

Document de travail

**L'importation de carburants routiers
par les frontaliers et le TRM international :
annexes méthodologiques**

Olivier Rolin

Avril 2006

Les jugements et opinions exprimés dans ce document n'engagent que l'auteur.

Le présent document détaille les éléments de méthode utilisés dans l'étude publiée dans les Notes de synthèse du SESP n°160, « L'importation de carburants routiers par les frontaliers et les routiers ».

1 : Définition des soldes aux frontières

Les différentes quantités seront déterminées par des indices de la forme $i \rightarrow j$: ils indiquent que i est le pays d'achat du carburant, et j celui où il est consommé.

La relation entre la consommation et les livraisons de carburants sur le territoire français fait intervenir trois termes :

- $C_{F \rightarrow F}$, représente la quantité de carburant achetée et consommée en France ;
- $C_{F \rightarrow E}$, représente la quantité de carburant achetée en France et consommée à l'étranger ;
- $C_{E \rightarrow F}$, représente la quantité de carburant achetée à l'étranger et consommée en France.

La consommation totale française C_F s'écrit $C_F = C_{F \rightarrow F} + C_{E \rightarrow F}$; à l'inverse, les livraisons en France s'écrivent $L_F = C_{F \rightarrow F} + C_{F \rightarrow E}$

Par définition, le terme solde aux frontières A pour chaque carburant correspond à la différence entre :

- la consommation à l'étranger de carburants achetés en France ;
- la consommation en France de carburants achetés à l'étranger.

Ainsi, $A = L_F - C_F = C_{F \rightarrow E} - C_{E \rightarrow F}$. Deux cas sont ensuite distingués : $A^{Essence}$ et A^{Gazole} .

Pour évaluer ces deux termes, il faut distinguer quatre types principaux de trafics qui ont des comportements différents :

- le trafic VL (VP+VUL) ;
- un trafic PL d'échanges nationaux ;
- un trafic PL d'échanges bilatéraux entre la France et l'étranger ;
- un trafic PL de transit.

Ainsi, selon le carburant, les soldes aux frontières s'écrivent :

$$A^{Essence} = A_{VL}^{Essence} \text{ et } A^{Gazole} = A_{VL}^{Gazole} + A_{PL/national}^{Gazole} + A_{PL/échange}^{Gazole} + A_{PL/transit}^{Gazole}$$

Les termes $A_{VL}^{Essence}$, A_{VL}^{Gazole} et $A_{PL/national}^{Gazole}$ sont évalués par la même méthode exposée en annexe 3 ; les termes $A_{PL/échange}^{Gazole}$ et $A_{PL/transit}^{Gazole}$, du fait de leurs spécificités, font chacun l'objet d'une évaluation séparée.¹

¹ Dans cette première approche, le transport international de marchandises par des véhicules ayant un PTAC inférieur à 3,5t est négligé.

Pour compléter, dans le cas des VL, la méthode de coût généralisé ne prend pas explicitement en compte :

- l'existence de trajets multifonctionnels ayant d'autres finalités que celle de s'approvisionner en carburant (tourisme, achat de tabac, d'alcool, ...);
- un coût supplémentaire lié à la planification du déplacement à l'étranger, ce qui engendre nécessairement des coûts d'organisation non pris en compte directement.

Si le premier cas est prédominant, alors $\alpha > 1$; si c'est le second, alors $\alpha < 1$.

A cet effet, on introduit un coefficient multiplicatif α identique pour l'essence et le gazole :
 $\hat{A}_{VL}^{Essence} = \alpha A_{VL}^{Essence}$ et $\hat{A}_{VL}^{Gazole} = \alpha A_{VL}^{Gazole}$. En théorie, ces données peuvent varier selon la localisation géographique ; les données de cadrage étant nationales ; on retient en première approche une valeur uniforme sur l'ensemble du territoire national.

La description précise des méthodes mises en œuvre pour évaluer chacun de ces termes figure dans l'annexe 3.

2 : Prise en compte d'un temps de réaction aux modifications des prix des carburants

Afin d'introduire une variable "retard" caractérisant le temps de réaction des conducteurs VL et de PL aux changements de prix, le prix du carburant utilisé dans les calculs à l'année n , \hat{p}_n s'exprime :

$$\hat{p}_n = (1 - \mu)p_n + \mu p_{n-1}$$

Pour chaque catégorie de véhicules, VL ou PL, une variable différente, μ_{VL} et μ_{PL} , est retenue.

$\mu_{VL} = 0,2$, ce qui indique que les automobilistes mettent en accord leurs comportements avec la réalité des prix avec 2 à 3 mois de retard. Dans le cas des PL, le coefficient μ_{PL} n'est pas significativement différent de 0. Les ajustements sont cependant peu sensibles à ces variables, les données de cadrage étant annuelles ; ce résultat mérite donc d'être interprété avec beaucoup de prudence.

3 : Calculs des soldes aux frontières

Calculs des soldes aux frontières : le cas des VL et des PL en échanges nationaux

Pour tenir compte des trajets multifonctionnels, ayant plusieurs finalités (tourisme, achat de tabac, ...) : la formule précédente doit être modifiée pour prendre en compte des avantages financiers supplémentaires à se rendre à l'étranger.

Le problème est plus complexe s'il l'on s'intéresse à une jonction de trois frontières (cas France/Belgique/Luxembourg). Il est impossible de définir simplement une distance en dessous de laquelle les habitants frontaliers ont intérêt à s'approvisionner à l'étranger ; dans chacun des pays, les coûts généralisés sont alors calculés, puis comparés, pour en déduire le plus faible.

Pour chacun des termes $A_{VL}^{Essence}$, A_{VL}^{Gazole} et $A_{PL/national}^{Gazole}$, la part de la population française qui a intérêt à acheter du carburant dans un pays i est notées $P_{F \rightarrow i}$. A l'inverse, le nombre d'étrangers du pays j qui ont intérêt à venir s'approvisionner en carburants en France est noté $P_{j \rightarrow F}$.

La consommation de carburant de chaque habitant est supposée constante dans toute la France ; dans les pays frontaliers, elle est prise égale à celle constatée en France dans le bilan annuel de la Commission des Comptes des Transports de la Nation (CCTN) multipliée par un facteur correctif, noté θ_i égal :

- dans le cas des VL essence, au taux de véhicules à essence observés dans le parc, rapporté à celui constaté en France ;
- dans le cas des VL gazole, au taux de diésélisation du pays considéré rapporté à celui constaté en France.

Il n'est pas tenu compte dans un premier temps d'éventuels effets rebonds (augmentation du trafic liée à la baisse des coûts des carburants en cas d'approvisionnement à l'étranger).

Pour les VL, un coefficient supplémentaire α indépendant du pays considéré est introduit : il permet de tenir compte de plusieurs facteurs qui ne sont pas pris en compte dans la formule de coût généralisé et notamment les trajets multifonctionnels. Le déplacement à l'étranger doit être planifié, ce qui engendre nécessairement un coût supplémentaire : ces coûts d'organisation ne sont pas ici pris en compte.

Les soldes de carburants s'écrivent donc pour les trafics VL, en notant C_{VL} la consommation totale (essence ou gazole) en France de ce trafic :

$$C_{F \rightarrow i} = \alpha P_{F \rightarrow i} \frac{C_{VL}}{P_{F \rightarrow F} + \alpha \sum_i P_{i \rightarrow F}} \theta_i \text{ et } C_{i \rightarrow F} = \alpha P_{i \rightarrow F} \frac{C_{VL}}{P_{F \rightarrow F} + \alpha \sum_i P_{i \rightarrow F}}$$

Dans le cas des PL, les équations sont les suivantes :

$$C_{F \rightarrow i} = P_{F \rightarrow i} \frac{C_{PL/national}}{P_{F \rightarrow F} + \alpha \sum_i P_{i \rightarrow F}} \text{ et } C_{i \rightarrow F} = P_{i \rightarrow F} \frac{C_{PL/national}}{P_{F \rightarrow F} + \alpha \sum_i P_{i \rightarrow F}}$$

Le cas des PL en échanges bilatéraux

Pour mesurer l'impact des différents prix des carburants, le principe de modélisation suivant a été retenu. Les statistiques de transports liés aux échanges bilatéraux entre la France et les pays de l'UE servent de base aux calculs.

Le transport en t.km entre un pays i et un pays j , sur les 2 territoires, pour les imports et les exports, et sous le pavillon d'un pays k est noté $T_{i,j}^k$ (en première approximation seuls les cas $k = i$ ou $k = j$ sont envisagés, c'est-à-dire que l'on néglige les phénomènes de cabotage).

La variable β représente la fraction des t.km totales (en France et à l'étranger) réalisées sur le territoire français. Une étude d'échantillons significatifs de résultats de l'enquête TRM met en évidence le fait que les échanges bilatéraux se font sur des distances relativement courtes et que la fraction des t.km totales (en France et à l'étranger) effectivement réalisées sur le territoire français est d'environ 50 % pour chaque compte des pays. Ce paramètre est supposé rester constant en première hypothèse sur la période étudiée, puisqu'il n'y a pas de changement fondamental des échanges routiers au sein de l'Union européenne entre 1990 et 2003.

Enfin, on introduit une variable δp qui correspond à un seuil en deçà duquel le transporteur est insensible aux différentiels de prix. Cette valeur, en €/l, sera supposée constante en monnaie constante sur toute la période considérée quel que soit le pays étudié du fait de la faiblesse des variations.

On suppose maintenant que le pavillon i choisit le prix le plus avantageux entre celui pratiqué en France et dans le pays i (en tenant compte du seuil δp), sans surcoût d'organisation puisqu'il est amené à se déplacer dans les deux territoires. Alors, dans ce cas, le solde dû aux échanges entre la France et le pays i s'écrit :

$$A_{PL/\text{échange } F/i}^{\text{Gazole}} = \frac{\sum_i \left((1-\beta) \left(T_{F,i}^F 1_{p_i > p_{F-\delta p}} + T_{F,i}^i 1_{p_i - \delta p > p_F} \right) - \beta \left(T_{F,i}^F 1_{p_{F-\delta p} > p_i} + T_{F,i}^i 1_{p_F > p_i - \delta p} \right) \right)}{\beta \sum_i \left(T_{F,i}^F + T_{F,i}^i \right)} C_{PL/\text{échange}}^{\text{Gazole}}$$

où l'on a noté $1_{A>B} = 1$ si $A > B$, 0 sinon.

Le premier terme de cette équation représente le taux de t.km des échanges bilatéraux contribuant aux soldes aux frontières par rapport au total des t.km réalisées en France. On multiplie ce taux par la consommation totale de gazole pour ce type d'échange en France pour obtenir le solde aux frontières en volume de gazole.

Le cas des PL en transit

Le calcul des soldes aux frontières dans le cas du transit routier à travers la France se base sur les hypothèses suivantes :

- la répartition des flux de transit par origine/destination est reprise de l'enquête transit de 1999, et est supposée constante en première approximation sur l'ensemble de la période 1990-2004 ;
- le parcours moyen entre deux pays est supposé constant quels que soient les pays de départ et de destination, l'enquête transit ne fournissant que des données de tonnage.

Le calage est cohérent avec une proportion de 50 % des t.km du trajet total effectuée en France.

En appliquant la même méthode que dans les cas des échanges bilatéraux, le calcul du pourcentage des t.km contribuant aux soldes aux frontières, s'écrit en notant $T_{i,j}$ le trafic en t.km entre un pays i et un pays j :

$$\frac{\sum_{i,j} \left(T_{i,j} 1_{p_i - \delta p > p_F} - T_{i,j} 1_{p_i - \delta p < p_F} \right)}{\sum_{i,j} T_{i,j}}$$

D'où l'on déduit l'expression finale des soldes aux frontières liés au transit de PL en France :

$$A_{PL/transit F/i}^{Gazole} = \frac{\sum_{i,j} (T_{i,j} 1_{p_i - \phi_p > p_F} - T_{i,j} 1_{p_i - \phi_p < p_F})}{\sum_{i,j} T_{i,j}} C_{PL/transit}^{Gazole}$$

Variables numériques utilisées

Le cas des VL

Le coût kilométrique retenu pour les VL se décompose de la façon suivante :

- Un coût lié à la consommation de carburant (issu des données de consommations unitaires du bilan annuel de la CCTN) ;
- Un coût lié à la valeur du temps, en supposant :
 - un taux moyen d'occupation de 1,5 voy/véh : E. Quinet² suppose un taux d'occupation de 1,5 voy/véh en zone urbaine et de 2 à 2,5 voy/véh en déplacement interurbain. Cependant, la nature du déplacement de proximité incite à prendre des valeurs inférieures à celles-ci : on retient finalement la valeur de 1,5 voy/véh ;
 - La valeur du temps des déplacements interurbains du rapport Boiteux II pour des distances inférieures à 50 km : 8,4 €/voy.h. En première approche, la valeur du temps est considérée homogène sur l'ensemble du territoire ;
 - une vitesse moyenne de 80 km/h : le bilan 2002 de la sécurité routière fournit des statistiques sur les vitesses pratiquées selon le réseau. Ainsi, de jour, la vitesse moyenne des VL est de 89 km/h en 2001 sur les routes nationales et de 62 km/h en traversée d'agglomération. La valeur finalement retenue est de 80 km/h ;
 - Le coût final a donc une valeur de 0,16 €/véh.km.
- Un coût lié à l'usure du véhicule : ce coût est négligé devant celui du carburant puisqu'il n'est pratiquement pas ressenti par l'automobiliste.
- L'adéquation entre la méthode d'estimation des achats transfrontaliers et de la comparaison consommation/livraison de carburant aboutit à $\alpha = 1,05$. Cette valeur légèrement supérieure à 1 semble indiquer l'existence de trajets multifonctionnels qui abaissent le coût généralisé du seul approvisionnement en carburant à l'étranger ou l'existence de taux d'occupation du véhicule plus faible que celui retenu.

Le cas des PL

Le coût kilométrique retenu pour les PL se décompose de la façon suivante :

- Un coût lié à la consommation de carburant (issu des données de consommations unitaires du bilan annuel de la CCTN) ;
- Un coût lié à la valeur du temps en supposant :
 - la valeur des réductions de coût d'exploitation des transporteurs dues aux gains de temps est de 31 €/véh.h, conformément aux valeurs recommandées par le rapport Boiteux ;
 - une vitesse moyenne de 70 km/h : le bilan 2002 de la sécurité routière fournit des statistiques sur les vitesses pratiquées selon le réseau. Ainsi, de jour, la vitesse moyenne des PL est de

² "Principes d'économie des transports" E. Quinet

89 km/h en 2001 sur les routes nationales et de 58 km/h en traversée d'agglomération. On retient finalement la valeur de 70 km/h.

- Le coût final a donc une valeur de 0,44 €/véh.km.
- Le calcul des soldes aux frontières dus aux échanges internationaux de marchandises fait intervenir un seuil en deçà duquel le PL est insensible à la différence de prix des carburants (il se ravitaille alors dans le pays de son pavillon). L'adéquation entre la méthode d'estimation des achats transfrontaliers et de la comparaison consommation/livraison de carburant permet de donner à ce seuil une valeur de 0,13€/l.

4 : Modélisation de la densité de population

Les calculs de cette note sont basés sur des méthodes microéconomiques : il s'agit de déterminer jusqu'à quelle distance de la frontière il est intéressant de s'approvisionner en carburant dans un pays étranger où son prix est moins élevé qu'en France et réciproquement. Il est donc nécessaire de disposer d'une modélisation de la répartition de la population sur les territoires français et frontaliers.

Cette répartition est obtenue à partir des données suivantes :

- une base de données des 1 715 communes françaises de plus de 5 000 habitants, soit 58 % de la population totale (données 1990) ;
- une base de 137 communes étrangères situées à moins de 100 km de la frontière française sur le continent. Pour ce qui concerne le Royaume Uni, la liaison Douvres / Calais est considérée comme étant l'itinéraire privilégié : ces deux villes jouent donc un rôle analogue à la frontière dans le cas continental.

Enfin, pour tenir compte de la population qui n'est pas prise en compte dans le recensement des communes de plus de 5 000 habitants dans le cas de la France, ou qui ne figure pas parmi les communes rapportées à l'étranger, une densité uniformément répartie permettant de compenser la différence de population sur l'ensemble du territoire du pays considéré est superposée aux communes. Ainsi, les "densités résiduelles" calculées figurent dans le tableau 6 :

	Seuil de population des villes	Nombre de villes dans une bande de 100km	Densité résiduelle (hab/km ²)
France	5 000	602	46
Belgique	32 000	12	252
Luxembourg	-	1	147
Allemagne	22 500	43	154
Suisse	8 600	39	146
Italie	20 300	36	127
Espagne	46 200	6	63
Royaume-Uni	20 300	15	174

Tableau 6 – Densités résiduelles des différents pays frontaliers utilisées dans les calculs

La superficie $S_{i \rightarrow j}(d)$ des territoires du pays j situés à une distance d de la frontière d'un pays i est calculée à l'aide d'un système d'information géographique et s'écrit au second ordre près comme un polynôme de degré 2 :

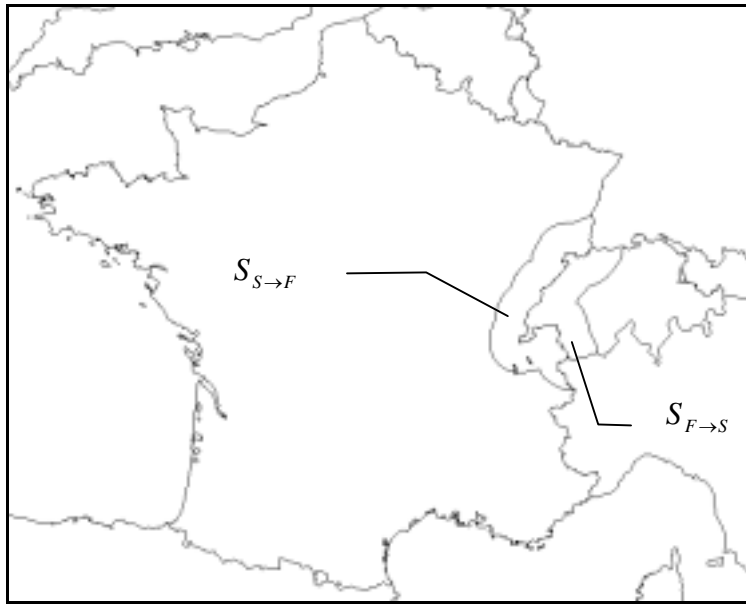
$$S_{i \rightarrow j}(d) = \varphi_{i \rightarrow j} \cdot d + \psi_{i \rightarrow j} \cdot d^2$$

Cette formule appelle deux commentaires :

- $S_{i \rightarrow j}(d) \underset{d \rightarrow 0}{\approx} \varphi_{i \rightarrow j} \cdot d$: le terme $\varphi_{i \rightarrow j} = \varphi_{j \rightarrow i}$ s'interprète comme la longueur de la frontière entre les pays i et j ;
- Les coefficients $\psi_{i \rightarrow j}$ et $\psi_{j \rightarrow i}$ diffèrent : leurs valeurs dépendent de la configuration géométrique de chaque pays.

L'exemple suivant illustre cette méthode dans le cas de la France, indiquée F³, et la Suisse, notée S, pour $d = 50\text{km}$. La différence de valeur entre $\psi_{S \rightarrow F}$ et $\psi_{F \rightarrow S}$ apparaît clairement sur le graphique 3 et le tableau 7.

³ Dans toute la suite, l'indice F représente la France.



Graphique 3 – Exemples de zones situées à une distance donnée de la frontière franco-suisse

Les distances d sont par la suite supposées suffisamment petites devant les étendues caractéristiques des pays considérés pour considérer que cette relation est toujours valable (mis à part le Luxembourg ; mais celui-ci n'a jamais un voisin proposant des prix de carburants inférieurs à ceux qu'il pratique).

	$\varphi_{F \rightarrow \dots} = \varphi_{\dots \rightarrow F} (km)$	$\psi_{F \rightarrow \dots}$	$\psi_{F \rightarrow \dots}$
Belgique	430	-2,41	-0,41
Luxembourg	44	0,05	1,33
Allemagne	367	-0,30	-0,58
Suisse	407	-3,03	0,36
Italie	398	-1,60	-1,25
Espagne	438	1,91	-0,12
Royaume-Uni ⁴	0	1,10	1,40

Tableau 7 – Paramètres utilisés pour le calcul des zones situées à une distance donnée d'une frontière

⁴ Via Douvres et Calais.

5 : Prix des carburants employés

Par convention, le SP95 a été considéré comme le carburant de référence sur la période 1990-2004, car les différentiels de prix au sein des différents types d'essence sont faibles.

La question du prix utilisé se pose dans le cas de l'essence où plusieurs produits sont disponibles sous cette appellation, supercarburant plombé, ARS, SP95 et SP98. De plus, ces produits ne sont pas disponibles de la même façon dans tous les pays (l'Allemagne a par exemple interdit le super plombé dès 1997), et n'ont pas les mêmes spécifications.

Les données sont issues de l'Agence Internationale de l'Energie pour la période 1990-1993, des bulletins pétroliers d'Eurostat, ainsi que de l'Office Fédéral de la Statistique suisse pour ce qui concerne ce pays, pour la période 1994-2003. Ces valeurs figurent dans les tableaux 8 et 9.

Prix du supercarburant de référence (SP95) :

En €2003/L	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
France	1,020	0,990	0,949	0,962	0,914	0,966	1,012	1,016	0,988	1,022	1,156	1,077	1,035	1,017	1,040
Belgique	0,931	0,987	0,945	0,965	0,884	0,893	0,964	0,995	0,933	0,969	1,103	1,048	1,001	0,993	1,054
Luxembourg	0,700	0,710	0,714	0,761	0,689	0,723	0,729	0,727	0,682	0,741	0,875	0,828	0,789	0,777	0,886
Allemagne	0,825	0,905	0,938	0,923	0,923	0,927	0,928	0,923	0,874	0,930	1,077	1,070	1,070	1,092	1,117
Suisse	0,823	0,801	0,729	0,830	0,821	0,825	0,807	0,814	0,778	0,806	0,950	0,930	0,905	0,862	0,877
Italie	1,280	1,289	1,184	1,030	0,941	0,903	1,008	1,030	0,980	1,027	1,143	1,095	1,069	1,058	1,103
Espagne	0,845	0,892	0,903	0,824	0,760	0,736	0,762	0,761	0,717	0,751	0,865	0,840	0,830	0,816	0,852
Royaume-Uni	0,841	0,891	0,845	0,815	0,760	0,730	0,761	0,971	1,042	1,141	1,393	1,267	1,192	1,101	1,160

Tableau 8 – Prix du supercarburant de référence (SP95) en €2003/L

Prix du gazole VL

En €2003/L	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
France	0,654	0,651	0,625	0,650	0,670	0,662	0,726	0,731	0,691	0,735	0,893	0,830	0,787	0,794	0,865
Belgique	0,685	0,751	0,730	0,728	0,709	0,703	0,726	0,714	0,647	0,677	0,832	0,786	0,741	0,726	0,805
Luxembourg	0,428	0,448	0,463	0,561	0,577	0,583	0,607	0,601	0,549	0,581	0,726	0,684	0,645	0,639	0,683
Allemagne	0,645	0,672	0,649	0,651	0,675	0,671	0,696	0,687	0,630	0,682	0,848	0,858	0,857	0,881	0,922
Suisse	0,856	0,843	0,744	0,858	0,675	0,671	0,696	0,687	0,630	0,682	0,848	0,858	0,857	0,881	0,922
Italie	0,845	0,947	0,874	0,785	0,739	0,709	0,803	0,814	0,766	0,814	0,940	0,903	0,873	0,878	0,919
Espagne	0,635	0,711	0,693	0,641	0,587	0,566	0,618	0,612	0,571	0,606	0,732	0,721	0,703	0,694	0,738
Royaume-Uni	0,659	0,688	0,643	0,631	0,761	0,734	0,774	0,979	1,052	1,160	1,418	1,305	1,228	1,127	1,183

Tableau 9 – Prix du gazole utilisés en €2003/L