



**Evaluation des frais d'exploitation de  
camions relatifs à l'exportation des lisiers  
bruts produits à Grand-Ilet (Cirque de Salazie)  
vers le bassin de consommation potentielle  
du Nord-Est de l'île de la Réunion**

Jean-Michel Médoc<sup>1</sup>  
Cirad-Tera/Rev/Padef  
Gestion des déchets organiques  
Rapport Cirad-Tera n° 26/03 – Juillet 2003

---

<sup>1</sup> Cirad – Tera/Padef, Station de la Bretagne, B. P. 20 – 97408 Saint-Denis Messag Cedex 9  
[medoc@cirad.fr](mailto:medoc@cirad.fr)

## Sommaire

<b>SOMMAIRE</b>	<b>2</b>
<b>LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX</b>	<b>3</b>
<b>1 RAPPEL DU CONTEXTE ET PROBLEMATIQUE</b>	<b>4</b>
1.1 GRAND-ÎLET : UN EXCEDENT D'AZOTE STRUCTUREL A GERER	4
1.2 LE TRANSFERT DES LISIERS BRUTS VERS LE LITTORAL : UNE SOLUTION DE GESTION COLLECTIVE A EVALUER PARMIS D'AUTRES	4
<b>2 CONSTRUCTION DE L'OUTIL D'EVALUATION</b>	<b>5</b>
2.1 QUELQUES GENERALITES RELATIVES AUX FRAIS D'EXPLOITATION DE CAMIONS	5
2.2 LA METHODE DE CALCUL	5
2.3 LES CONDITIONS DE TRANSPORT SUR LES ROUTES DE SALAZIE ET DE GRAND-ÎLET	6
<b>3 HYPOTHESES</b>	<b>7</b>
3.1 LE TRAJET ENTRE GRAND-ÎLET ET LA ZONE LITTORALE	7
3.2 L'UNITE DE TRANSPORT	7
3.3 LES FRAIS	8
3.3.1 LES FRAIS FIXES	8
3.3.2 LES CHARGES VARIABLES	8
3.3.3 LES FRAIS D'AMORTISSEMENT	9
<b>4 LES RESULTATS</b>	<b>10</b>
4.1 COUTS DE TRANSFERT DES LISIERS BRUTS	10
4.2 PARTS DES FRAIS D'EXPLOITATION	10
<b>5 RISQUES ENVIRONNEMENTAUX LIES A L'UTILISATION DES CAMIONS</b>	<b>11</b>
<b>6 CONCLUSION</b>	<b>13</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE</b>	<b>14</b>
<b>ANNEXE 1</b>	<b>15</b>
<b>ANNEXE 2</b>	<b>16</b>

## Liste des figures et des tableaux

Figure 1 : Organisation et inter-relations des modules permettant le calcul des frais d'exportation d'un produit par camion	6
Figure 2 : Comparaison du coût de transport au kilomètre parcouru et au mètre cube transporté en fonction de la charge totale de l'unité de transport (a) pour la première année d'exploitation et (b) pour la seconde année et les années suivantes d'exploitation	10
Figure 3 : Répartition des frais d'exploitation de 6 camions de 9 tonnes de charge totale pour l'exportation de lisiers de Grand-Ilet vers la zone littorale (a) pour la première année d'exploitation et (b) pour la seconde année et les années suivantes d'exploitation	11
Figure 4 : Répartition des frais d'exploitation de 3 camions de 18 tonnes de charge totale pour l'exportation de lisiers de Grand-Ilet vers la zone littorale (a) pour la première année d'exploitation et (b) pour la seconde année et les années suivantes d'exploitation	11
Tableau 1 : Synthèse des résultats économiques	10
Tableau 2 : Normes d'émission de polluants de l'air (g/kWh) pour les véhicules de PTAC supérieur à 3,5 tonnes (poids lourds, bus et cars)	12
Tableau 3 : Niveaux d'émission des polluants d'une unité de transport en g/kWh	12
Tableau 4 : Quantités de polluants rejetés annuellement dans l'atmosphère par les unités de transport en kg/an	12

# 1 Rappel du contexte et problématique

## 1.1 Grand-Ilet : un excédent d'azote structurel à gérer

Le développement de l'élevage, notamment porcin, dans les Hauts de la Réunion avait pour objectifs de réduire la dépendance alimentaire du département et de maintenir les populations en zones rurales difficiles. Si l'île est aujourd'hui autosuffisante en viande de porc fraîche, cela a conduit à une concentration importante d'effluents dans ces zones où, du fait de l'exiguïté des surfaces épanchables, les risques de nuisances sont élevés. En 2001, la production annuelle d'effluents porcins à la Réunion a été estimée par la MVAD<sup>2</sup> à 162 060 m<sup>3</sup> (environ 678 t d'azote). Les zones de concentration d'élevages porcins sont essentiellement Grand-Ilet (cirque de Salazie, situé dans le Nord-Est de l'île), Petite-Ile et Plaine des Grègues (Sud), Les Avirons (Ouest). La zone de Grand-Ilet, qui produit plus de 15% de la viande de porc réunionnaise, est la plus critique en terme environnemental (Paillat, 1998). L'exiguïté de ce territoire et son enclavement contraignent fortement la production (transport des aliments et des produits finis) et l'élimination des effluents. Une soixantaine d'éleveurs de porcs, dont la moitié adhère à une structure coopérative<sup>3</sup>, est installée dans cette localité avec de petits élevages (maximum 50 TNE<sup>4</sup>). Deux-tiers d'entre eux disposent, en complément, d'un atelier de volailles (chair ou pondeuses) ou de bovins (< 5 UGB). En 1998, les élevages de Grand-Ilet totalisaient 848 TNE et 11 000 m<sup>2</sup> de poulailler produisant annuellement 17 000 m<sup>3</sup> de lisier de porc, 3 300 t de fumier de volailles et 2 700 t de lisier de poules (Renault et Paillat, 1999).

Les cheptels porcin et avicole représentent respectivement 1 060 et 990 UGB<sup>5</sup>, soit un total de 2050 UGB pour une SAU<sup>6</sup> d'environ 186 ha (75 ha cultivés et 112 ha de friches). La charge azotée y est donc de 804 kg/ha/an. Si l'on ne tient compte que des cultures aptes à être fertilisées par des effluents liquides (surface fourragère développée : 63,6 ha et 8,7 ha de vergers), cette charge passe à 2 070 kgN/ha/an, soit 6 fois la dose maximale autorisée pour les fourrages et 10 fois pour les vergers ! En outre, les parcelles sont souvent inadaptées à l'épandage de lisiers en raison des cultures maraîchères qui y sont pratiquées, des fortes pentes, de la proximité des habitations et des cours d'eau, et du risque érosif majeur. Depuis plus de 10 ans, la localité de Grand-Ilet est donc confrontée à une situation d'excédent structurel selon les critères de définition des ZES<sup>7</sup>.

Si la ceinture cannière littorale, située à moins de 50 km, pourrait en principe offrir un exutoire aux lisiers, l'enclavement de Grand-Ilet contraint les éleveurs à gérer leurs effluents sur place. Plusieurs tentatives de mise en place d'une dynamique collective de gestion des effluents ont été entreprises. Aucune n'a abouti et les épandages se font toujours sans respect de la réglementation (jusqu'à 1 500 kgN/ha/an en maraîchage !). Le basculement des eaux de l'Est vers l'Ouest de l'île trouve une partie de sa ressource dans la ravine Fleurs Jaunes, exutoire de ruissellement et de drainage de Grand-Ilet ; d'où, un regard de plus en plus pressant de la police des eaux (Daf/DSV et Drass) qui menace l'activité même d'élevage dans cette zone. Dans l'impossibilité de construire des plans d'épandage, la majorité des exploitants n'est pas déclarée ou ne dispose pas d'autorisation au titre de la réglementation sur les ICPE<sup>8</sup>. De plus, l'implantation des bâtiments d'élevage a souvent été faite sans permis de construire. Désormais, la pérennité des élevages est liée à la mise en œuvre d'une solution de gestion collective de leurs déchets. La réflexion des éleveurs a repris début 2002 et la majorité d'entre eux (environ 50) s'est reconstituée en association afin de porter un projet de gestion qui pourrait prendre en compte l'ensemble des effluents d'élevage porcin et avicole de la zone.

## 1.2 Le transfert des lisiers bruts vers le littoral : une solution de gestion collective à évaluer parmi d'autres

La mise en œuvre d'une solution de gestion collective pose la question suivante : « Devons nous trouver une solution globale de gestion des effluents agricoles et les transformer in situ grâce à la l'implantation d'une unité de transformation ou bien est-il préférable d'envisager le transfert des lisiers en l'état vers la ceinture cannière littorale, sachant que les litières de volailles semblent ne pas poser de problèmes d'écoulement ? »

<sup>2</sup> Mission de Valorisation Agricole des déchets de la Chambre d'Agriculture de la Réunion.

<sup>3</sup> CPPR : coopérative des producteurs de porcs de la Réunion.

<sup>4</sup> Truie naisseur-engraisseur.

<sup>5</sup> 1 TNE = 1,25 UGB ; 1m<sup>2</sup> de bâtiment de volailles = 0,09 UGB ; 1 UGB = 73 kgN/an.

<sup>6</sup> Surface agricole utile.

<sup>7</sup> Zone d'excédent structurel.

<sup>8</sup> Installations classées pour la protection de l'environnement.

Parallèlement à l'évaluation par Macsizut (Farinet *et al.*, 2002) des coûts d'investissement et de fonctionnement d'une unité de traitement implantée à Grand-Ilet, il est primordial de proposer à la réflexion des acteurs agricoles de Grand-Ilet des éléments de coûts relatifs à une exportation des lisiers produits à Grand-Ilet vers la zone littorale. M. Tiratay (2001) et S. Farolfi (2002) avaient avancé dans leurs études sur l'évaluation des coûts de gestion individuelle et collective des effluents d'élevage à Grand-Ilet un montant de 51€/m<sup>3</sup> par comparaison avec les coûts d'acheminement des aliments pour bétail à Grand-Ilet.

Cette étude vise à évaluer les coûts au kilomètre parcouru et au volume unitaire de lisier exporté ainsi que les frais d'exploitation engagés sur une année par une entreprise agricole ou non de camionnage assurant le transfert des lisiers produits par les élevages porcins de Grand-Ilet vers le bassin de consommation potentielle du Nord-Est situé en aval. Après avoir présenté, la méthode de calcul, les hypothèses retenues pour les simulations seront énumérées. Puis, je livrerai les résultats relatifs aux coûts de l'exportation des lisiers bruts et ceux liés à l'exploitation des camions qui seront discutés.

## **2 Construction de l'outil d'évaluation**

### **2.1 Quelques généralités relatives aux frais d'exploitation de camions**

Les frais d'exploitation de camions varient sensiblement selon les conditions de transport en fonction (Transports Canada, 2001) :

- De la configuration du véhicule,
- Du type de produit transporté et du service offert aux clients,
- De la charge utile et du taux d'utilisation annuel du camion,
- De la longueur du trajet,
- Des conditions routières (réglementation, état de la chaussée, déclivités, congestion, vitesses réalisables),
- Du comportement et de la compétence du chauffeur.

Ce type de transport est une activité contrôlée et régulée. Il devra être réalisé par une entreprise spécialisée. Cette entreprise de transport et devra obtenir au préalable les agréments et autorisations réglementaires<sup>9</sup>. Ainsi, les conditions d'accès à la profession de « transport routier de marchandises ou de produits considérés comme dangereux » sont-elles définies par :

- L'honorabilité professionnelle (absence de condamnations des dirigeants pour des infractions aux réglementations du transport, du travail et de la sécurité routière)
- La capacité professionnelle (compétences et connaissances à assurer la direction d'une entreprise de transport)
- La capacité financière (montant des capitaux ou des réserves disponibles en fonction du parc de véhicules)
- L'accès au marché (inscription au registre des transporteurs et des loueurs)

### **2.2 La méthode de calcul**

Afin de déterminer ces frais d'exploitation, il a été construit, à partir d'éléments d'évaluation du coût annuel d'exploitation d'un tracteur agricole (Lassaux *et al.*, 1999), un modèle statique de comptabilité implémenté à l'aide du tableur Microsoft Excel<sup>®</sup>.

La feuille de calcul a été organisée sur la base de modules. La figure 1 représente l'ensemble de ces modules et les inter-relations qui existent entre eux. Les modules grisés sont à renseigner en partie (éléments de coût, caractéristiques mécaniques, ...) par l'utilisateur de la feuille de calcul.

<sup>9</sup> <http://www.transports.equipement.gouv.fr>

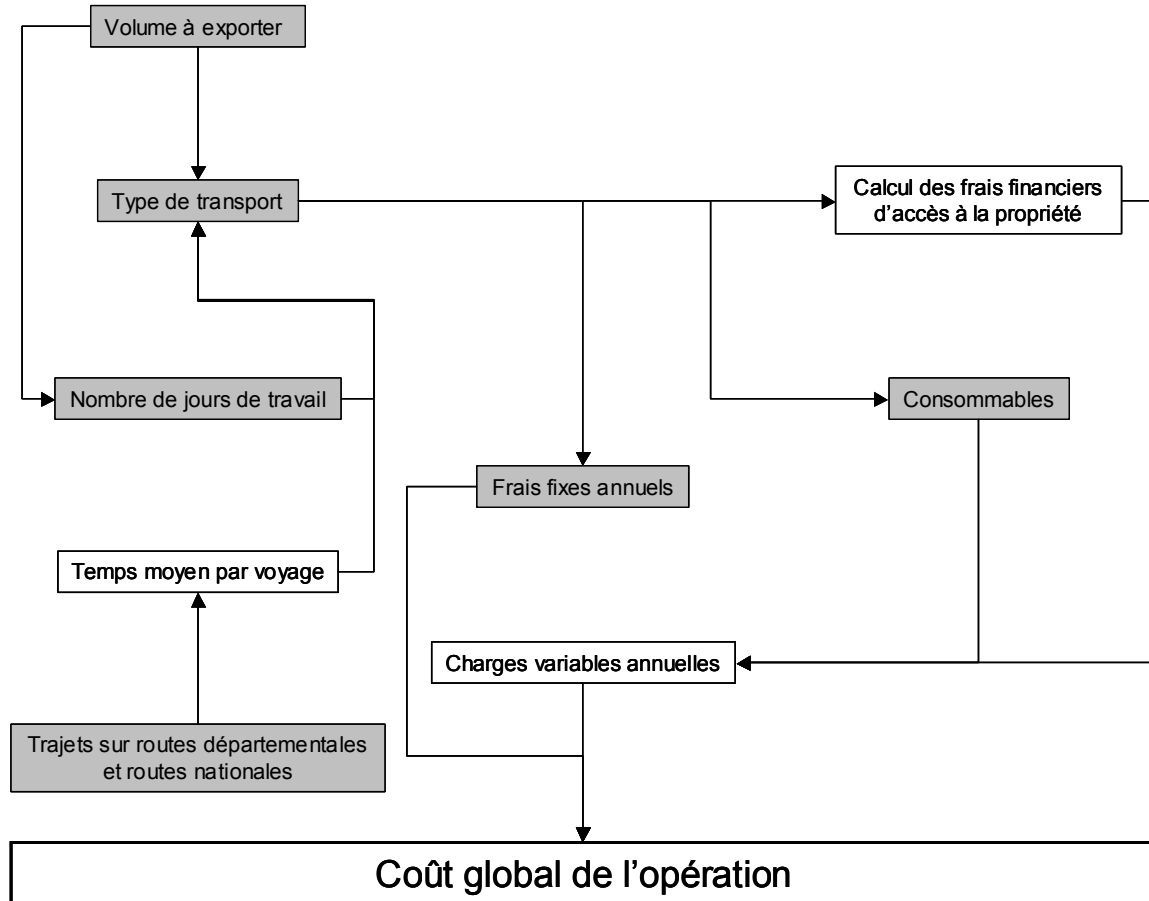


Figure 1 : Organisation et inter-relations des modules permettant le calcul des frais d'exportation d'un produit par camion

Les éléments de coût présentés ne sont pas indexés sur la productivité des véhicules. Je n'ai pris en compte ni les variations de charges moyennes des camions lors de chaque voyage (nombre moyen de tonnes transportées par voyage) ni les variations de kilométrages par véhicule en service. Les variations entre les parcours à vide et les parcours en charge n'ont été prises en compte que dans le temps de parcours aller (à vide) et le temps parcours retour (en charge).

Les coûts annuels sont renseignés pour un seul camion. Ils sont ensuite calculés par le modèle pour le parc de camions identiques de l'entreprise. De ces coûts annuels, on en a déduit le coût au kilomètre parcouru et le coût du volume transporté.

### 2.3 Les conditions de transport sur les routes de Salazie et de Grand-Ilet

Les conditions de transport vont être déterminantes pour le choix de l'unité de transport et vont influencer les frais d'exportation du produit.

Les routes départementales desservant Salazie (RD 48) et Grand-Ilet (RD 52) sont des routes de montagne revêtues à 2 voies d'importance secondaire (BD Topo, 2000). Elles présentent des déclivités supérieures à 10% sur certains tronçons. D'autres tronçons sont des voies uniques. Compte-tenu de la traversée de ponts et de tronçons à voies réduites le PTR<sup>10</sup> maximal sur ces deux routes départementales est de 20 tonnes pour une longueur maximale des véhicules de 12 mètres. Le pont de l'escalier à Salazie constitue le seul élément limitant de cette route. Il est

<sup>10</sup> Poids Total Roulant Autorisé

actuellement en cours de renforcement et il devrait pouvoir supporter des poids supérieurs à 32 tonnes.

Un périmètre de captage va être mis en place à la livraison des travaux de captage des eaux superficielles de la ravine Fleurs Jaunes. La RD 48 traverse ce périmètre de captage. La charge utile des unités de transport de matières polluantes et/ou dangereuses sera donc limitée afin de limiter les risques de pollution en cas d'accident.

### **3 Hypothèses**

L'évaluation de tels frais d'exportation de lisier repose sur des hypothèses qui caractérisent les conditions de transport entre Grand-Ilet et la zone littorale. Ces hypothèses peuvent être considérées comme réalistes ; En revanche, elles ne sont pas universelles.

Les données économiques renseignées dans les feuilles de calcul proviennent des fournisseurs de la place, d'autres sont des valeurs comptables arbitraires ou issues d'évaluations réalisées par des entreprises de camionnage de la place qui possèdent un suivi analytique de leur parc de camions.

#### **3.1 Le trajet entre Grand-Ilet et la zone littorale**

Le trajet considéré sera compris entre un terminal de chargement situé à Grand-Ilet et un terminal de déchargement situé sur le territoire de la commune de Sainte-Suzanne. L'estimation de la distance moyenne à parcourir est de 44 km x 2 soit 88 km aller-retour.

Dans cette évaluation, je n'ai pas envisagé la collecte des lisiers dans chaque élevage compte-tenu de l'hétérogénéité (i) des voies d'accès aux exploitations, (ii) des volumes à collecter et (iii) du temps de manutention nécessaire sur chaque site de collecte en fonction du volume à pomper. Cette évaluation économique fine pourrait être réalisée ultérieurement afin de caractériser les coûts de livraison des lisiers vers une fosse tampon par les éleveurs en tenant compte du type d'unité de transport et de la voirie d'exploitation, etc. Cette étude pourrait être mise en œuvre avec le logiciel ChronoWay. Une approche économique de ce type a été amorcée par S. Farolfi (2002) en considérant l'apport de 17 000 m<sup>3</sup> de lisier vers une station de traitement collectif des lisiers à Grand-Ilet. Une évaluation similaire pourrait être envisagée pour l'épandage des lisiers sur les parcelles de canne à sucre situées sur le littoral Nord-Est à partir d'une fosse de réception dans laquelle viendraient se servir les planteurs de canne à sucre. Le choix d'une telle hypothèse implique le mélange de matières organiques identiques mais de provenances différentes (élevages différents) ; d'où une perte de traçabilité, incompatible avec l'esprit de l'épandage et de la valorisation agricole des matières organiques.

#### **3.2 L'unité de transport**

L'unité de transport ne devra pas avoir un PTRAs supérieur à 20 tonnes, compte-tenu de la réglementation routière en vigueur actuellement sur les routes de Salazie et de Grand-Ilet. Pour les simulations, nous avons choisi un véhicule « Renault Premium 370.19D Citernier »<sup>11</sup> dans sa configuration cabine courte, réservoir à combustible de capacité maximale (410 litres), ralentisseur électrique. Il sera équipé d'une citerne à lisier adaptée à la charge totale maximale du camion (empattement 3815). La citerne à lisier (~9 m<sup>3</sup>) sera constituée d'un seul compartiment et munie d'une pompe (10 L/s), de tuyaux, de porte tuyaux et d'une sonde de remplissage. Une autre simulation sera réalisée avec un autre véhicule du type « Renault Kerax 420.32 8x4 Citernier »<sup>12</sup> dans sa configuration cabine courte, ralentisseur électrique. Il sera équipé d'une citerne à lisier adaptée à la charge totale maximale du camion (empattement 5063). La citerne à lisier (~18 m<sup>3</sup>) sera constituée d'un seul compartiment et munie d'une pompe (15 L/s), de tuyaux, de porte tuyaux et d'une sonde de remplissage. Le PTRAs de ce véhicule est de 35,5 tonnes ; tonnage susceptible d'être autorisé après renforcement de l'ouvrage du pont de l'escalier. Seule la longueur du camion sera limitante (12 mètres) compte-tenu de la configuration de la route.

Le temps moyen par rotation sera différent en fonction de l'unité de transport et de sa charge utile. La différence est associée au temps de chargement et de déchargement du volume de lisier transporté. Le « 19 tonnes » mettra 15 minutes pour pomper et 15 minutes pour vidanger la citerne alors que le « 32 tonnes » mettra 20 minutes pour chacune des opérations. Le temps de parcours aller et retour de

<sup>11</sup> Fiche description standard : <http://offer.renault-trucks.com>. Les éléments de coûts ont été fournis par Renault VI Réunion.

<sup>12</sup> Fiche description standard : <http://offer.renault-trucks.com>. Les éléments de coûts ont été fournis par Renault VI Réunion.

2 heures et 35 minutes entre le point de chargement et le point de déchargement est considéré comme identique pour les deux types d'unités de transport. Ce temps moyen par rotation va permettre de définir le nombre de rotations réalisables par jour.

### **3.3 Les frais**

Les frais annuels liés à l'exploitation de camions sont de deux ordres : les frais fixes et les charges variables.

#### **3.3.1 Les frais fixes**

##### **3.3.1.1 Les frais de chauffeur-collecteur**

Le chauffeur-collecteur aura pour mission le chargement, le transfert, le déchargement des lisiers bruts de Grand-Ilet vers la zone littorale. Il devra par ailleurs assurer l'entretien courant de son camion (plein de carburant, niveaux, nettoyage du porteur et de la citerne).

Les salaires en vigueur pour les chauffeurs à la Réunion sont généralement servis sur la base des conventions collectives particulières des entreprises. Il est considéré dans cette évaluation le coût total moyen (charges salariales et patronales) d'un chauffeur-collecteur sur 13 mois ; dans le cas d'une entreprise ne bénéficiant pas d'exonérations de charges. Ce coût est de 18 000€/an à temps plein.

La période de forte demande de lisier par les planteurs de canne à sucre est comprise entre juillet et décembre. On a considéré une période d'exportation plus large, du 1<sup>er</sup> juin au 31 janvier de l'année suivante. Pendant cette période un chauffeur-collecteur travaillera 144 jours. Cette période d'exportation permet de minimiser le stockage à 4 mois dans les élevages de Grand-Ilet.

##### **3.3.1.2 Les frais d'assurance**

Ces frais dépendent du type de police contractée par l'entreprise avec son assureur et du parc de véhicules assurés. En fonction des compagnies d'assurance pour une même prestation les tarifs sont variables. Aussi avons-nous considéré une moyenne pratiquée à l'île de la Réunion pour une entreprise possédant une flotte de 7 camions de différents PTAC compris entre 19 et 40 tonnes. Ainsi, le prix de la cotisation annuelle sera de 2 280€ pour le « 19 tonnes » et de 2 700€ pour le « 32 tonnes ».

##### **3.3.1.3 La visite technique annuelle obligatoire et les visites intermédiaires**

Chaque année les poids lourds doivent se soumettre au moins à une visite technique auprès des inspecteurs du transport routier de la Drire<sup>13</sup>. Cette visite technique annuelle est souvent associée à une contre-visite assurant la prolongation de l'autorisation de circuler. A défaut, le camion n'est pas autorisé à circuler. En fonction du kilométrage annuel l'inspecteur peut soumettre le camion à des visites techniques intermédiaires. La totalité du coût des visites et des réparations nécessaires à l'obtention de l'autorisation de circuler est à la charge du propriétaire du camion. A la Réunion, le prix de la visite est fixé à 42,23€ et celui de la contre-visite à 29,27€. Compte-tenu du nombre de kilomètre à parcourir, j'ai prévu 3 visites techniques et 3 contre-visites par an pour chaque unité de transport.

#### **3.3.2 Les charges variables**

##### **3.3.2.1 Les frais de carburant**

Le carburant généralement consommé par les véhicules utilitaires en France est le diesel ou « gazole ». Les frais de gazole sont fonction de la longueur des trajets, de la consommation des véhicules, du type de conduite du chauffeur et du prix affiché de carburant. Nous avons considéré un taux de consommation de gazoil fourni par le constructeur qui tient compte de la fréquence des arrêts et démarrage et du type de circulation (urbain, routier, montagne). Nous avons considéré un taux de consommation basé sur la consommation réelle de carburant d'une flotte de camion collectant du lait<sup>14</sup> en zone de montagne et parcourant 200 000 kilomètres par an. Ce type de transport n'est pas

<sup>13</sup> Direction Régionale de l'Industrie, de la Recherche et de l'Environnement

<sup>14</sup> Parc de camion de la Sicalait



exactement celui que nous évaluons. En effet, la collecte de lait est une collecte d'exploitation en exploitation dans la limite du poids total autorisé en charge puis une livraison au terminal de transformation. Notre situation se rapproche plus de celle des provandiers qui assurent la livraison des aliments en vrac pour bétail dans les zones d'élevage. L'exportation est directe du terminal de chargement (usine de fabrication) vers le silo de stockage de l'éleveur. Cependant, nous n'avons pu obtenir d'informations économiques relatives à ce type de transport en raison de leur confidentialité.

Le tarif du litre de gazole est de 0,79€<sup>15</sup>. En signant un contrat d'achat exclusif avec un détaillant pétrolier il est possible d'obtenir des tarifs plus compétitifs. Aussi avons-nous retenu cette hypothèse. Le tarif susceptible d'être appliqué serait alors de 0,70€ par litre de carburant acheté.

### 3.3.2.2 Les frais de réparation

Les frais de réparation représentent le coût prévu des pièces de rechange, des lubrifiants, du liquide de refroidissement, de la main d'œuvre nécessaire à l'entretien et à la réparation du véhicule. Je n'ai pas inclus dans ces frais de réparation les frais inhérents à un programme d'entretien préventif annuel. Il s'agit d'un coût annuel moyen de réparation. Plus le camion est vieux plus ces frais d'entretien sont importants. Par ailleurs compte tenu des conditions de montagne dans lesquelles ont lieu le transport, les frais de réparations risquent de s'avérer un peu plus importants sur les garnitures de frein, les suspensions. Cette estimation ne tient pas compte des casses exceptionnelles (p. ex. rupture de boîte de vitesse, ...) et des accidents. Le taux moyen annuel de réparations a été fixé à 0,0007.

### 3.3.2.3 Les frais de pneumatiques

Nous avons pris en compte dans le calcul de ces frais le prix de pneus neufs et leur durée de vie théorique. L'expérience d'entreprises de transport sur routes de montagne à la Réunion nous montre que la durée de vie des pneumatiques est de 4 fois inférieure à la durée de vie affichée par le constructeur.

Ces frais de pneumatiques pourraient être réduits par l'utilisation de pneus rechapés en particulier sur les essieux arrières des camions. Dans ce cas, il faut intégrer le coût de rechapage et la durée de vie d'un pneu rechapé.

### 3.3.2.4 Les frais de nettoyage

Compte-tenu du type de produit transporté, il est primordial de procéder à un nettoyage du porteur et de sa citerne régulièrement. Cette tâche est dévolue au chauffeur du camion sur son temps de travail journalier. Le matériel adapté (nettoyeur haute pression) ainsi que les détergents nécessaires au nettoyage de l'unité de transport seront fournis. Ces frais de nettoyage ont été fixés à 300€ par camion et par an.

### 3.3.2.5 Les frais de manutention

Ces frais prennent en compte tous les éléments ou accessoires supplémentaires qui ne font pas partie du porteur et qui nécessitent un entretien ou un remplacement régulier. Il s'agit dans notre cas des pompes, de tuyaux flexibles.

En fonction de leur densité certains liquides exigent des pompes et des tuyaux de prix différents. Les frais d'entretien des pompes sont aussi corrélés à la densité du produit transporté et à la propreté des liquides pompés.

## **3.3.3 Les frais d'amortissement**

L'amortissement de l'unité de transport est considéré comme linéaire sur 5 ans pour le « 19 tonnes » et sur 7 ans pour le « 32 tonnes ». Le calcul du coût de l'amortissement des camions est basé sur un taux de dépréciation annuel de 12% soit 1% par mois et sur la valeur résiduelle de l'unité de transport à la fin de la durée d'amortissement.

---

<sup>15</sup> Prix public affiché dans l'ensemble des stations-service de l'île

## 4 Les résultats

### 4.1 Coûts de transfert des lisiers bruts

Le tableau 1 présente les principaux résultats économiques de cette évaluation. L'ensemble des éléments ayant permis d'obtenir ces résultats sont présentés dans les annexes 1 et 2.

Tableau 1 : Synthèse des résultats économiques

	9m <sup>3</sup>	18m <sup>3</sup>
Période d'exportation	Juin-janvier	
Volume d'exportation quotidien (m <sup>3</sup> )	139	
Nombre de camions	5	3
Nombre de rotations quotidiennes par camion	3	3
Investissement (€)	631 800	421 500
Frais fixes annuels (€)	20 495	13 945
Charges variables annuelles (€)	136 998	133 329
Coût au m <sup>3</sup> transporté (€)	<b>33,74</b>	<b>14,77</b>
Coût au kilomètre parcouru (€)	<b>3,45</b>	<b>3,02</b>

Ces coûts d'exportation de lisier brut vers la zone littorale sont élevés. Au kilomètre parcouru quelle que soit la charge totale transportée, les coûts sont du même ordre de grandeur ; ils sont compris entre 3€ et 4€. En revanche, le coût du mètre cube de lisier transporté est divisé par deux lorsque la capacité de transport du camion est multipliée par deux. Un mètre cube de lisier exporté vers le littoral coûterai 14,77€ s'il est exporté par volumes de 18m<sup>3</sup>. Toutefois, ce coût est inférieur à ceux induits par la mise en œuvre d'une unité collective de traitement des lisiers à Grand-Ilet. La figure 2 illustre ces résultats de simulation.

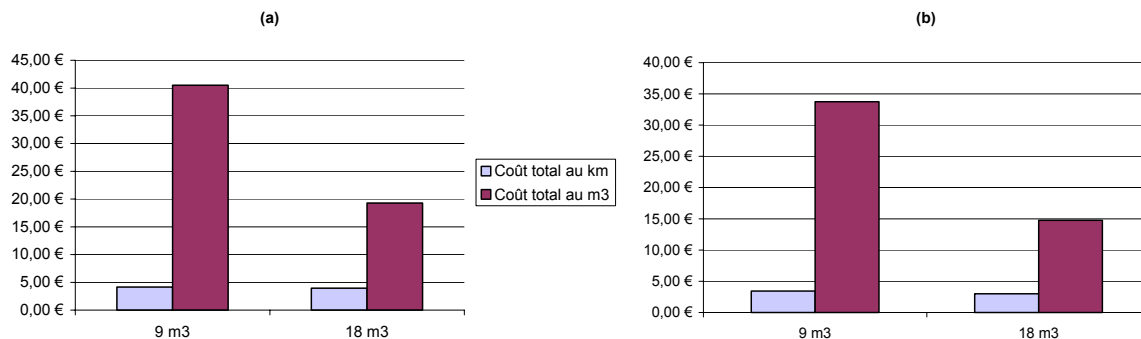


Figure 2 : Comparaison du coût de transport au kilomètre parcouru et au mètre cube transporté en fonction de la charge totale de l'unité de transport (a) pour la première année d'exploitation et (b) pour la seconde année et les années suivantes d'exploitation

### 4.2 Parts des frais d'exploitation

Les figures 3 et 4 montrent la répartition des frais d'exploitation relatifs aux « 19 tonnes » (figure 3) et aux « 32 tonnes » (figure 4). Quel que soit le type d'unité de transport, l'acquisition du matériel et le gazole représentent les deux postes les plus importants.

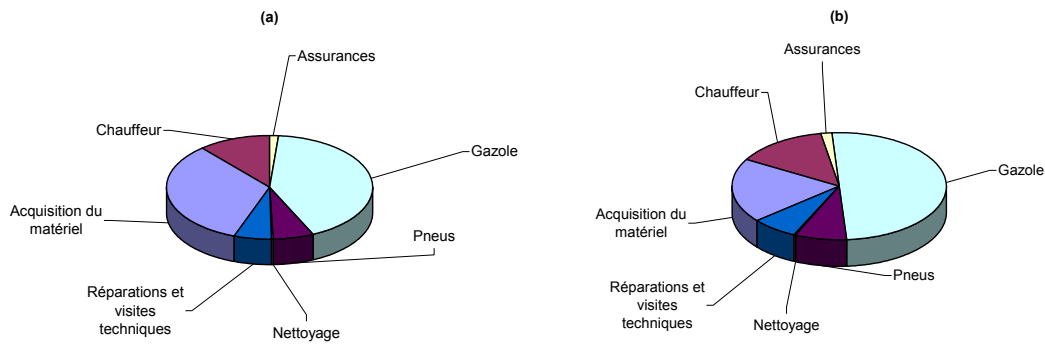


Figure 3 : Répartition des frais d'exploitation de 6 camions de 9 tonnes de charge totale pour l'exportation de lisiers de Grand-Ilet vers la zone littorale (a) pour la première année d'exploitation et (b) pour la seconde année et les années suivantes d'exploitation

Les frais de gazole représentent en moyenne 50% du coût d'exploitation de camions de 19 tonnes.

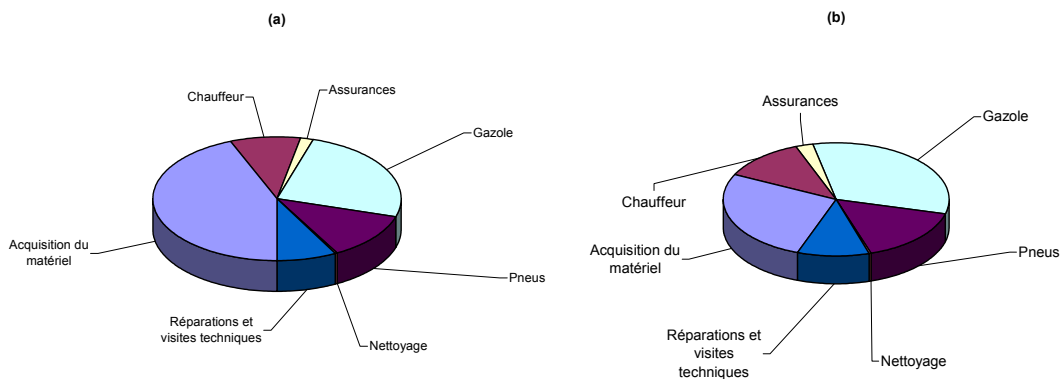


Figure 4 : Répartition des frais d'exploitation de 3 camions de 18 tonnes de charge totale pour l'exportation de lisiers de Grand-Ilet vers la zone littorale (a) pour la première année d'exploitation et (b) pour la seconde année et les années suivantes d'exploitation

Le « 32 tonnes » possède 12 pneus. Aussi ce poste est-il plus important que le poste main d'œuvre dans cette configuration ; la main d'œuvre étant composée de 3 chauffeurs (6 pour la configuration « 19 tonnes »).

## 5 Risques environnementaux liés à l'utilisation des camions

Les moteurs des véhicules émettent un grand nombre de polluants. Ces polluants impactent l'environnement, en particulier atmosphérique, à différentes échelles. Il convient de distinguer 3 niveaux de pollution :

1. **La pollution locale.** Elle est constatée à proximité immédiate des sources de pollution. Dans notre cas, cette pollution sera localisée le long de l'axe routier emprunté par les camions. Les polluants en jeu sont principalement le monoxyde de carbone (CO) et l'ozone (O<sub>3</sub>) produite par les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), les hydrocarbures non méthaniques (HCNM) et les composés organiques volatiles (COV). La transformation photochimique de ces gaz en ozone est plus ou moins accentuée par la situation géographique (vallée encaissée), les conditions climatiques (ensoleillement, absence de vent). Ces gaz sont émis par l'ensemble des véhicules automobiles. Les véhicules équipés d'un moteur diesel émettent en plus des particules qui sont une autre source de pollution localisée. Cette pollution est perçue directement par la population : nuisances olfactives, irritations, fumées noires, dégradation des façades des bâtiments...
2. **La pollution régionale.** Elle est due à la dilution spatiale des gaz émis par les véhicules. Cette pollution régionale est mesurée à l'échelle d'une agglomération ou d'une vallée en montagne.

3. **La pollution globale.** Elle correspond à une pollution à l'échelle de la planète. Les polluants responsables de la pollution atmosphérique sont différents de ceux responsables de la pollution locale. Le dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>) est responsable de l'effet de serre à plus de 90%.

La modernisation du parc automobile et l'amélioration des caractéristiques des carburants contribuent à la diminution de l'émission de gaz nocifs. Cependant, l'accroissement du parc de véhicules et de la circulation continuent à faire progresser les émissions de gaz à effet de serre.

Les rejets polluants des véhicules de PTAC supérieur à 3,5 tonnes ne doivent pas dépasser la norme d'émission « Euro III » actuellement en vigueur (tableau 2).

**Tableau 2 : Normes d'émission de polluants de l'air (g/kWh) pour les véhicules de PTAC supérieur à 3,5 tonnes (poids lourds, bus et cars)**

Norme	Texte de référence : Directive UE	Date de mise en application (tous types)	NO <sub>x</sub>	CO	HCNM	Particules
Euro III	99/96/CE (A)	01/10/2001	5 ; 5*	2,1 ; 5,45*	0,66 ; 1,1/0,55*	0,1 ; 0,16*
Euro IV	99/96/CE (B1)	01/10/2006	3,5 ; 3,5*	1,5 ; 4*	0,46 ; 1,1/0,55*	0,02 ; 0,03

\* : Valeur obtenue avec le cycle représentatif des conditions de fonctionnement transitoires du moteur  
 Ces valeurs-limites de rejets polluants vont encore diminuer en 2009.

Les niveaux d'émission des polluants de l'air par les unités de transport utilisées dans la simulation sont présentés dans le tableau 3. Ces émissions répondent aux normes « Euro III ».

**Tableau 3 : Niveaux d'émission des polluants d'une unité de transport en g/kWh (source : Renault VI, 2003)**

	NO <sub>x</sub>	CO	HCNM	Particules
Renault Premium 370.19D Citernier « 19 tonnes »	4,820	0,330	0,043	0,066
Renault Kerax 420.32 8x4 Citernier « « 32 tonnes »	4,820	0,330	0,043	0,066

En considérant le nombre de rotations annuelles (la flotte de « 19 tonnes » travaille 5 907,45 heures par an et la flotte de « 32 tonnes » travaille 3 760,47 heures par an), les niveaux d'émissions de polluant et la puissance des moteurs des unités de transport on obtient les quantités de NO<sub>x</sub>, CO, HCNM et de particules rejetées dans l'atmosphère (tableau 4).

**Tableau 4 : Quantités de polluants rejetés annuellement dans l'atmosphère par les unités de transport en kg/an**

	NO <sub>x</sub>	CO	HCNM	Particules
5 Renault Premium 370.19D Citernier (266 kW)	7 792	533	70	107
3 Renault Kerax 420.32 8x4 Citernier (303 kW)	4 709	322	42	64

Les quantités de polluants émises par les 5 « 19 tonnes » représentent 65% de plus que les quantités de polluants émises par les 3 « 32 tonnes ». Ces quantités de polluants viendraient s'ajouter à celles émises par le trafic automobile actuel.

Les niveaux de rejets en NO<sub>x</sub> sont importants. Ces oxydes d'azote ont une durée de vie de 1,5 jours. Ils sont transformés en ozone dans la basse atmosphère ; et l'ozone a pour effet biologique d'altérer les fonctions respiratoires de l'homme et sa résistance aux infections, de provoquer des maux de tête, des vertiges et des nausées.

Le traitement local des lisiers diminuerait la production de gaz à effet de serre et de gaz nocifs ; ce traitement limitera le stockage des lisiers non traités qui génèrent du méthane, puissant gaz à effet de serre et les volumes de matière à transporter.

## **6 Conclusion**

Cette évaluation de frais de camionnage est une évaluation pessimiste. En ce qui concerne les coûts, on a privilégié les hypothèses hautes en se basant sur les renseignements récoltés auprès des fournisseurs et auprès de la Sicalait. Cette évaluation pourrait être optimisée lors de la réflexion sur la structure de gestion la mieux adaptée pour porter et gérer le projet et de celle à envisager sur le mode de collecte et de livraison des lisiers.

Si la solution d'exportation des lisiers bruts n'est pas retenue par les agriculteurs en raison des coûts élevés, ce modèle d'évaluation des frais d'exportation par camion d'un produit pourra être utilisé afin d'évaluer les coûts de transfert des co-produits solides et/ou liquide issus de l'unité de transformation choisie pour le traitement collectif des lisiers à Grand-Ilet. Un couplage avec le modèle Macsizut est envisageable à condition d'y associer les moyens de transport adéquats.

## Bibliographie

FARINET J.-L., HURVOIS Y., PAILLAT J.-M., 2002. MACSIZUT : un modèle d'aide au choix de techniques de traitement des effluents d'élevage. *In* F. Guerrin, J.-M. Paillat (éditeurs scientifiques), Modélisation des flux de biomasse et des transferts de fertilité – Cas de la gestion des effluents d'élevage à l'île de la Réunion. Restitution des travaux de l'ATP 99/60. Actes du séminaire des 19-20 juin 2002, Montpellier, France. Cirad, Montpellier France, Colloques, Cd-Rom

FAROLFI S., 2002 – Coûts de gestion individuelle et collective des effluents d'élevage à l'île de la Réunion. Cirad Tera/Rev et Centre for Environmental Economics and Policy in Africa/University of Pretoria, rapport provisoire, 48 p.

LASSAUX J.-C., PIROT R., POSER C., 1999 – Etude des coûts de transport de la canne à sucre à la Réunion. Expertise Cirad – Programme Canne à Sucre du 22 février au 20 mars 1999. Rapport confidentiel Odéadom-Cirad/Ca. 34 p. + annexes

MISSION DE VALORISATION AGRICOLE DES DECHETS, 2001. Guide technique des produits organiques susceptibles d'être épandus en agriculture. Rapport technique provisoire Chambre d'Agriculture, Saint Denis de la Réunion, 61 p.

RENAULT D., PAILLAT J.-M., 1999. Analyse de la production et de l'utilisation des effluents porcins à Grand-Ilet, localité de l'île de la Réunion (cirque de Salazie). Cirad Tera/Ere, rapport 16/99, La Réunion, 50 pages + annexes.

TIRATAY M., 2001. Evaluation des coûts de gestion collectifs des effluents d'élevage à la Réunion ; le cas de Grand-Ilet. Rapport de stage de formation Cirad/Canavi Botanica, 90 p.

Transports Canada, Groupe des politiques, 2001 – Frais d'exploitation des camions au Canada. <http://www.tc.gc.ca/pol/fr/rapport/Camionnage2001>

## Annexe 1

### Fiche d'évaluation des frais de transport de lisiers par camion citerne de 9 m<sup>3</sup>

#### Volume à exporter

Volume total à exporter	20 000 m <sup>3</sup>
Volume jour à exporter	139 m <sup>3</sup>

#### Type de transport

	Camion
Prix porteur	90 000 €
Durée d'amortissement	5 an(s)
Taux de dépréciation annuel	12%
Valeur résiduelle en fin d'amortissement	47 496 €
Indice de réparation du camion (% , /h)	0,00007
Puissance moteur (Ch)	361
Consommation	0,48 l/km
Capacité de transport	9 m <sup>3</sup>
Prix de la citerne	15 300,00 €
Durée d'amortissement	10 an(s)
Débit de pompage du lisier	10,00 l/s
Débit de vidange du lisier	10,00 l/s
Nombre total de camions nécessaires	5

#### Calcul frais financiers

Année financement	2003
Montant total prêt unité de transp	105 300,00 €
Apport personnel	26 325,00 €
Taux d'intérêt annuel	4,50%
Durée	5 an(s)
Montant prêt	78 975,00 €
Annuités	17 215,16 €

#### Frais fixes annuels

Assurances	2 280,00 €
Salaire chauffeur	18 000,00 €
Visite technique annuelle obligatoire d	215,00 €
<b>Total frais fixes annuels</b>	<b>20 495,00 €</b>

#### Charges annuelles

Provisions amortissement camion	8 501 €
Apport personnel première année	26 325 €
Gazole	65 707 €
Pneus	10 307 €
Réparations	7 443 €
Main d'œuvre ext.	1 500 €
Annuité	17 215 €
Frais de manutention	0 €
Frais de nettoyage	300,00 €
Impôts, taxes et versements assimilés	0,00 €
<b>Total charges annuelles</b>	<b>136 998 €</b>

#### Consommables

Gazole	0,70 €/l
Huile	3,60 €/l
Liquide de refroidissement	3,00 €/l
Coef. Consommation lubrifiant	4,50%
Prix unitaire pneu directionnel	730,00 €
Nombre de pneus directionnels	2
Prix unitaire pneu porteur	780,00 €
Nombre de pneus porteurs	4
Prix unitaire moyen pondéré pneu	763,33 €
Nombre total de pneus de l'unité	6
Durée de vie des pneus	525,00 h

#### Nombre de jours de travail

Date de début	1-juin-03	243,33
Date de fin	31-janv-04	34,67
Repos hebdomadaire	69 j/an	
Arrêts divers	30 j/an	
Nombre total de jours travaillés	144	
Nombre de voyages par jour	3,00	
Total livré par jour	27 m <sup>3</sup>	
Temps total travaillé par an	1 181,49 h	

#### Temps moyen par voyage

Temps de remplissage	0,25 h
Temps de vidange	0,25 h
Temps de parcours AR	2,23 h
Total temps par rotation	2,73 h
Nombre maximal de rotations par jour	3
Temps total travaillé par jour	8,20 h

#### Trajets sur RD et RN

Distance à effectuer pour récupérer	44 km
Vitesse moyenne camion vide (m	35 km/h
Distance à effectuer pour livrer le	44 km
Vitesse moyenne camion plein (c	45 km/h

<b>Cout global de l'opération</b>	année 1	année 2, 3, ...	
Total annuel des frais	810 149,54 €	674 732,88 €	
<b>Coût total au km</b>	<b>4,14 €/km</b>	<b>3,45 €/km</b>	<b>Distance totale parcourue</b> 195 556 km
<b>Coût total au m<sup>3</sup> transporté</b>	<b>40,51 €/m<sup>3</sup></b>	<b>33,74 €/m<sup>3</sup></b>	

## Annexe 2

### Fiche d'évaluation des frais de transport de lisiers par camions citerne de 18 m<sup>3</sup>

#### Volume à exporter

Volume total à exporter	20 000 m <sup>3</sup>
Volume jour à exporter	139 m <sup>3</sup>

#### Type de transport

	Camion
Prix unité de transport	110 000 €
Durée d'amortissement	7 an(s)
Taux de dépréciation annuel	12%
Valeur résiduelle en fin d'amortissement	44 954 €
Indice de réparation du camion (% / an)	0,00007
Puissance moteur (Ch)	412
Consommation	0,55 l/km
Capacité de transport	18 m <sup>3</sup>
Prix de la citerne	30 500,00 €
Durée d'amortissement	10 an(s)
Débit de pompage du lisier	15,00 l/s
Débit de vidange du lisier	15,00 l/s
Nombre total de camions nécessaire	3

#### Calcul frais financiers

Année financement	2003
Montant total unité de transport	140 500,00 €
Apport personnel	35 125,00 €
Taux d'intérêt annuel	4,50%
Durée	7 an(s)
Montant prêt	105 375,00 €
Annuités	17 112,24 €

#### Frais fixes annuels

Assurances	2 700,00 €
Salaire chauffeur	13 715,95 €
Visite technique annuelle obligatoire	215,00 €
<b>Total frais fixes annuels</b>	<b>16 630,95 €</b>

#### Charges annuelles

Provisions amortissement camion	13 649 €
Apport personnel première année	35 125 €
Gazole	37 644 €
Pneus	18 146 €
Réparations	9 652 €
Main d'œuvre ext.	2 000 €
Annuité	17 112 €
Frais de manutention	0 €
Frais de nettoyage	300,00 €
Impôts, taxes et versements assimilés	0,00 €
<b>Total charges annuelles</b>	<b>133 329 €</b>

#### Consommables

Gazole	0,70 €/l
Huile	3,60 €/l
Liquide de refroidissement	3,00 €/l
Coef. Consommation lubrifiant	4,50%
Prix unitaire pneu directionnel	730,00 €
Nombre de pneus directionnels	4
Prix unitaire pneu porteur	780,00 €
Nombre de pneus porteurs	6
Prix unitaire moyen pondéré pneu	760,00 €
Nombre total de pneus de l'unité	10
Durée de vie des pneus	525,00 h

#### Nombre de jours de travail

Date de début	1-juin-03	243,33
Date de fin	31-janv-04	34,67
Repos hebdomadaire	69 j/an	
Arrêts divers	30 j/an	
Nombre total de jours travaillés	144	
Nombre de voyages par jour	3,00	
Total livré par jour	54 m <sup>3</sup>	
Temps total travaillé par an	1 253,49 h	

#### Temps moyen par voyage

Temps de remplissage	0,33 h
Temps de vidange	0,33 h
Temps de parcours AR	2,23 h
Total temps par rotation	2,90 h
Nombre maximal de rotations par jour	3
Temps total travaillé par jour	8,70 h

#### Trajets sur RD et RN

Distance à effectuer pour récupérer	44 km
Vitesse moyenne camion vide (RD et RN)	35 km/h
Distance à effectuer pour livrer	44 km
Vitesse moyenne camion plein	45 km/h

Cout global de l'opération	année 1	année 2, 3, ...	
Total annuel des frais	385 698,46 €	295 356,38 €	
<b>Coût total au km</b>	<b>3,94 €/km</b>	<b>3,02 €/km</b>	<b>Distance totale parcourue</b> 97 778 km
<b>Coût total au m<sup>3</sup> transporté</b>	<b>19,28 €/m<sup>3</sup></b>	<b>14,77 €/m<sup>3</sup></b>	