

-Ecole des MINES ParisTech -*ENSMP*-
-Centre de Mathématiques Appliquées-*CMA*-
- Chaire de Modélisation Prospective au service du Développement Durable-*CMPDD*-

Analyse de sensibilité des scénarios de transport en France : cas des véhicules particuliers

François BRIENS

11/10/2011



Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

Sommaire:

1. Le projet *SUSTAINS*
2. Conception du modèle *ESPACE*[®]
3. Analyse de scénarios sous *ESPACE*[®]
4. Conclusion

1) Le projet *SUSTAINS*

2) Conception du modèle ESPACE®

3) Analyse de scénarios sous ESPACE®

4) Conclusion

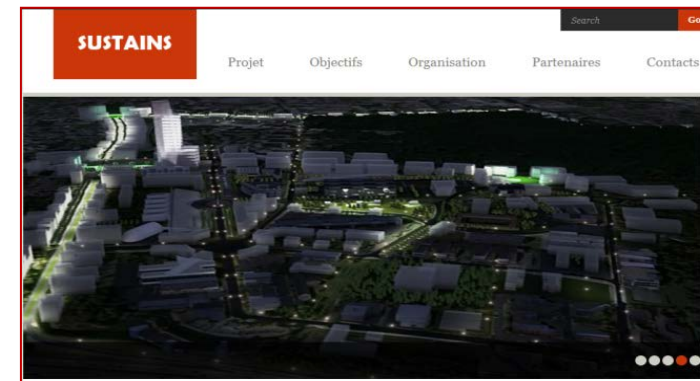


• Problématique:

- Il n'existe pas d'outil de pré-programmation urbaine permettant la conception de ville durable
- La modélisation des caractéristiques d'un environnement urbain durable est un problème très complexe.
- Les techniques classiques d'optimisation des politiques d'investissements énergétiques sont aujourd'hui insuffisantes.

• Le projet SUSTAINS:

- Un outil d'aide à la conception de ville durable en phase de pré-programmation
- Les acteurs: *Artefacto - Artelys – Areva TA- LINA – ARMINES – LIMSI- EPAMarne*
- Durée du projet: 36 mois
- Site d'expérimentation: Marne-La-Vallée
- Site internet: www.sustains.fr



Principe du module énergie:

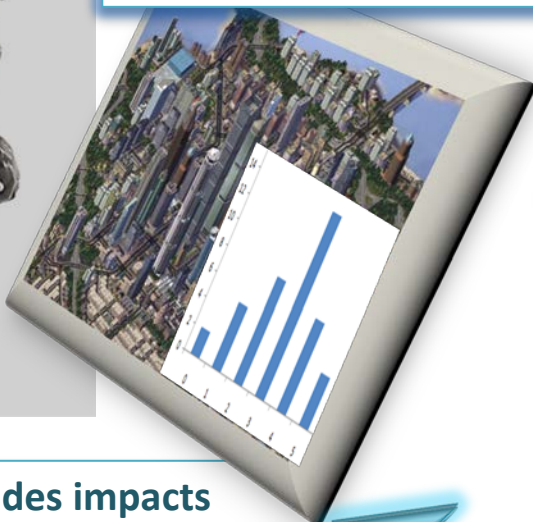
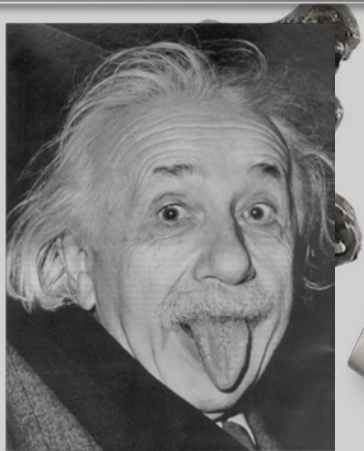
Visualisation et pré-programmation de la forme urbaine:

- Positionnement des centralités
- Répartition de la population et des emplois (« intensités »)
- etc.

- + Politique de transport (TC, etc)
- + Stratégie énergétique

Utilisateur Avancé

(urbaniste, aménageur, élu?,...)



Visualisation des impacts énergétiques de la forme urbaine



Modèle de consommation/production énergétique

Evaluation des impacts énergétiques

- Demande énergétique des secteurs résidentiel, tertiaire, industriel
- Consommation des transports
- Production à partir d'EnR locale

1) Le projet SUSTAINS

2) Conception du modèle *ESPACE*[®]3) Analyse de scénarios sous *ESPACE*[®]

4) Conclusion

```

Dim j As Integer
Dim k As Integer
'Pause le temps de modifier le graphe excel
Dim PauseTime, Start, Finish, TotalTime
PauseTime = 0.2 ' Définit la durée.
Start = Timer ' Définit l'heure de début.
Do While Timer < Start + PauseTime
DoEvents ' Donne le contrôle à d'autres processus.
Loop
'selection du parc actuel de la zone
j = 4
While Sheets("PARC_ZONE").Cells(1, j).Value <> ListBox3.Value
j = j + 1

```

Calcul des kilométrages annuels

	2010	2035
Nombre de déplacements par personnes et par jour	2.9	2.9
Part des Transports en Commun dans les modes motorisés	40 %	40 %
Nombre moyen de passagers par Véhicules		
Courte Distance	1.2	1.2
Longue Distance	1.8	1.8
Accessibilité		
Moins de 2 Km	52.00 %	20.00 %
2 à 5 Km	20.00 %	20.00 %
5 à 15 Km	20.00 %	8 %
Plus de 15 Km	8 %	

Annuler

Valider



Evolutions de la **S**tructure du **P**arc **A**utomobile, de ses **C**onsommations et de ses **E**missions

- Modèle simple à prendre en main
- Développé sous Excel, interface utilisateur en VB

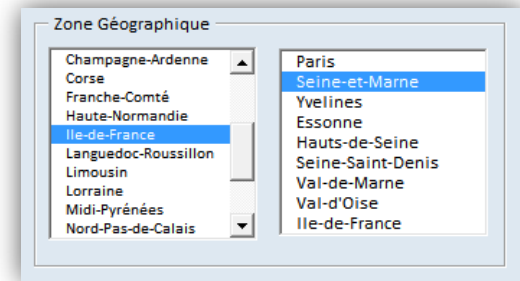
Fonctionnalités:

- Calcul des consommations et des émissions CO2 d'un parc de véhicules à horizon 2035
- Approche segmentée du parc automobile
- Prise en compte des lois de survie des véhicules
- Ciblage géographique
- Edition des résultats sous forme de fichiers Excel
- Options avancées pour utilisateurs avertis*

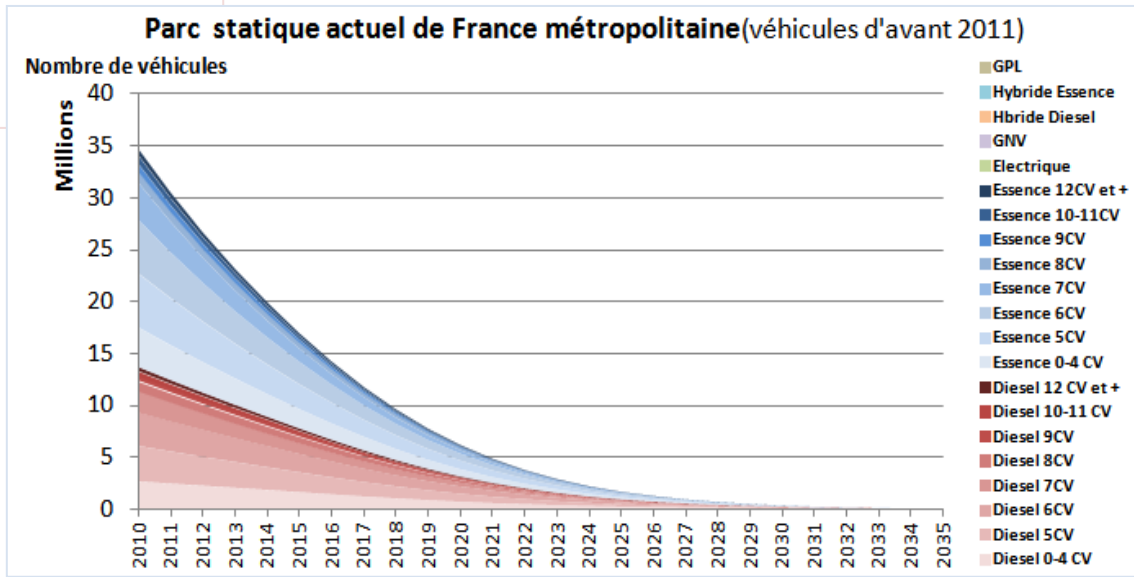
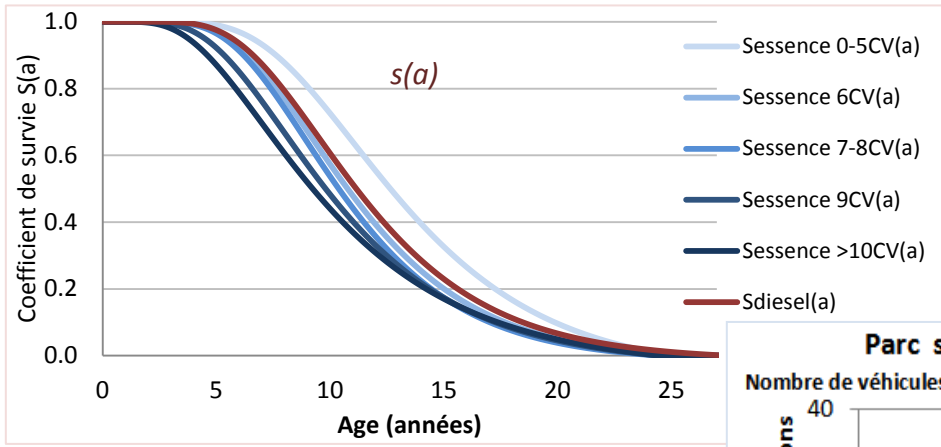
Les étapes de calcul du modèle:

1. Importation des données relatives à une zone géographique considérée (*parc statique actuel et données démographiques*)

2. Simulation de la survie du parc statique actuel (< 2011)



Loi de survie de type log-normale:
$$s(a) = 1 - \left(\frac{\varphi(a)}{\varphi(A)} \right) = 1 - \left(\frac{\frac{\ln(a)-m}{\sigma}}{\frac{\ln(A)-m}{\sigma}} \right)$$



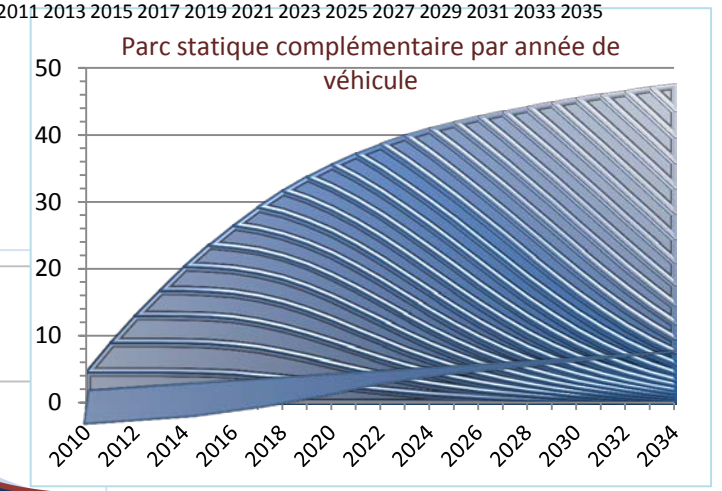
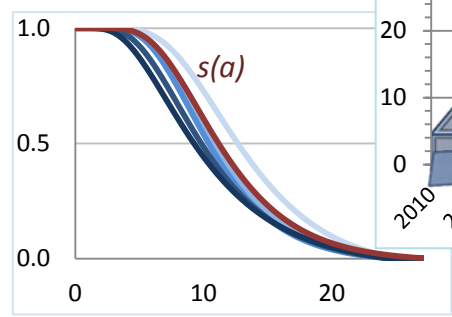
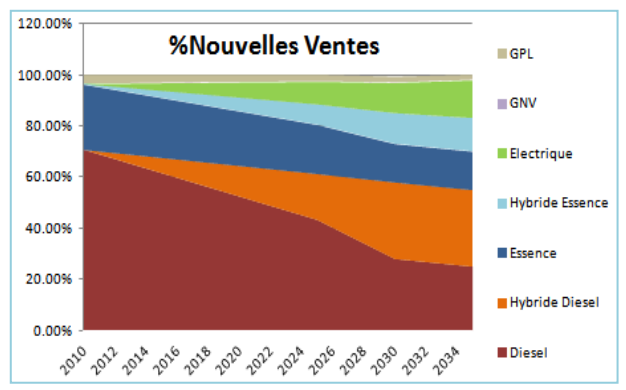
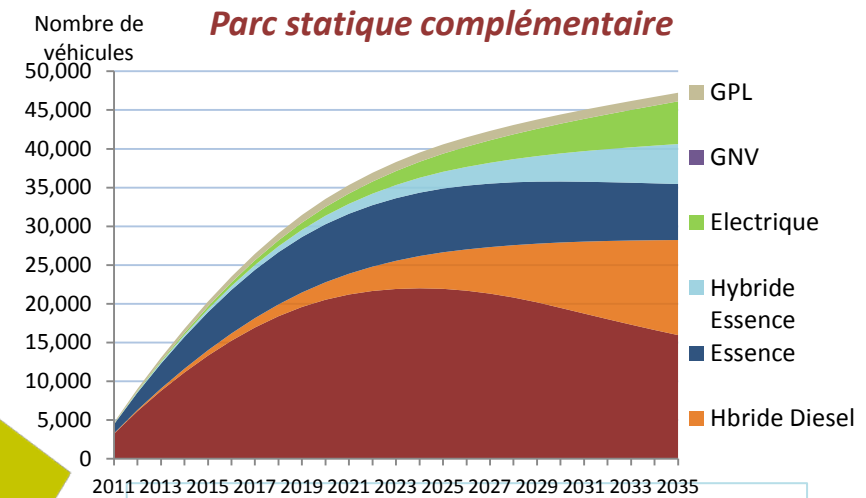
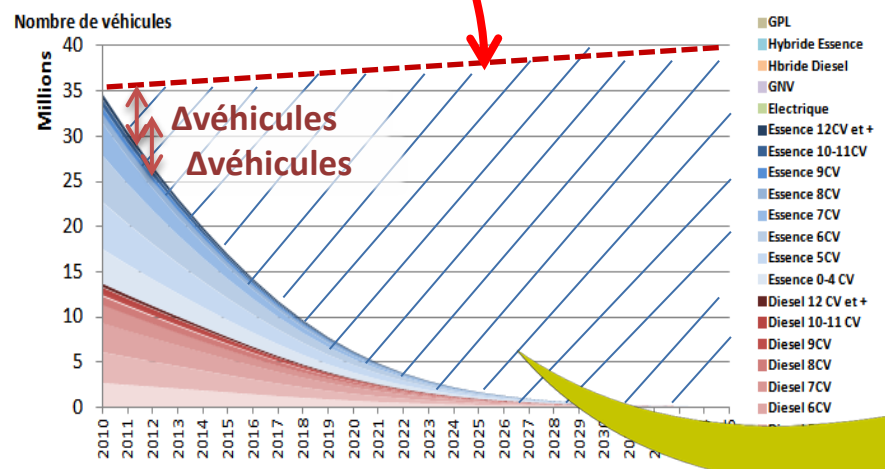
✗ Nb. Véhicules parc statique actuel

Les étapes de calcul du modèle:

3. Estimation de la demande globale future pour le parc statique

$$Parc\ Statique\ Total\ (Z, A) = Population\ (Z, A) \times \tau_{mot.moy}/personne\ (Z, A)$$

4. Déduction du parc statique complémentaire et simulation de sa survie

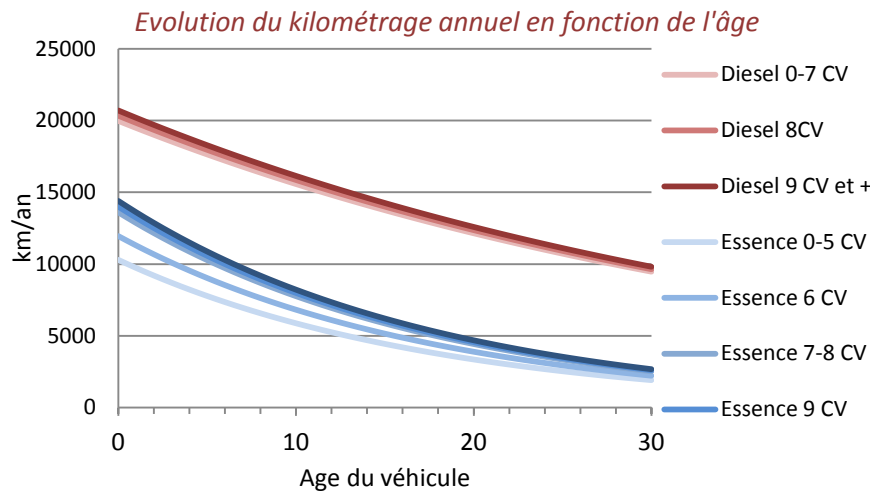


Les étapes de calcul du modèle:

5. Calcul des parcs roulants correspondants

Loi d'utilisation des véhicules:

$$km(a, c, k) = g(k) * km(c) * e^{-\alpha a}$$

OuCouplage à partir d'une forme urbaine donnée (*SUSTAINS*)

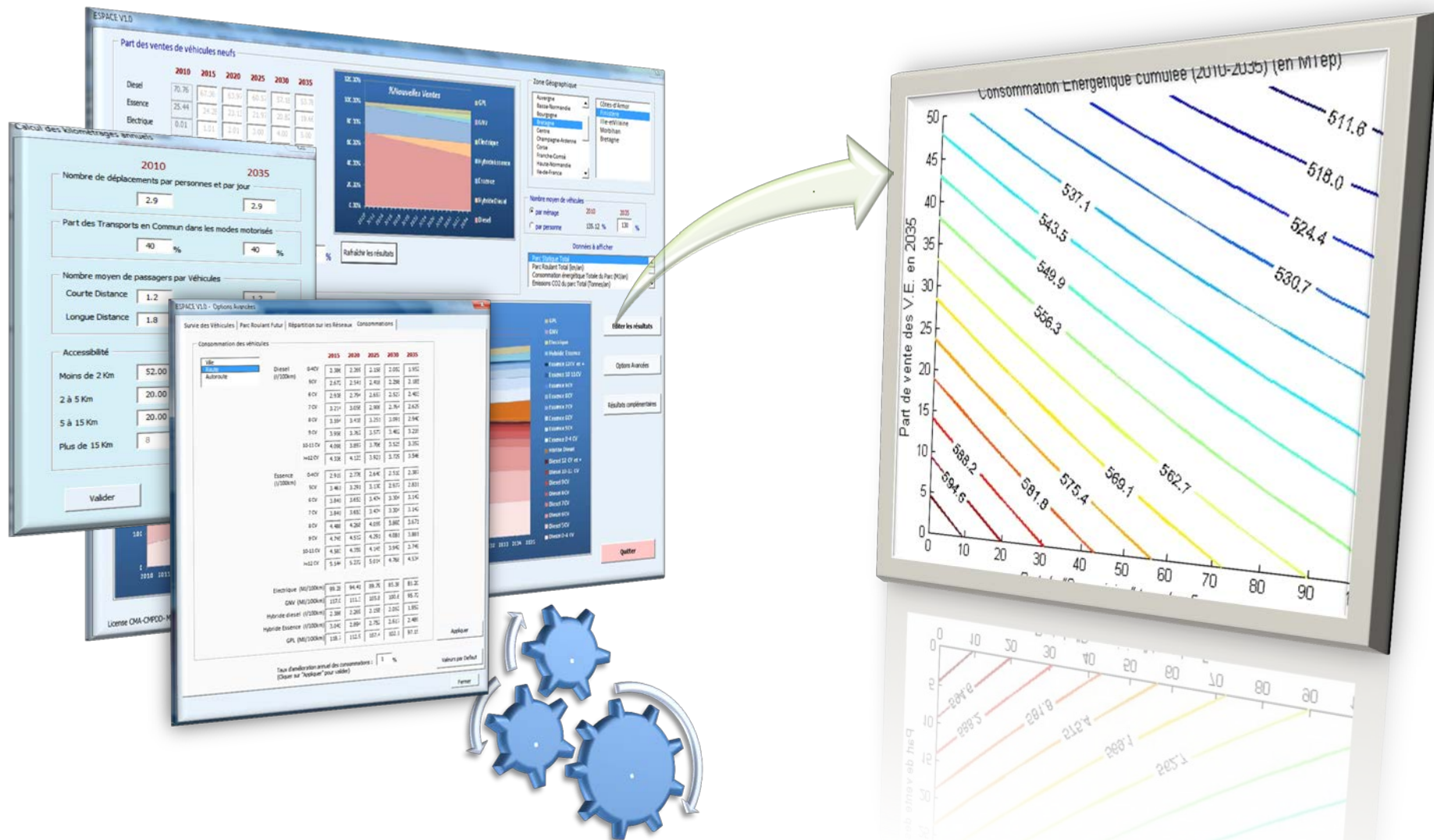
Calcul des kilométrages annuels

	2010	2035
Nombre de déplacements par personnes et par jour	2.9	2.9
Part des Transports en Commun dans les modes motorisés	40 %	40 %
Nombre moyen de passagers par Véhicules		
Courte Distance	1.2	1.2
Longue Distance	1.8	1.8
Accessibilité		
Moins de 2 Km	52.00 %	52.00 %
2 à 5 Km	20.00 %	20.00 %
5 à 15 Km	20.00 %	20.00 %
Plus de 15 Km	8 %	8 %

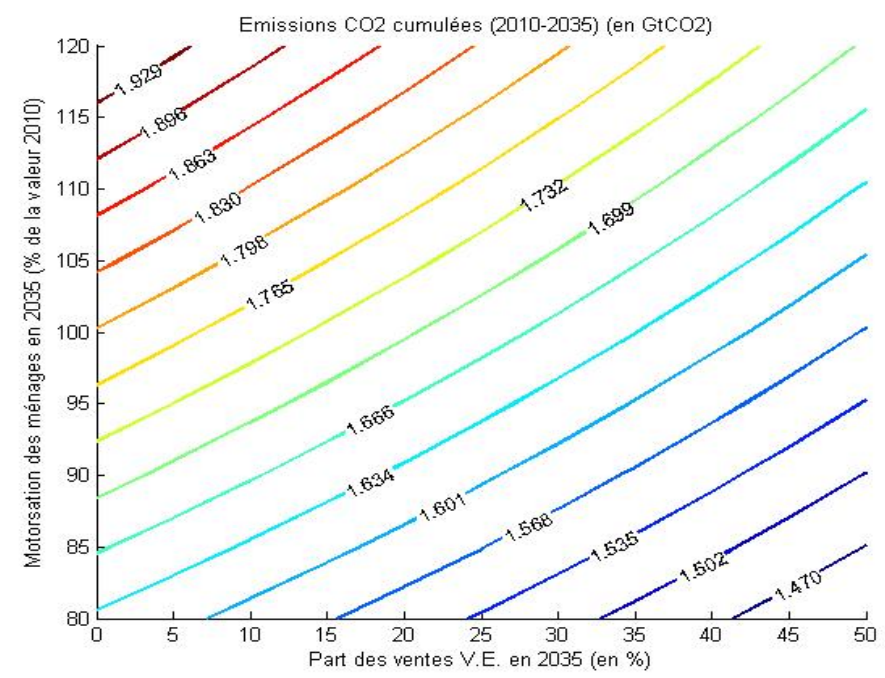
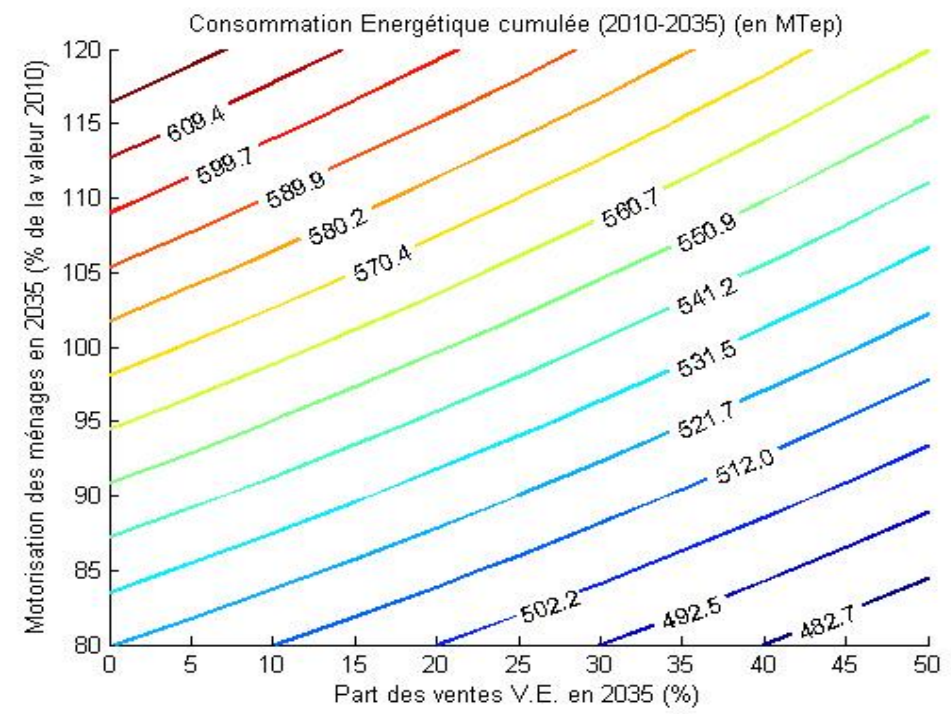
Valider Annuler

6. Ventilation sur les différents réseaux routiers (*ville/route/autoroute*)
7. Calcul des consommations énergétiques de chaque segment de véhicules
8. Calcul des émissions de CO₂
9. Calcul des Coûts: - Du Parc Statique (véhicules)
- Du Parc Roulant (coût des carburants...)
10. Résultats complémentaires: - Parcs roulants TC et 2-Roues
- Consommations énergétiques TC et 2-Roues

3) Analyse de scénarios sous *ESPACE*[®]



a) Parts des ventes du Véhicule Electrique - VS - Motorisation de la population

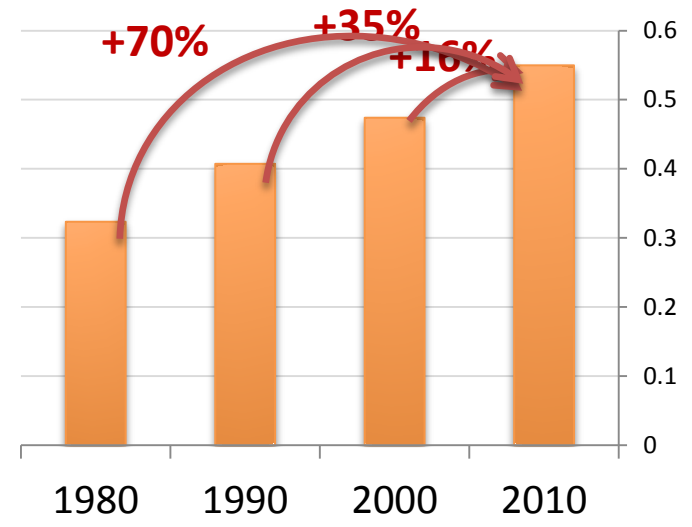


Energie: (-5%) Nb.véhicules/personne \equiv 11.3% ventes V.E.

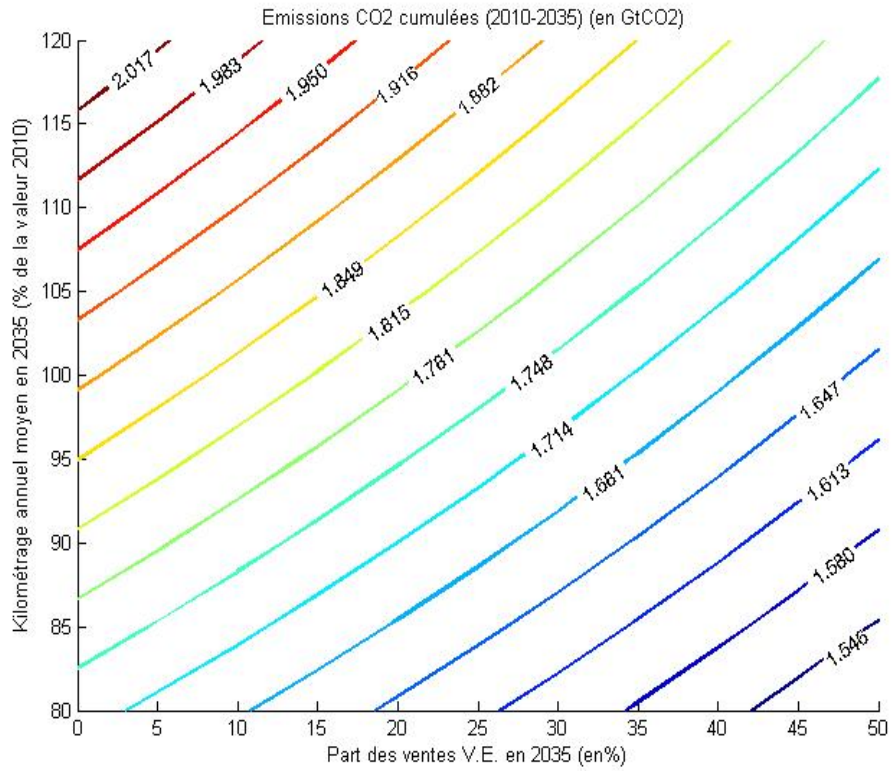
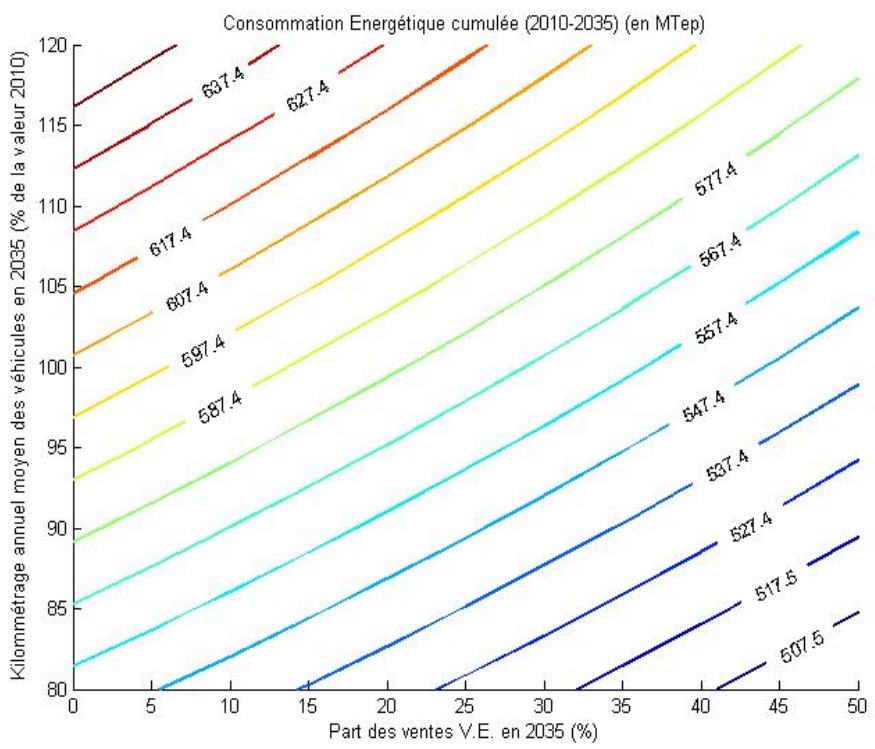
CO2: (+9%) Nb.véhicules/personne & (+15%) ventes V.E. \equiv 0

Evolution du nombre moyen de véhicules/personne:

- 2000 \rightarrow 2010:
- 1990 \rightarrow 2010:
- 1980 \rightarrow 2010:



b) Parts des ventes du Véhicule Electrique -VS- kilométrage moyen des véhicules

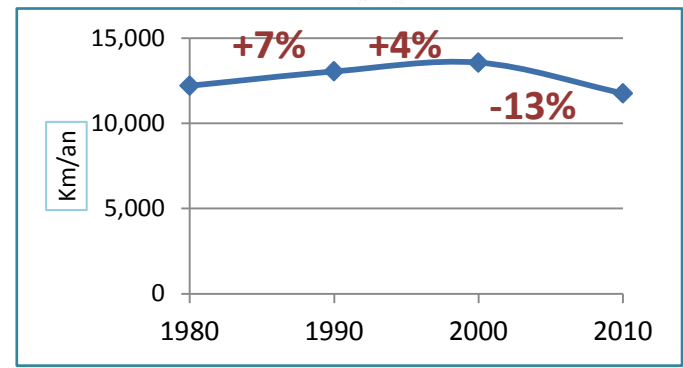


Energie:

20% de ventes V.E. en 2035 \equiv (-10%) km moyen

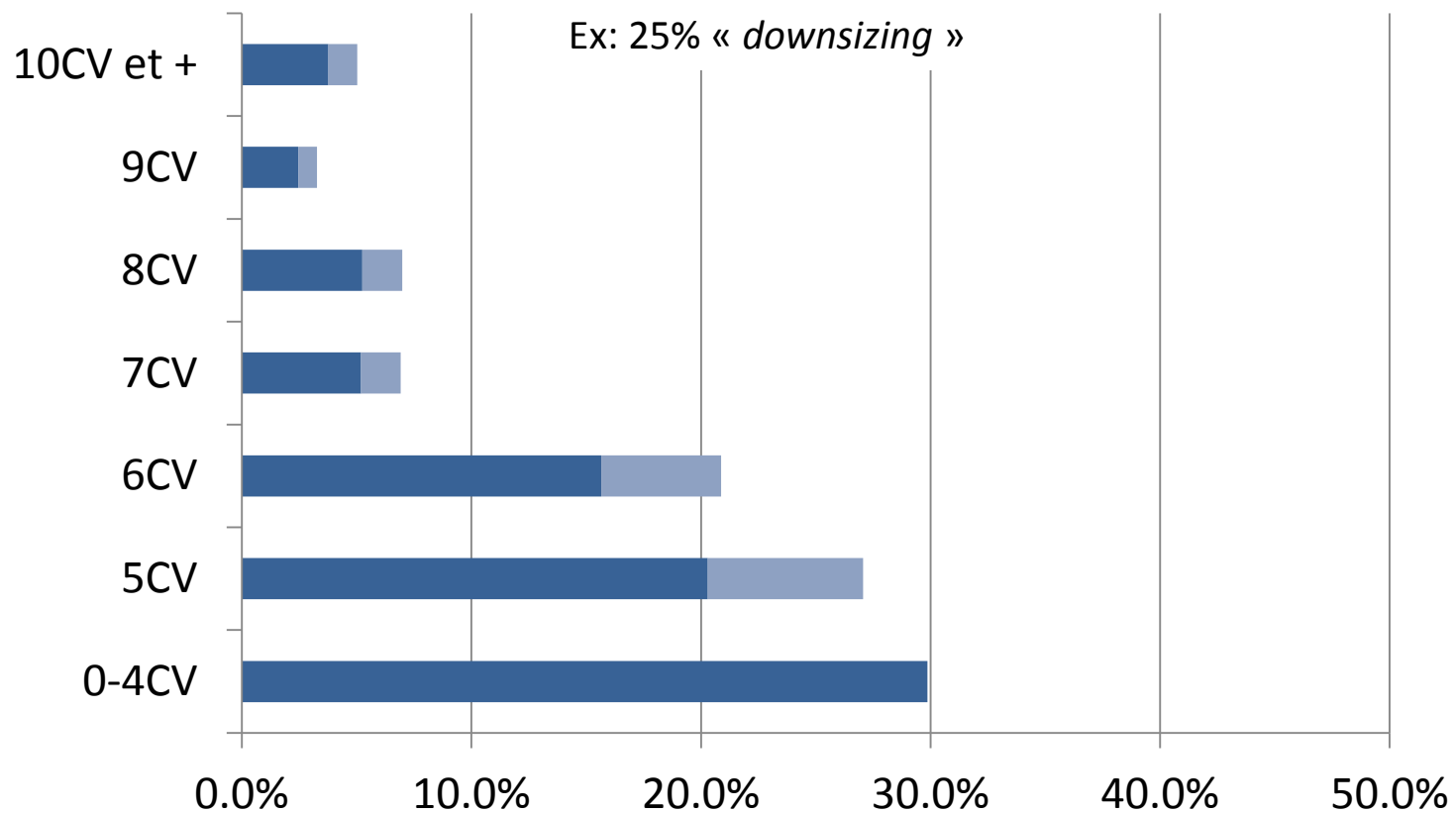
CO2:

24% de ventes V.E. en 2035 \equiv (-15%) km moyen

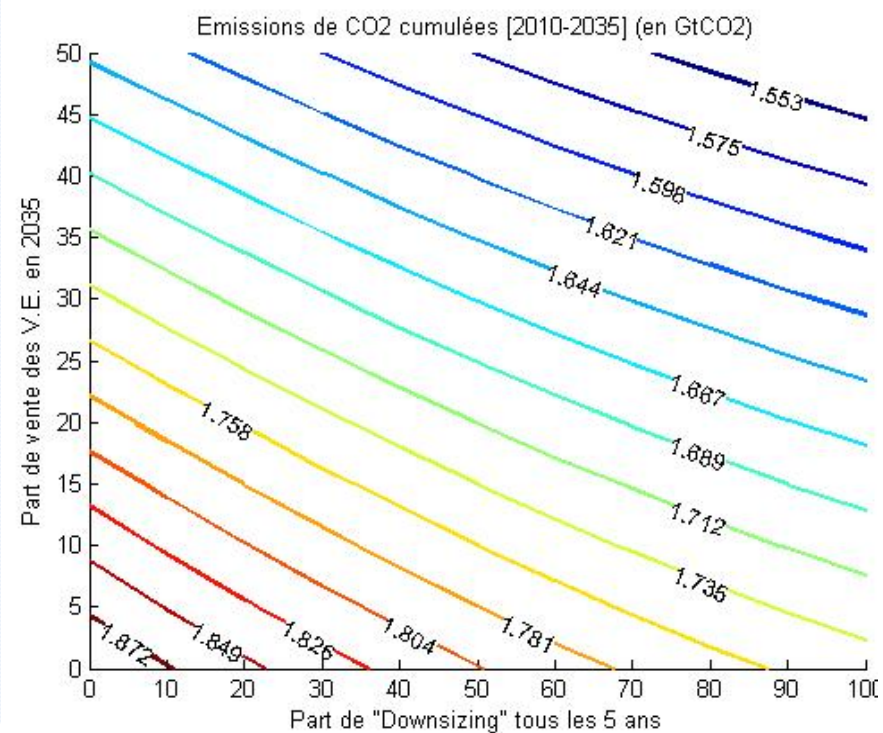
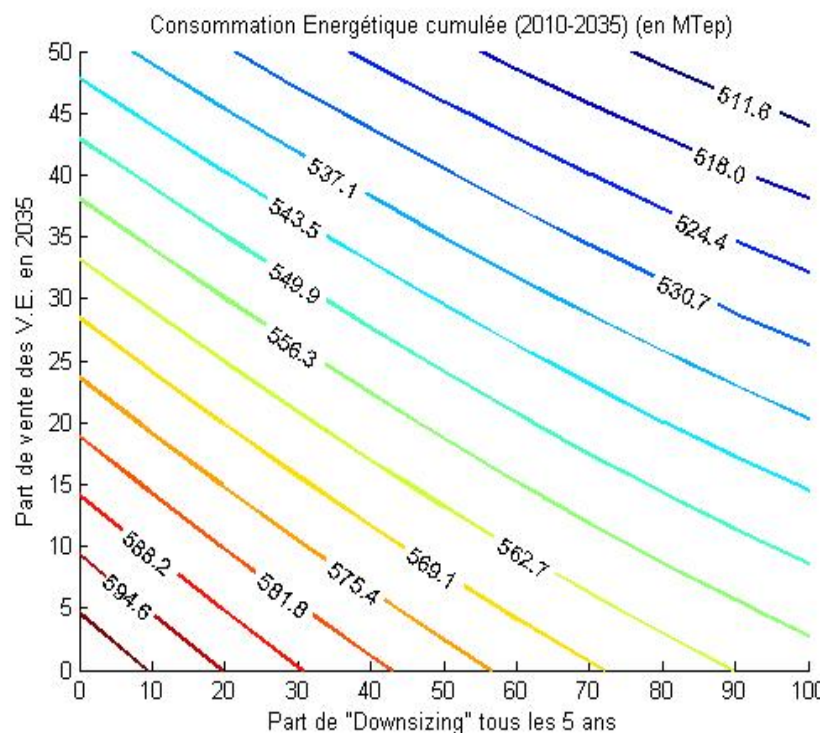


c) Parts des ventes du Véhicule Electrique -VS- « Downsizing »

« Part de *downsizing* tous les 5 ans » = part des acheteurs de chaque classe de puissance donnée qui se reporte sur la classe de puissance immédiatement inférieure tous les 5 ans.



c) Parts des ventes du Véhicule Electrique -VS- « Downsizing »



Energie: 14% de ventes V.E. en 2035 \equiv 30% « Downsizing » tous les 5 ans

CO2: 17% de ventes V.E. en 2035 \equiv 50% « Downsizing » tous les 5 ans

d) Modélisation et objectifs (politiques)

Réduction de moitié des émissions de CO₂ entre 2010 et 2035

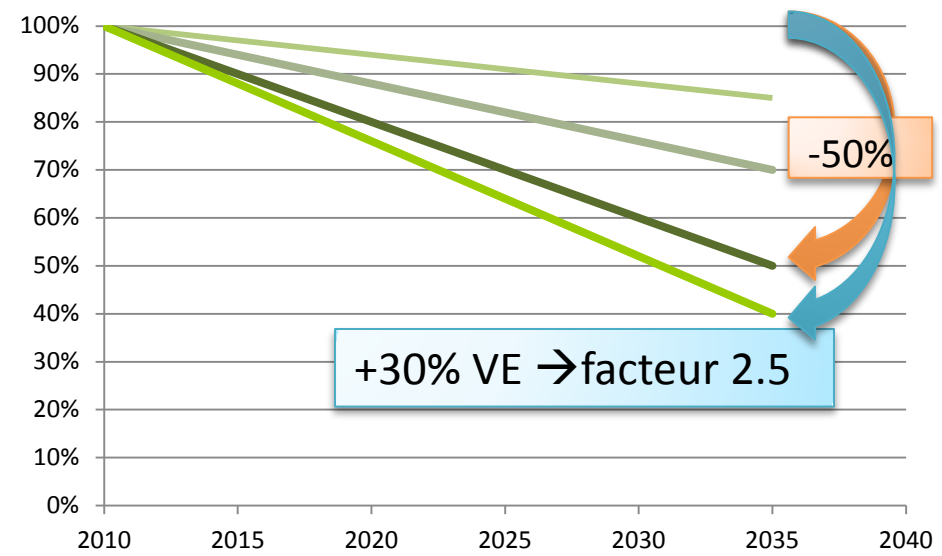
V.E. = **71%** parts des ventes en 2035

...Ou **-40%** kilométrage d'ici 2035

...Ou **-49%** Nb.moy.véhicules/personne d'ici 2035

Ou bien:

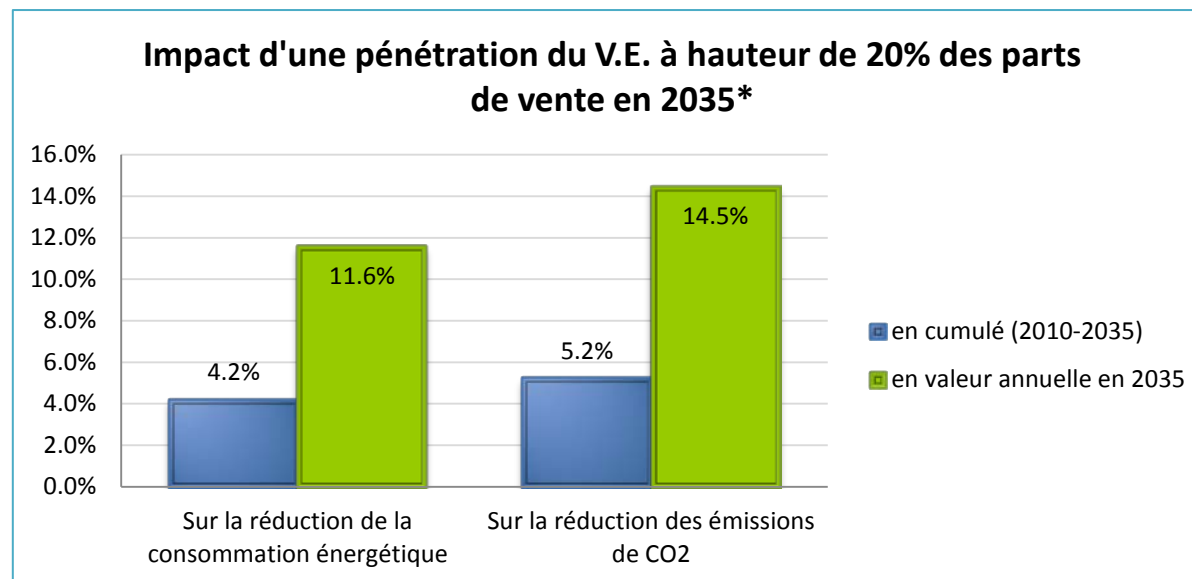
40% Downsizing tous les 5 ans
 +
(-20%) kilométrage
 +
(-30%) motorisation de la population
 (niveau 1978)



- 1) Le projet SUSTAINS
- 2) Conception du modèle *ESPACE*[®]
- 3) Analyse de scénarios sous *ESPACE*

4) Conclusion des simulations

- Importance des leviers d'ordre « sociologique » et « comportemental » par rapport aux leviers « technologiques »
- Pour des objectifs ambitieux, l'ensemble des paramètres est appelé à évoluer
- Forte inertie du parc de véhicules



➤ « Think GLOBAL, act local »



Chaire Modélisation prospective
au service du développement durable

Merci pour votre attention...

Q.&A. ?

a) Le modèle MarkAI: partie transport routier de passagers



- Modèle « drivé » par la demande de mobilité
- Conversion de commodités énergétiques en mobilité (courte/moyenne/longue distance) par des Technologies
- Commodités disponibles pour conversion:

essence, diesel, agro-carburants, gaz naturel pour véhicule (GNV), gaz de pétrole liquéfié (GPL), électricité, hydrogène

- Technologies de conversion des commodités énergétiques en mobilité:

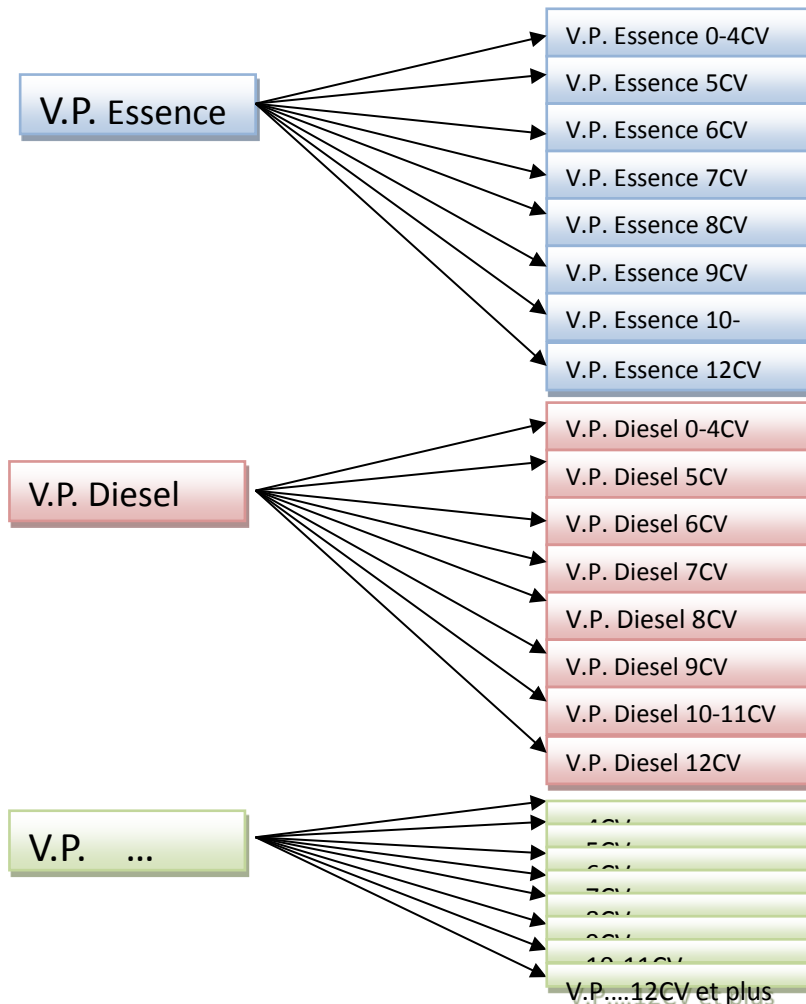
Véhicule essence, véhicule diesel, véhicule GPL, véhicule GNV, véhicule électrique, véhicule hydrogène ICE, véhicule pile à combustible, véhicule hybride essence, véhicule hybride diesel, etc.

b) Segmentation du Parc de véhicules

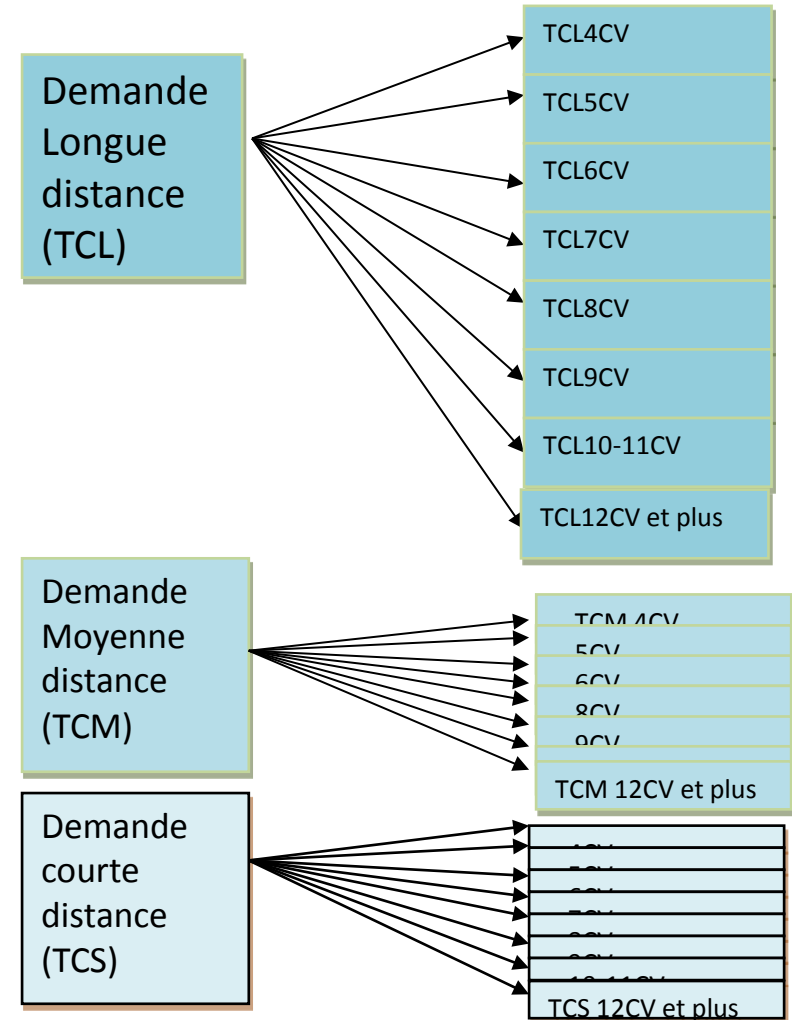
8 classes de puissance par type de véhicule...

Ancienne segmentation

Nouvelle segmentation

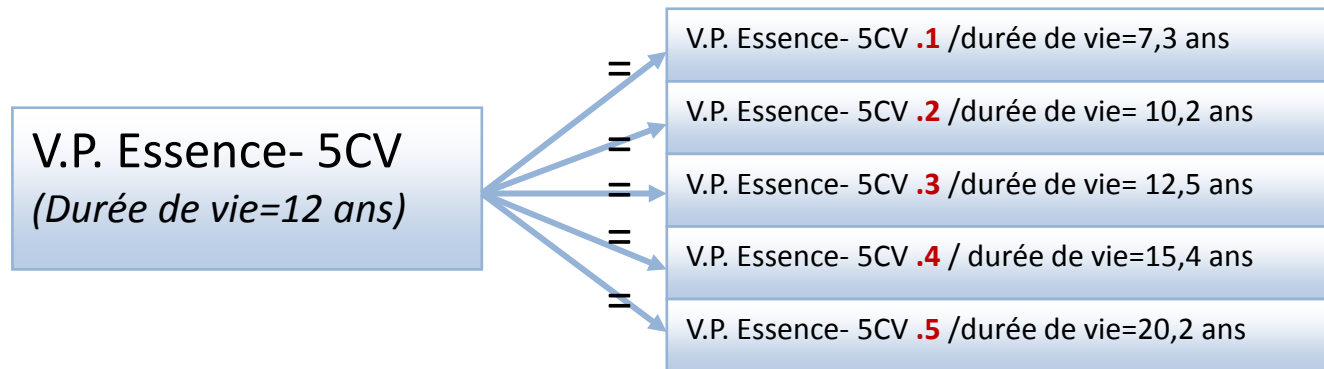


...et par type de demande



c) Intégration des lois de survie

- *Création de « clones » de différentes durées de vie...*



- *...reliés par des contraintes*

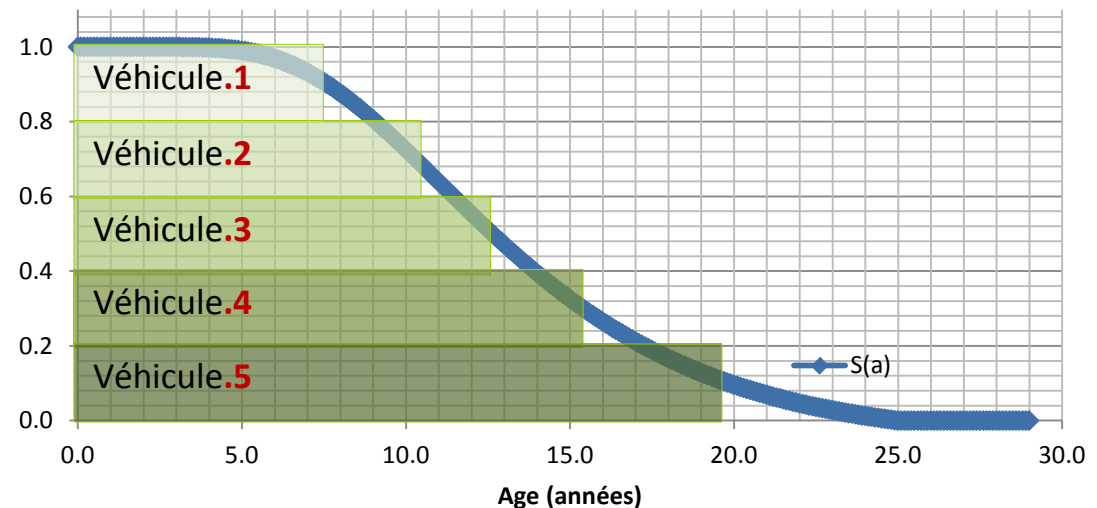
$$NCap(Véhicule.1) = NCap(Véhicule.2)$$

$$NCap(Véhicule.2) = NCap(Véhicule.3)$$

$$NCap(Véhicule.3) = NCap(Véhicule.4)$$

$$NCap(Véhicule.4) = NCap(Véhicule.5)$$

Intégration des lois de survie des véhicules sous MarkAI



d) Modélisation et objectifs (politiques)

acteur 2.5 en 2035 :

87% VE

-59% motorisation pop

-52% km

Ou: 30%DS ts les 5 ans+ -30%km + 25% elec + -25% motorisation de la population (a peu pres niveau de 1983

max100% VE= 3.27

Max 100%downsizing =-26% co2