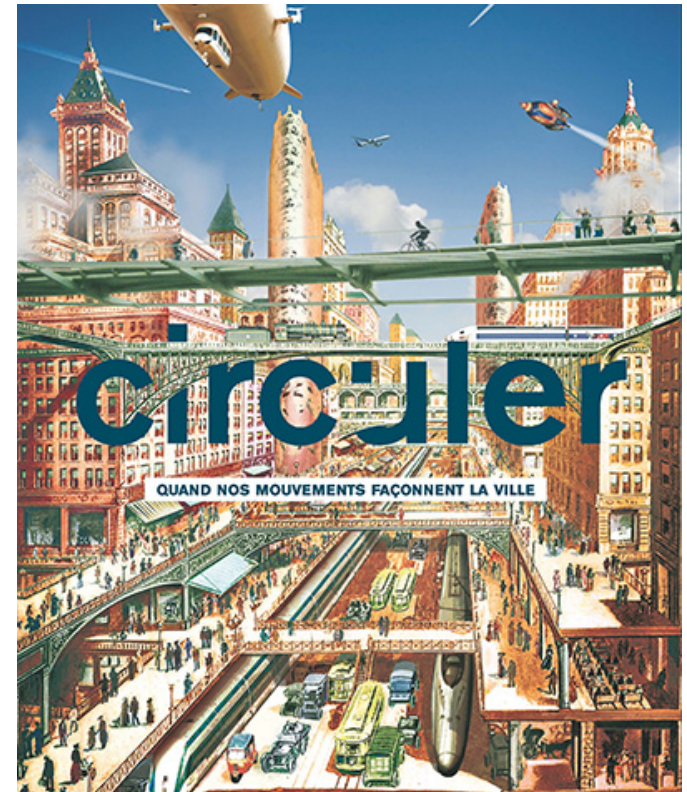


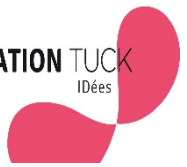
La ville face à la mobilité Éléments de contexte

Alexandre Rojey





La ville face à la mobilité



- Quel urbanisme ?
- Quels modes de transport?
- Quelle forme d'énergie?





1 - Urbanisme

- Réduire les distances de transport

- Accès au transport collectif

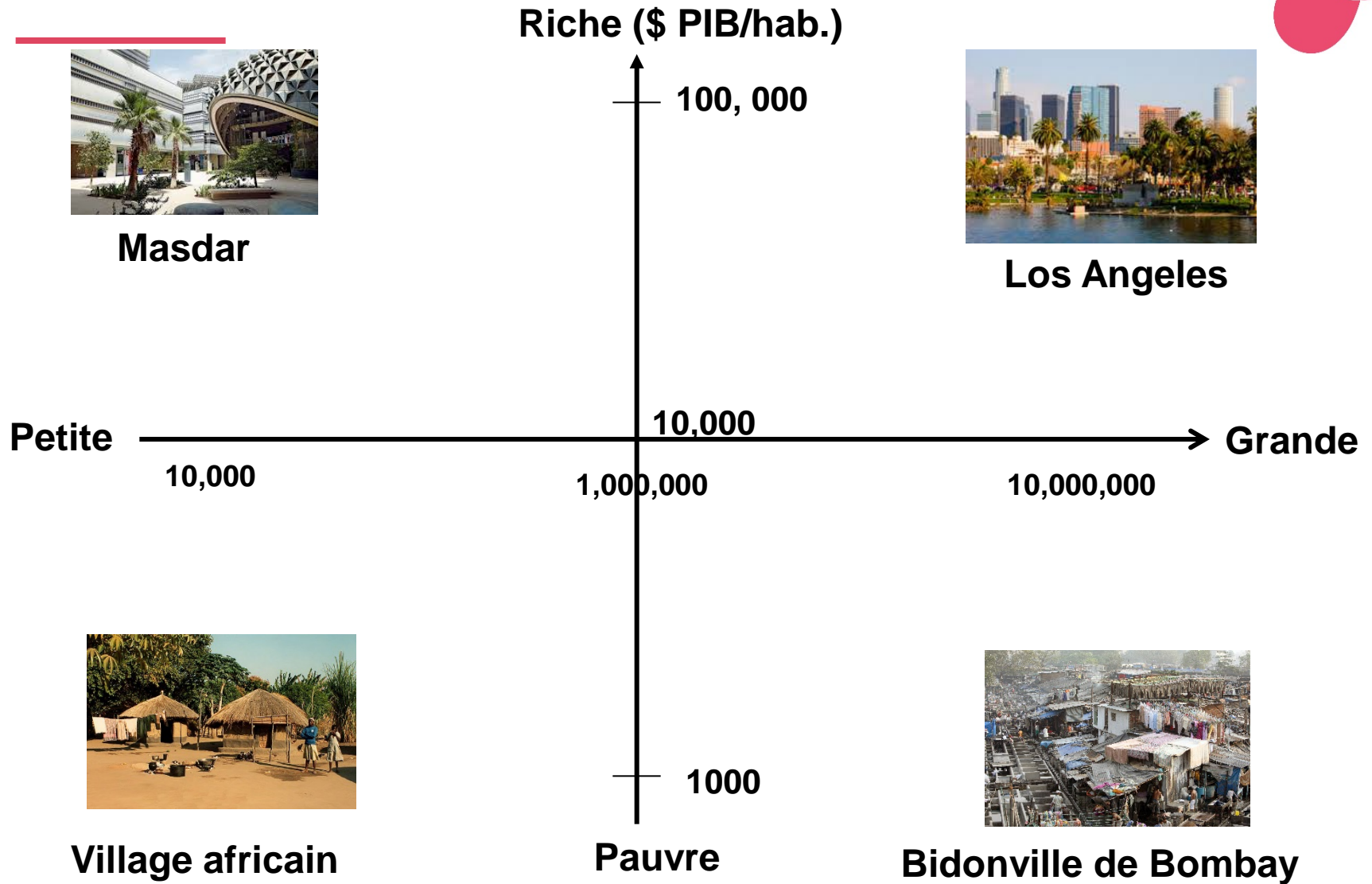


- Commerces, services et emplois de proximité

- Qualité de vie (espaces verts, réduction de la pollution)

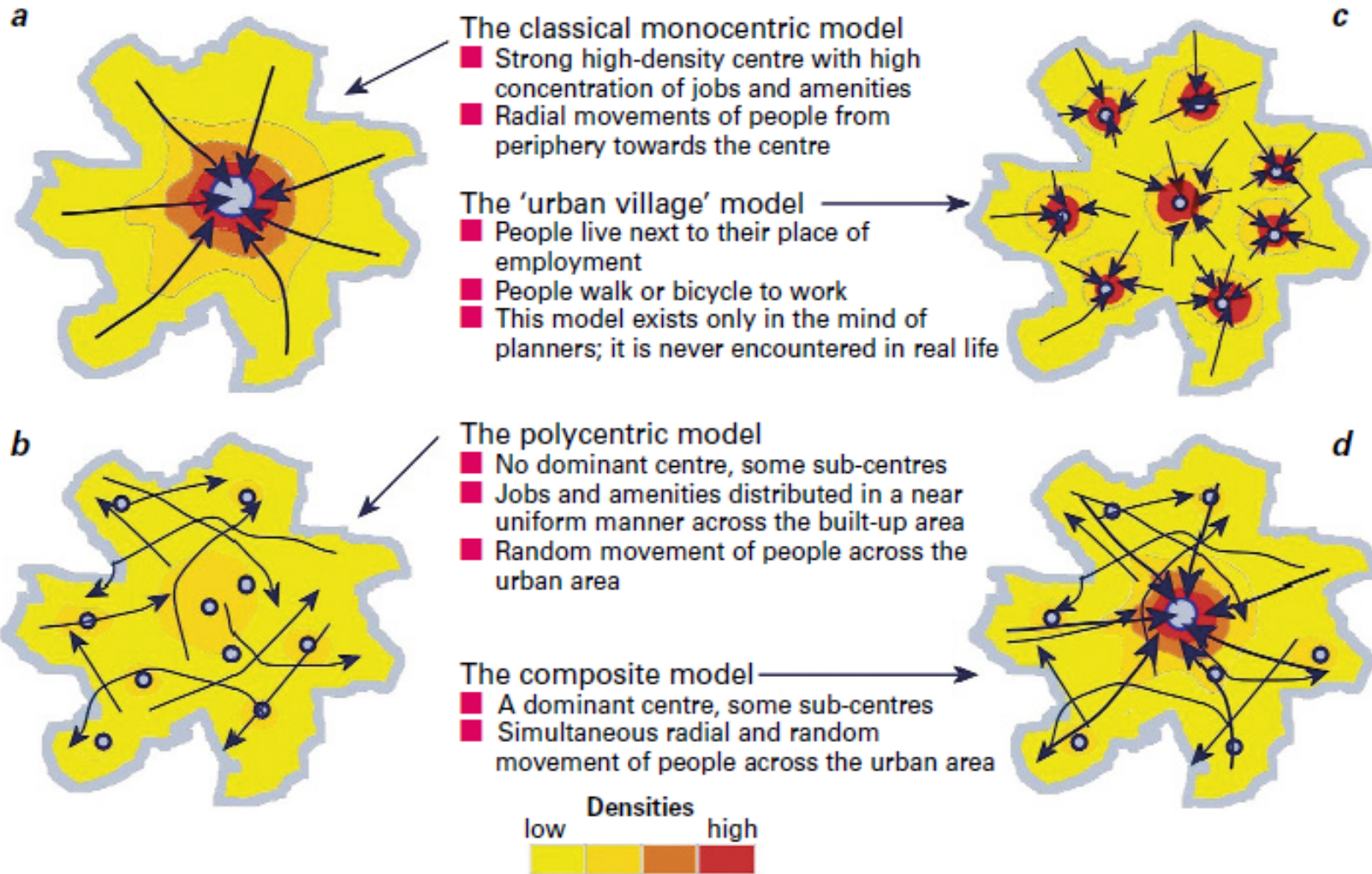


Quel type de ville?



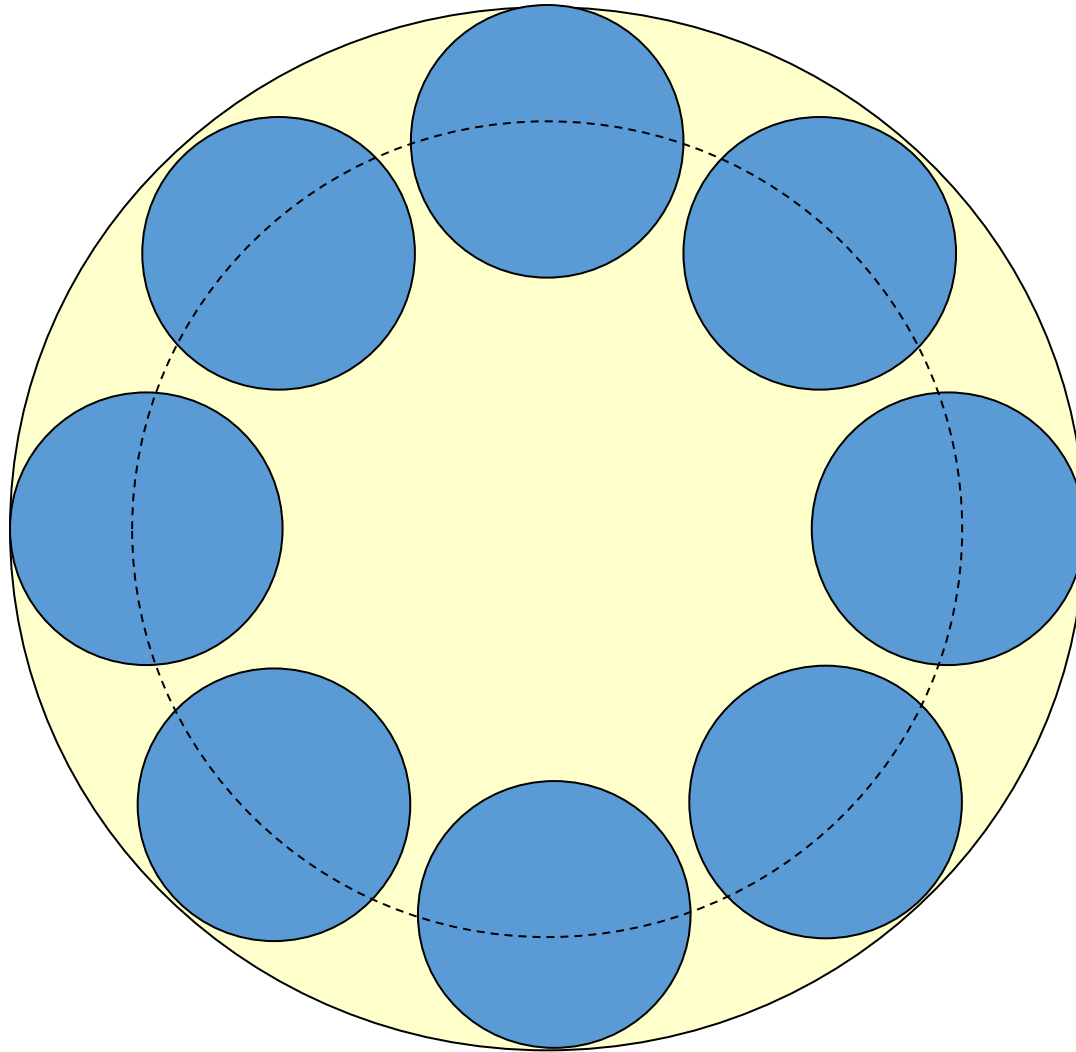
Structures spatiales urbaines

The most common urban spatial structures





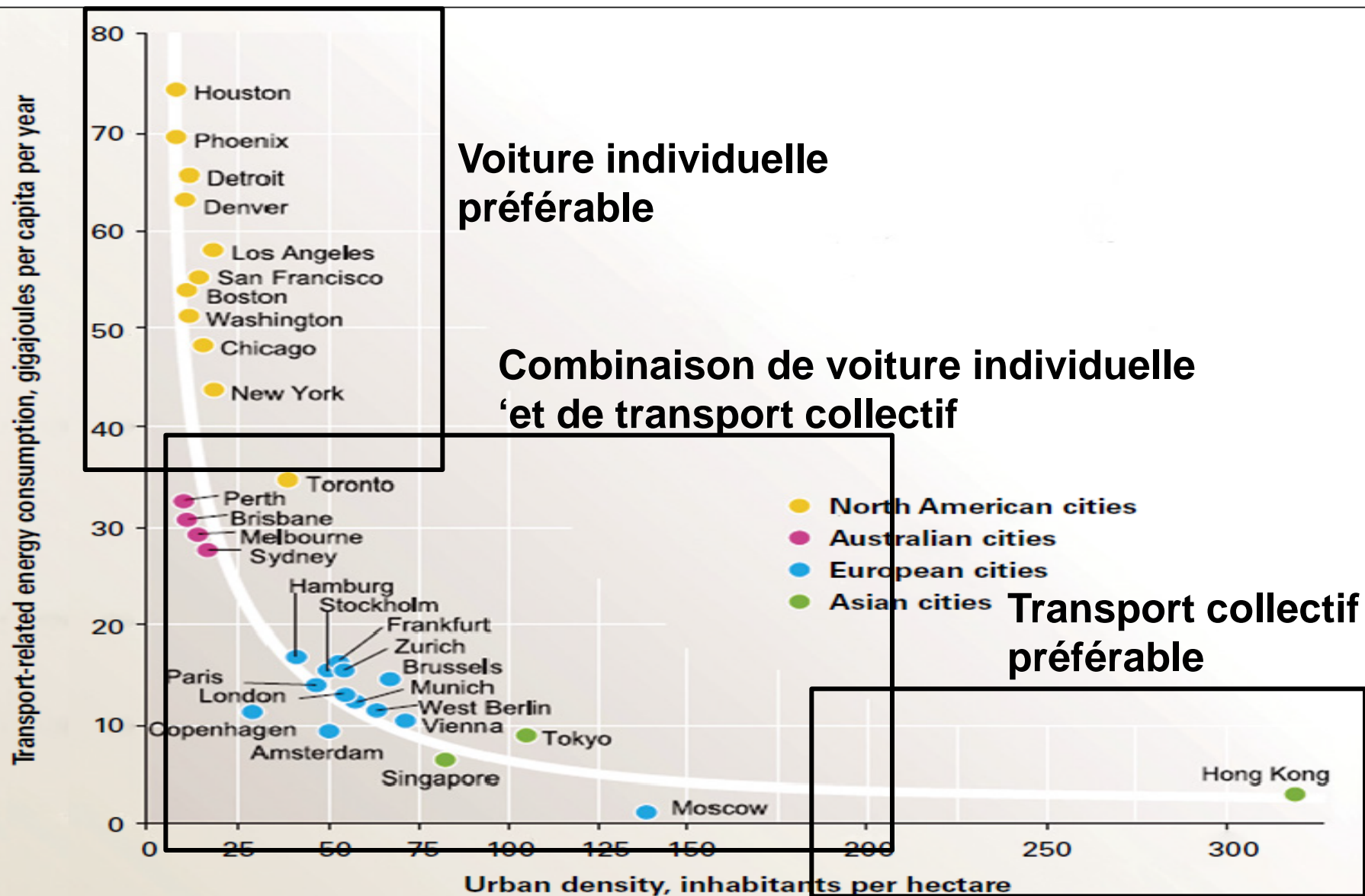
La ville creuse



Jean Louis Maupu



Relation entre densité et consommation d'énergie pour le transport

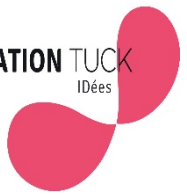


Habitat dispersé, tours et barres : mauvaise utilisation de l'espace





« La ville compacte »





Consommation d'énergie selon le type de logement

Famille : 3 personnes - 100 m² - Gaz naturel



CO₂ : 2 tonnes

Logement : 45%
Déplacements : 55%

Energie : 9 300 kWh

Logement : 54%
Déplacements : 46%



CO₂ : 4 tonnes

Logement : 73%
Déplacements : 27%

Energie : 20 300 kWh

Logement : 79%
Déplacements : 21%



CO₂ : 4,3 tonnes

Logement : 21%
Déplacements : 79%

Energie : 18 100 kWh

Logement : 28%
Déplacements : 72%



CO₂ : 7,9 tonnes

Logement : 57%
Déplacements : 43%

Energie : 38 100 kWh

Logement : 66%
Déplacements : 34%

2 - Modes de transport

- **Transports collectifs rail**
train, tram, véhicules suspendus
- **Transports collectifs route (bus)**
biocarburants, GNV, SNG,
électriques, hydrogène
- **Transports individuels route (autos)**
biocarburants, GNV, SNG, électriques, hydrogène
développement du covoiturage et de l'autopartage
- **Vélo + marche à pied**
- **Transport multimodal (ex. La Rochelle)**



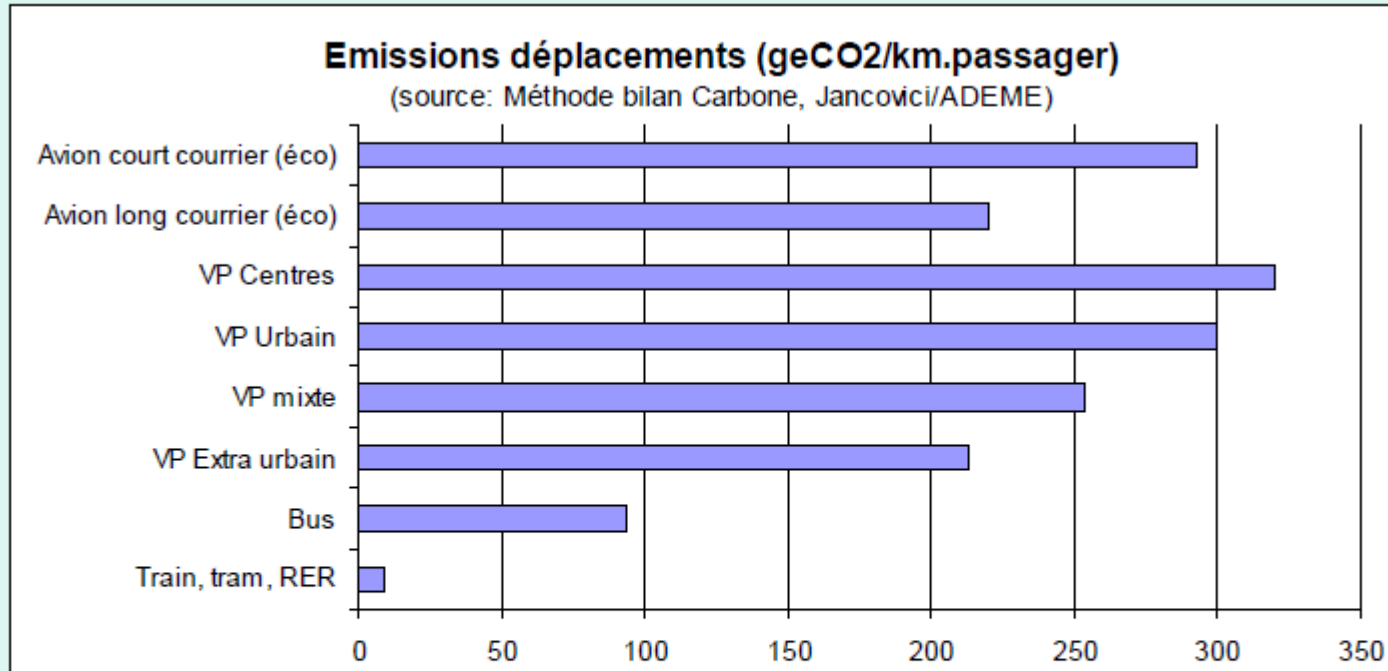
Infrastructures de transport urbain



Autoroute à vélo (Allemagne)

<i>coûts en € H.T</i>	Coût au km des infrastructures (hors matériel roulant)	Niveaux de clientèles généralement atteints en France (province)
Site propre bus-	1 à 7 M€ / km	10 000 à 35 000 voy / jour
TVR de Caen et Nancy	12 à 15 M€ / km	30 000 à 35 000 voy / jour
Tramway	12 à 30 M€ / km	30 000 à 110 000 voy / jour
Métro léger de type Val	65 M€ / km	100 000 à 160 000 voy / jour
Métro à grand gabarit	> 90 M€ / km	100 000 à 250 000 voy / jour

Comparaison des émissions de CO₂ par personne pour différents moyens de transport



VP : pour une personne/véhicule, y compris 10,9 geC/km d'ACV.

Aérien : facteur 2 pour le forçage radiatif, mais sans ACV avion + aéroports

Bus : équivalent au covoiturage (4 personnes/VP)

Réseau régional rail : valeurs supérieures dans documents ADEME (moyenne 65 gCO₂/km.passager)



Ecoquartiers

De nombreux exemples:

Fribourg, BedZed, Copenhague, etc.

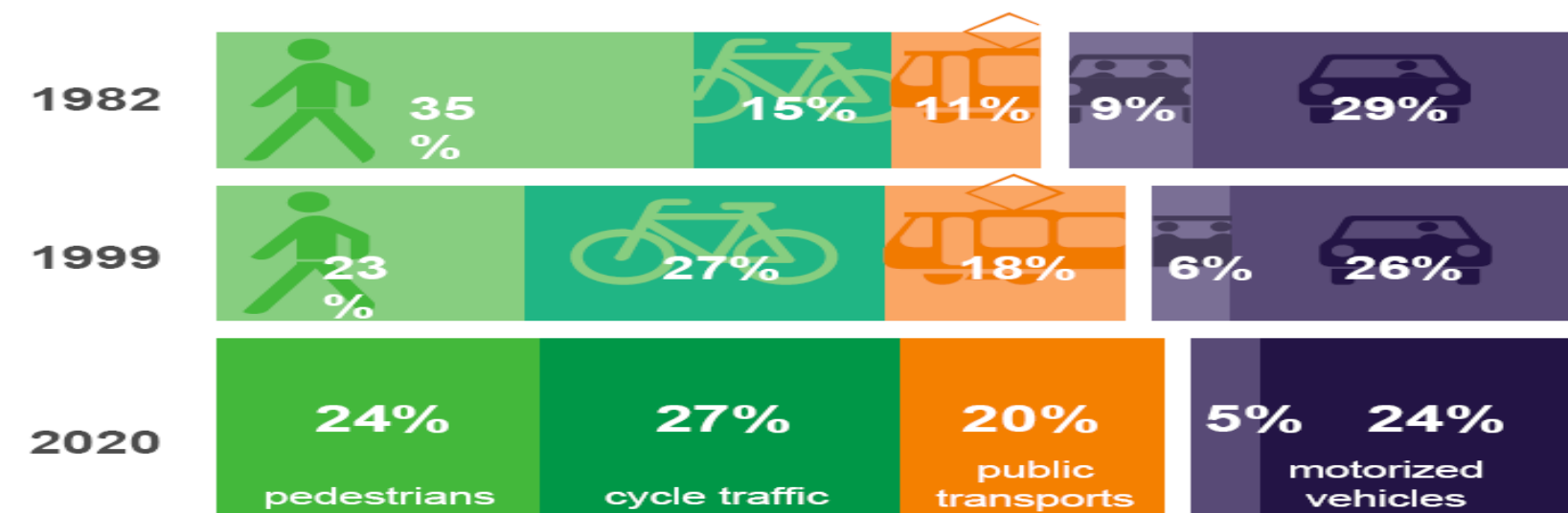
- Réduire les consommations de ressources
- Faire appel aux énergies renouvelables
- Réaménager les transports
→ marche à pied et vélo





Evolution des moyens de transport à Fribourg

Modal Split



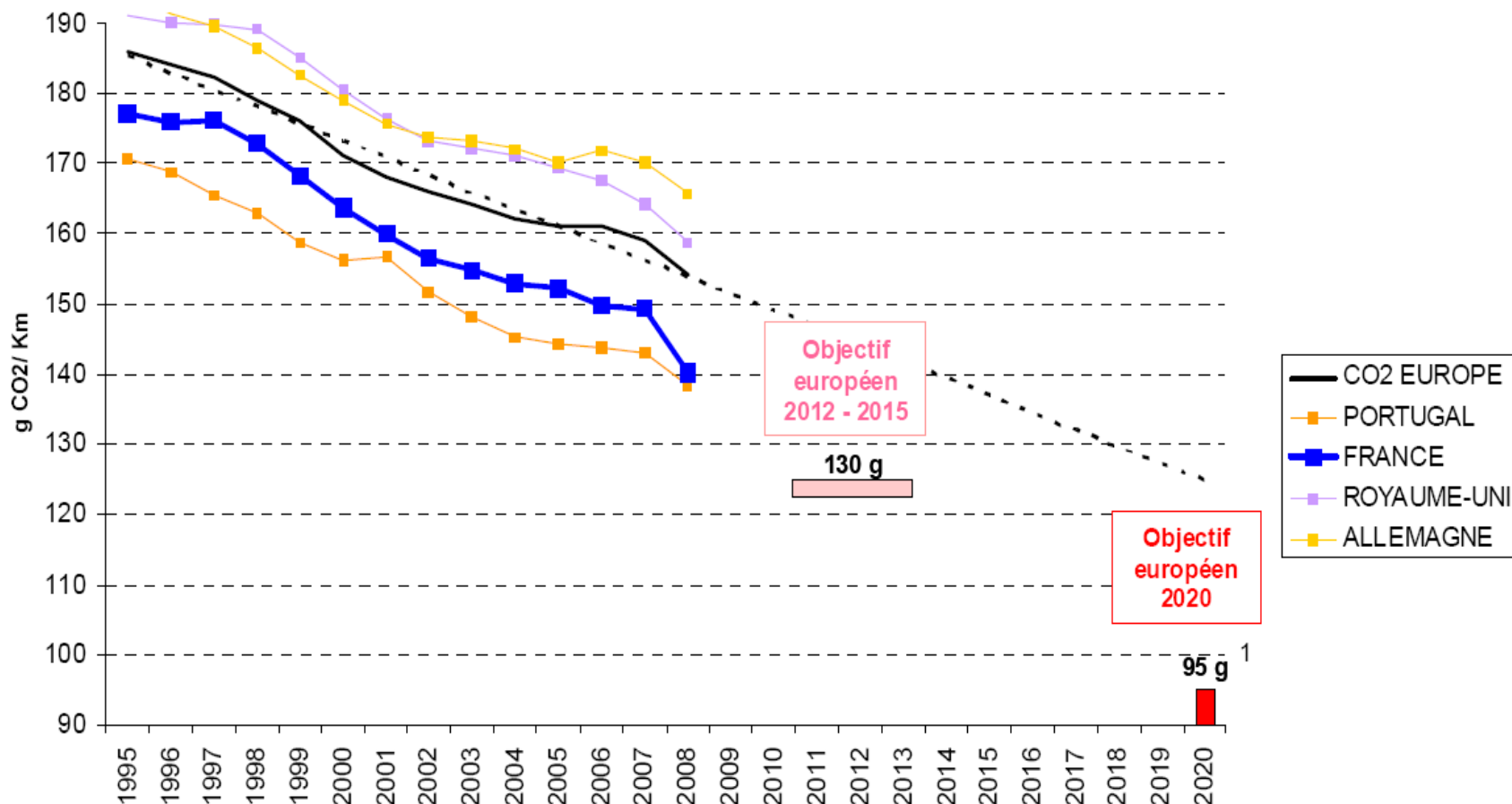
Entre 1982 et 1999, la contribution du vélo est passée de 15 à 28 %. En même temps, le transport public a augmenté de 11 à 18 %, tandis que les distances parcourues par les véhicules automobiles ont diminué de 38 à 30 %. Comparée aux autres villes allemandes, Fribourg a la plus faible densité de véhicules automobiles, avec 423 automobiles pour 1,000 habitants.

3 - Transports et vecteurs d'énergie

- **Moteurs thermiques (carburants pétroliers et biocarburants)**
voitures, camions & camionnettes, bus
- **Propulsion électrique**
véhicules guidés (trains, trams, métro)
véhicules individuels (batteries)
- **Gaz**
GNV, SNG (PtG), hydrogène



Réduction des émissions de CO₂ des véhicules en Europe



Énergie bas carbone pour la mobilité: Les options de stockage

- **Électricité**

batteries

- **Hydrogène**

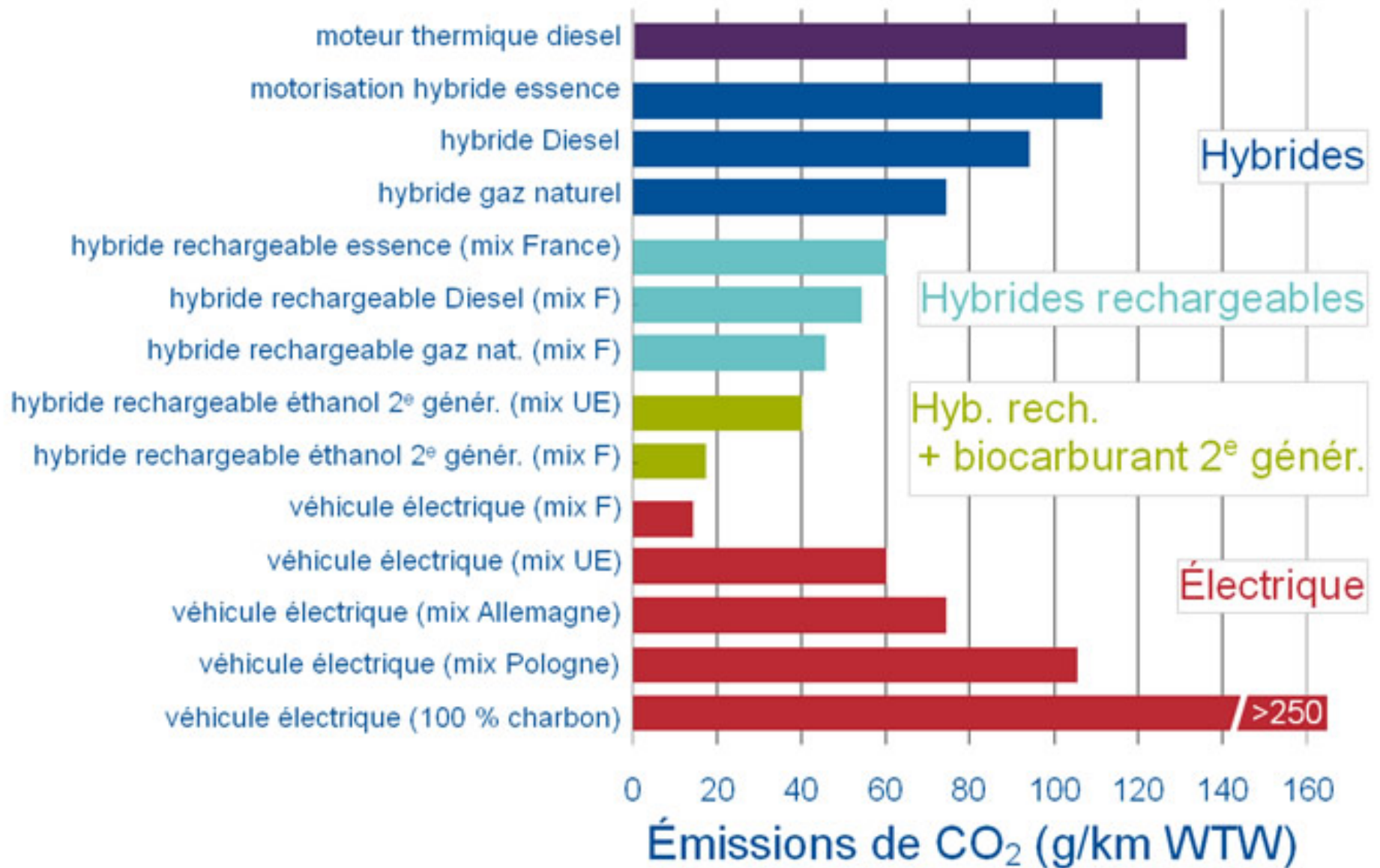
réservoirs sous pression
hydrures
cavernes de sel

- **PtG /SNG ($\text{CO}_2 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$)**

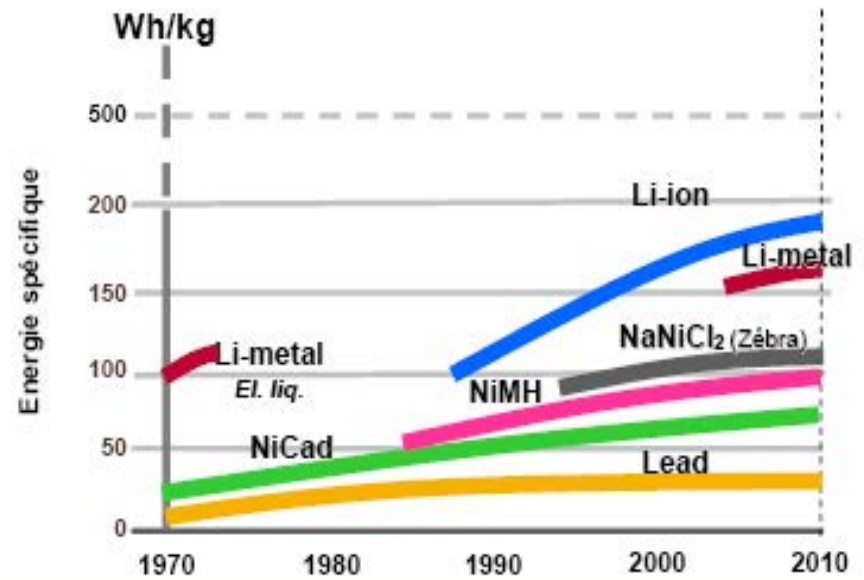
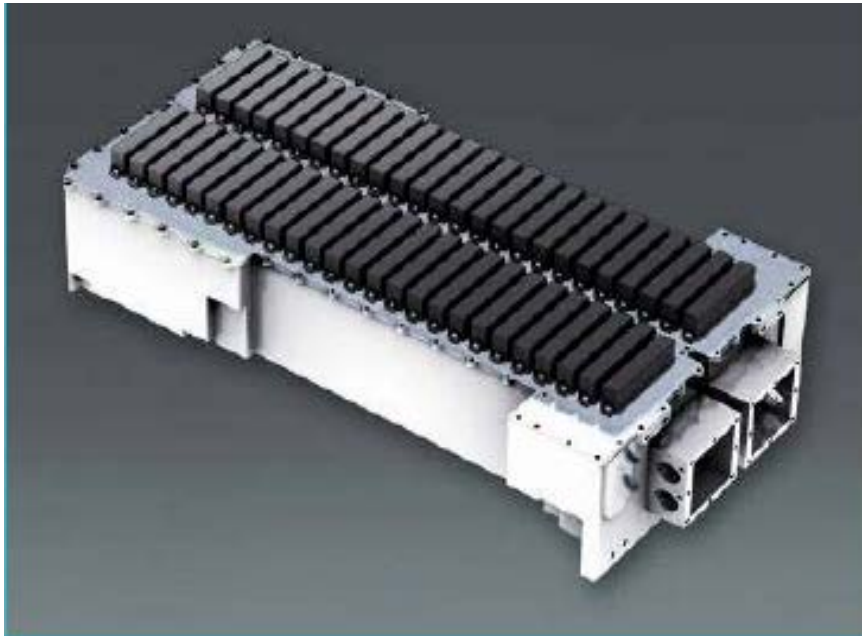
réceptacles sous pression
GNL
Aquifères or cavernes de sel



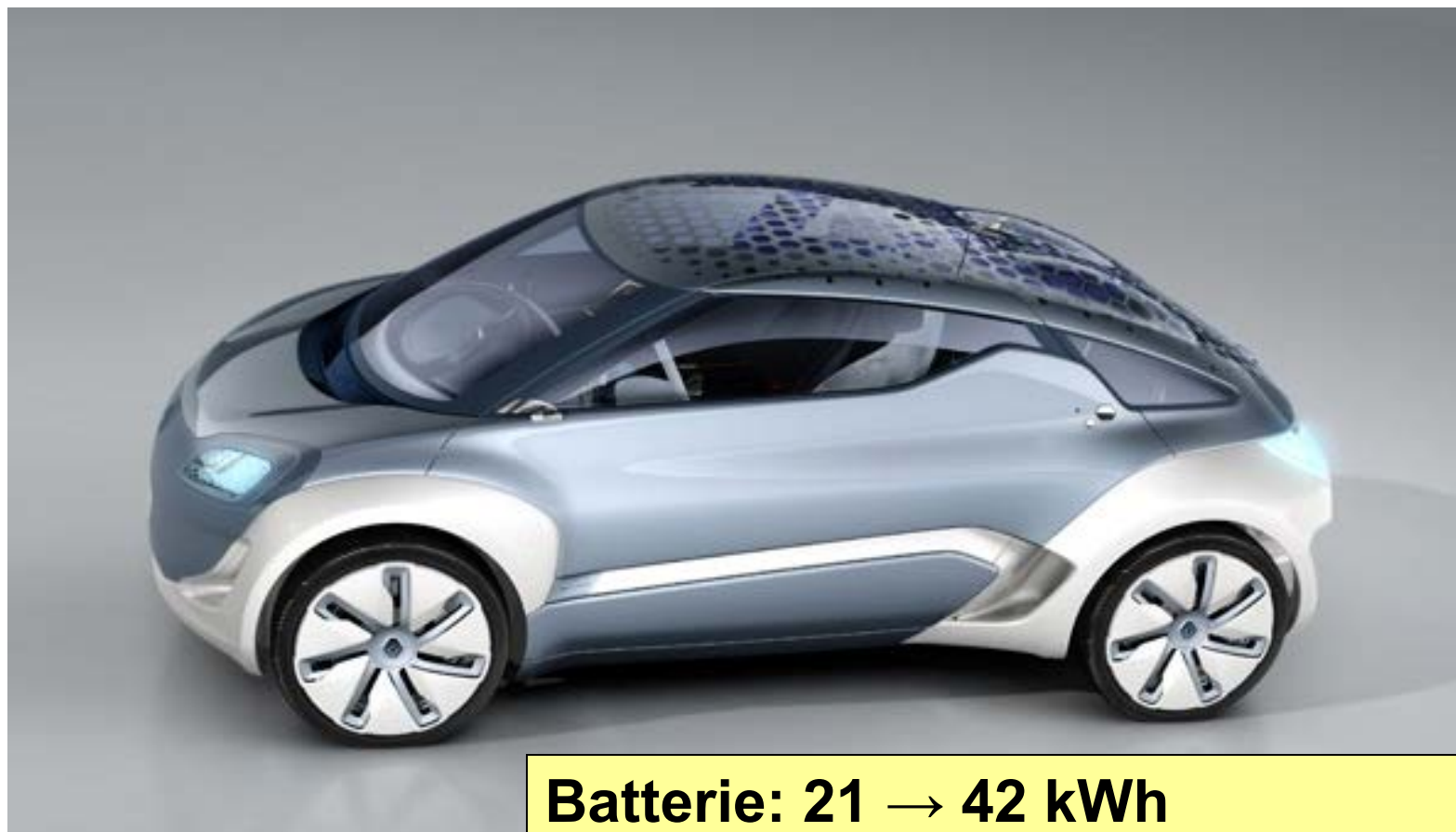
Émissions de CO₂ du puits à la roue (WTW)



Les progrès des batteries



Renault: véhicule électrique ZOE



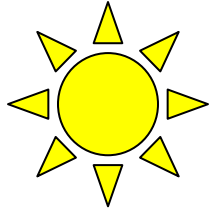
Batterie: 21 → 42 kWh

Autonomie: 300 à 400 km (cycle NEDC)

Poids : 305 kg

Prix à l'achat: 8 900 €

Habitat à énergie positive et stockage par batterie véhicule



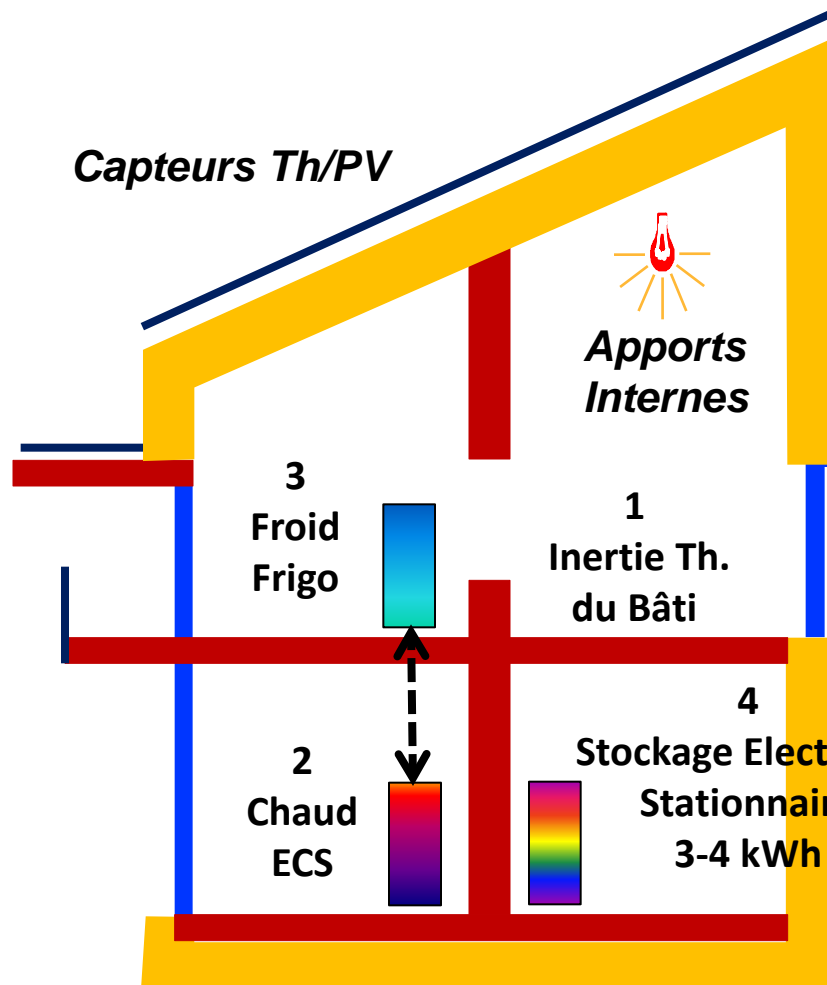
Apports Solaire

Capteurs Th/PV



Apports Internes

Rafraîchissement Nocturne



3
Froid
Frigo

2
Chaud
ECS

1
Inertie Th.
du Bâti

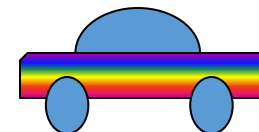
4
Stockage Electrique
Stationnaire
3-4 kWh

Stockage Thermique
Inertie du bâti
Froid Domestique
Ballons ECS
...

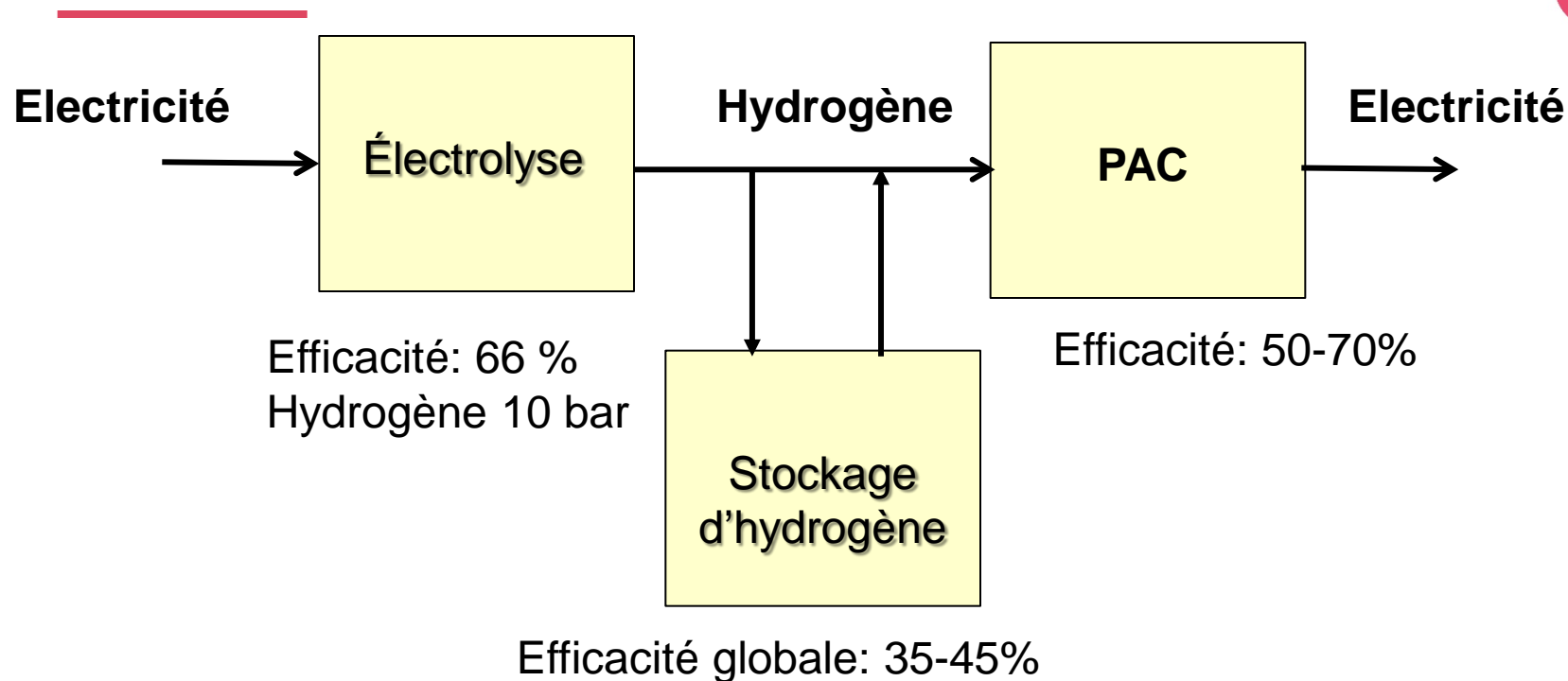
Stockage Electrique
Stationnaire
Mobile (VE)
...

5
Stockage Electrique
Mobile

15 – 20 kWh



Hydrogène



- **Stockage d'hydrogène**

Réservoirs pressurisés ou H₂ liquide à 20.3 K (jusqu'à quelques MWh)

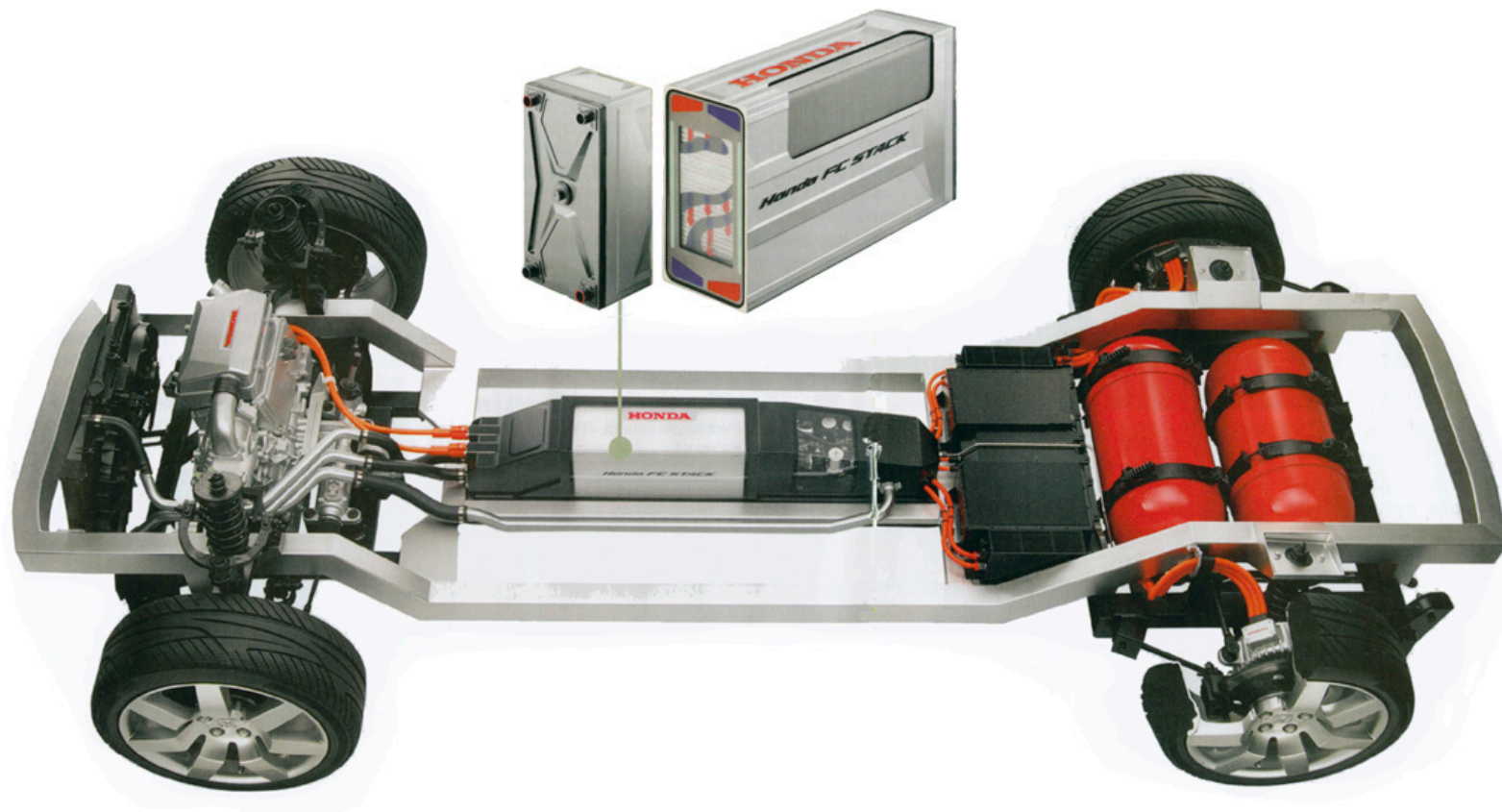
Hydrures solides

Cavernes de sel (500 000 m³ 200 bar 167 GWh)

<http://energystorage.org/energy-storage/technologies/hydrogen-energy-storage>

https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/doe_fuelcell_factsheet.pdf

La voiture à hydrogène



Cybercars: la solution d'avenir ?



En ville, sur trajets dédiés (navettes)

Quel vecteur énergétique?

Ecocompatibilité

