

L'ÉNERGIE CONSOMMÉE PAR LES TRANSPORTS FRANCILIENS

Les transports terrestres franciliens : 23% de l'énergie finale régionale en 1999

Selon les chiffres de l'observatoire national de l'énergie de la DGEMP (Direction Générale de l'Énergie et des Matières Premières), cette consommation, composée à 95% de carburants fossiles et à 5% d'électricité¹, a peu évolué entre 1990 et 1999 (+4% malgré une augmentation du trafic de l'ordre de 10%).

La croissance moyenne de la consommation énergétique régionale totale entre 1990 et 1999 a été de +2% par an contre à peine 0,45% par an pour les transports terrestres.

L'essence aviation occupe une place importante et fortement croissante dans le bilan régional : 19,5% du total en 1999 avec une croissance moyenne de +5,8% par an. Cette consommation correspond au remplissage des réservoirs d'avions effectué

dans les aéroports franciliens ; la consommation réelle est effectuée en vol, essentiellement sur les liaisons internationales. Alors qu'en 1990 elle était équivalente à 56% de l'énergie des carburants automobiles (essence et gazole) consommés par les transports franciliens, en 2004 elle la dépassait de 3%². Les livraisons de kérosène en Île-de-France représentaient en 2004 83,7% du total national.

Cette place prépondérante du kérosène dans les carburants livrés en Ile-de-France, alliée à sa forte progression, pose tout d'abord un problème de sécurité d'approvisionnement croissant. En outre, même s'il est difficile d'en répartir la responsabilité entre pays, elle renvoie à la participation grandissante du transport aérien à l'effet de serre additionnel d'origine anthropique³.

Tableau 1. La consommation finale d'énergie en Ile-de-France (en milliers de tep).

Secteur	Année		Répartition (%)		Evolution 1990-1999 (%)
	1990	1999	1990	1999	
Transports franciliens	5501	5727	26,0%	22,6%	4%
Essence aviation	2967	4955	14,0%	19,5%	67%
Total transports	8468	10682	40,0%	42,1%	26%
Industrie	2594	2210	12,2%	8,7%	-15%
BTP	50	123	0,2%	0,5%	146%
Résidentiel et tertiaire	9968	12243	47,1%	48,3%	23%
Agriculture	98	98	0,5%	0,4%	0%
Total	21178	25356	100,0%	100,0%	20%

Tep : tonne équivalent pétrole (équivalent énergétique exprimé par rapport au pétrole)

Source : DGEMP. Observatoire de l'énergie. (Pour les carburants les calculs sont faits à partir des ventes en Ile-de-France -Source : CPDP)

¹ Ces chiffres tiennent compte rétroactivement de la nouvelle convention internationale de calcul de la consommation d'électricité, soit 1 MWh=0,086 tep.

² En 1990 : 2.967 ktep pour le kérosène contre 5.270 ktep pour les carburants automobiles ; en 2004 : 5.363 ktep pour le kérosène contre 5.183 ktep pour les carburants automobiles (Calculs faits à partir des données DGEMP)

³ Actuellement on estime que l'aviation commerciale émet 2,5% des émissions mondiales de dioxyde de carbone (CO₂). S'y ajoutent d'autres contributions, notamment la vapeur d'eau et les oxydes d'azote (NO_x). In fine l'aviation commerciale équivaldrait à 5% du réchauffement climatique imputable à l'ensemble des activités humaines. On prévoit une multiplication par 3,5 de la mobilité aérienne entre 2004 et 2030. (Source : IFEN « Les données de l'environnement ». Numéro 97, novembre 2004)

Le tableau 2 montre que les transports franciliens sont dépendants à 95% des produits pétroliers et à 5% de l'électricité.

Les produits pétroliers sont consommés par la circulation routière régionale (comprenant des transports de voyageurs, y compris les transports en commun routiers, ainsi que des transports de marchandises). L'électricité est l'apanage des transports en commun ferrés de voyageurs (métro, RER, tramway, train de banlieue).

On note la diminution de l'énergie imputable à l'essence (moins 22% entre 1990 et 1999, soit moins 2,8 % par an) et la très forte croissance de l'énergie provenant du gazole (+43% entre 1990 et 1999, soit +4% par an). Ceci explique pourquoi la consommation énergétique globale des carburants n'a progressé que de 3% en 9 ans.

La consommation électrique, elle, a augmenté à un rythme moyen de +2,4% par an.

Tableau 2. La consommation d'énergie des transports franciliens (en milliers de tep).

Energie	Année		Répartition 1999 (%)	Variation 1990-1999 (%)
	1990	1999		
Essence	3222	2519	44%	-22%
Gazole	2048	2922	51%	43%
Total carburants	5270	5441	95%	3%
Electricité	231	286	5%	24%
Total	5501	5727	100%	4%

Source : DGEMP. Observatoire de l'énergie.

Le gazole à l'origine de la faible croissance de la consommation des carburants fossiles

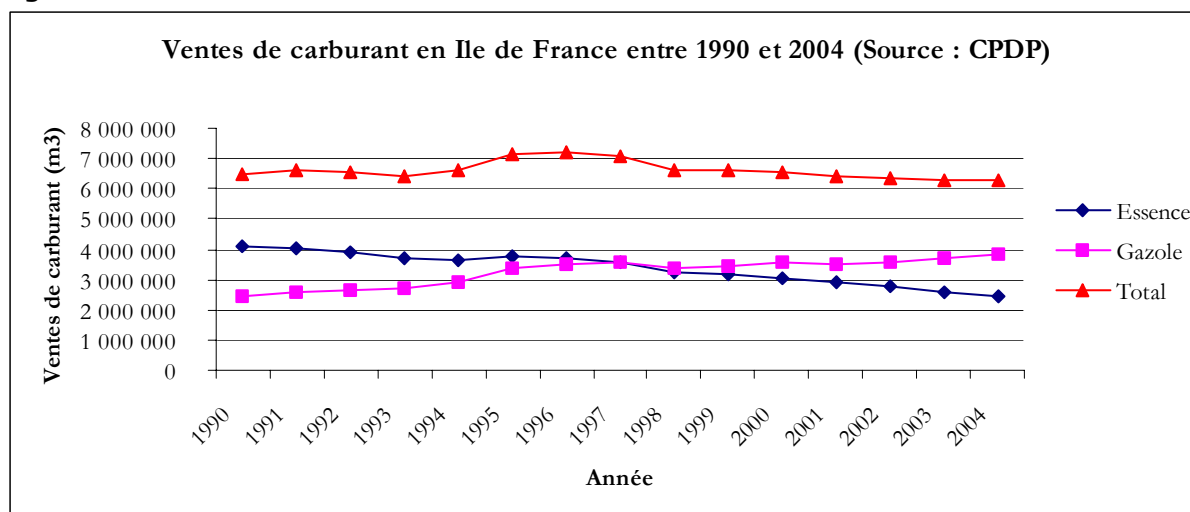
On rappelle qu'à puissance équivalente un moteur diesel à injection directe (désormais le standard en diesel) consomme environ 30% moins d'énergie qu'un moteur à essence à allumage par étincelles.

A kilométrage égal le remplacement d'un moteur à essence par un moteur diesel se traduit donc par une économie de consommation en volume (de moindre importance que les pourcentages précédents car le gazole est environ 10% plus dense que l'essence).

C'est ce que l'on vérifie en analysant l'évolution des ventes de carburants en Île-de-France, objet de la figure 1, qui montre bien la progression constante des volumes de ventes du gazole au détriment de l'essence : le ratio gazole/essence est passé de 0,59 en 1990 à 1,55 en 2004.

Le volume total a crû jusqu'en 1996 (+11%) pour redescendre en 2004 à un niveau légèrement inférieur à celui de 1990 (à énergie constante plus la proportion de gazole augmente plus le volume de carburant nécessaire baisse).

Figure 1



Rendement énergétique des moteurs et poids moyen des véhicules : des évolutions contradictoires

Un autre facteur de diminution de la consommation énergétique est l'amélioration des moteurs. Cependant l'augmentation du poids moyen des véhicules liée aux équipements de sécurité (freinage ABS, sacs gonflables ...), de dépollution (pot catalytique, ...) et surtout de confort (climatisation, direction assistée...) atténue largement le gain d'efficacité énergétique de la motorisation.

Dans le récent « Carrefour à mi-parcours du PREDIT » (Clermont-Ferrand 15-17 mars 2005) M. PERRARD de PSA Peugeot-Citroën a rappelé qu'entre 1995 et 2004 le véhicule type de gamme moyenne (M2) de Peugeot a vu son poids augmenter de 33%.

Il a aussi rappelé que le durcissement des normes de sécurité et d'émissions de polluants atmosphériques se paie par une surconsommation énergétique et donc un accroissement des émissions de CO₂ : « La baisse des émissions de CO₂ est antinomique à la sévèrisation des normes ».

De plus la climatisation est un équipement grand consommateur d'énergie responsable, en moyenne, selon une étude de l'ADEME de 2001, d'une surconsommation de 30% en circulation urbaine, de 20% en extra-urbain, et de 10% sur autoroute.

Dispersion des activités urbaines et consommation énergétique

La dispersion des activités urbaines accroît la dépendance à l'automobile des habitants pour leurs déplacements quotidiens dans leur agglomération de résidence et par suite leur consommation de carburant. Ainsi un habitant moyen des communes les moins denses de Île-de-France parcourait environ 2 fois plus de distance dans ses déplacements quotidiens internes à la région qu'un Parisien, nécessitant 3 fois plus d'énergie et émettant 4 fois plus de CO₂ du fait de l'usage nettement plus prononcé de l'automobile.

Tableau 3. Ecart entre la tranche des communes de densités minimales et celle des communes de densités maximales. Ile-de-France. Année 1990.

Facteur mesuré	Ecart entre les tranches de densité minimales et maximales
Distance parcourue	x 2,3
Consommation énergétique	x 3,2
CO ₂	x 4,4

Source : Vincent Fouchier. « La planification urbaine peut-elle conduire à une mobilité durable ? ». Revue La Jaune et la Rouge mars 1997

Efficacité énergétique des modes de transport

Comme on peut s'y attendre, compte tenu de la configuration existante des réseaux de transport (le métro et le tramway desservant la zone centrale, le RER les grands corridors urbains, le bus RATP la zone agglomérée) les transports en commun (TC) ont globalement une meilleure efficacité énergétique que la voiture particulière (VP). En énergie finale (kep/voy-km) le métro est en moyenne 7,5 fois plus efficace que la VP, le RER 7 fois plus, le tramway 10 fois plus et l'autobus RATP 2 fois plus. Toutefois ces valeurs moyennes TC cachent de fortes disparités.

Le tableau 4 récapitule les résultats du calcul des efficacités énergétiques **moyennes** de chaque mode de transport.

Cependant il existe de fortes disparités selon les contextes. En effet le taux d'occupation des TC varie énormément selon le type de desserte géographique (zone de desserte plus ou moins dense) et la période horaire (heures de pointe ou heures creuses); par suite l'efficacité moyenne supérieure des TC ne justifie pas, du point de vue énergétique, le recours systématique à ces derniers. Par exemple, en ce qui concerne le bus, son avantage énergétique ne vaut que si son taux d'occupation dépasse 5 personnes (si on considère que la VP ne contient que le conducteur) ou 6 (si on compare avec l'occupation moyenne de la VP en Île-de-France, soit 1,3 personnes par VP).

Tableau 4. Efficacité énergétique des divers modes de transports en Ile-de-France (2003)

	Mode					
	MéTRO RATP	RER RATP	Tramway RATP	Bus RATP	VP (moyenne)	
Km-voitures (millions)	217,7	91,7	4,5	144,1		
Voyageurs-km (millions)	6014,9	4084,1	138,2	2513,4		
Taux d'occupation (Voyageurs/voiture)	27,6	44,5	30,7	17,4	1,3	
Énergie de traction (millions de kep)	44,4	32,5	0,8	68,3		
Efficacité énergétique de traction	voy-km/kep	135,5	125,7	179,1	36,8	18,0
	ratio mode/VP	7,5	7,0	10,0	2,0	1,0

Équivalence énergétique pour l'électricité : 1kWh=0,086kep (énergie finale)

(Sources : RATP, ADEME, calculs IAURIF)

Kep : kilogramme équivalent pétrole (1 kep = 42 MJ = 11,666 kWh)

1 litre d'essence = 32 MJ = 0,761 kep

1litre de gazole = 36,4 MJ = 0,866 kep

Un pétrole durablement plus cher

M. Jean-Marc JANCOVICI, expert-consultant indépendant sur l'énergie qui a présidé le comité consultatif du « Débat sur l'Énergie » résume ce problème ainsi⁴ :

« Bien des acteurs de l'industrie pétrolière considèrent qu'il est possible que, dans les dix ans, le marché passe par un baril à plus - et peut-être bien plus - de 100 dollars. Pour que le choc pétrolier ait le même effet que celui de 1979, il faudrait un baril à 160 dollars. Certains experts que je consulte considèrent que dans cinq à quinze ans, le baril va s'équilibrer autour des 100 dollars ...

La production de pétrole va passer par un maximum de production avant de tendre vers zéro à très long terme ; il ne s'agit là que de mathématiques. Ce maximum se situe quelque part entre aujourd'hui et 2035. Du côté de chez Shell et Total, on le situe vers 2025. Certains géologues, certains experts pensent quant à eux que ça pourrait déjà se produire vers 2010. D'autres disent que nous y sommes déjà.

Une courbe de production n'est pas extrêmement régulière, elle zigzague. Nous ne

saurons donc que nous avons atteint le maximum de production que quelques années après. L'économie, elle, s'en sera rendu compte plus vite, puisque à partir de ce moment, nous encaisserons choc sur choc. »

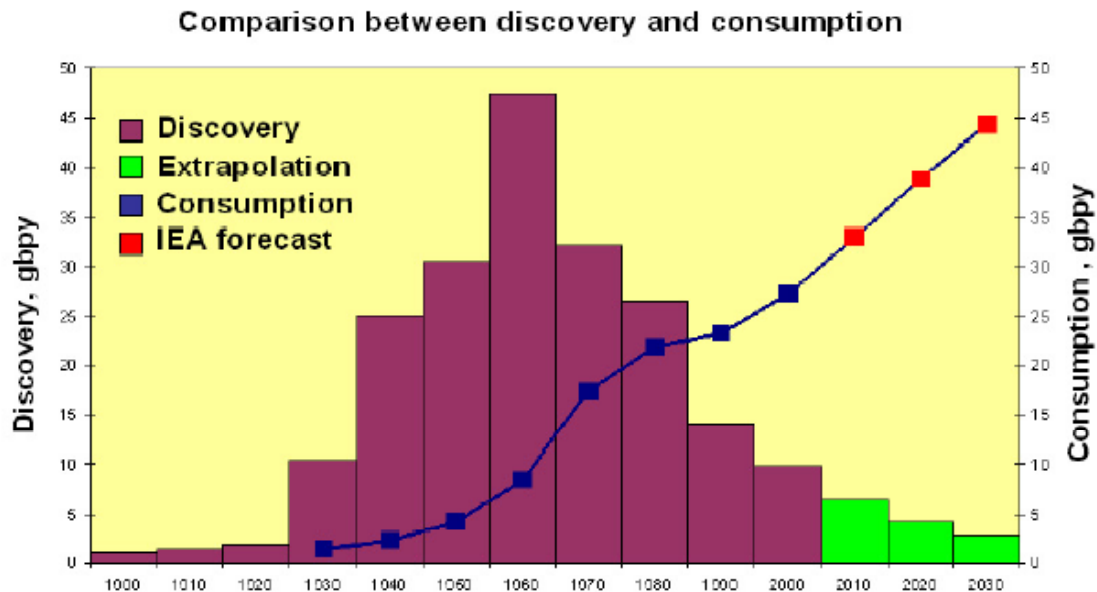
Le fait important à retenir est que les réévaluations des réserves⁵ intervenues ces 30 dernières années sont surtout dues aux progrès techniques -qui permettront d'extraire de manière quasi certaine beaucoup plus de pétrole dans les gisements déjà découverts- plutôt qu'aux découvertes de gisements nouveaux qui ne cessent de décroître en termes de capacité.

La figure 2 montre bien que le maximum de découvertes de gisements (en termes de capacité) fut réalisé dans les années 1956 à 1965 (Dans cette figure la capacité moyenne des découvertes des années 1956 à 1965 est attribuée à l'année 1960 ; le principe retenu est le même pour les autres décennies). A partir des années 1980 les découvertes (en moyenne annuelle) sont inférieures à la consommation mondiale et ne cessent de décroître. Actuellement les découvertes représentent de 35 à 40% de la consommation.

4 Extrait de l'entretien paru dans « La Liberté » de Fribourg (février 2005) version corrigée écrite envoyée par M. Jancovici au journal et mise sur son site Internet www.manicore.com.

5 Les professionnels du pétrole parlent de « réserves prouvées » à une date donnée, c'est-à-dire la quantité de pétrole que l'on estime pouvoir extraire des gisements connus à cette date de manière quasi certaine, compte-tenu des techniques et des conditions économiques existantes. La notion de réserves est donc variable dans le temps.

Figure 2. Comparaison entre les découvertes et la consommation de pétrole (En milliards de barils par an)
 Découvertes : barres violettes (avant 2005) puis vertes (après 2005)
 Consommation : courbe bleue



(Source : Kjell Aleklett « The oil tsunami », Upsala University 30 avril 2005)

Pendant que la capacité moyenne des découvertes décroissait les technologies d'extraction évoluaient fortement de sorte que la quantité de pétrole que l'on est capable d'extraire d'un même gisement n'a cessé d'augmenter. Le « taux de récupération » moyen mondial a ainsi cru de 40% en 30 ans, augmentant d'autant les réserves des gisements connus à ce jour⁶. Ainsi il était juste de dire en 1970 que l'on avait 30 ans de consommation en réserves (en fonction des technologies de l'époque) ; il est juste aujourd'hui de dire que nous avons 43 ans de consommation⁷, compte tenu des technologies actuelles. Mais avant l'épuisement de ces réserves la production passera par un maximum. L'estimation de ce maximum dépend à la fois de celle des réserves « ultimes » que l'on pourra atteindre et de celle des évolutions technologiques.

6 Source : Jean-Marc JANCOVICI « Qu'est-ce qu'une réserve de pétrole ? » (janvier 2005)

Le taux de récupération à une date donnée est le ratio entre la quantité de pétrole que l'on estime pouvoir extraire à cette date et la quantité totale contenue dans le gisement. Il est variable selon les gisements ; pour un gisement donné il progresse avec le temps (amélioration des techniques d'extraction). Ces 30 dernières années le taux de récupération moyen mondial est passé de 0,25 à 0,35 (soit +40%).

7 Cette évaluation est basée sur la consommation 2004. En réalité la consommation de pétrole ne cesse de croître. Si on suppose que le rythme actuel de +2% par an est maintenu les réserves ne représentent plus que 31 ans de consommation.

De plus en plus d'acteurs et spécialistes de l'énergie pensent qu'au rythme actuel de consommation du pétrole on s'achemine vers un maximum de production mondiale aux alentours de 2015 (valeur « moyenne » des estimations)⁸.

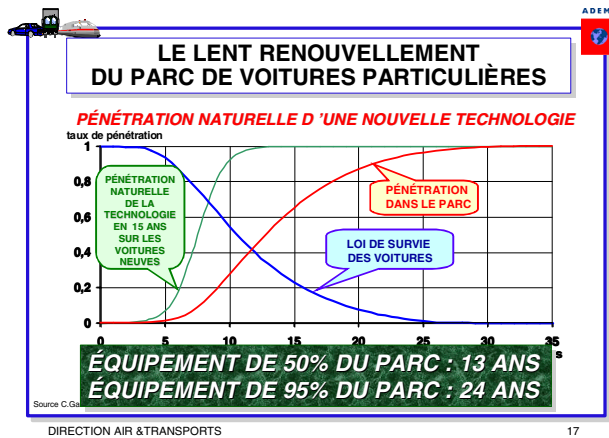
Or les transports routiers vont dépendre pendant longtemps du pétrole. Tout d'abord parce que les solutions alternatives actuelles sont partielles (gaz, biocarburants, électricité, véhicules hybrides, électricité) et, pour l'instant, plus coûteuses que le pétrole. Ensuite parce que la solution de rupture (la pile à combustible⁹) n'est pas encore au point industriellement et coûte encore plus cher. Enfin parce que le renouvellement du parc possède une inertie très importante comme le montre la figure 3 (13 ans pour 50% du parc et 24 ans pour 95%) et que les mesures d'accélération de ce renouvellement n'ont pas un effet majeur ; par exemple la mise en

8 Ce maximum est désigné « pic » de HUBBERT, par référence à M. King HUBBERT, géophysicien américain qui a prédit que la production des Etats-Unis atteindrait son maximum vers le début des années 1970 (ce maximum fut atteint en 1970). Le terme « pic » n'est pas approprié car le maximum se fera plutôt selon un « plateau ».

9 Pile à combustible : générateur d'électricité à partir de l'hydrogène et de l'oxygène via une réaction électrochimique (réaction inverse de l'électrolyse de l'eau).

vigueur d'une norme ne raccourcit les délais précités que de 3,5 ans¹⁰.

Figure 3. Pénétration naturelle d'une technologie dans le parc de voitures particulières.



Source : ADEME-INRETS

Selon les constructeurs automobiles, l'ensemble des nouvelles technologies envisageables ne devrait représenter que 14% du marché à l'horizon 2020¹¹.

Le problème de l'enchérissement du pétrole devrait donc être pris en compte dans les travaux prospectifs du SDRIF, avec une préoccupation sociale compte tenu du constat effectué par l'INRETS¹² : la dépendance automobile pèse lourd dans le budget des ménages à faible revenu résidant en périphérie de l'agglomération parisienne et ne pouvant pas se payer un loyer ou l'achat d'un logement plus proche de Paris à cause des prix de l'immobilier.

¹⁰ Voir Alain MORCHEOINE « Les transports au XXIème siècle. Rencontre internationale de prospective du Sénat. 8 avril 2004. Voir également §2.6 de ce document.

¹¹ Source : RENAULT. Dossier sur les émissions polluantes et gaz à effet de serre.

¹² Jean-Pierre ORFEUIL et Annarita POLACCHINI « Dépenses pour le logement et pour les transports en Ile-de-France ». INRETS. Janvier 1998.