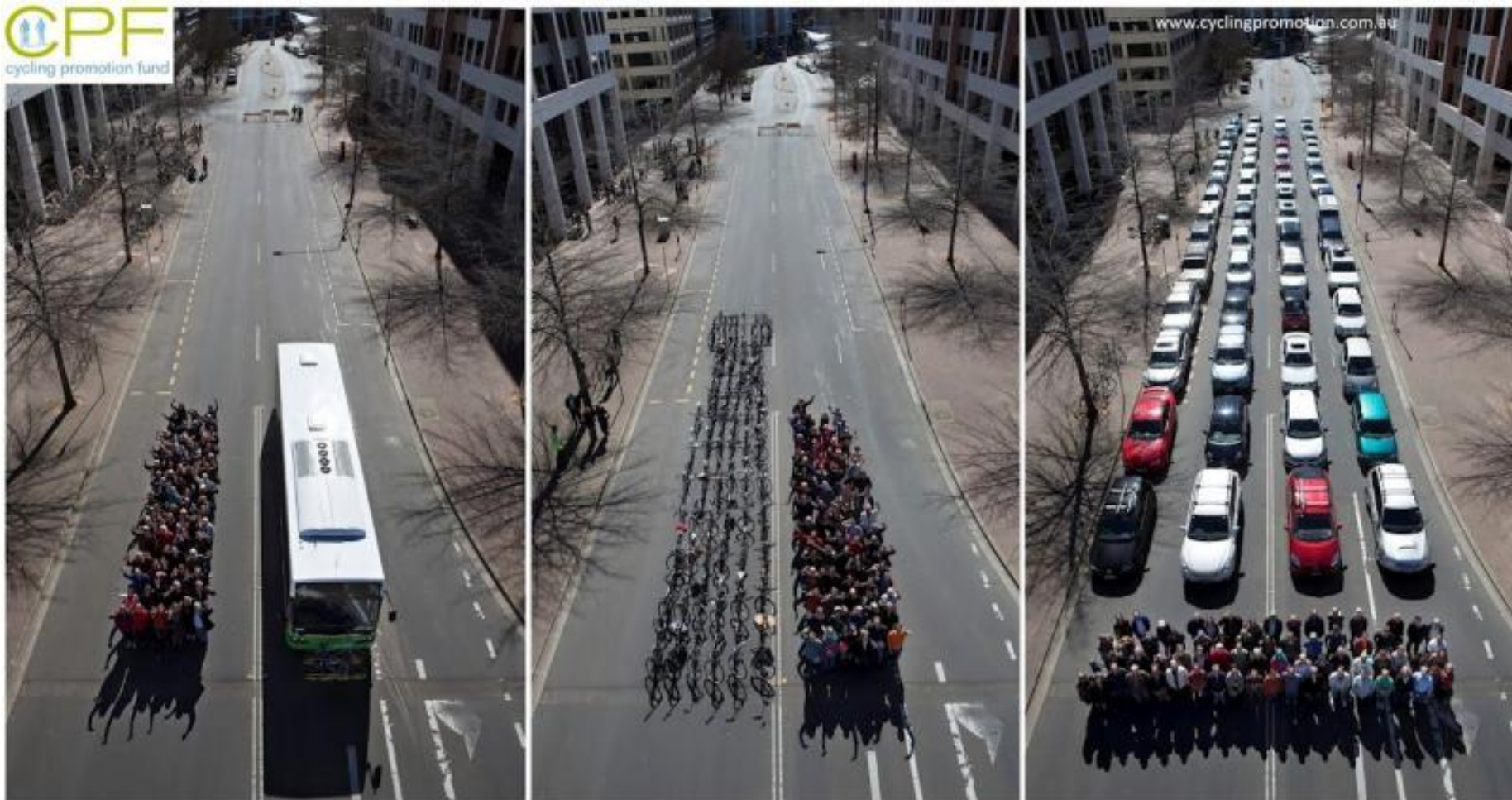
Le stationnement



# La voiture individuelle électrique est-elle vraiment la solution idéale en ville?

Des 3 problèmes majeurs en ville - pollution, bouchons et stationnement - la voiture électrique n'en résout qu'un seul localement: la pollution atmosphérique mais aussi sonore

## Espace requis pour transporter 60 personnes



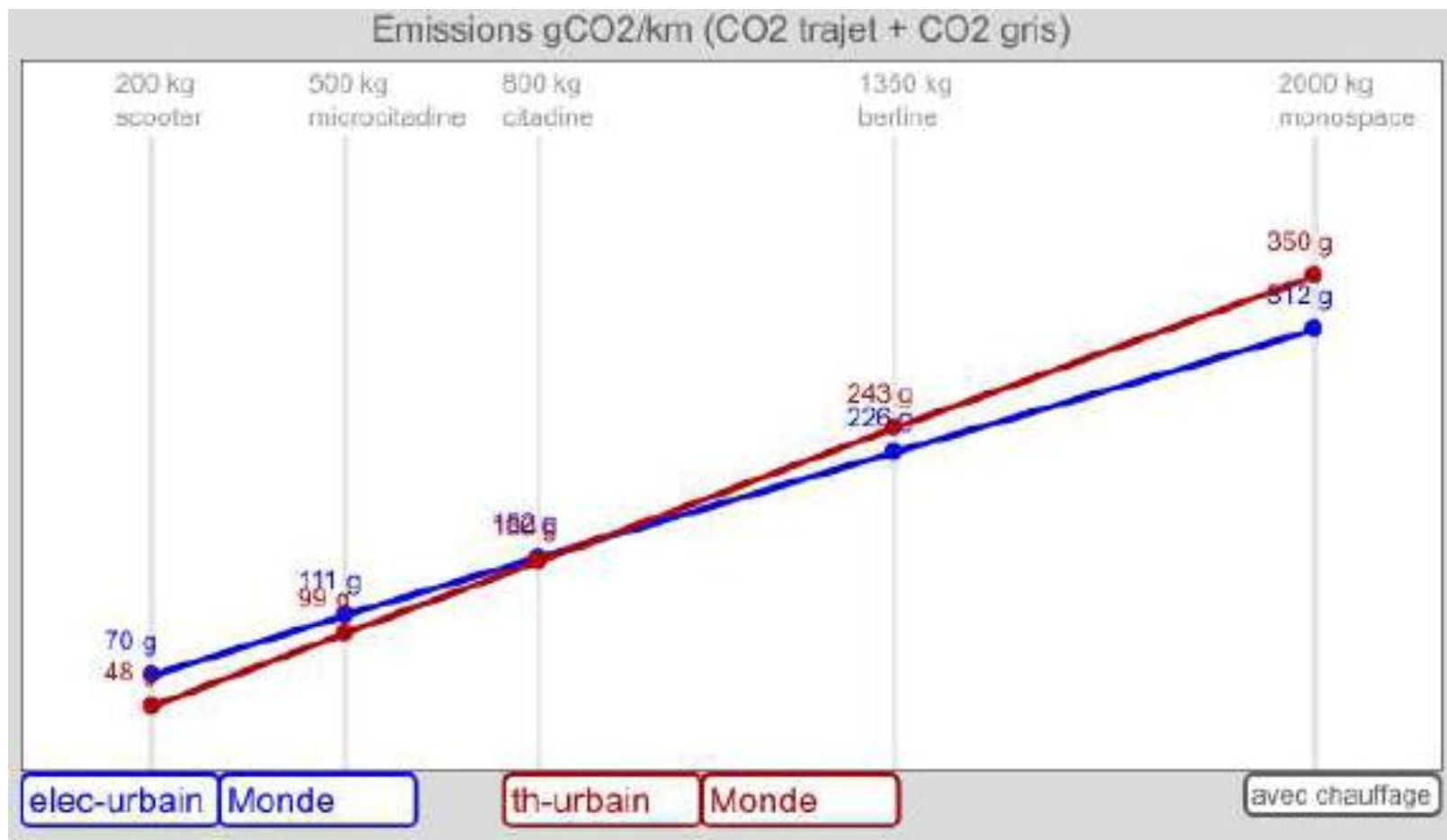


# La voiture électrique est-elle le moyen le plus efficace pour réduire nos émissions de CO<sub>2</sub>?

Au niveau mondial sans doute pas....

## Emissions totales de CO<sub>2</sub>

- Voiture thermique vs. voiture électrique, Monde -



Source: CEA

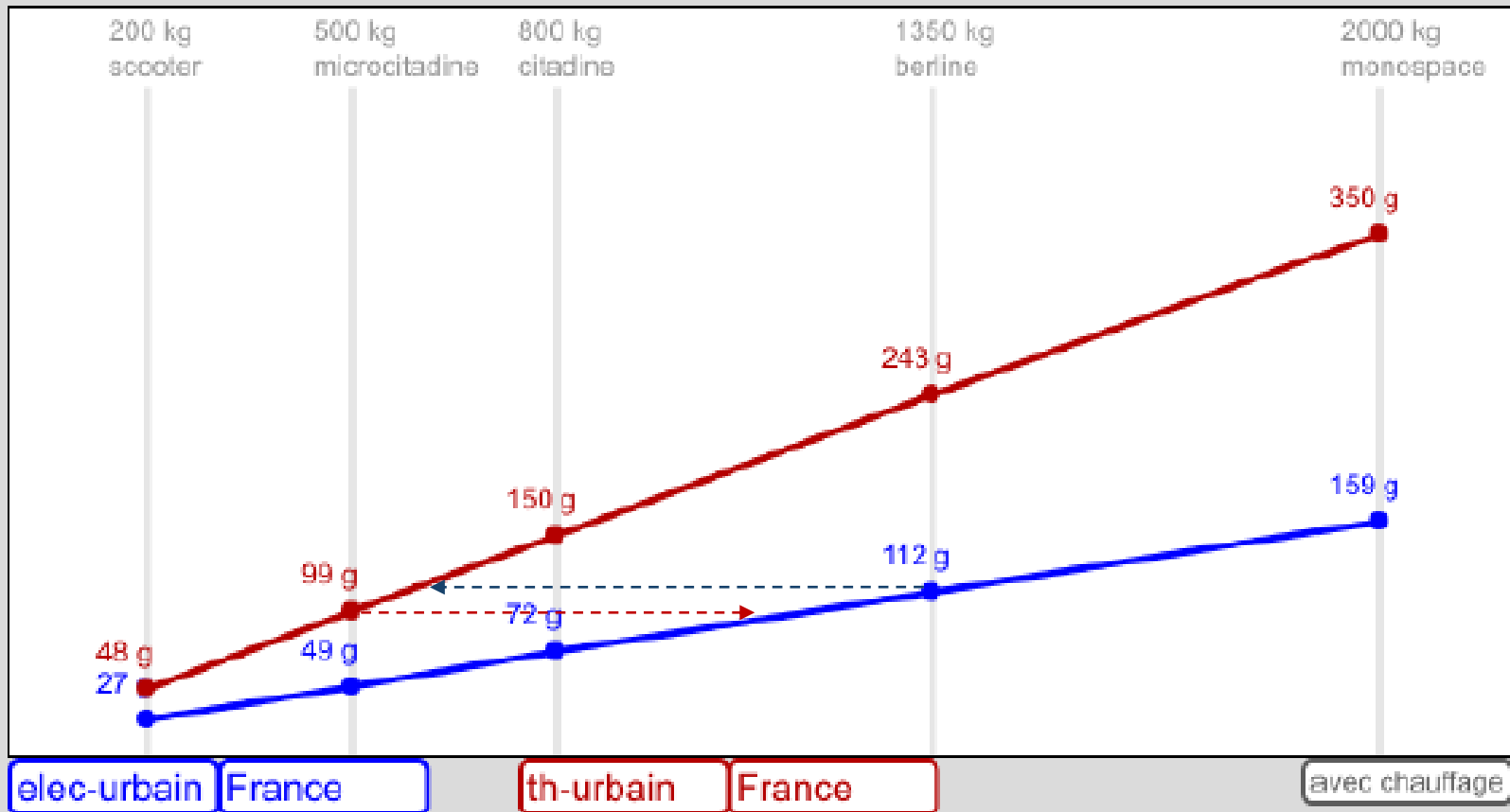
# Quel pourrait-être alors le moyen le plus efficace pour réduire nos émissions de CO<sub>2</sub>?

Et si on réduisait significativement la taille (et le poids) de nos voitures?

## Emissions totales de CO<sub>2</sub>

- Voiture thermique vs. voiture électrique, France-

Emissions gCO<sub>2</sub>/km (CO<sub>2</sub> trajet + CO<sub>2</sub> gris)



Source: CEA

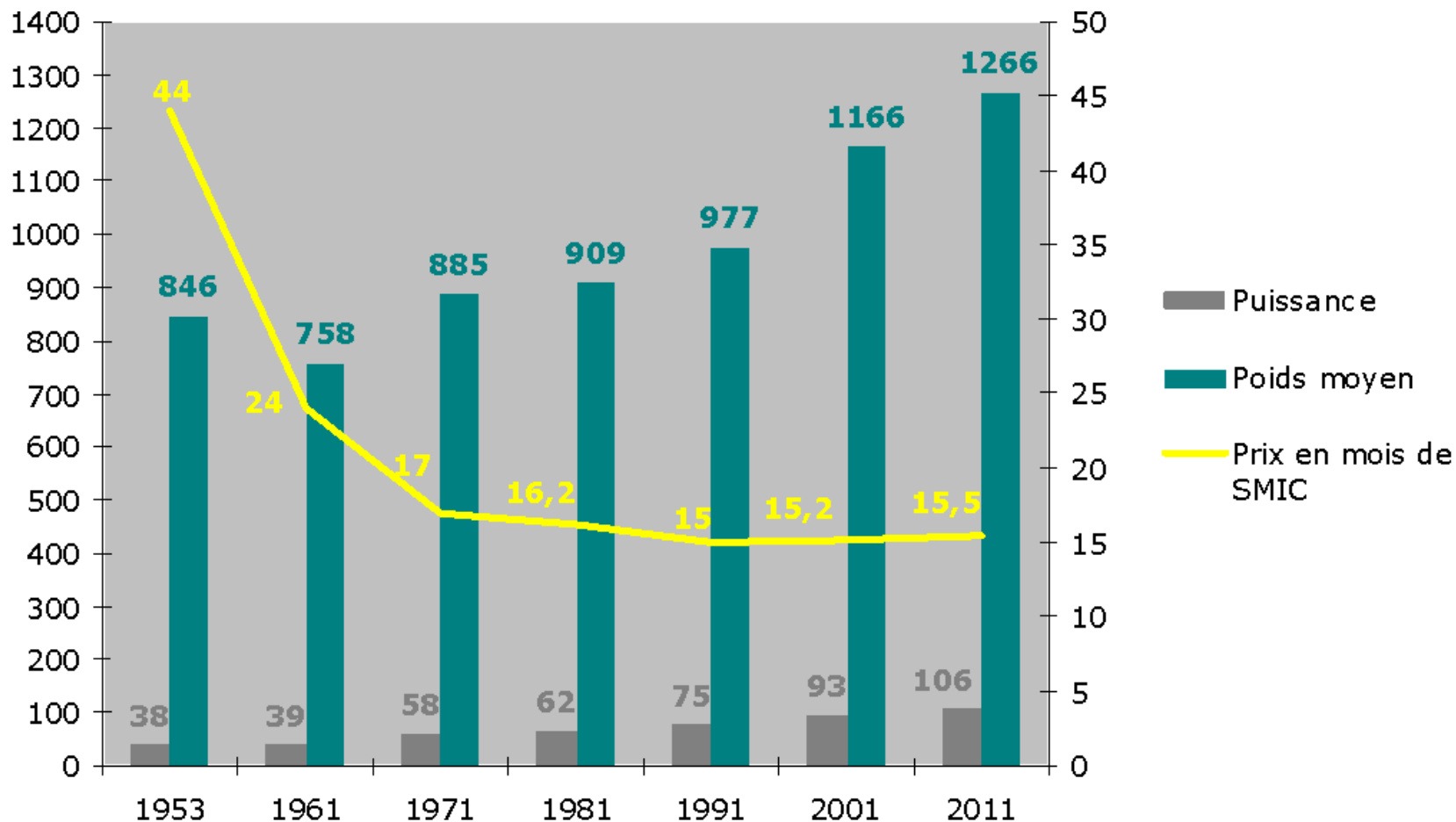
# L'évolution du poids et de la puissance des voitures depuis 50 ans

→ 10 kg de plus par an, 500 kg en tout!

→ Puissance multipliée par plus de 2,5 fois

## Evolution de la puissance, du poids et du prix du véhicule particulier

- 1953 à 2011, France -



Source : L'Argus

# Quel est le mode de transport le plus efficace énergétiquement?

Surface frontale par personne limitée, poids par personne faible, avance lentement à vitesse constante, efficace énergétiquement

## Efficient transport

Have small frontal area per person  
Have small weight per person  
Go slowly  
Go steadily  
Convert energy efficiently



© Roberts Feuerher/SOIS SAHEL

## Poids de ferraille déplacé pour transporter 1 personne

Renault Zoé - 1,4t - 1,4 personne  
→ 1000 kg par personne

Renault Twizy - 500 kg - 1 personne  
→ 500 kg par personne

Bus - 20t - 60 personnes  
→ 330 kg par personne

Scooter 125 - 150 kg - 1 personne  
→ 150 kg par personne

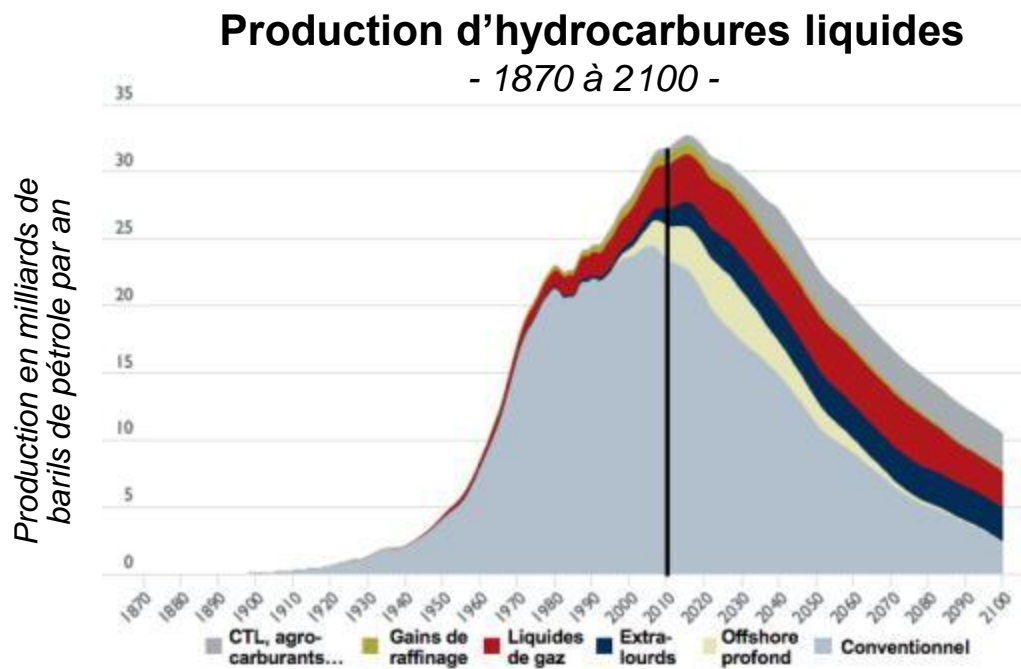
Vélo électrique - 20 kg - 1 personne  
→ 20 kg par personne

Vélo - 10 kg - 1 personne  
→ 10 kg par personne

Source : David MacKay

## Limiter les émissions de CO2, c'est bien ...

...mais cela ne garantit pas que tout le monde puisse continuer à rouler en voiture dans un avenir proche où le pétrole se fait de plus en plus rare...et surtout de plus en plus cher!



- Les véhicules très peu voraces en pétrole et économiquement très accessibles (pas cher donc simple techniquement cf Logan) ont de l'avenir
- Au Japon, 40% des voitures vendues en 2012 - 2 millions en tout - étaient de Kei-cars – mini voitures de 3,5m et 660 cc maximum

**Limiter la consommation d'énergie, c'est encore mieux!**

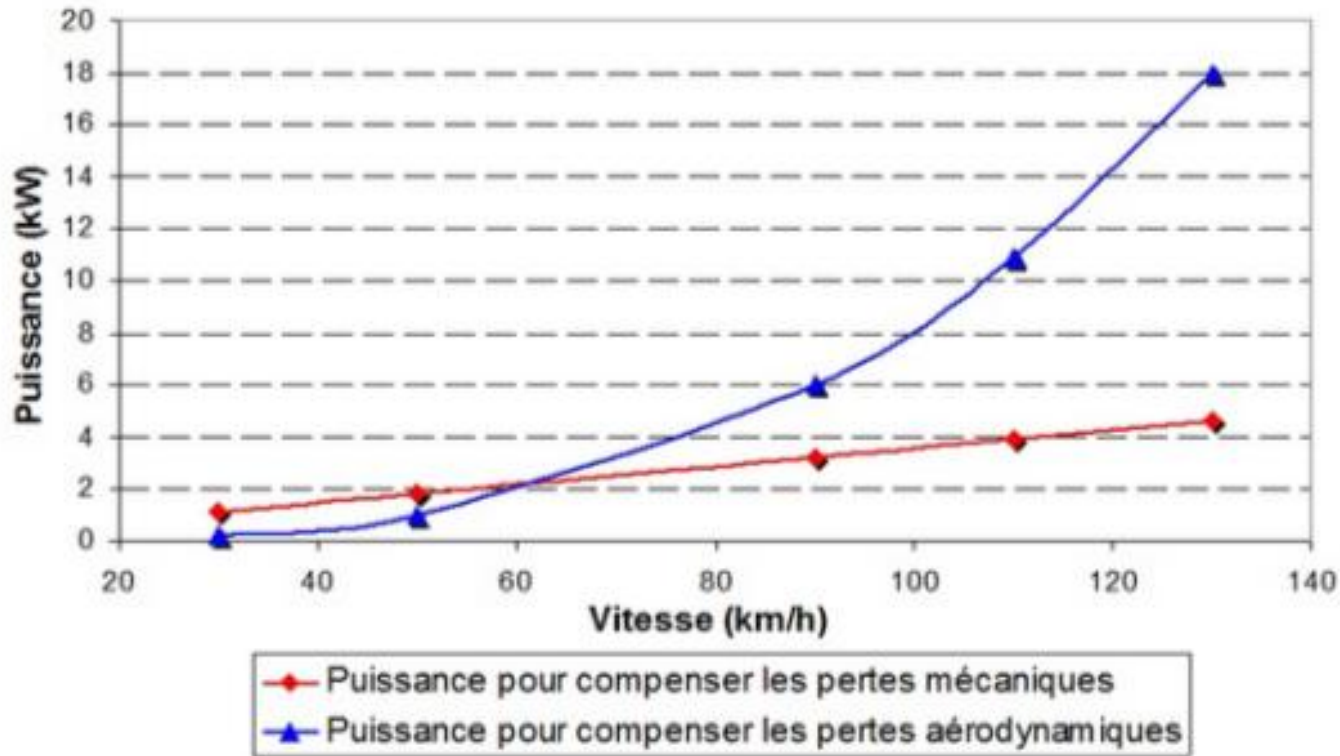
Source: Manicore – Jean-Marc Jancovici,



## Qu'est-ce qui consomme de l'énergie?

A moins de 60 km/h – en ville – ce sont les pertes mécaniques qui ont le plus d'impact sur la consommation d'énergie brute de la voiture

### Puissance nécessaire pour vaincre les forces de frottement mécanique et aérodynamique, en ordre de grandeur



Au delà des frottements, c'est la variation de vitesse qui nécessite de l'énergie  
→ les accélérations, qui reviennent à faire acquérir une énergie cinétique à une masse

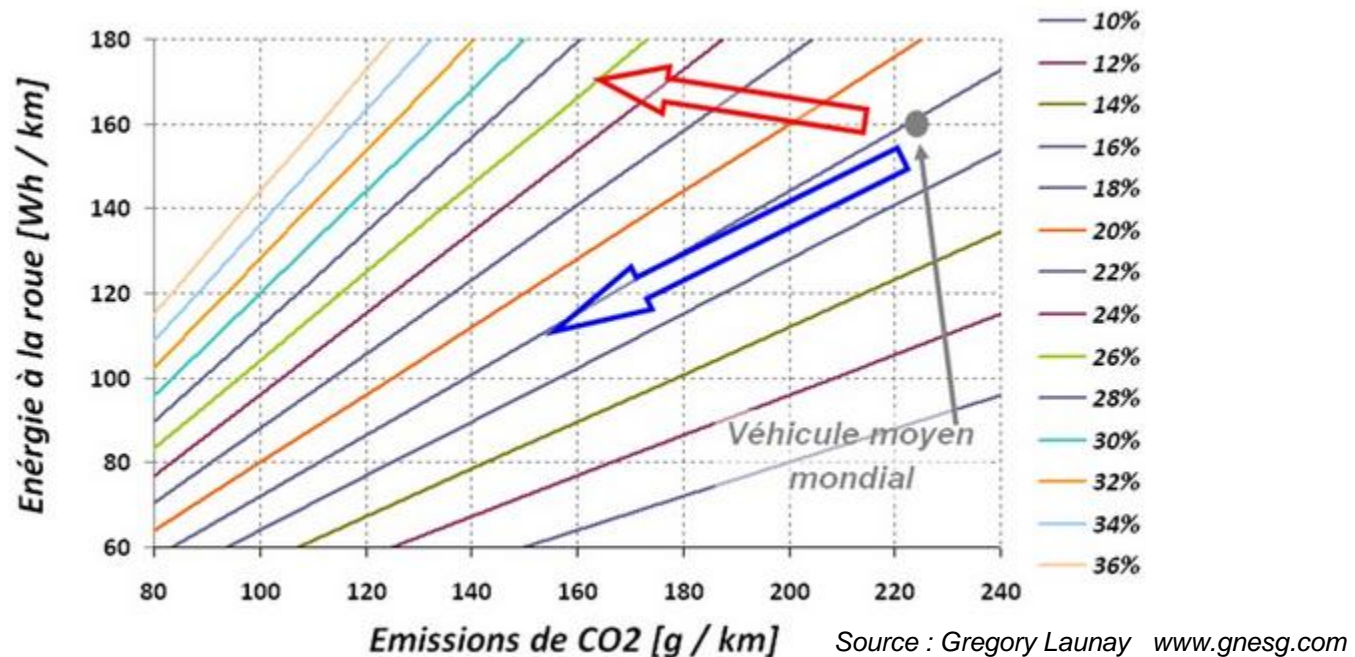
Source : Gregory Launay - [www.gnesg.com](http://www.gnesg.com)

# Comment réduire la consommation des véhicules?

→ 2 approches – améliorer le rendement du moteur ou réduire le poids du véhicule

La consommation d'un véhicule dépend de **l'énergie brute** dont il a besoin pour se déplacer (énergie à la roue) et **de son rendement global**. Pour abaisser cette consommation on peut:

- Diminuer les pertes (augmenter le rendement, en adoptant une motorisation hybride)
- Réduire l'énergie brute nécessaire (en faisant une voiture plus légère par exemple).



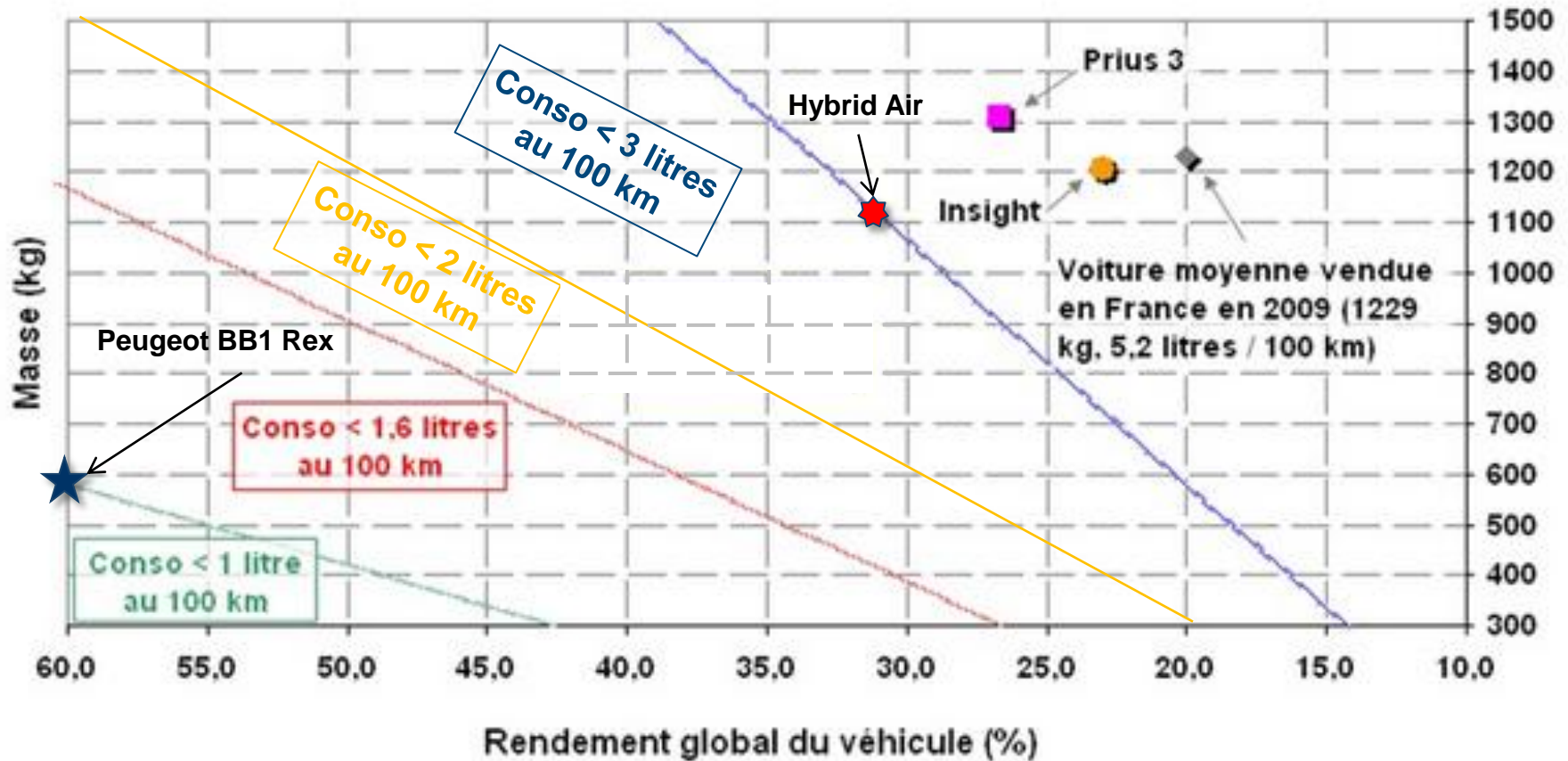
La flèche rouge représente le chemin qui a été plutôt suivi jusqu'à aujourd'hui, et qui a souvent nécessité d'augmenter la consommation d'énergie brute des véhicules

→ Une approche de frugalité pourrait avoir beaucoup de sens à l'avenir

# 1 L au 100 km – impossible?

Une voiture électrique à prolongateur d'autonomie de 600 kg consommerait 1L/100 km

## Consommation d'une voiture en fonction de son poids et de son rendement



Source : Gregory Launay - [www.gnesg.com](http://www.gnesg.com)

Equipée d'un prolongateur d'autonomie, la Peugeot BB1 se rapproche très fortement de la voiture urbaine du futur avec une consommation de 1L/100 km et une autonomie totale de 300 km, équivalente à celle d'un scooter

## BB1 en chiffres



- 4 places
- Longueur = 2,5 m
- Largeur = 1,6m
- V Max– 90 km/h
- Autonomie – 120 km
- 600 kg dont 100 kg de batteries

Caractéristiques techniques	BB1 électrique	BB1 électrique avec prolongateur d'autonomie
Poids	600 kg	565 kg
Puissance et Couple du moteur	15 kW 320 N.m	
Taille de la batterie	12 kWh	3 kWh
Poids de la batterie	100 kg	25 kg *
Prix de la batterie	€ 4,800	€ 1,200 **
Autonomie électrique	120 km	30 km
Consommation électrique	10 kWh/100km	
Autonomie totale	120 km	300 km
Prolongateur d'autonomie: type, cylindrée et puissance	-	2 cylindre, 0.25 L 15 kW
Taille du réservoir	-	10 L
Poids du prolongateur d'autonomie	-	40 kg
Coût du prolongateur d'autonomie	-	3,500 €
Prix du véhicule	14,800 €	14,700 €

\* Poids de la batterie= 8.5 kg/kWh \*\* Prix de la batterie = 400€/kWh

# A quoi ressemblera la voiture du futur dans un monde contraint en énergie?

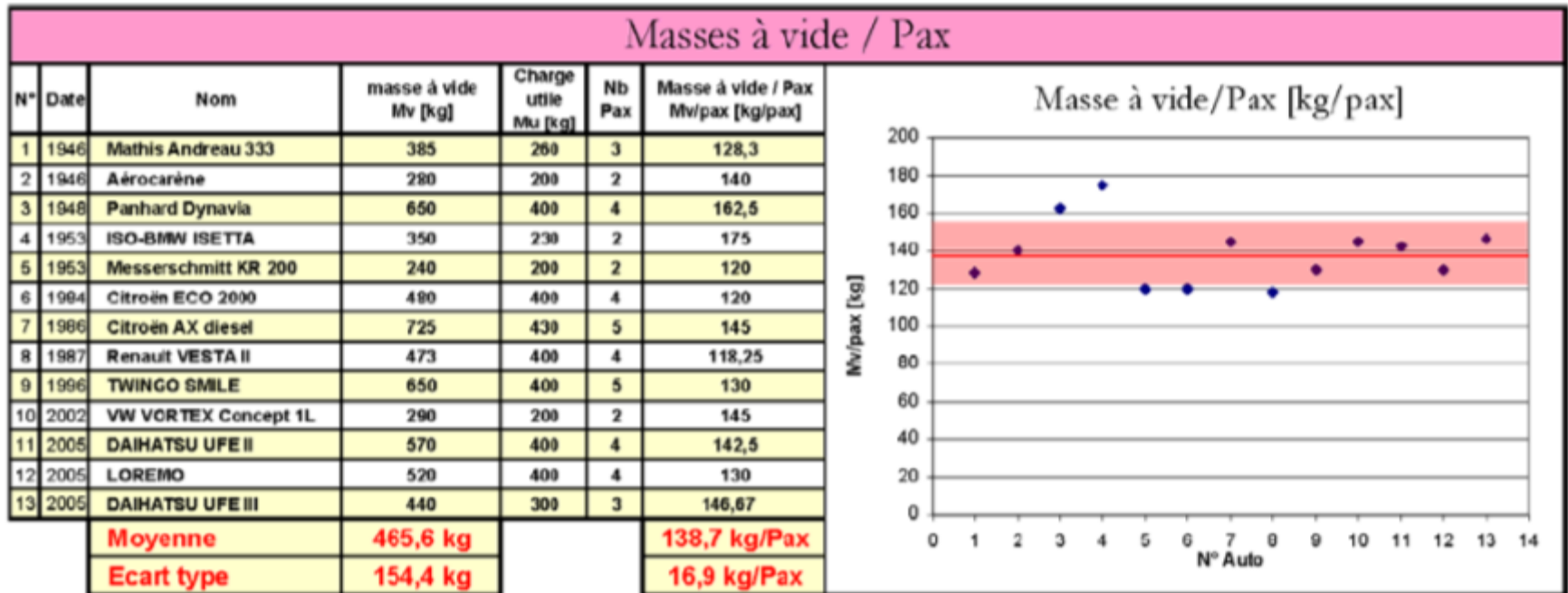
→ 4 places, une masse à vide de 600 kg, une motorisation hybride

## Spécifications techniques de la voiture du future

- Véhicule 4 places
- Masse à vide de 600 kg (150 kg/pax)
- Motorisation hybride
- Consommation  $\approx 1,5$  litre aux 100 km sur route\* à 90 km/h
- Consommation  $< 1$  litre aux 100 km sur trajet urbain à 50 km/h

## Des exemples à suivre

Masses à vide / Pax



Source : Matthieu BARREAU & Laurent BOUTIN , Réflexions sur l'énergétique des véhicules routiers



# La Mathis Andraeu 333 (1946) est un très bon exemple de voiture frugale en énergie que nous pourrions suivre!

3 roues, 3 personnes, 385 kg à vide, 3 mètre 40, 3.5 Litres / 100 km, désignée il y a 2 x 33ans

## MATHIS ANDREAU 333 (1946)

### Description

Dimensions	3,400 m x 1,740 m x 1,425 m (L x l x h) Voie 1,5 m ; Empattement 2,3 m
Sièges	3
GMP	Bicylindre 4 temps 700 cm <sup>3</sup> Refroidi par liquide
Puissance	15 cv à 3000 t/min
Boite de vitesse	4 vitesses

### Performances

Masse à vide [kg]	385 kg			
Charge utile [kg]	260 kg			
Cx <sub>p</sub> [-]	0,22			
Sf [m <sup>2</sup> ]	1,887 m <sup>2</sup>			
Sr.Cx <sub>p</sub> [m <sup>2</sup> ]	0,41 m <sup>2</sup>			
Vitesse max	105 km/h			
Consommation	3,5 Litres/100 km			
Vitesse moyenne [km/h]	40	50	60	70
Litres aux 100 km	1,95	2,08	2,3	2,45
Autonomie	Environ 500 km (réservoir de 18 litres)			



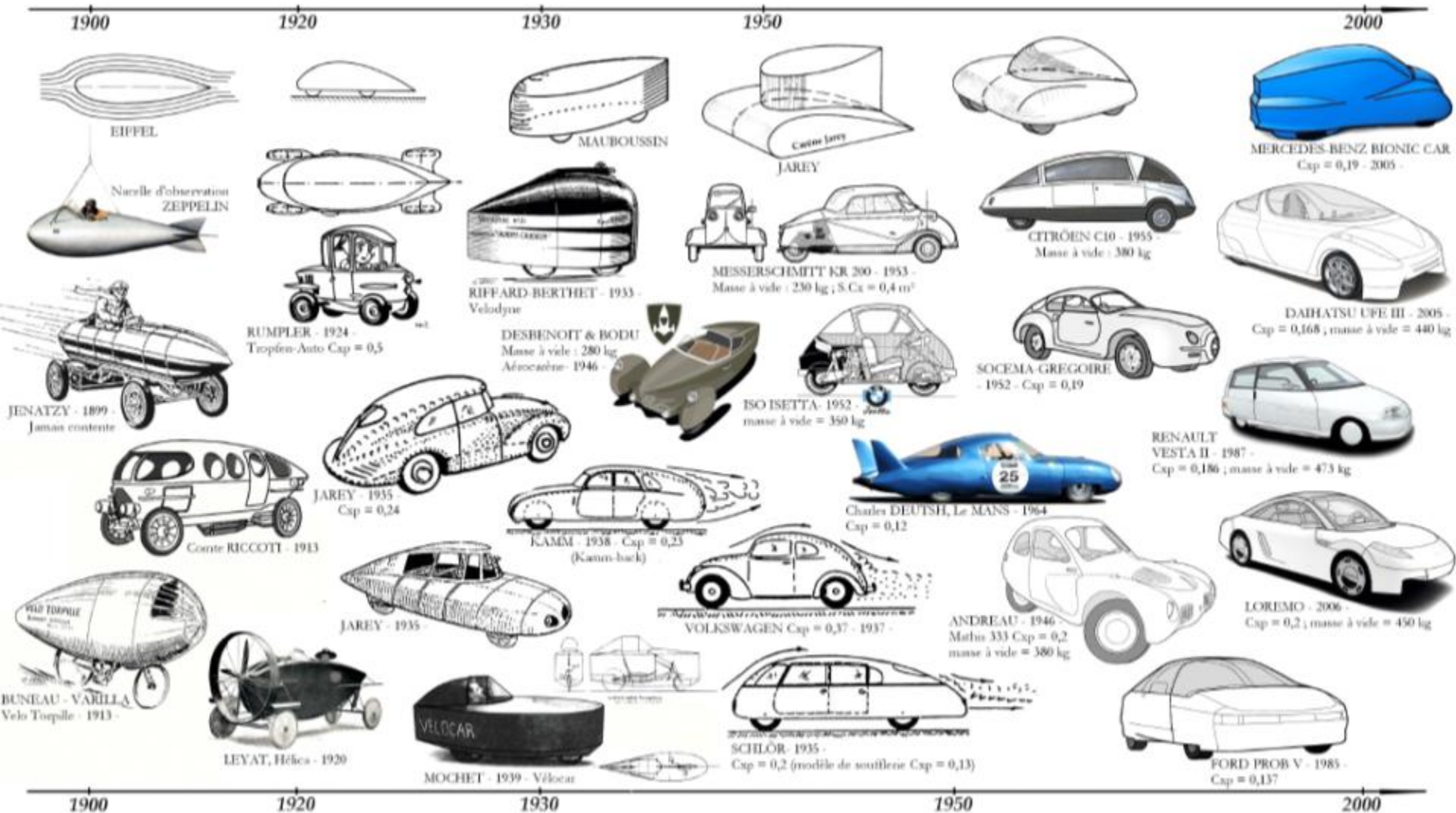
*Une photo particulièrement rare : Le Mathis-Andraeu 333 à la pompe !*



*Jean ANDREAU (l'homme au béret) devant son œuvre : le Mathis-Andraeu 333*

Source : Matthieu BARREAU & Laurent BOUTIN , Réflexions sur l'énergétique des véhicules routiers

# Small is Beautiful & Light is Right!



Source : Matthieu BARREAU & Laurent BOUTIN , Réflexions sur l'énergétique des véhicules routiers