

# HYBRID AIR

Gestion énergétique optimisée et impact  
environnemental de la technologie

Leonardo NASCIMENTO

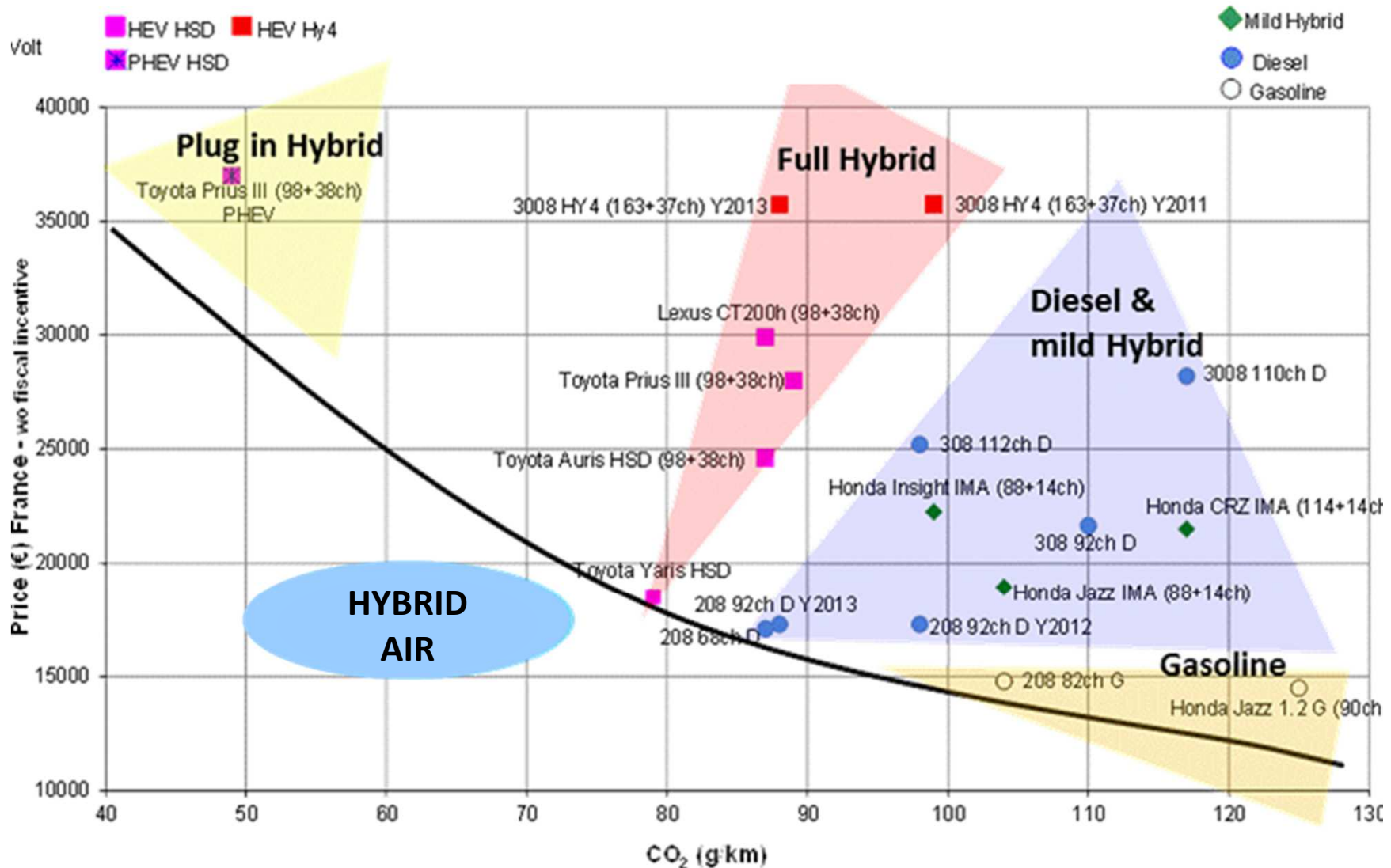
# Sommaire

- Cible marché et raison d'être de la technologie
- Vue du système
  - Modes d'opération
  - Rendement du groupe motopropulseur
- Dimensionnement
  - Couple / Puissance
  - Stockage d'énergie
  - Capacité d'énergie nécessaire pour optimiser la consommation d'un véhicule hybride
  - Principe du stockeur à gaz comprimé
  - Optimisation des points de fonctionnement des composants Hybrid Air
- Impact environnemental de la technologie Hybrid Air
- Conclusion
- Vos questions

# Cible marchés

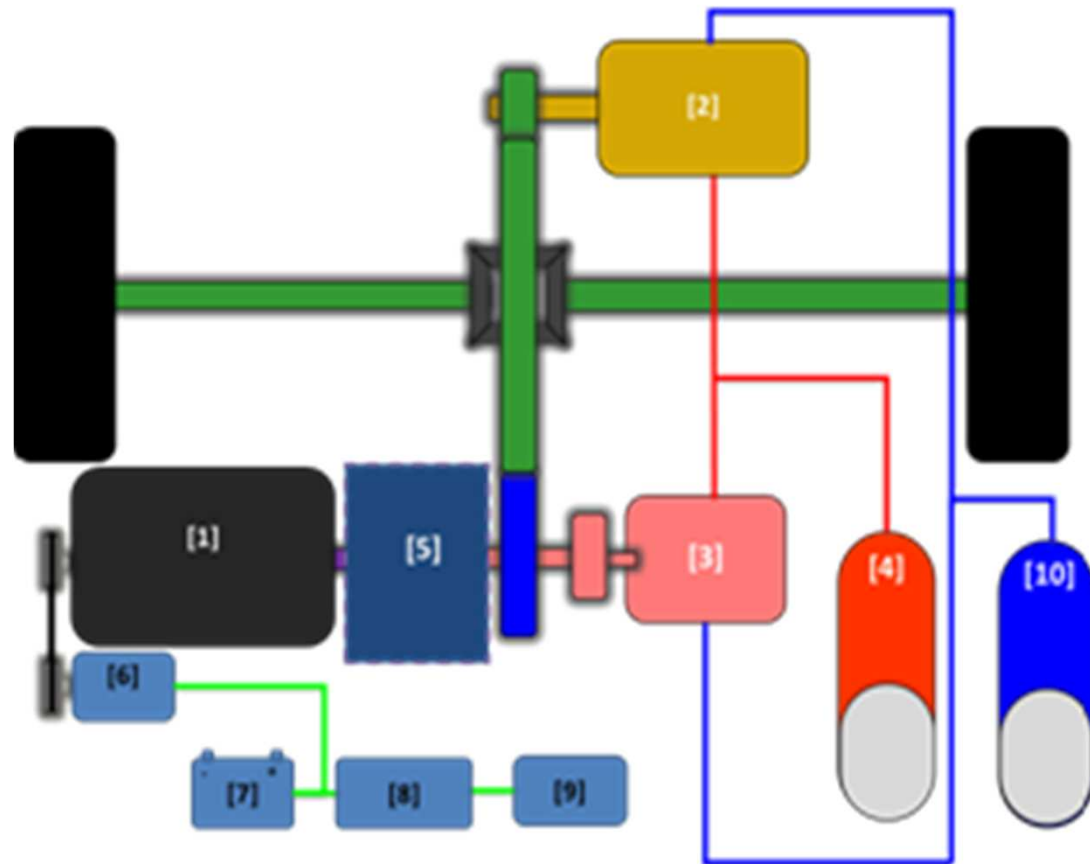


■ Une technologie en rupture dans le monde de l'hybridation

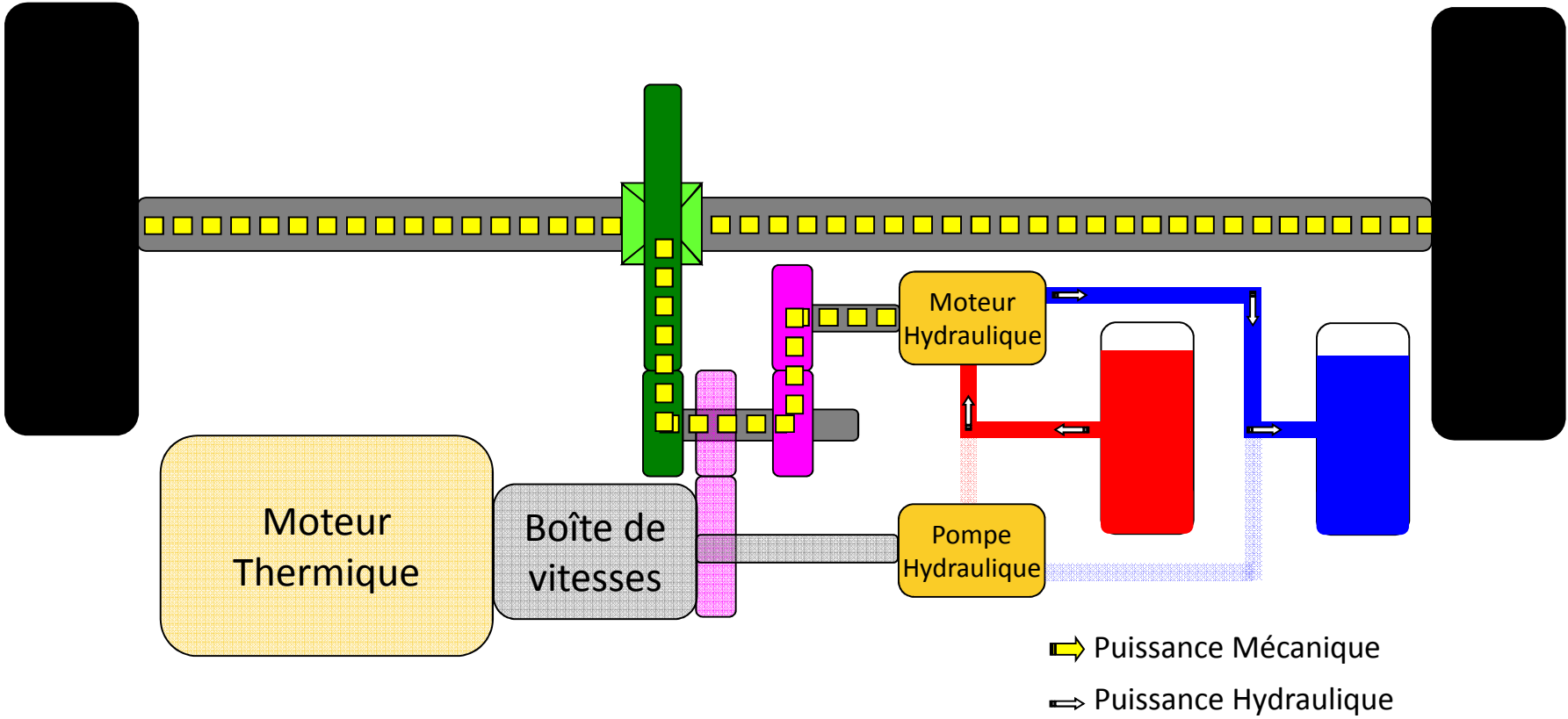


# Composants du système

- [1] Moteur essence
- [2] Moteur hydraulique
- [3] Pompe hydraulique
- [4] Accumulateur Oleo-pneumatique d'haute pression
- [5] Boîte de vitesses
- [6] Alternateur
- [7] Batterie 12V
- [8] Système de stabilisation/recupération d'énergie électrique
- [9] Réseau électrique
- [10] Accumulateur Oleo-pneumatique de basse pression



# Accumulateur de basse pression



L'accumulateur de basse pression est un vase d'expansion pour stocker le fluide nécessaire à compresser l'azote.

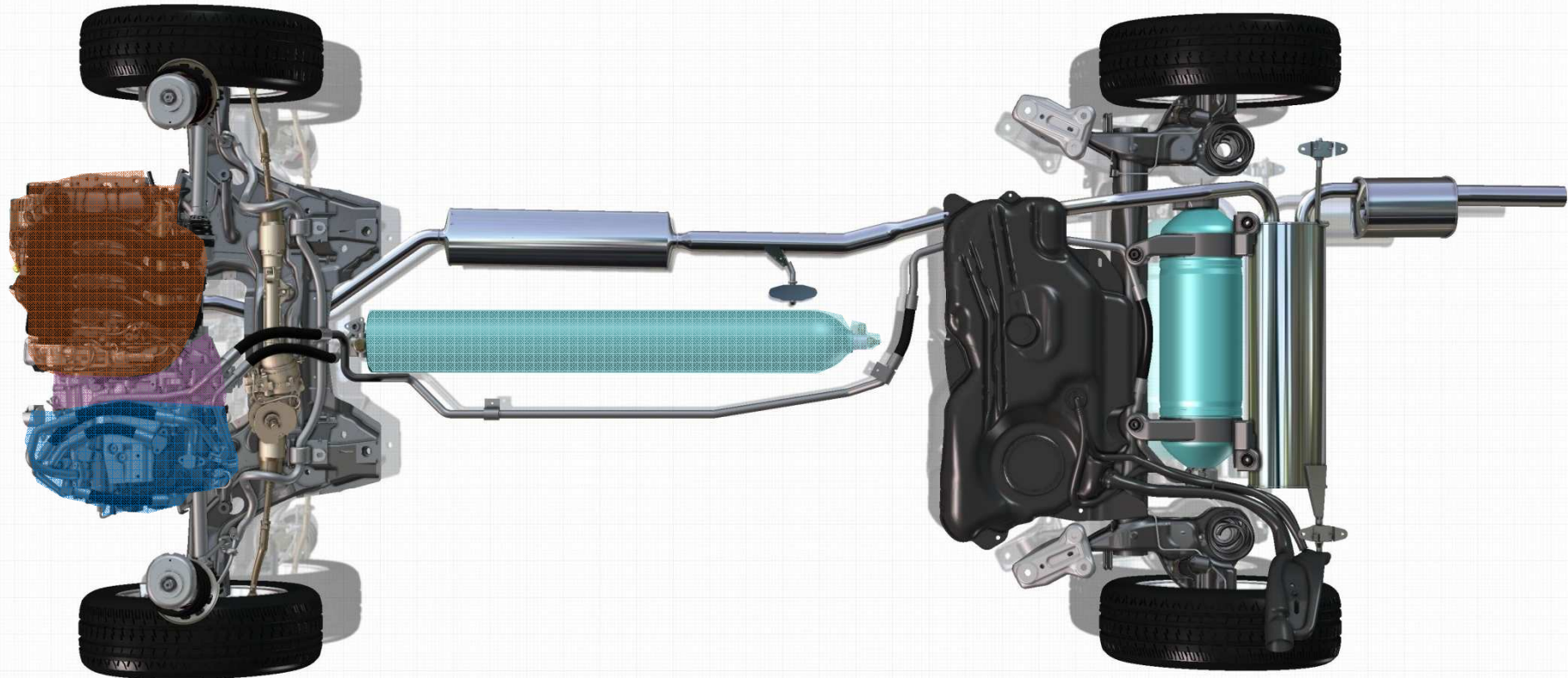
# VUE DU SYSTEME

Moteur à  
Combustion Interne

Boîte de Vitesses

Unités Hydrauliques

Stockage d'énergie

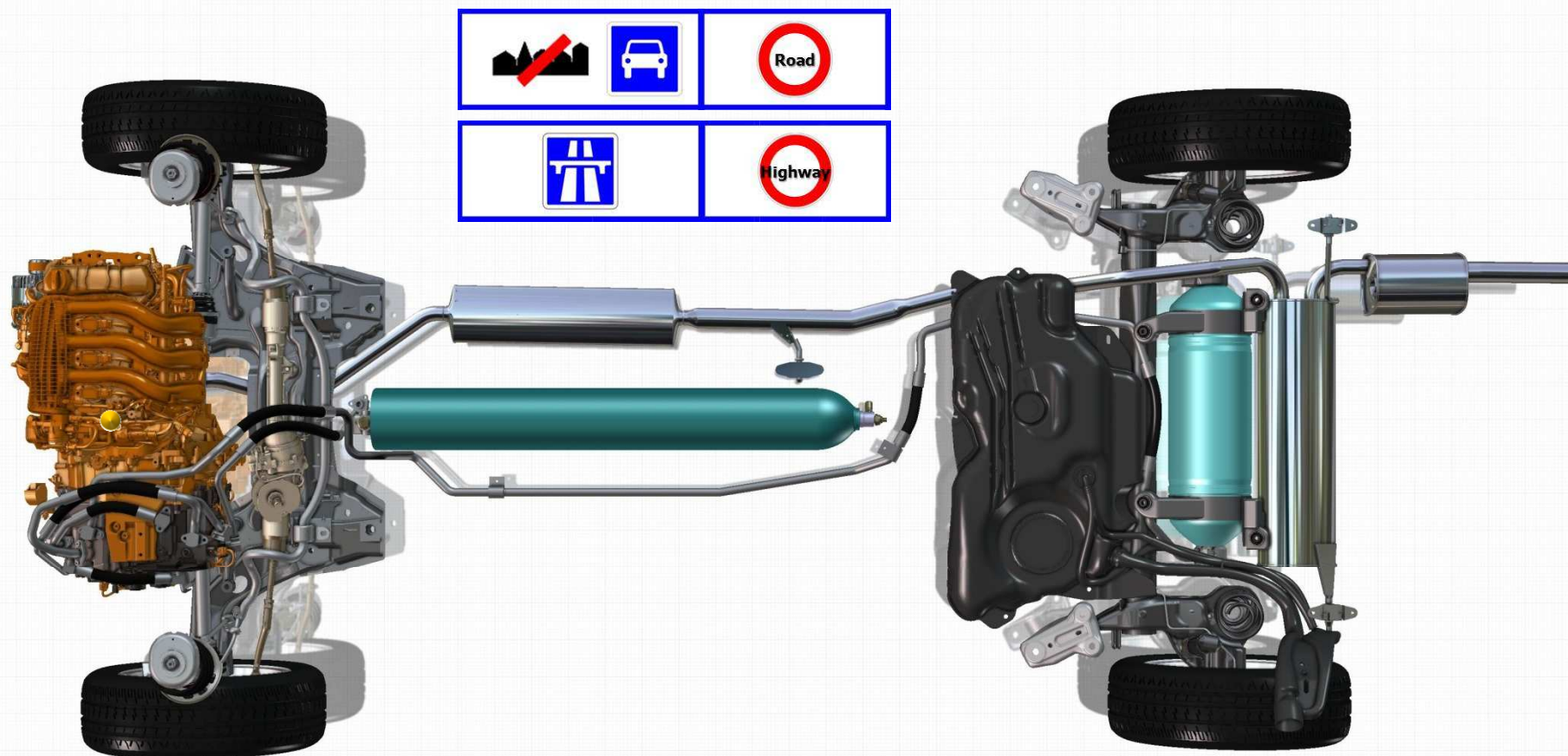


# MODES D'OPERATION

**PUISSANCE MECANIQUE: Roulage stabilisé**

PUISSANCE HYDRAULIQUE

PUISSANCE COMBINEE

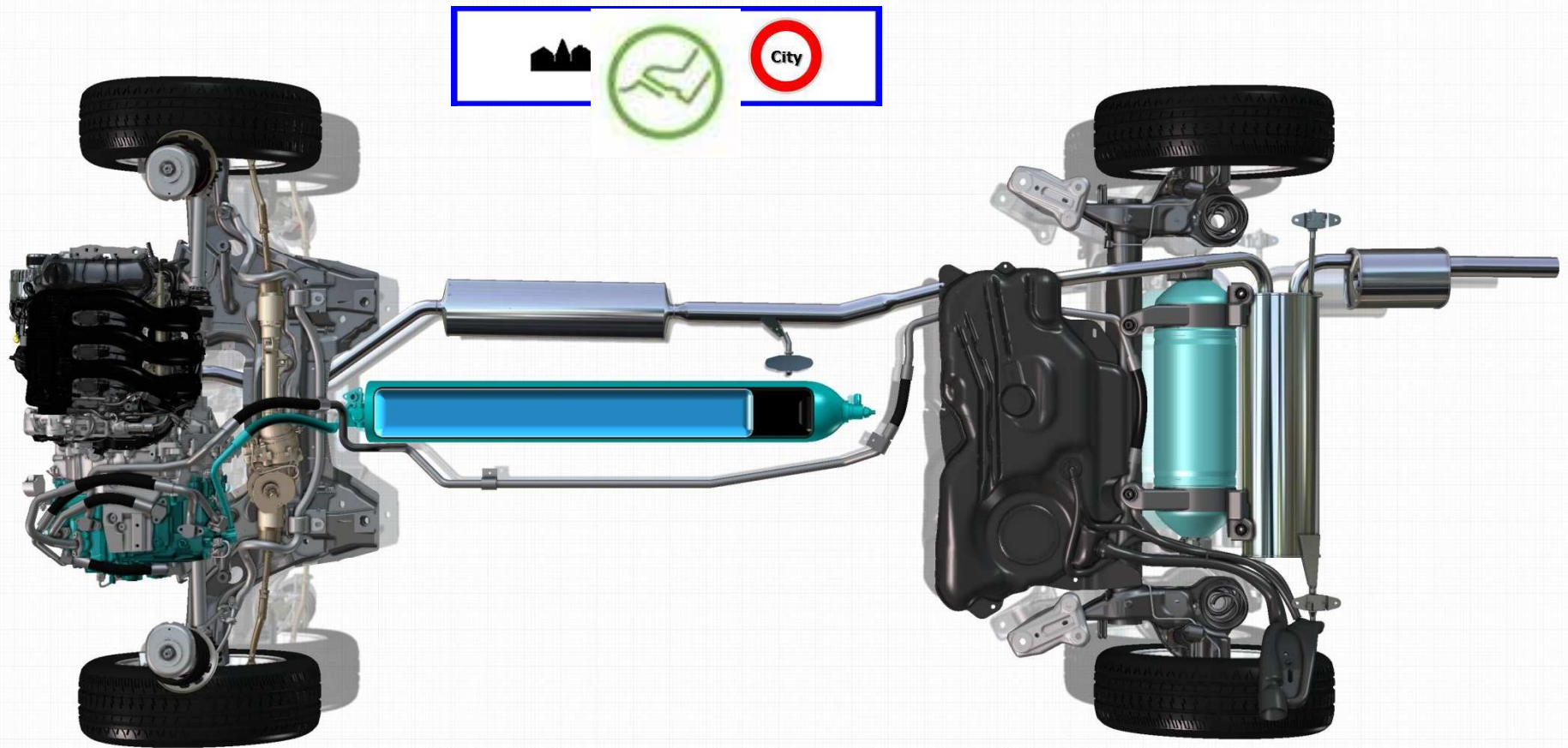


# MODES D'OPERATION

PUISSANCE MECANIQUE: Roulage stabilisé

**PUISSANCE HYDRAULIQUE: Récupération d'énergie au freinage**

PUISSANCE COMBINEE



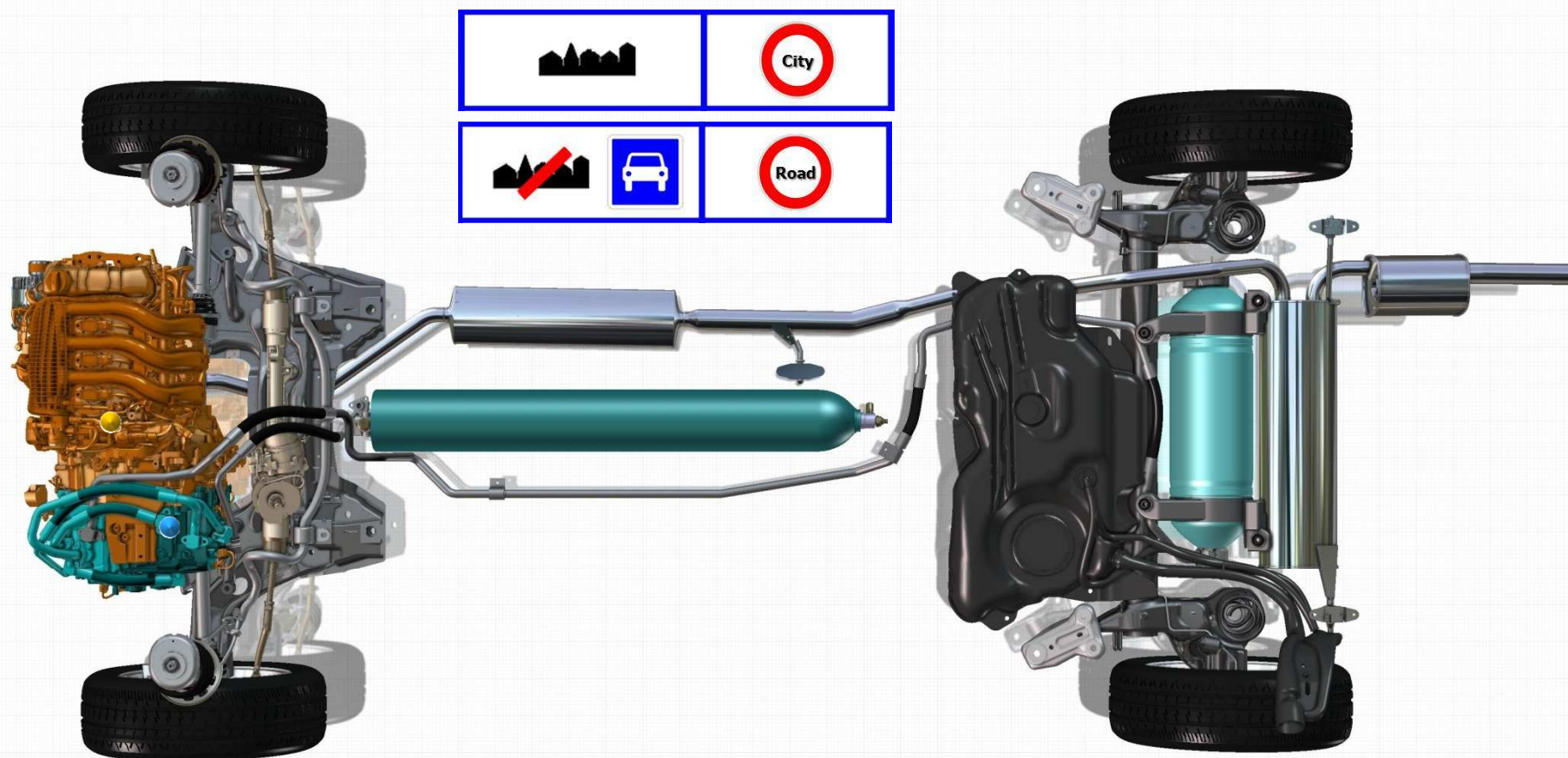


# MODES D'OPERATION

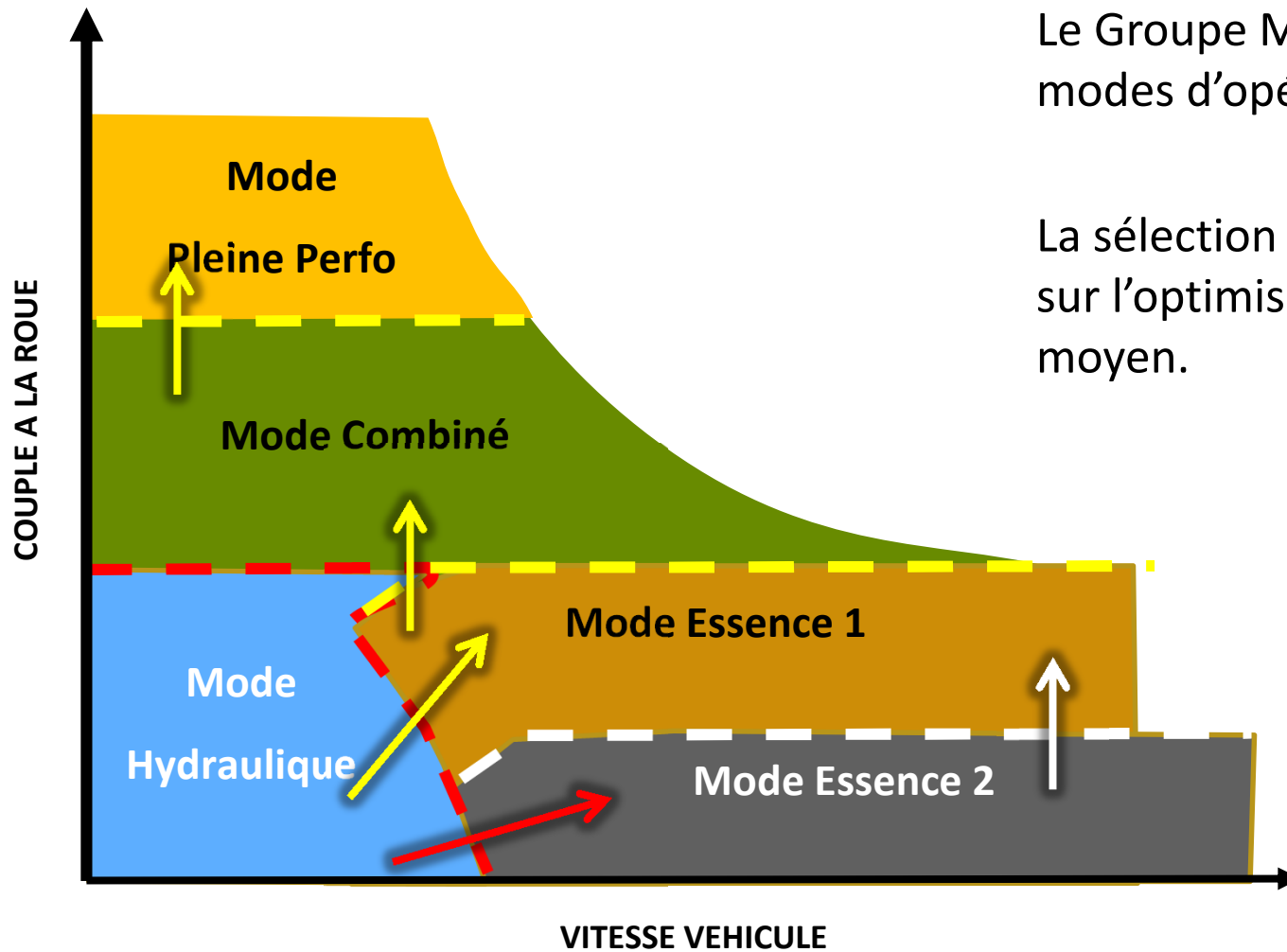
PUISSANCE MECANIQUE: Roulage stabilisé

PUISSANCE HYDRAULIQUE : Zéro Émissions & Récupération d'énergie au freinage

**PUISSANCE COMBINEE** : Accélération, reprises et montées



# MODES D'OPERATION

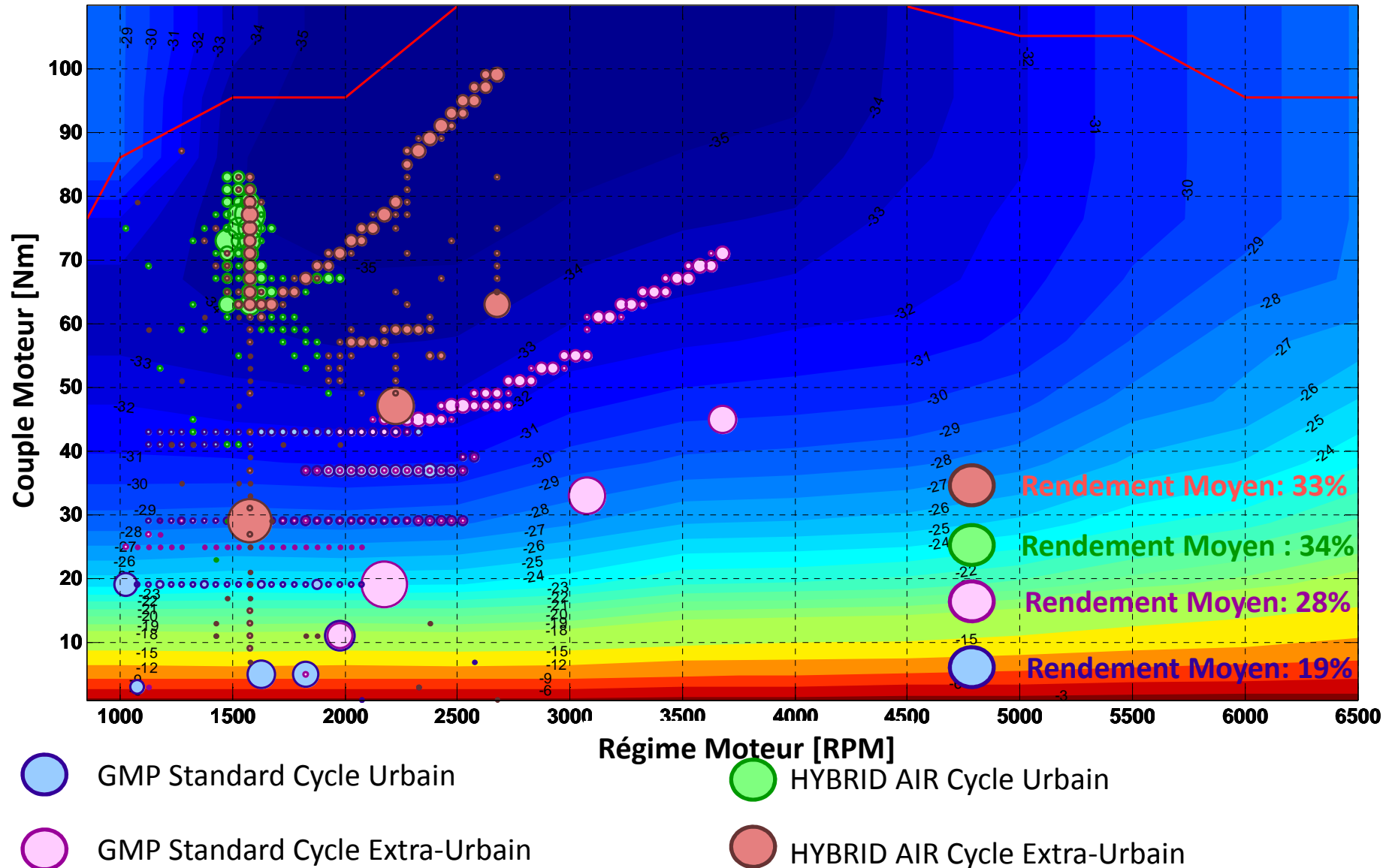


Le Groupe Motopropulseur a 4 modes d'opération primaires.

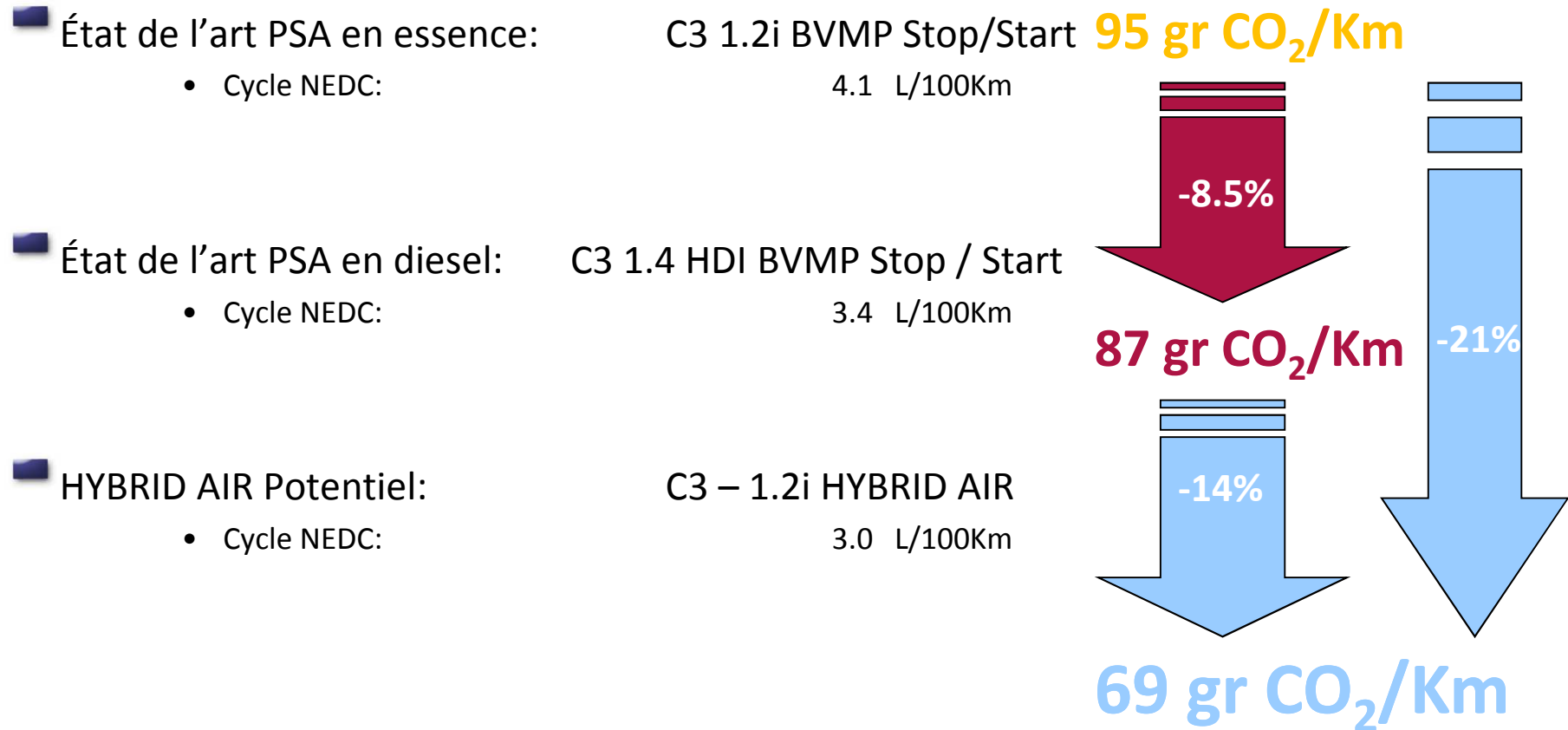
La sélection entre eux se base sur l'optimisation du rendement moyen.

# Hybrid Air X un véhicule avec boîte de vitesses pilotée

## CARTO DE RENDEMENT MOTEUR THERMIQUE



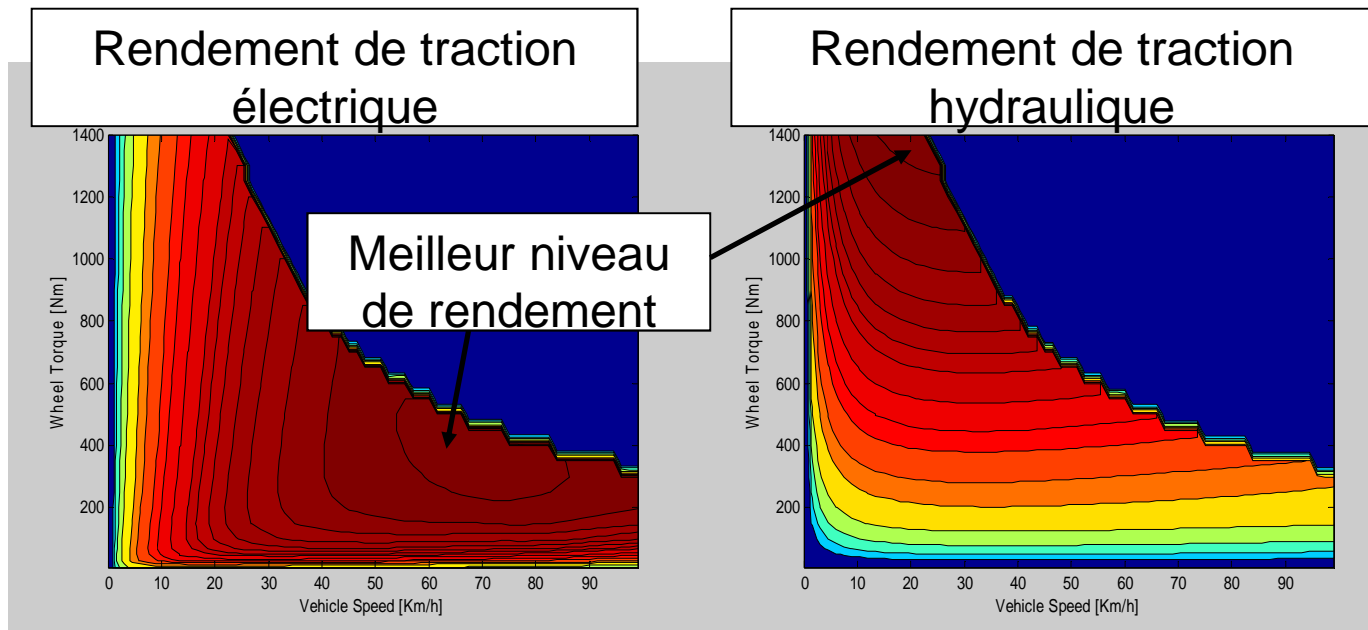
# Potentiel du Groupe Motopropulseur



PROTOTYPE ACTUEL A ÉTÉ HOMOLOGUE A **72 gr CO<sub>2</sub>/Km**

# Comparaison de rendement électrique et hydraulique

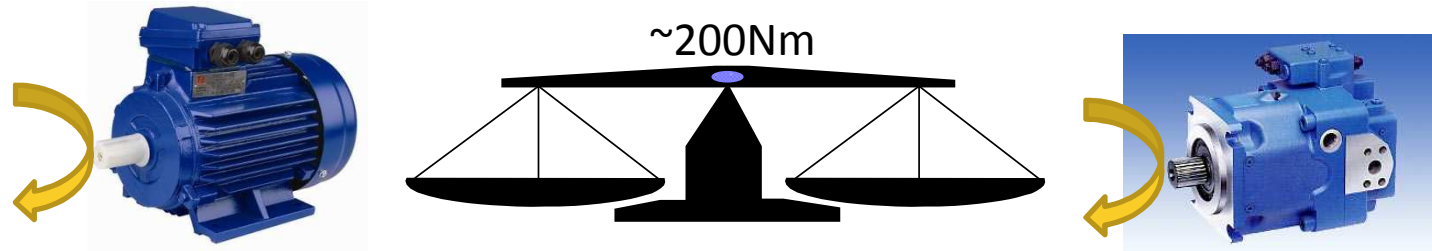
- Point de meilleur rendement:
  - Supérieur à 90% dans les deux cas
  - Mais pas exactement au même point de fonctionnement (Faible régime et fort couple pour le moteur hydraulique)
- Permet un meilleur rendement au niveau de la pompe hydraulique (comparé au générateur électrique) et aussi lors d'une forte décélération
- Mais le rendement électrique est meilleur pour une faible valeur de couple à la roue



# Dimensionnement Hybride (électrique X hydraulique)

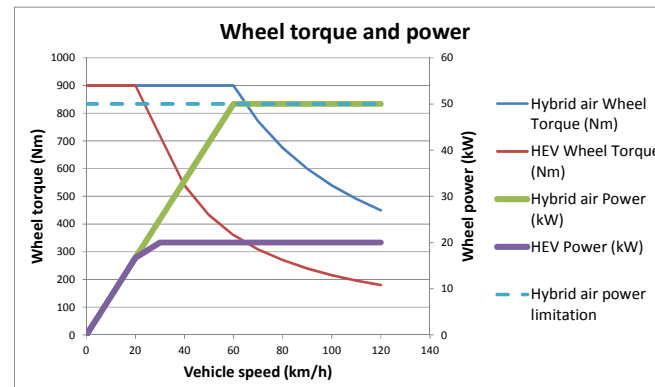
## Couple du moteur

- Question primordiale dans les deux cas (Hybrid Air and HEV) à cause des coûts et de l'implantation



## Puissance du moteur

- Exigence clé pour les études HEV → Définit la tension du système et en conséquence le nombre de cellules
- Le moteur hydraulique peut atteindre des puissances fortes (supérieures à 50kW) sans coût additionnel



## Énergie du système

- Exigence clé pour les études Hybrid air → définit le volume des accumulateurs
- Le HEV peut atteindre des niveaux très forts d'énergie utilisant des cellules à forte capacité

# Technologie de stockage électrique et hydraulique: 2 approches différentes



## ■ Exigences minimales du système

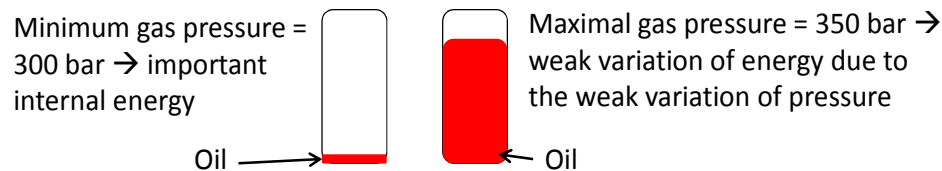
- Le système doit garantir les deux conditions suivantes:
  - Un volume d'énergie stocké de l'ordre de **55Wh** pour obtenir une réduction de la consommation.
  - Une puissance minimale de l'ordre de **30kW** pour garantir la dynamique du véhicule et sa capacité à récupérer de l'énergie avec un bon rendement.
- En **hydraulique**, le paramètre critique est **l'énergie stockée**. La disponibilité de puissance est résultante et supérieure à 30 kw. (60 kw disponibles)
  - => potentiel de performances augmenté
  - => potentiel de récupération d'énergie au freinage augmenté
- En **électrique**, le paramètre critique est la **puissance**. L'énergie stockée est résultante et plus importante que 55Wh . (600 Wh disponibles)
  - Potentiel de ZEV de l'ordre de 2 a 3km (cf Prius)

- En synthèse:

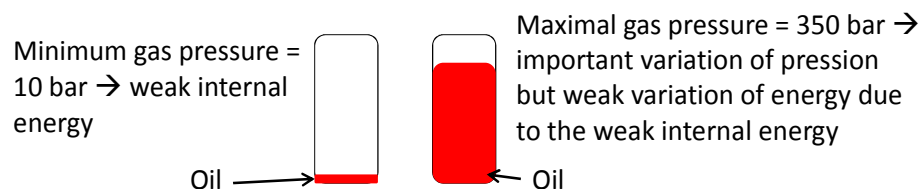
	ENERGY	POWER
TARGET	55 Wh	30 KW
HYDRAULIC	55 Wh	60 KW
ELECTRIC	600 Wh	30 KW

# Énergie dans les accumulateurs

- Trois paramètres doivent être définis pour optimiser l'énergie de l'accumulateur haute pression:
  - Son volume
  - Sa pression maximale
  - Sa pression minimale
- Pression maximale de l'accumulateur: 350bars. Définie par les limites des composants hydrauliques.
- Pression minimale de l'accumulateur: définie lors du premier remplissage
  - Si l'accumulateur est rempli avec un gaz fortement pressurisé (300bar par ex.)



- Si l'accumulateur est rempli avec un gaz faiblement pressurisé (10bar par ex.)





## Énergie dans l'accumulateur → pression minimale optimale

- L'énergie mécanique obtenue par l'expansion d'un gaz est donnée par la formule suivante:

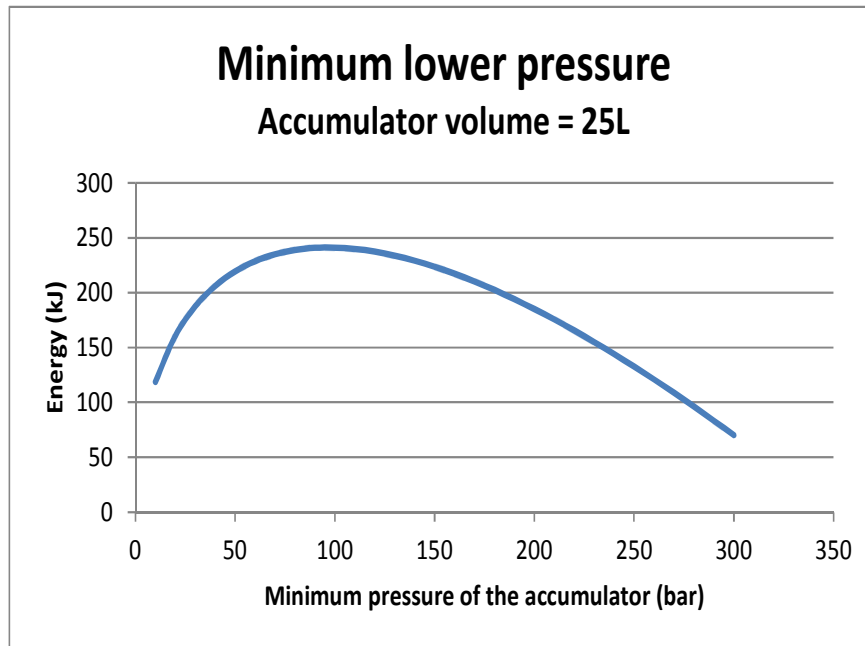
$$W = \frac{1}{m-1} P_1 V_1 \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{1-\frac{1}{m}} - 1 \right]$$

V1 : volume de gaz

P1 : Pression Minimale

P2 : Pression Maximale (350bar)

m : dépend du gaz et de sa vitesse d'expansion  
(m~1,7 pour une expansion adiabatique)



Pression minimale de l'accumulateur pour l'optimum énergétique → 110 bar

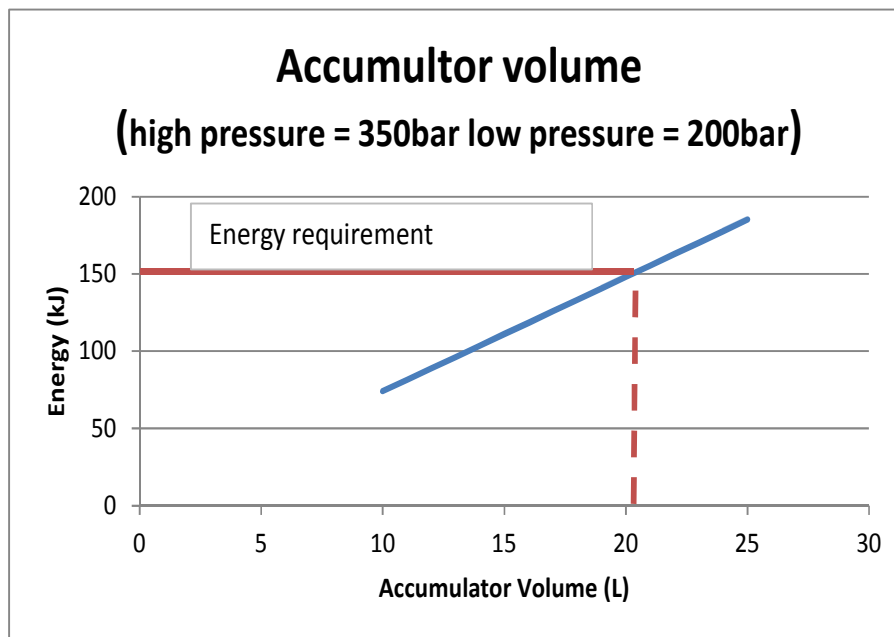
Pression optimale pour le couple machine → 350 bar (couple dépendant de la pression)

**Pression minimale → 200bar** (meilleur compromis)

## Énergie de l'accumulateur → dimensionnement du volume

■ Exigence en énergie: récupérer le maximum d'énergie d'une décélération entre 60km/h et 0km/h

- Exigence d'énergie =  $1/2 * \text{Masse} * (\text{Vitesse initiale}^2 - \text{Vitesse Finale}^2)$  – L'énergie perdue par friction du véhicule
- Exigence d'énergie = 150kJ



Pour récupérer tout l'énergie d'une décélération entre 60km/h et 0km/h, les exigences sur l'accumulateur sont:

- **Pression max = 350bar**
- **Pression min = 200bar**
- **Volume de l'accumulateur = 20L**

## Conclusion – dimensionnement hybride

- Hybrid Air et un véhicule hybride électrique ont des modes d'opération similaires (power split, ZEV...), mais il restent des écart importants pour le dimensionnement :
  - La puissance du système est un gros problème dans le cas du HEV
  - Le stockage d'énergie est un paramètre majeur pour Hybrid Air
- Pour les consommateurs, les prestations sont très similaires:

	Yaris HSD (1,5l NA MPFI Atk)	HHV Project (1,2l NA MPFI)
ICE Maximum Power (kW)	55 kW	60kW
ICE Maximum Torque (Nm)	111 Nm	116 Nm
Available extra power (kW)	Up to 20kW (74kW equivalent power)	Up to 20kW
Weight (kg)	1130 - 1150 kg (estimated)	1130 kg
CO2 (g/km)	79 g/km	<b>69 g/km</b>

- Hybrid Air dépasse le HEV pour deux raisons principales :
  - Le coût de la technologie, non dépendante des matières rares
  - Le recyclage des composants est plus facile

# L'Analyse de Cycle de Vie

## Définition

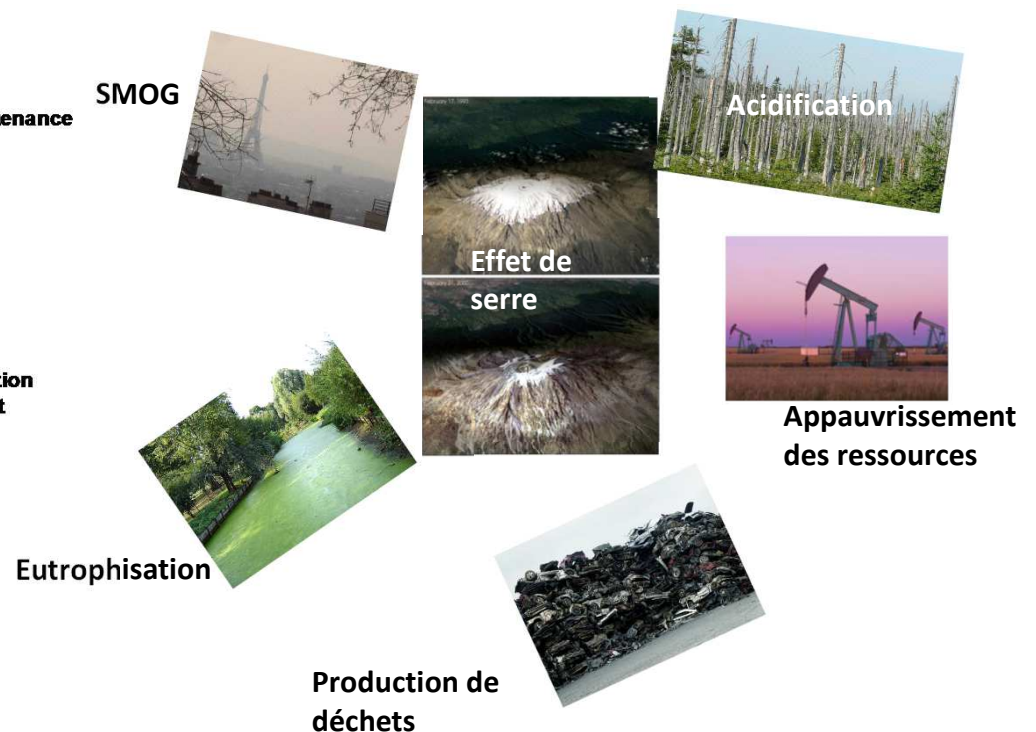
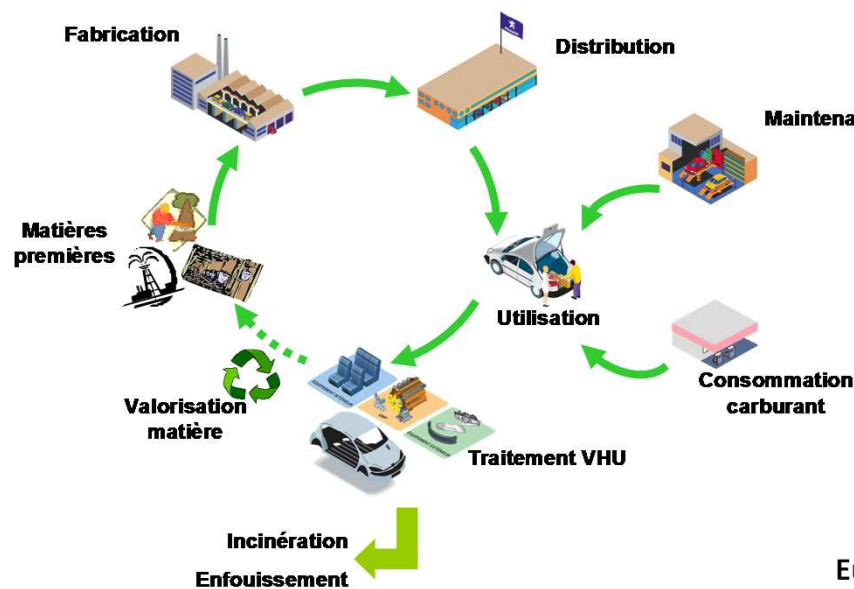
Méthode permettant de quantifier **les impacts environnementaux** d'un produit sur l'ensemble de **son cycle de vie**.

## Approche multi-étape

Elle prend en compte toutes les étapes du cycle de vie du produit

## Approche multicritère

Elle prend en compte un ensemble d'indicateurs d'impacts environnementaux



# Objectifs et champ de l'étude

## ■ Objectifs de l'étude

Réaliser l'analyse de cycle de vie comparative de la version thermique 208 1,2 VTi essence par rapport à la version munie du système Hybrid Air

*L'étude est réalisée selon les principes et cadres définis par les normes ISO 14040 et 14044 définissant les exigences relatives à la réalisation d'analyse de cycle de vie*

## ■ Unité fonctionnelle

Transporter des biens et des personnes pendant 10 ans et 150 000 km.

## ■ Flux de référence

Un véhicule 208 muni du moteur thermique 1,2 VTi essence et un véhicule 208 muni du moteur thermique 1,2 VTi essence et de l'hybridation Hybrid Air.

## ■ Périmètre

Toutes les étapes du cycle de vie des véhicules sont prises en compte dans cette analyse.

## ■ Comparaisons supplémentaires

208 Hybrid Air sera également positionné par rapport à un Véhicule électrique (résultats ADEME) et par rapport à 208 diesel (avec et sans stop & start – Etude PSA Peugeot Citroën)

# Hypothèses majeures

## Caractéristiques des véhicules

Véhicules	Masse à vide	Conso NEDC Mixte	Emissions CO <sub>2</sub> NEDC Mixte
208 1,4 HDI	1 128 kg	3,8 L/100km	98 g/km
208 1,4 eHDI	1 153 kg	3,4 L/100km	87 g/km
208 1,2 VTi	1 070 kg	4,5 L/100km	104 g/km
208 1,2 VTi Hybrid Air	1 170 kg	2,94 L/100km	69 g/km
VE ADEME	1 550 kg	24 kWh	0

La masse de Hybrid Air augmente de ~110 kg (11 % en masse) lié majoritairement :

- Changement de boîte de vitesse
- Ajout des accumulateurs sous caisse (accu en acier)
- Ajout des UCAP

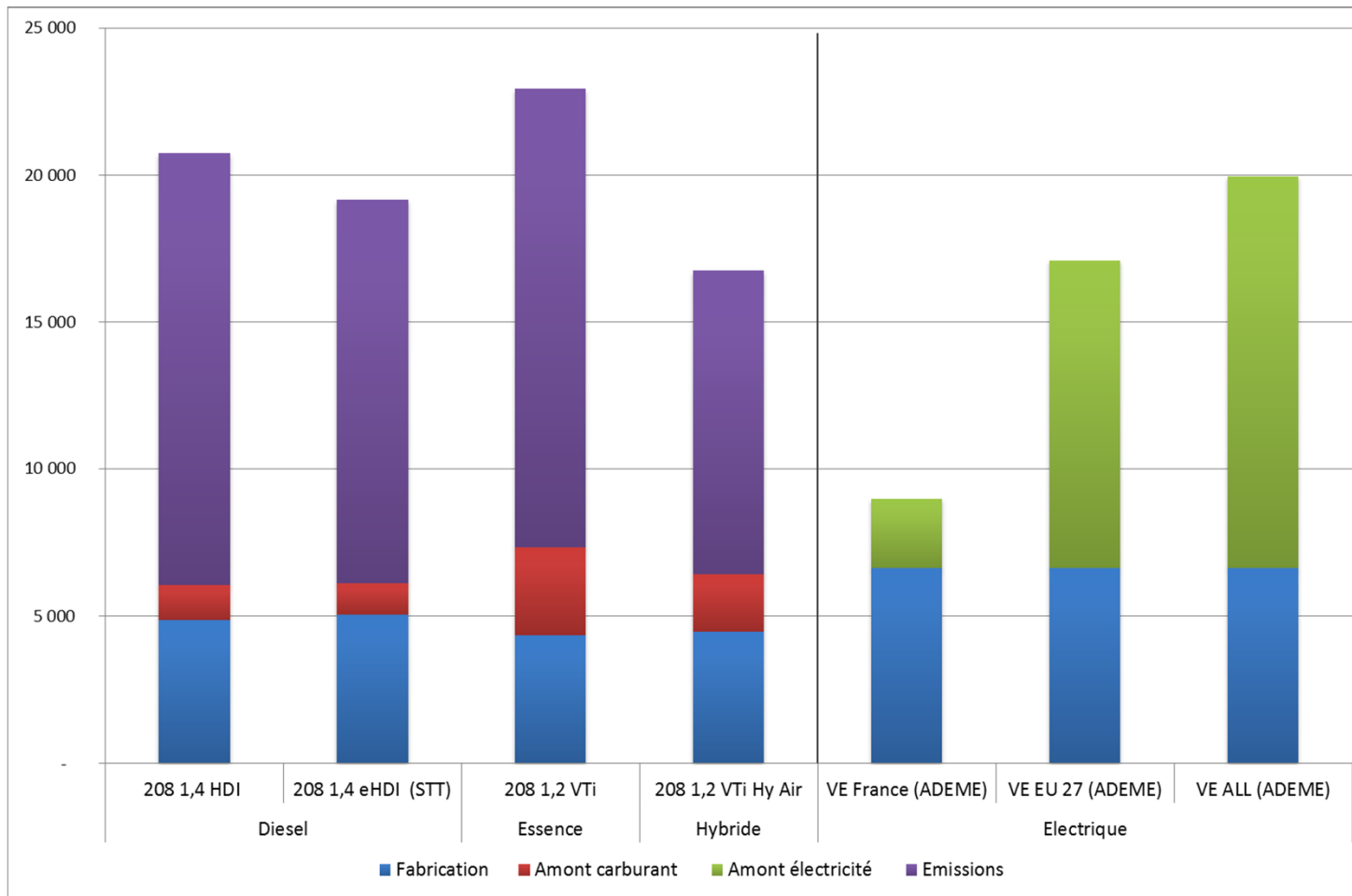
Le gain conso d'Hybrid Air est significatif par rapport à la version essence

- 1,5 L / 100 km soit une diminution de 35%

Le véhicule électrique considéré dans l'étude ADEME

- est un véhicule de segment B (équivalent 208, C3),
- Ses impacts sont calculés sur plusieurs mix énergétiques européens (Fr, All, Eu 27)

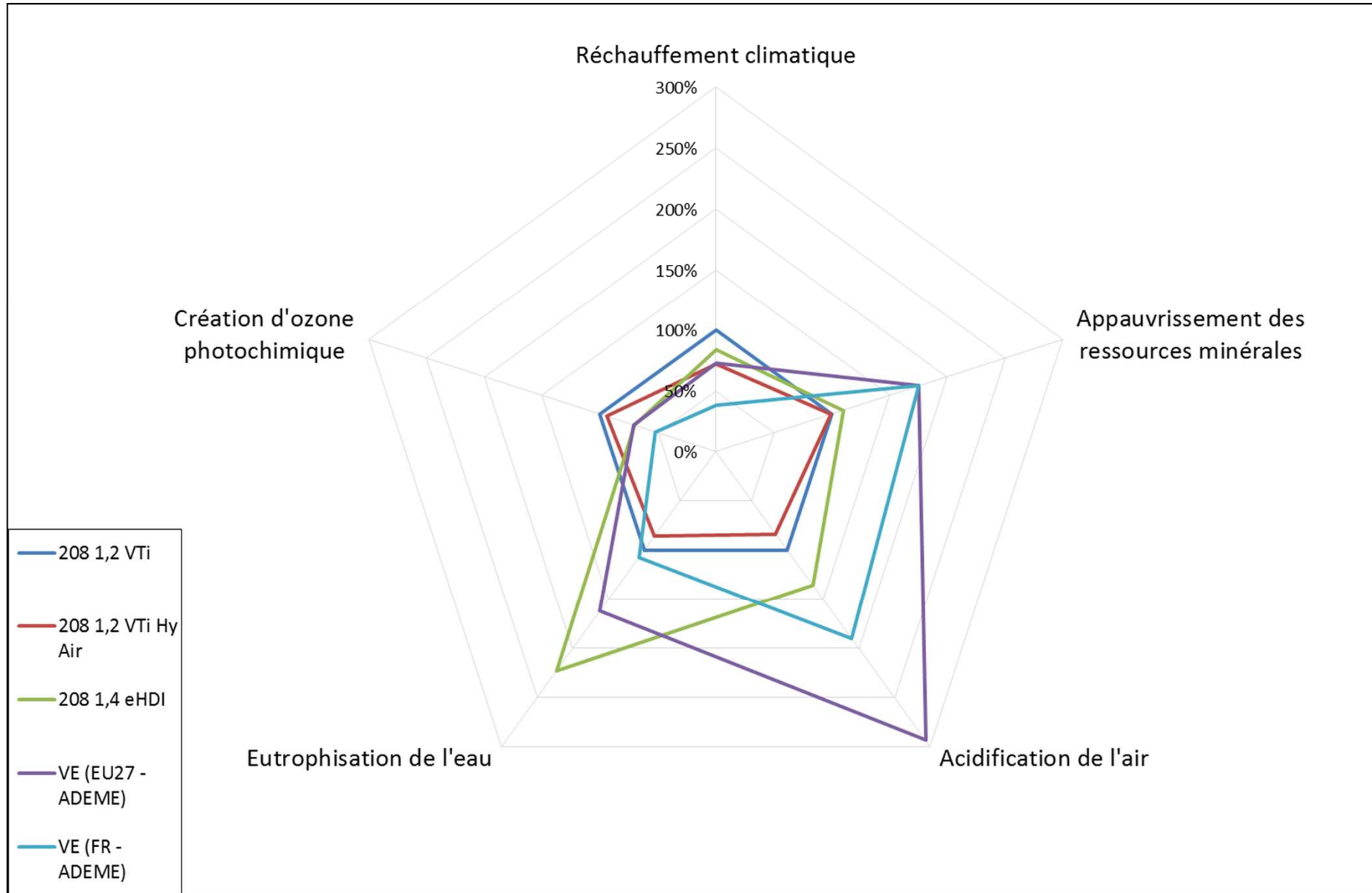
# Analyse comparative sur l'indicateur Réchauffement climatique



Sur l'indicateur Réchauffement Climatique, 208 Hybrid Air est le moins impactant des véhicules thermiques sur l'ensemble du cycle de vie.

Si l'on compare 208 Hybrid Air à un VE, celui-ci est plus performant en fonction du lieu de charge du VE (mix énergétique français émet peu de CO<sub>2</sub> grâce au nucléaire et à l'hydraulique)

# Analyse comparative sur 5 indicateurs d'impacts environnementaux





# Analyse des résultats Hybrid Air

- Par rapport aux version thermiques 208 :
  - Bon positionnement d'Hybrid Air sur les indicateurs
    - Réchauffement Climatique → **gain conso**
    - Eutrophisation → **gain conso**
    - Acidification → **gain conso, pas de matières premières impactantes dans le système d'hybridation**
  - Équivalence sur les indicateurs
    - Ozone photochimique → **dépend des émissions de COV, CO et NOx liées au type de carburant et au système de dépollution**
    - Appauvrissement des ressources minérales → **les matériaux mis en œuvre dans Hybrid Air ne sont pas fortement impactant**
- Par rapport au VE
  - Sur le réchauffement climatique :
    - le VE France est le moins impactant → **mix énergétique France faiblement carboné**
    - Hybrid Air est compétitif à un VE Europe
  - Sur les indicateurs appauvrissement des ressources, acidification et eutrophisation
    - Les VE sont particulièrement impactant → **impact des batteries embarquées dans les véhicules**

## Conclusions – analyse cycle de vie

- D'une manière générale, la technologie Hybrid Air pour une application sur 208 1,2 VTi essence permet de diminuer les impacts environnementaux sur tout le cycle de vie du véhicule
  
- La version 208 Hybrid Air concurrence directement le véhicule électrique
  - Sur les émissions de CO2 pour le cas d'une utilisation européenne. L'électricité française étant majoritairement nucléaire, l'impact CO2 lié à l'utilisation du VE est très faible en France.
  - Sur le reste des indicateurs d'impacts dans la mesure où le système d'hybridation n'embarque pas de batteries et que les matériaux mis en œuvre sont faiblement impactant
  
- Le système Hybrid Air s'affranchit des mix électriques européens ou mondiaux
  - Résultats constant quelque soit le lieu d'utilisation du véhicule

Thank you for your  
attention

