

11/89

وزارة التعليم العالي

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

المكتبة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

des

ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT G-Industriel

PROJET DE FIN D'ETUDES

S U J E T

LOCALISATION DE STRUCTURES DANS UN SYSTEME A DEUX
HIERARCHIES ET A CAPACITE FINIE.

APPLICATION A L'ENTREPRISE NAFTAL

Proposé par :
N A F T A L

Etudié par :
W. REZIG
N. TOUATI

Dirigé par :
Dr S.SALHI

PROMOTION :

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT : GENIE INDUSTRIEL

PROMOTEUR : Dr SALHI

ELEVES INGENIEURS : Melle W. REZIG
Melle N. TOUATI

الموضوع: تحديد أماكن للمصياكل في نظام دوليقيتين واسعة محدودة

الملخص: عملنا يهدف إلى تخفيض كلفة توزيع مادة البوتان، عبر تحديد مراكز التثبيت وموازن الربط، مؤسسه نفظال. يتم تمثيل المشكل على شكل برنامج خطي للاعداد الطبيعية، لم يمكن حله إلا بطريقة هورستية، تركز أساساً على أعمال كرامن "كان"، هومبرغز "و" راند". نجد تقسيم هذه الطريقة، حاولنا تمثيلها على مصييات مؤسسه نفظال.

- Sujet:

LOCALISATION DE STRUCTURES DANS UN SYSTEME A DEUX HIERARCHIES ET A CAPACITE FINIE .

- Resumé:

Le but de la présente étude est la minimisation du coût de distribution du produit butane à travers la localisation de centres enfûteurs et de dépôts relais à l'entreprise NAFTAL .

Ce cas s'est identifié à un problème de localisation à deux hiérarchies et à capacité finie.

Une formulation sous forme d'un problème linéaire en nombres entiers a été proposée, puis discutée.

Une méthode heuristique combinant à la fois le principe de Rand et l'approche de Kuhn et Hamburger a permis, après avoir été évaluée sur une série de problème test, de procéder à une tentative de résolution du problème .

- Subject:

LOCATION OF FACILITIES IN A TWO LEVEL DISTRIBUTION SYSTEM WITH FINITE CAPACITIES.

- Summary:

A two level location problem with capacitated barreling centers and storage depots has been investigated .

A literature review on the subject has been presented .

The problem is first formulated as an integer linear program and shown to be applied only for small problems. A heuristic procedure based on existing methods has been developed .

The present procedure has been evaluated on some test problems and a case of application has also been carried out on real data provided by the company NAFTAL to help their decision makers in analysing their distribution system.

SOMMAIRE

INTRODUCTION	1
Chapitre 1: PRESENTATION DE L'ENTREPRISE NAFTAL ET POSITION DU PROBLEME.	
1.1. Présentation de l'entreprise NAFTAL.	3
1.2. Position du problème	6
Chapitre 2: RETROSPECTIVE ET TRAVAUX DE RECHERCHE..	
Introduction	9
2.1. Généralités sur un système de distribution.	9
2.1.1. Schéma de distribution.	
2.1.2. Coûts de distribution.	
2.2. Problème de localisation.	14
2.2.1. Fonction objectif.	
2.2.2. Méthodologie et formulation.	
2.2.3. Cas particuliers et extensions.	
Conclusion	
Chapitre 3: METHODOLOGIE ET FORMULATION.	
Introduction.	23
3.1. Formulation	23
3.2. Méthodologie de résolution.	30
3.2.1. Choix de la méthode.	
3.2.2. Modélisation schématique du réseau NAFTAL.	

3.2.3. Organnigramme et algorithme.

3.2.3.1. Organnigramme.

3.2.3.2. Algorithme.

Conclusion.

Chapitre 4: PROBLEMES TEST ET APPLICATION.

Introduction. 49

4.1. Problèmes test. 49

4.1.1. Problèmes test à une hiérarchie.

4.1.2. Problèmes à deux hiérarchies.

4.1.2.1. Problèmes à capacité infinie.

4.1.2.2. Problèmes à capacité finie.

4.2. Application. 63

4.2.1. Hypotheses de travail.

4.2.2. Traitement et collecte des données.

4.2.3. Résultats.

Conclusion.

Chapitre 5: CONCLUSION ET SUGGESTIONS

5.1. Conclusion. 86

5.2. Suggestions. 87

Références 92

Annexes 94

Introduction

Depuis le lancement des premiers plans quadriennaux de développement, des programmes intensifs d'investissement ont été initiés par l'entreprise SONATRACH dans le secteur de la distribution des GPL (1) en vue de mettre à la portée des masses une source d'énergie vitale, commode et à bon marché.

Pour ce faire, un très vaste réseau comportant des centres enfûteurs, des aires de stockage et des points de vente a été réalisé. A ce réseau, on a associé une flotte importante dotée de divers moyens de transport dans le but de faire face de façon instantanée, non seulement à une demande de plus en plus forte mais aussi en croissance continue.

Une analyse objective des coûts de distribution à la lumière des prix administratifs très bas pratiqués montre un déséquilibre financier de la distribution des GPL sans cesse croissant, ce qui amenuise d'autant la capacité d'autofinancement de l'entreprise NAFTAL (issue de la restructuration de la Société SONATRACH) et ce, au moment même où l'autonomie de gestion des entreprises exige de tous les agents économiques nationaux des efforts conséquents pour élever de plus en plus aussi bien la productivité dans le travail que le capital investi.

Un autre facteur sur lequel nous nous sommes particulièrement penchés nous paraît intervenir dans ce déséquilibre financier de la distribution des GPL : il s'agit de la localisation des centres enfûteurs. En effet, il apparaît clairement que les investissements réalisés à ce jour ont été programmés le plus souvent sous le coup de l'urgence et en fonction beaucoup plus du découpage administratif du territoire national que d'une analyse véritablement scientifique des flux de produits.

C'est pourquoi, pour les investissements à venir en matière de distribution des GPL, nous nous proposons grâce aux méthodes de

recherche opérationnelle, de rationaliser l'extension du réseau et plus précisément, de localiser les futurs centres enfûteurs et dépôts relais selon des critères beaucoup plus scientifiques que par le passé.

Cette modeste contribution à l'effort de réduction des coûts de distribution des GPL nous paraît importante et justifiée surtout à l'heure où la stratégie de développement de l'Algérie fait beaucoup plus appel aux efforts organisationnels en vue de faire face correctement à la contrainte financière interne et externe actuelle.

Pour atteindre notre objectif, nous nous proposons de suivre le plan de travail suivant :

Une présentation de l'entreprise NAFTAL et de l'activité d'enfûtage sera faite dans le chapitre 1,

le chapitre 2 sera consacré à la définition de la problématique de l'étude ainsi qu'aux généralités portant sur le problème,

une formulation mathématique du problème précédemment défini et une description de la méthode utilisée pour le résoudre seront traitées dans le 3ème chapitre,

un chapitre 4 fera suite pour concrétiser l'apport de notre méthode à travers une liste de problèmes test et une application quantitative au cas NAFTAL,

un dernier chapitre pour expliciter les suggestions que pourrait soulever ce genre d'étude auquel fera suite

une conclusion où nous nous efforcerons de mettre en évidence les différents apports de ce modeste travail.

(1) Gaz et pétrole liquéfiés.

CHAPITRE 1

PRESENTATION DE L'ENTREPRISE NAFTAL ET POSITION DU PROBLEME

1.1. Présentation de l'entreprise NAFTAL

NAFTAL, entreprise nationale de commercialisation et de distribution des produits pétroliers a été créée par le décret n°-101-80- du 06 Juin 1980. Ses attributions trop importantes, au début, se sont vues restreindre à dater du 25 Aout 1981.

Actuellement, l'entreprise NAFTAL a pour missions essentielles :

- La formulation (bitumes), le conditionnement (GPL) et le stockage primaire (tous produits);
- La distribution des produits pétroliers;
- Le transport sur toute l'étendue du territoire national de près de six (6) millions de tonnes de produits;
- L'étude et la réalisation de projets d'investissement.

L'intégration de toutes ces activités à l'échelle nationale confère à l'entreprise NAFTAL un statut à la fois de prestataire de services et de producteur potentiel.

Parmi les produits offerts par l'entreprise, on peut distinguer les gaz butane et propane.

Bien que les deux (2) produits ne revêtent pas la même importance stratégique, ils s'insèrent indifféremment dans un même processus de production. Ce dernier comprend deux (2) étapes essentielles.

a- Extraction:

Les produits butane et propane peuvent provenir de deux (2) sources différentes: le pétrole brut ou gaz naturel liquéfié. Ces deux matières premières sont soumises à un procédé de séparation au niveau des raffineries et des unités à GNL relevant respectivement des entreprises NAFTEC et SONATRACH.

Il existe actuellement sur tout le territoire national quatre (4) raffineries, à Alger, Arzew, Skikda et Hassi Messaoud. Les unités à GNL quant à elles, se situent à Arzew et Skikda

Les quantités de brut traitées permettent de dégager un vrac de propane et butane largement suffisant. Toutefois on peut observer des déficits au niveau des raffineries d'Alger et de Skikda. La production excédentaire d'Arzew permet généralement d'y pallier, le transfert de vrac s'effectuant par cabotage.

b- Conditionnement:

Le produit vrac est dans un deuxième temps acheminé par des semi-remorques citernes (15 tonnes de capacité) vers des centres d'enfûtage pour y subir l'opération de conditionnement.

Exceptionnellement, il peut arriver que le transport se fasse par cabotage vers certains centres côtiers (Béjaïa et Skikda), qui à leur tour alimentent d'autres centres situés à l'intérieur du pays.

En raison de sa prépondérance par rapport au propane, on se limitera pour tout ce qui suit au gaz butane (voir annexe 1).

Au niveau des centres enfûteurs, ce produit est en premier lieu stocké dans une ou deux sphères de capacité individuelle 1000 tonnes puis acheminé vers un hall d'emplissage pour l'opération de mise en bouteille.

On distingue des bouteilles à usage domestique de 13 kg (B13) et dans une proportion moindre des bouteilles de 2 à 3 kg prévues pour des campeurs ou nomades du sud.

Le remplissage de ces bouteilles se fait par ordre de passage sur un carrousel, piste circulaire en rotation.

Cette technique d'enfûtage oblige les capacités des centres enfûteurs à prendre des valeurs discrètes.

C'est ainsi que, selon le nombre de carrousels octroyé, on aura des centres de 7000 B13/jour ou 14000 B13/jour pour, respectivement un ou deux carrousels (Ces chiffres correspondent à une cadence de travail de 8h /jour).

La gamme de capacités, pourrait inclure un élément additionnel grâce à une variante de la technique d'emplissage exposée ci-dessus.

Cette variante consiste à remplacer le carrousel par un système de tapis roulant. Ce qui permet d'obtenir une capacité de 4000 B13 /jour; capacité qui sera systématiquement associée à ce que l'on appelle un mini-centre enfûteur.

En plus de cette spécificité, le mini-centre possède une caractéristique d'importance majeure pour un problème de localisation. En effet, et à l'inverse des centres enfûteurs, un mini-centre peut être facilement déplacé d'une localité à une autre. Cette propriété permettra de remédier à d'éventuelles erreurs d'implantation.

Finalement, en considérant les centres et mini-centres, on pourra disposer de trois (3) capacités d'emplissage. Cette gamme pourra encore être élargie en jouant sur la cadence de travail par jour (généralement, une à deux équipes).

La livraison du produit fini obtenu au niveau des centres pourra se faire selon deux (2) schémas possibles:

- Une livraison directe à partir des centres, pour les clients proches, situés dans un rayon d'au plus 40 km.
- Une livraison en deux étapes à partir de dépôts-relais, pour des clients plus éloignés. Les dépôts-relais sont des unités de stockage et de distribution. Leur ravitaillement en produit conditionné est assuré par les centres enfûteurs. Le client, dernier maillon de la chaîne est alors ravitaillé par l'intermédiaire de ces mêmes dépôts-relais.

Pour faire face à la fonction de distribution du produit butane, l'entreprise NAFTAL dispose à ce jour d'une flotte interne composée de:

- 520 véhicules répartis en 80 camions de 630 bouteilles et 440 de 420 . Ces moyens sont mis à la disposition des dépôts-relais pour le transport des bouteilles de gaz.

L'insuffisance de cette flotte contraint l'entreprise à recourir

à des partenaires externes.

- 1100 véhicules d'une capacité de 210 bouteilles affectés aux centres et aux dépôts relais pour la livraison directe des clients.

Ce réseau de distribution ravitaille 4 types de clients:

- Les points de vente ordinaires (commerçants).
- Les points de vente spécialisés (commerçants spécialisés).
- Les stations service en gestion directe.
- Les stations service en gestion libre.

La livraison de ces clients peut être entravée par de nombreuses contraintes, dues essentiellement aux pannes techniques des carrousels, des chariots élévateurs et des tracteurs semi-remorques ainsi qu'au manque d'emballage. On pourrait ajouter à cette liste les arrêts par manque d'enlèvement de la production au niveau des centres enfûteurs, suite à l'indisponibilité des moyens de transport pour le ravitaillement et à la baisse de la demande durant la période creuse et semi-creuse. En effet, il est à noter que le phénomène de saisonnalité est très prononcé pour ce type de produit. La demande atteint son pic en hiver, passant du simple au double. La consommation pendant les mois de Décembre et Janvier représente, à elle seule, approximativement 12% de la consommation annuelle.

1.2. Position du problème

De par la nature de sa fonction de conditionnement et de distribution des gaz butane et propane, l'entreprise NAFTAL s'est trouvée confrontée à un problème de localisation de centres enfûteurs et de dépôts relais à travers tout le territoire national.

Actuellement le réseau NAFTAL comporte 42 centres enfûteurs et 76 dépôts-relais (voir annexe 2). Leur situation géographique

montre que le souci majeur de l'entreprise a été la satisfaction de la demande.

La deuxième préoccupation étant l'équilibre régional, on pourra remarquer que l'entreprise s'est basée sur la wilaya, entité administrative et point de demande, pour localiser ses centres enfûteurs et ses dépôts-relais. Cette approche s'est faite au détriment du côté économique qui a été presque occulté. Les études

technico-économiques entreprises jusqu'à ce jour n'ont été, pour la plupart, qu'un appui aux décisions d'implantation. La solution proposée par l'entreprise a consisté en un quadrillage progressif et presque exhaustif de tout le territoire national. Intuitivement, il a été convenu de placer au moins un centre enfûteur ou un dépôt-relais dans chaque wilaya.

La tentative que nous voulons entreprendre se propose de donner une configuration rationnelle pour un futur proche (1989-1995), en visant un double objectif, à la fois économique et social, à savoir la satisfaction de la demande et la minimisation des coûts de transport et d'investissement.

Notre étude se limitera au seul produit butane. Ce choix se justifie par deux facteurs. Le premier se rapportant aux quantités de propane traitées très en deçà des quantités de butane; le second à l'importance relative de ce dernier, due essentiellement à une plus grande ampleur d'utilisation.

Concernant la demande en butane, les données disponibles au niveau de l'entreprise représentent plus exactement des prévisions de vente. Ces dernières sont considérées comme proportionnelles à la population.

Nous utiliserons ces estimations comme point de départ pour appréhender notre problème, même si nous estimons qu'il aurait été plus judicieux de lier les prévisions de vente du butane à celles du gaz naturel, produit de substitution potentiel. Partant de là, nous essaierons de répondre à quatre questions fondamentales:

- Combien de centres enfûteurs et de dépôts-relais faudra-t-il construire ?

- Où seront-ils localisés ?
- Quelles seront leurs capacités individuelles ?
- Enfin, quels clients devront-ils desservir ?

En raison de certaines limitations, concernant le temps imparti pour la réalisation de cette étude ainsi que les contraintes inhérentes à l'utilisation de micro-ordinateurs, les réponses qui seront données se rapporteront uniquement à la région du centre algérien. Toutefois il serait utile de préciser qu'il ne s'agit pas du centre au sens administratif. En effet, dans le but de

dégager du réseau national un sous-réseau indépendant, nous avons intégré certaines wilayas de l'est, de l'ouest et du sud du pays. Le découpage a été effectué de façon à ce que, partant de l'affectation initiale de l'entreprise, le champ d'action de chaque wilaya ne dépasse pas les frontières de la région ainsi délimitée (les frontières définitives sont représentées sur carte, voir annexe 3).

Enfin, il serait prétentieux de notre part de vouloir tenir compte de toutes les contraintes subies par l'entreprise. C'est pourquoi nous nous permettrons, avec l'accord de celle ci, de considérer les moyens de transport suffisants, les contraintes internes levées, et les facteurs de production entièrement disponibles (main d'oeuvre, machines, ...).

Sur cette base, notre étude pourra déboucher sur plusieurs schémas possibles afin de laisser à l'entreprise toute latitude pour juger de ce qui serait le plus pratique à entreprendre dans un proche avenir. Ceci en tenant compte essentiellement de la situation actuelle du réseau NAFTAL, des coûts des éventuels changements et des contraintes propres à l'entreprise.

CHAPITRE 2

RETROSPECTIVE DES TRAVAUX DE RECHERCHE

Introduction

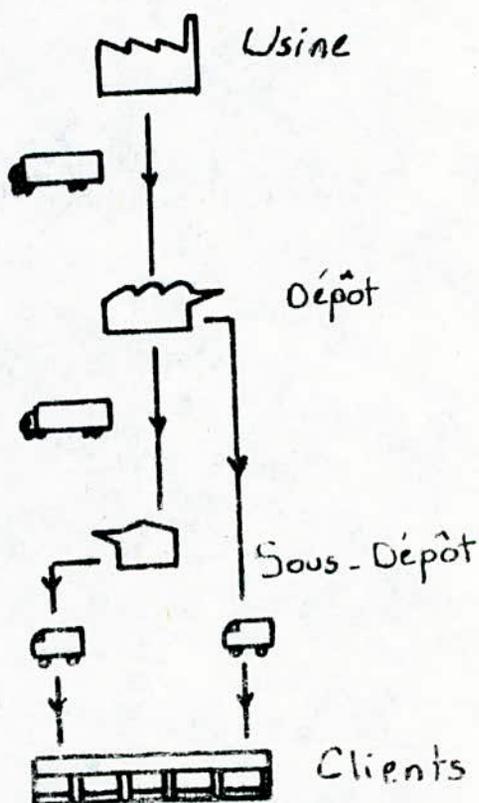
Pour de nombreuses entreprises, la fonction distribution représente un large pourcentage des coûts totaux. Une importante proportion des revenus, 4.5 % en moyenne, (Christopher [2 1), est en effet absorbée par le stockage, la manutention et tous les mouvements relatifs au transfert de marchandises. La distribution devrait donc jouir d'un examen particulier en tant qu'élément vital des secteurs industriel et commercial.

2.1. GENERALITES SUR UN SCHEMA DE DISTRIBUTION

2.1.1. Schéma de distribution

De nombreuses entreprises s'insèrent dans un système logistique schématisé comme suit:

Fig 2.1. Schéma de distribution



L'usine est alimentée en inputs à partir de plusieurs sources. Ces inputs sont transformés en divers produits, puis acheminés vers des dépôts ou centres avant d'être livrés aux clients.

Le ravitaillement des entrepôts se fait par grandes quantités. Ce qui nécessite des moyens de transport de capacité importante. En bout de chaîne, par contre, les commandes des clients sont de moindre volume, les véhicules de livraison seront par conséquent de capacité inférieure.

Bien sûr, il existe des systèmes de distribution qui ne sont pas conformes au schéma classique. On peut rencontrer plusieurs exceptions:

- Il peut arriver que le réseau de distribution comporte un seul type de structure, uniquement des dépôts, des sous-dépôts ou des usines. On parlera alors d'un système à un seul niveau de hiérarchie.
- Malgré l'existence de dépôts intermédiaires, l'usine peut desservir directement certains clients.
- Le flux de produits peut ne pas toujours être dirigé uniquement vers le client.

Ces deux derniers cas de figure pourraient faire l'objet d'études particulières. Le premier, pour sa part, constituera une simplification du cas standard exposé plus haut.

Dans le domaine de la distribution, le décideur se trouve toujours confronté à quatre (4) problèmes majeurs:

- Problème de localisation: localisation, nombre, taille et zones d'influence des dépôts à implanter dans le système.
- Problème de détermination de la composition de la flotte (nombre et capacité des véhicules à utiliser)
- Problème de tournées: itinéraires à suivre pour les différents véhicules de livraison.

- Problème du mode de chargement des véhicules: disposition dans le véhicule des éléments à transporter de façon à d'abord minimiser le temps de déchargement, pour ensuite essayer d'occuper le maximum d'espace disponible (cas des camions à triple accès, à l'arrière et latéralement).

On convient que les deux premiers problèmes sont stratégiques. Une fois que l'implantation des dépôts a été réalisée ou que l'achat des véhicules a été effectué, il sera très difficile d'altérer d'une manière significative ou répétée la configuration existante.

Les derniers problèmes, par contre, sont tactiques. Les programmes de route doivent être fréquemment revus. Les décisions de révision sont souvent sans conséquences majeures.

Malgré ces différences, ces problèmes gagneraient beaucoup à être étudiés simultanément, en raison essentiellement de leur très grande interdépendance.

2.1.2. Coûts de distribution

La performance d'un système de distribution est directement reliée à la structure des coûts encourus. La fonction coût total C est définie comme étant la somme :

$$C = F + G + J + H$$

où

F désigne le coût des dépôts,

G , le coût d'approvisionnement des dépôts à partir des unités de production,

J , le coût de ravitaillement des sous-dépôts à partir des dépôts,

H , le coût de livraison des clients à partir des dépôts ou des sous-dépôts.

Nous expliciterons ci-dessous chacune de ces variables.

a. Coût des dépôts:

Le coût d'exploitation d'un dépôt comprend essentiellement les éléments suivants:

- L'amortissement, loyer, maintenance, réparation, électricité, eau et autres services.
- Coût des équipements, salaire du personnel, coûts administratifs.

Parmi ces éléments, on distingue des coûts fixes (coût du terrain de chargement et de déchargement, frais du personnel administratif,...) et des coûts variables (coût de stockage, de manutention,...).

Le coût d'un dépôt s'exprime généralement comme suit (Eilon et al [4]) :

$$F_i = a_i + b_i W_i + c_i \sqrt{W_i}$$

a_i , b_i et c_i : constantes à déterminer pour le dépôt i .
 W_i : quantité produite au niveau du dépôt i .

b. Coût d'approvisionnement:

Les coûts d'approvisionnement désignent les frais de transport résultant du transfert de marchandises entre l'usine et le dépôt.

Plusieurs facteurs peuvent affecter les coûts d'approvisionnement:

- Le type de marchandises à transporter: les précautions à prendre lors de la manutention, chargement, déchargement peuvent avoir une importance plus ou moins particulière.
- La distance.
- Le moyen de transport (route, air, rail, mer).
- La taille de la flotte.
- Le propriétaire de la flotte (interne ou externe)

Les principales formes de la fonction coût d'approvisionnement sont:

$$(1) \quad G = \beta \sum_{i=1}^n W_i d_i$$

β : Coût par unité de volume transporté et de distance parcourue.

W_i : Quantité transportée de l'usine vers le dépôt i .

d_i : Distance entre l'usine et le dépôt i (à vol d'oiseau ou réelle).

n : Nombre de dépôts dans le système.

$$(2) \quad G = \sum_{i=1}^n \gamma_i W_i$$

γ_i : Coût par unité de volume transporté.

W_i : Volume transporté de l'usine vers le dépôt i .

Cette expression s'applique surtout en cas de location.

Le paramètre γ_i pourrait dépendre de l'emplacement du dépôt (certains sites, par exemple, plus facilement accessibles offriront une éventuelle réduction du coût de transport,...).

c- Coût de ravitaillement:

Ce coût est induit par le ravitaillement des sous-dépôts à partir des dépôts. Les caractéristiques pouvant se rattacher à ce coût sont assez proches de celles se rapportant au coût d'approvisionnement, précisément en ce qui concerne la proportionnalité avec la distance et la quantité transportée.

d- Coût de livraison:

Le ravitaillement des clients donne naissance à ce qu'on appelle "Des coûts de livraison".

Ce coût s'exprime généralement par l'équation suivante :

$$H = \alpha \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_j d_{ij} \delta_{ij}$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

$$j = 1, 2, \dots, n$$

n : Nombre de clients.

α : Coût de livraison par unité de volume transporté et de distance parcourue.

W_j : Quantité délivrée au client j .

d_{ij} : Distance entre le dépôt i et le client j .

$$\delta_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si le dépôt } i \text{ sert le client } j \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

2.2 PROBLEME DE LOCALISATION

2.2.1. Fonction objectif

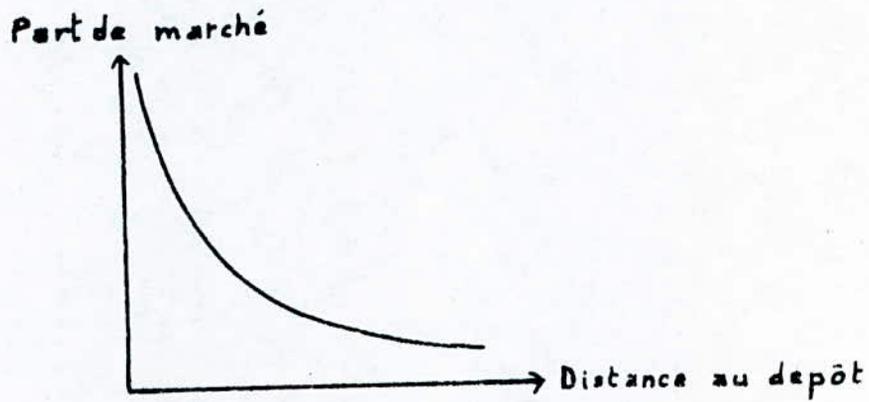
La fonction objectif d'une étude de localisation de dépôts se formule généralement en une minimisation des coûts.

Les éléments de la fonction coût doivent être considérés individuellement dans leur relation avec le coût total.

Tandis que les frais d'exploitation augmentent avec le nombre de dépôts instaurés dans le système, les coûts de transport varieront en sens inverse (voir figure 2.2).

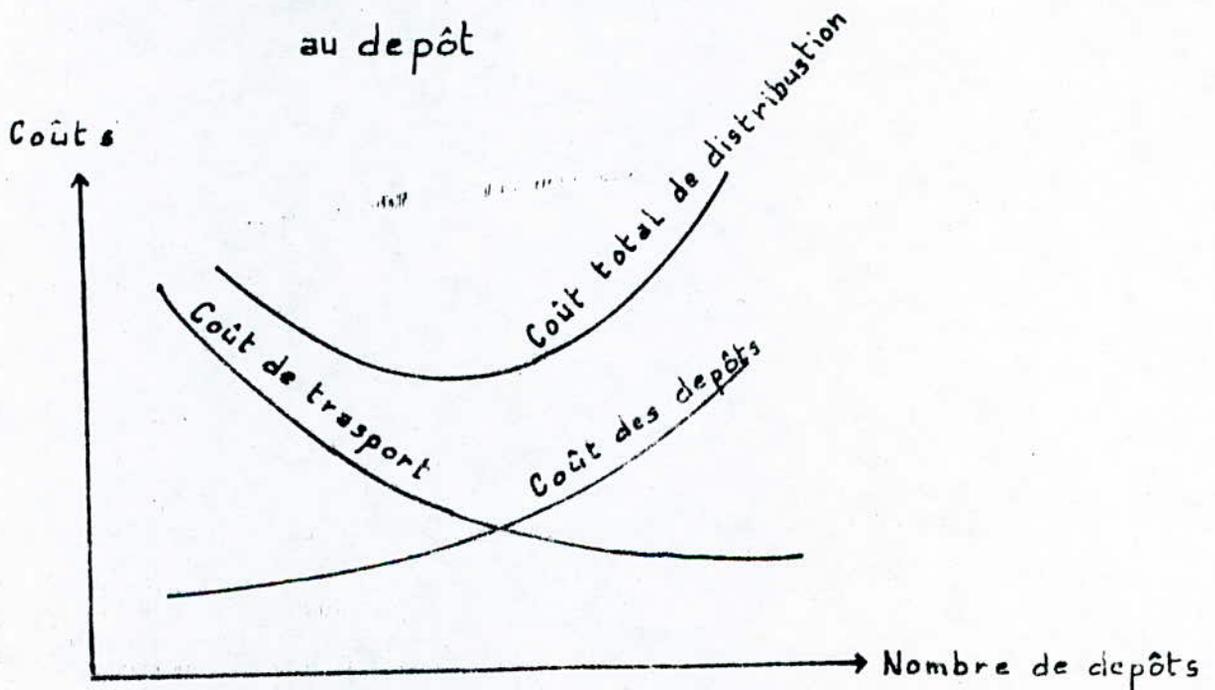
Si on postule que le profit = revenu - coûts, le but envisagé par la minimisation des coûts est la maximisation du profit, étant entendu que ce revenu reste fixe.

Cette approche n'est pas toujours justifiée. Mercer (pour référence voir [11]) suggère par exemple, que les ventes peuvent varier avec la stratégie de distribution et qu'une compagnie pourrait être ruinée parce qu'elle aurait minimisé seulement ses coûts de distribution. Mercer démontre ainsi que la part du marché, surtout en présence du phénomène de



—fig 2.3—

Evolution de La part de marché
en fonction de La distance
au dépôt



—fig 2.2—

Evolution des coûts de distribution en
fonction du nombre de dépôts implantés
dans le système

concurrence, diminue lorsque la distance au dépôt augmente (voir figure 2.3). Dans ce cas, le revenu par unité investie doit être utilisé comme critère de décision.

En une approche combinée, Kuhn et Hamburger (pour référence voir [11]) incorporent le coût des ventes perdues dans leur fonction objective avant de minimiser le coût total de distribution.

Une des fonctions de l'entrepôt étant justement la diminution du coût de livraison, le coût résultant des ventes perdues sera modélisé comme une fonction du délai de livraison aux consommateurs.

Finalement dans ce genre d'études, il s'agit toujours d'un compromis entre frais d'exploitation et frais de transport.

Si on décidait, par exemple d'installer un dépôt en un site donné, on économiserait en coût de livraison mais on serait amené à supporter tous les frais associés au dépôt (construction, stockage, manutention, personnel,...).

Dans le cas contraire, l'évitement des frais d'installation se ferait au détriment des coûts de transport, qui deviendraient plus importants.

2.2.2. Méthodologie et formulation

a- Méthodologie

Bien que la littérature propose un grand nombre de méthodes, il est possible de distinguer deux (2) approches essentielles:

La première, connue sous la dénomination de "l'approche de l'ensemble infini", suppose qu'un dépôt pourrait être implanté dans n'importe quel site de la région étudiée. Autrement dit, il existe un nombre infini de sites possibles.

Une telle approche pourrait conduire à une solution non réalisable correspondant à des sites impraticables (montagnes, rivières, centres urbains,...).

Les méthodes de résolution seront généralement itératives, basées sur la dérivation du coût total par rapport aux coordonnées des dépôts. Ce qui nécessite une solution initiale pouvant être choisie soit aléatoirement, soit par expérience ou à partir d'algorithmes appropriés.

Pour plus de détails, voir Eilon et al ([4]).

La seconde approche, dite de "l'ensemble réalisable", considère qu'un nombre fini seulement de sites est réalisable. Cette approche est généralement la plus utilisée mais nécessite l'énumération d'un nombre important de sites afin de ne pas éviter la solution optimale.

Pour de plus amples informations sur les définitions et les caractéristiques des deux (2) approches, voir annexe 4.

b. Formulation

Plusieurs formulations du problème à une hiérarchie et sans contrainte de capacité ont été développées. Nous avons retenu celle de Erlenkotter ([5]).

Soit (P)

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^n f_i y_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

Sujet à :

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall j = 1, 2, \dots, n. \quad (1)$$

$$x_{ij} \leq y_i \quad \forall i = 1, 2, \dots, n. \quad (2)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall j = 1, 2, \dots, n. \quad (3)$$

$$\forall i = 1, 2, \dots, n.$$

$$y_i \in \{0, 1\} \quad \forall i = 1, 2, \dots, n. \quad (4)$$

où :

f_i : Coût fixe associé au dépôt i pour $i = 1, 2, \dots, n$.

c_{ij} : Coût de satisfaction du client j à travers le dépôt i .
pour $i, j = 1, 2, \dots, n$.

Ce coût inclura les frais d'exploitation et de transport (approvisionnement et livraison) résultant de l'affectation du client j au dépôt i .

y_i : Variable booléenne égale à 1 si un dépôt est implanté dans le site i , 0 sinon.

x_{ij} : est une variable de décision égale à 1 si la demande du client j est satisfaite par le dépôt i , 0 sinon.

Les capacités des dépôts étant non contraintes, il serait possible de relaxer la contrainte (3) du problème (P). Celle ci deviendrait alors :

$$x_{ij} \geq 0 \quad \forall i=1, 2, \dots, n \quad (3')$$

$$\quad \quad \quad \forall j=1, 2, \dots, n$$

L'objectif étant toujours de minimiser le coût total de distribution, le dépôt i^* tel que : $c_{i^*j} = \min_{i=1-n} c_{ij}$ ravitaillera

en totalité le client j . Dans la solution optimale, les variables x_{ij} seront par conséquent égales à 0 ou 1 $\forall i, j = 1, 2, \dots, n$.

Dans le modèle:

Les contraintes (1) imposent au système de répondre à la demande de tout client j .

Les contraintes (2) expriment que tout client j ne peut être affecté au site i que si un dépôt y est implanté.

Enfin les contraintes (3) et (4) garantissent que les quantités délivrées sont non négatives et que tout dépôt i sera finalement ouvert ou non.

Pour résoudre un tel problème, plusieurs méthodes ont été développées. On en distinguera deux (2) types essentiels: les méthodes exactes et heuristiques.

(I) Méthodes exactes:

Tel qu'il a été formulé, le problème de localisation se présente comme un problème linéaire, mixte, en nombre entiers. La procédure de résolution la plus fréquemment utilisée a été développée par Erlenkotter ([5]).

Les grandes lignes en sont:

1. Relaxation dans le problème (P) des contraintes d'intégralité.
2. Construction du dual du problème ainsi relaxé.
3. Expression des conditions du théorème des écarts complémentaires.
4. Développement d'une procédure qui, tout en respectant l'intégralité des variables de décision (y_i) du problème (P), rechercherait à satisfaire autant que possible les conditions exprimées en (3).

(II) Méthodes heuristiques:

Une heuristique est une méthode qui, sur la base d'appréciations pratiques, renforcées par l'expérience et de concepts logiques, fournirait pour un problème donné une bonne solution, non nécessairement optimale (Pour de plus amples détails voir annexe n° 5).

Le domaine de localisation ne manque pas de cas pratiques pour lesquels de nombreuses méthodes heuristiques ont fait leurs preuves:

1. "Random destination algorithm": R.D.A (Cooper [3])

Il s'agit, ayant fixé le nombre de dépôts dans le système, de rechercher aléatoirement la localisation qui réaliserait le coût minimum. La solution définitive sera retenue à l'issue de

plusieurs essais se rapportant à des nombres différents de dépôts.

2. "Alternate location allocation": A.L.A ([3])

Cet algorithme opère sur un nombre m , de sous-ensembles formés aléatoirement à partir de l'ensemble des clients. Une procédure analytique permettra, par la suite, de localiser un dépôt dans chacun de ces sous-ensembles. Enfin, en considérant le système dans sa totalité, la réaffectation des clients permettra de répartir le système et de déterminer de nouveaux dépôts. L'algorithme prendra fin lorsque la configuration aura cessé de changer.

3. "DROP": (Feldman, Lehrer et Ray, [6])

La méthode consiste à, partant d'un nombre suffisamment important de dépôts et d'une affectation correspondante, éliminer un à un les dépôts dont la suppression engendrerait une diminution du coût total de distribution. Il faudrait par la suite opérer de la même manière en partant d'un nombre différent de dépôts dans le système. Il a été en effet montré (Salhi [12]) que pour la procédure du "DROP", l'échantillon de départ le plus large ne menait pas toujours à la meilleure solution. L'inconvénient de la méthode étant que la suppression d'un dépôt, à une étape donnée, est définitive et ne permet donc plus, à une étape ultérieure, sa reconsidération dans le système.

4. "ADD" ([8])

A l'opposé de la méthode "DROP", cette méthode procède par ajouts successifs de dépôts en vérifiant à chaque étape que le coût ne cesse pas de diminuer. Ici, l'installation d'un dépôt peut être initialement justifiée et devenir non économique à la suite de l'introduction d'autres dépôts dans le système.

2.4. CAS PARTICULIERS ET EXTENSIONS

En pratique, il est rare de pouvoir faire abstraction du niveau des ressources disponibles. Une telle contrainte, qu'elle soit d'ordre matériel, humain ou financier, peut donner lieu à des extensions du problème de localisation, tel qu'il a été initialement formulé.

Inversement, il peut arriver qu'une étude de localisation prenne une dimension moins importante; le problème de transport en est une parfaite illustration.

a. Contrainte de capacité:

La capacité d'un dépôt peut être limitée pour différentes causes. Principalement, on peut citer:

- Les aires de stockage.
- Les capacités de production, liées aux installations ainsi qu'à la cadence et à la durée de travail.
- La composition de la flotte allouée au dépôt.
- Le temps effectif d'exploitation des dépôts: obligation de travailler par tranches horaires pour causes de nuisance.

Mathématiquement, cette extension est introduite dans le modèle, par une contrainte additionnelle, soit :

$$\sum_{j=1}^n x_{i,j} d_j \leq c_i \quad (5) \quad \forall i = 1, 2, \dots, n.$$

où

c_i : capacité du dépôt $i \quad \forall i = 1, 2, \dots, n.$

d_j : demande du client $j \quad \forall j = 1, 2, \dots, n.$

Dans le cas où l'on impose que chaque client soit desservi en totalité par un seul dépôt, la relaxation de la contrainte (3) dans le problème initial (P) n'est plus validée. Cette restriction transforme un problème simple en problème combinatoire très compliqué.

b- Contrainte sur le nombre de dépôts:

Cette contrainte peut être rapportée à des raisons politiques ou des raisons de budget.

On peut imposer que le nombre de dépôts dans le système soit supérieur à une certaine valeur et (ou) inférieur à une autre valeur, toutes deux préalablement fixées. On est alors mis en présence d'un problème (P'): $(P') \equiv (P) \cup (6)$

$$m_1 \leq \sum_{i=1}^n y_i \leq m_2 \quad (6)$$

où m_1 et m_2 , sont respectivement les limites inférieure et supérieure admises pour le nombre total de dépôts dans le système.

c- Problème de transport:

C'est un cas particulier du problème de localisation. En effet, le nombre de sources, leurs localités et leurs capacités sont déjà fixés au départ. Il s'agira donc, de répondre à une seule question concernant l'allocation des clients aux dépôts et la détermination des proportions de la demande à satisfaire par chaque source pour chacun des clients. De nombreuses techniques standard sont prévues pour la résolution de ce type de problèmes.

Conclusion

La littérature se rapportant aux problèmes de localisation reste très riche pour les systèmes à un seul niveau de hiérarchie. L'exploration est beaucoup moins exhaustive dans le domaine de la localisation relatif aux réseaux de distribution à plus d'un niveau de hiérarchie. Jusqu'à ce jour, tous les développements

qui ont été élaborés se sont basés sur les deux (2) approches exposées précédemment.

Il importe de préciser que chacune de ces deux approches présente des avantages et des inconvénients:

- L'approche de l'ensemble infini examine des fonctions coût très peu élaborées. Ce qui permet d'utiliser des méthodes de résolution analytiques assez sophistiquées.
- L'approche de l'ensemble réalisable, par contre, permet de manipuler des fonctions coût plus diversifiées et plus complexes, obligeant ainsi ses méthodes de résolution à prendre un moindre niveau de complexité.

En pratique, il existe toujours un compromis entre la complexité de la méthode de résolution et de la fonction coût. Il n'en demeure pas moins que la volonté des managers s'oriente presque toujours vers des méthodes moins complexes, sacrifiant ainsi les méthodes globalement optimales mais finalement basées sur des fonctions coût hypersimplifiées (pour ref. voir [11]).

CHAPITRE 3

FORMULATION ET METHODOLOGIE

Introduction

Après avoir passé en revue différentes procédures de résolution se rattachant à un problème de localisation, nous nous engageons dans ce chapitre à approcher le problème relatif à l'implantation des centres enfûteurs et des dépôts-relais de l'entreprise NAFTAL.

Nous proposerons, dans un premier temps, une formulation du problème en question. Dans un deuxième temps, nous développerons une méthodologie de travail permettant de solutionner le cas NAFTAL, en tenant compte de sa réalité spécifique.

3.1. FORMULATION

Le réseau de distribution NAFTAL comporte des centres enfûteurs à capacité finie et des dépôts-relais. Le problème de localisation qui se pose à l'entreprise se classe donc parmi les problèmes à deux hiérarchies et à capacité limitée.

En s'inspirant de la formulation initialement donnée par Kaufman, Vanden et Hansen ([7]), nous avons incorporé des contraintes additionnelles spécifiques au cas NAFTAL, pour pouvoir formuler ce problème sous forme d'un problème linéaire en nombres entiers.

Ces contraintes tiennent compte des restrictions de capacité existant au niveau des centres enfûteurs ainsi que de la possibilité offerte à un client, d'être directement servi par un centre. Pour une formulation plus générale, nous avons également supposé que la capacité des dépôts-relais était limitée, bien que cela ne soit pas le cas pour l'entreprise Naftal.

Soit (P1):

$$\text{Min } \sum_{i \in I} \sum_{l \in L} f_{i,l} y_{i,l} + \sum_{j \in J} g_j z_j + \sum_{i \in I} \sum_{l \in L} \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} c_{i,l,j,k} x_{i,l,j,k}$$

$$\sum_{s \in S} \sum_{i \in I} \sum_{l \in L} y_{i,l} \delta_{s,i,l} t_{s,i,l}$$

sujet à:

$$\sum_{i \in I} \sum_{l \in L} \sum_{j \in J} x_{i,l,j,k} = 1 \quad \forall k \in K. \quad (1)$$

$$\sum_{l \in L} y_{i,l} \leq 1 \quad \forall i \in I. \quad (2)$$

$$x_{i,l,j,k} = y_{i,l} \quad \forall i \in I, \forall l \in L, \quad \forall k \in I_1(1). \quad (3)$$

$$\sum_{j \in J} \sum_{k \in K} x_{i,l,j,k} d_k \leq a_{i,l} \quad \forall i \in I, \forall l \in L. \quad (4)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{l \in L} \sum_{k \in K} x_{i,l,j,k} d_k \leq a \quad \forall j \in J. \quad (5)$$

$$\sum_{j \in J} x_{i,l,j,k} \leq y_{i,l} \quad \forall i \in I, \forall l \in L, \quad \forall k \in K. \quad (6)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{l \in L} x_{i,l,j,k} \leq z_j \quad \forall j \in J, \forall k \in K \quad (7)$$

$$x_{i,l,j,k} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \forall k \in K \quad (8)$$

$$\forall l \in L.$$

$$y_{i,l} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, \forall l \in L \quad (9)$$

$$z_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad (10)$$

K désigne l'ensemble des clients , $K = \{ k, k = 1, \dots, n \}$.

S l'ensemble des sites contenant une usine.

$$S = \{ s, s = 1, \dots, p \}.$$

I désigne l'ensemble des sites possibles pour les centres enfûteurs $i = 1, 2, \dots, m$.

Pour prendre en compte tous les éléments de la gamme des capacités possibles, nous avons été amenées à indiquer les indices correspondant à chacun des sites i ($i \in I$), soit i_l : centre de capacité l implanté dans le site i .
 $\forall i \in I, \forall l \in L / L = \{ l, l=1, \dots, r \}$

$$I_1(i) = \left\{ k \text{ tel que } k \text{ directement servi par } i, d(k,i) < d_{\max} \right\}$$

où $d(k,i)$ dénote la distance existant entre le site i et le client k .

d_{\max} est la distance maximale admise pour laquelle les clients sont directement desservis par les centres.

J désigne l'ensemble des sites possibles pour les dépôts-relais.

$$J' = J \cup \{ j_1 \}$$

où j_1 est un dépôt-relais fictif introduit pour rendre le système homogène.

En effet certains clients étant directement desservis par des centres qui leur sont proches, le système de distribution se ramènerait pour ces clients à un système à une seule hiérarchie.

Pour pallier à cette hétérogénéité, on fait obligatoirement transiter les clients, directement servis par le centre, par le dépôt-relais j_1 ainsi défini.

Ce dépôt-relais se verra attribuer une capacité infinie en vue de répondre à cette obligation.

a_{i_1} dénote la $l^{\text{ème}}$ capacité associée au centre implanté dans le site i .

c dénote la capacité maximale admise pour tous les dépôt-relais.

d_k dénote la demande du client $k \quad \forall k \in K$.

$\delta_{si_1} = \delta_{si} \quad \forall i \in I, \forall s \in S$.

où $\delta_{si} = \begin{cases} 1 & \text{si le centre en } i \text{ est approvisionné à partir de l'usine } s. \\ 0 & \text{sinon.} \end{cases}$

$\{ \delta_{si} \} \quad \forall s \in S, \forall i \in I$ est un ensemble d'indicateurs dont les valeurs sont fixés initialement en affectant chaque centre à l'usine qui lui est la plus proche.

y_{i_1} est une variable booléenne égale à 1 si un centre de capacité l est implanté dans le site i , 0 sinon $\forall i \in I,$
 $\forall l \in L$.

z_j est une valeur booléenne prenant la valeur 1 si un dépôt-relais est implanté dans le site j , 0 sinon
 $\forall j \in J'$

$x_{i_1 j k}$ est une variable prenant la valeur 1 si le client k est desservi à partir du centre de capacité l , implanté dans le site i , à travers le dépôt-relais j , 0 sinon

$$\forall i \in I, \forall l \in L, \forall j \in J', \forall k \in K.$$

f_{i_1} : coût associé au centre i , de capacité l $\forall i \in I,$
 $\forall l \in L.$

$$f_{i_1} = c_i + b_i * a_{i_1}$$

où c_i désigne le coût fixe associé au centre i .

b_i désigne le coût variable d'exploitation par unité de quantité produite.

g_j : coût fixe associé au dépôt-relais j $\forall j \in J'.$

$g_j = 0$ pour $j = j_1$ (j_1 : dépôt-relais fictif).

$tc(s, i_1)$: coût d'approvisionnement du centre i , de capacité l , à partir de l'usine s

$$\forall s \in S, \forall i \in I, \forall l \in L.$$

Il est à préciser que dans le cas où la capacité prend des valeurs discrètes, le coût d'approvisionnement se doit d'être proportionnel à cette même quantité.

$c_{i_1 j k}$: coût total de distribution associé au client k

desservi à partir du centre i , de capacité l , à travers le dépôt-relais j .

On a $c_{i_1 j k} = c_{ij k} \quad \forall l \in L$

$$c_{ij k} = \begin{cases} stc(i, j, k) + cl(j, k) + cv(j, k), & \forall i \in I, \forall j \in J, k \in K \\ cl(i, k) & , \forall i \in I, \forall j = j_1, \forall k \in I_1(i) \\ \infty & , \forall i \in I, \forall j = j_1, \forall k \notin I_1(i) \end{cases}$$

où $stc(i, j, k)$ dénote le coût de ravitaillement du dépôt-relais j , à partir du centre i , en vue de satisfaire la demande du client k .

$cl(j, k)$ dénote le coût de livraison du client k , à partir du dépôt-relais j .

$cv(j, k)$ dénote les frais variables d'exploitation du dépôt j induits par la demande du client k (Ce coût peut dépendre également de la capacité du dépôt-relais).

$cl(i, k)$ dénote le coût de livraison du client k à partir du centre i .

Remarque :

En principe le coût de livraison n'intervient qu'entre un client et un dépôt-relais. Cependant, il a été nécessaire d'introduire un coût de livraison interne dans le cas d'une livraison directe du client. Ici l'intervention d'un dépôt-relais fictif annule le coût de ravitaillement et d'exploitation qui lui sont associés.

Enfin pour éviter qu'un client ne pouvant être directement desservi par un centre, ne soit ravitaillé par le dépôt-relais fictif, on donne au coût de distribution une valeur infinie.

Dans (P1), les contraintes ont été définies comme suit:

(1) exprime que la demande du client k est totalement satisfaite.

- (2) exprime que pour un site donné, on ne peut décider d'implanter plus d'un centre parmi les r possibilités.
- (3) exprime que si un centre est implanté dans un site i , tous les clients pouvant être directement desservis à partir de ce centre ($k \in I_1(i)$) sont obligés de transiter par le dépôt-relais fictif J_1 .
- (4) exprime que la somme des demandes des clients, directement ou indirectement (par l'intermédiaire de dépôts-relais) desservis par un centre i doit être inférieure ou égale à la capacité de ce centre.
- (5) exprime que la somme des demandes des clients affectés au dépôt-relais j doit être inférieure ou égale à sa capacité de stockage. Nous supposerons, pour le cas Naftal, que la capacité du dépôt-relais est illimitée ($c=\infty$), la contrainte(5) sera dans ce cas redondante.
- (6) implique qu'aucun client ne peut être desservi à partir d'un centre non implanté.
- (7) implique qu'aucun client ne peut être desservi à partir d'un dépôt-relais non implanté.
- (8) exprime qu'un client est totalement affecté à un centre et à un dépôt-relais uniques.
- (9) exprime qu'en un site donné, un centre de capacité l est finalement implanté ou non.
- (10) exprime qu'en un site donné, un dépôt-relais est finalement implanté ou non.

3.2. METHODOLOGIE DE RESOLUTION

3.2.1 Choix de la méthode

Tel qu'il a été formulé, le problème (P1) se présente comme un problème linéaire, en nombres entiers (PLNE). La solution d'un tel problème peut s'obtenir en appliquant des procédures exactes parmi lesquelles on peut citer celle du branch and bound. Toutefois pour des PLNE, lorsque la taille du problème devient importante (nombre de contraintes et de variables important), l'utilisation de telles méthodes, pour des raisons de computing, présente certaines difficultés. Le nombre élevé de variables, généré par le problème (P1) nous amène ainsi à reconsidérer l'utilisation d'une méthode exacte dont l'application pourrait s'avérer difficile, sinon impossible. Le recours à un autre type de procédure devient alors nécessaire.

Pour notre problème de localisation, nous avons opté pour une méthode heuristique se rattachant à l'approche de l'ensemble réalisable. La méthode que nous avons développée s'inspire dans une grande mesure de l'approche combinée de Kuehn et Hamburger ([8]). Leur étude s'est toutefois limitée à des systèmes de distribution à un seul niveau de hiérarchie excluant toute contrainte de capacité. Pour pallier à ces restrictions, nous avons dû adapter leur approche au cas NAFTAL, incluant à la fois des contraintes de capacité et deux niveaux de hiérarchie.

3.2.2. Modélisation schématique du réseau NAFTAL.

Dans toute étude de localisation, il est essentiel de commencer par faire ressortir les différents types de structures mises en jeu dans le système. Il s'agira ensuite de regrouper ces structures selon la nature de la fonction qu'elles assument. Enfin, on pourra procéder à une classification chronologique de ces éléments selon leur ordre d'intervention dans la chaîne de distribution.

Si l'on se reporte au cas NAFTAL, toutes ses opérations pourront déboucher sur le schéma suivant :

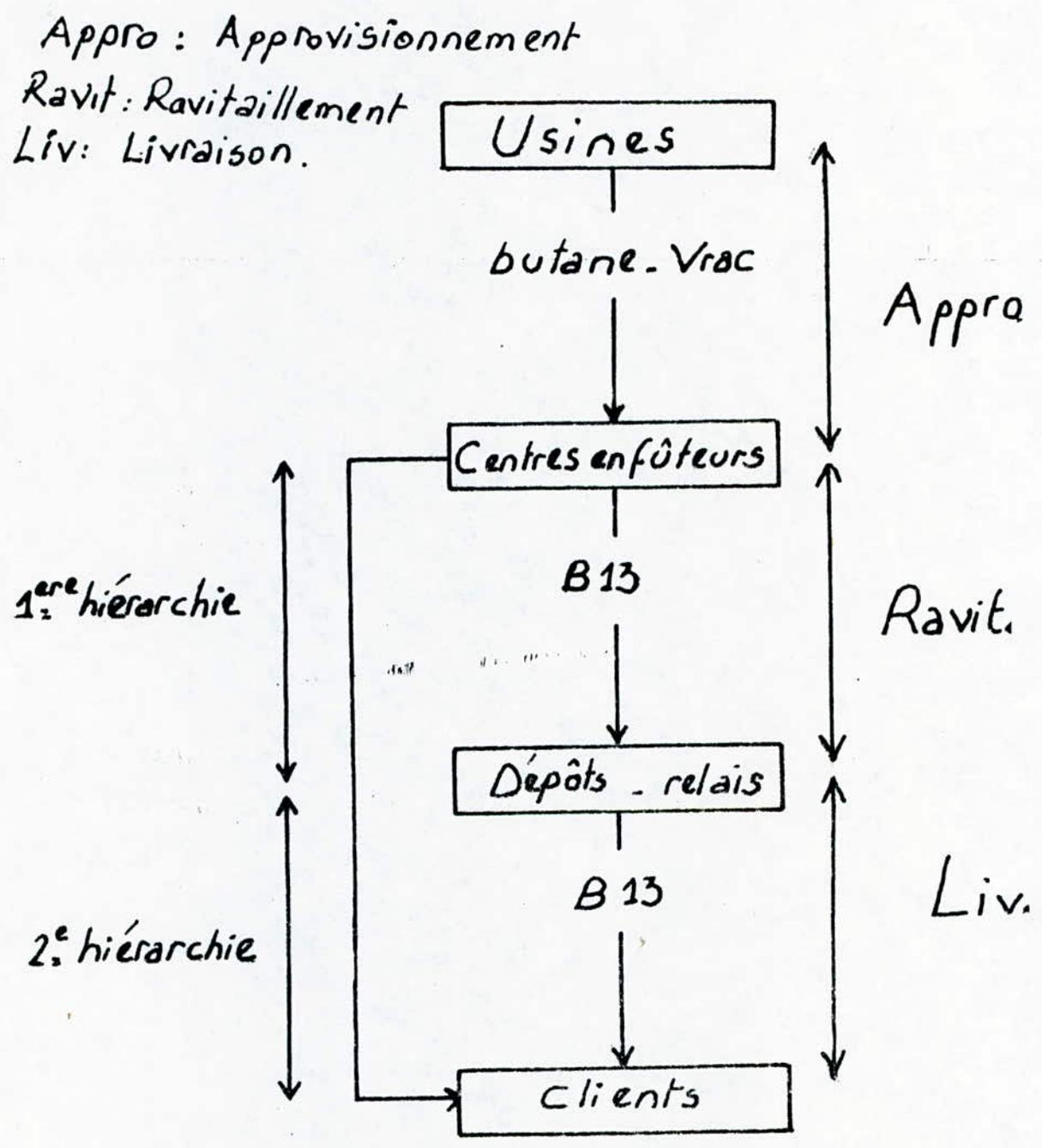


FIG 3.1. SCHEMA de CHEMINEMENT du PRODUIT BUTANE

Ce schéma aurait pu inclure une troisième hiérarchie entre les usines et les centres enfûteurs. Il s'en est toutefois trouvé exempté du fait que la localisation des sources de vrac soit définitivement fixée à leur emplacement actuel.

3.2.3 Organigramme et algorithme

3.2.3.1. Organigramme

La méthode explicitée ci-dessous est une combinaison entre l'approche de Kuehn et Hamburger ([8]) et celle développée par Rand ([10]), puis par Beattie ([1]).

La première approche offre le sensible avantage de combiner entre la méthode du "ADD" et du "DROP", habituellement utilisées séparément.

La première, en procédant par ajouts successifs, pourrait déboucher sur une solution comprenant un nombre excessif de centres ou de dépôts-relais. Du point de vue "taux d'utilisation", une telle solution pourrait ne pas être économique. En faisant suivre cette première méthode par celle du "DROP", on pourrait atténuer sensiblement un tel inconvénient .

Enfin la performance de leur méthode est d'autant plus accentuée que la procédure du "SHIFT" a permis de procéder à un raffinement local de la solution.

La méthode décrite par Rand [10] est itérative. De façon succincte, il s'agit, ayant fixé les éléments de l'une des deux hiérarchies, de déduire la localisation des éléments de la hiérarchie restante et ce alternativement jusqu'à ce que aucun changement ne soit observé.

En ce qui concerne le cas NAFTAL, nous adopterons exactement la même démarche à la différence près que nous démarrerons de la solution existante. Nous devons toutefois nous assurer que cette solution est réalisable.

A cette fin, il a été prévu une procédure d'élaboration d'une solution réalisable que l'on a intitulée "Solution initiale". Cette solution nous servira de point de départ pour amorcer la méthode retenue pour la résolution du problème posé à l'entreprise NAFTAL. (voir organigramme de la méthode fig. 3.2).

3.2.3.2. Algorithme

Cet algorithme se divise en différentes phases, qui elles mêmes comportent différentes étapes. Une présentation simplifiée de l'algorithme sous forme de diagramme (voir fig 3.3) permettra certainement de mieux suivre le déroulement de l'algorithme et d'en saisir les grandes lignes.

La remarque principale que l'on pourrait faire à l'issue de cet examen est la frappante analogie entre la phase (1) et (2). Ce qui ne devrait pas susciter une interrogation particulière, puisque nous savons déjà que les deux hiérarchies sont traitées de façon quasi similaire; les différences portant généralement sur des caractéristiques propres à chacune des deux (2) structures à localiser. Toute confusion pouvant porter sur chacun des pas d'une étape appartenant à deux (2) phases différentes serait donc sans aucun fondement.

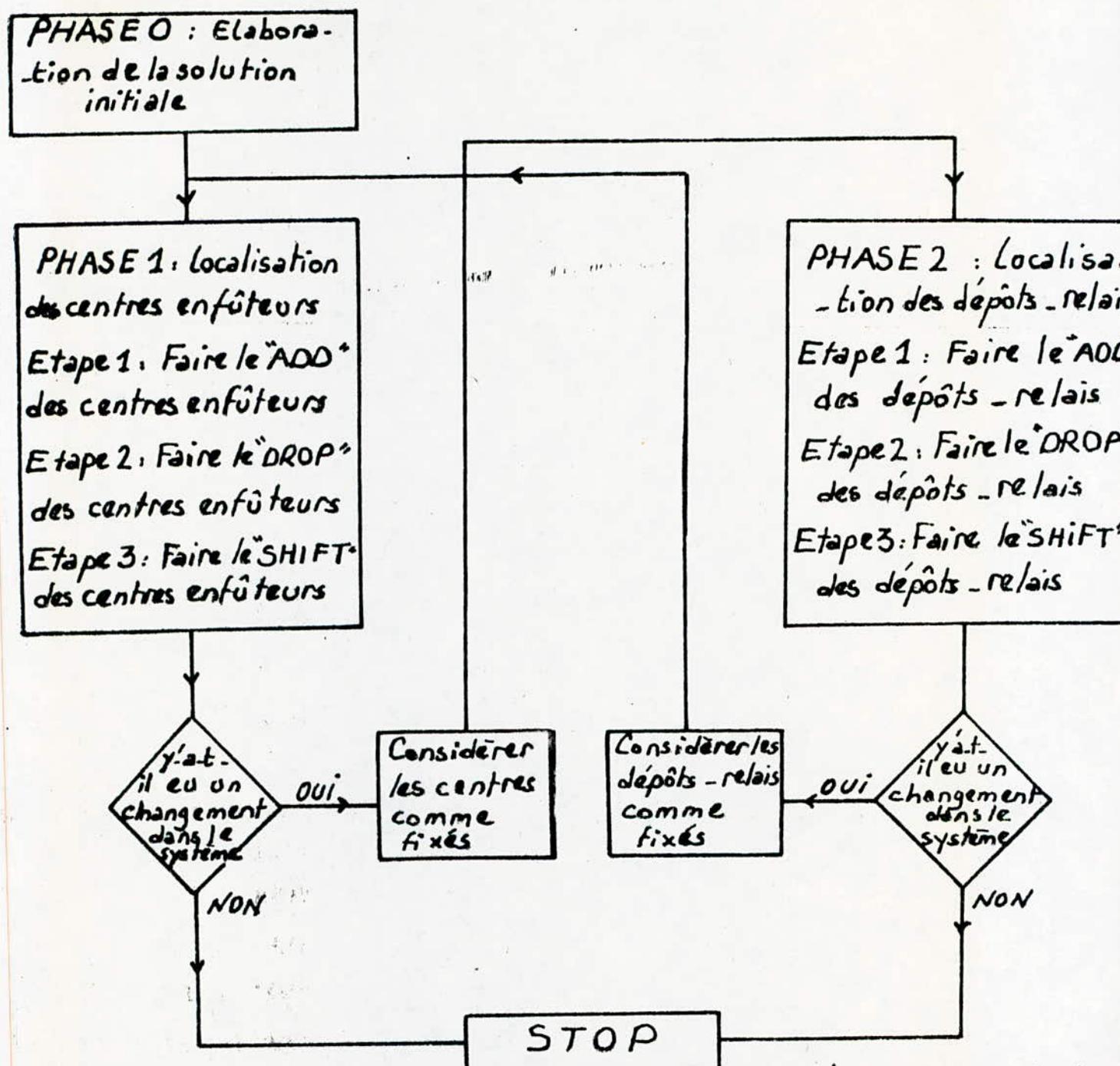


Fig. 3.3. Diagramme des phases et étapes de l'algorithme principal

FIGURE 3.3

3.2.3.2.1. Algorithme principal

Tout au long de cet algorithme, nous aurons à procéder de façon quasi-systématique à une opération d'affectation. Cette opération nous permettra d'abord de savoir "Qui sert qui?" et partant de là, de déduire le coût total de transport. L'affectation étant commune à de nombreuses parties, son exposé se fera en détail à la fin du présent algorithme.

Phase 0 : Solution initiale

L'obtention d'une solution réalisable n'est pas toujours immédiate. Cependant, elle pourra toujours se faire sur la base de certains changements, opérés sur le système existant. L'exposé de cette phase se fera sous forme d'organigramme (voir fig. 3.4). Les points nécessitant un apport d'information seront détaillés ci-dessous:

(1) f_1 : nombre minimal de centres, de capacité donnée, qu'il faudra ajouter pour que l'offre soit supérieure à la demande totale du système.

g_1 : nombre de centres qu'il faudra ajouter pour que la demande de chacun des clients soit satisfaite en intégralité par un centre unique.

z : nombre de solutions réalisables.

ct_0 : coût total du système (investissement, exploitation et transport).

Initialement : $f_1 = g_1 = z = 0$

$ct_0 = \infty$ (on démarre avec un coût total prohibitif de façon à pouvoir le réduire au fur et à mesure, jusqu'à atteindre le coût minimum).

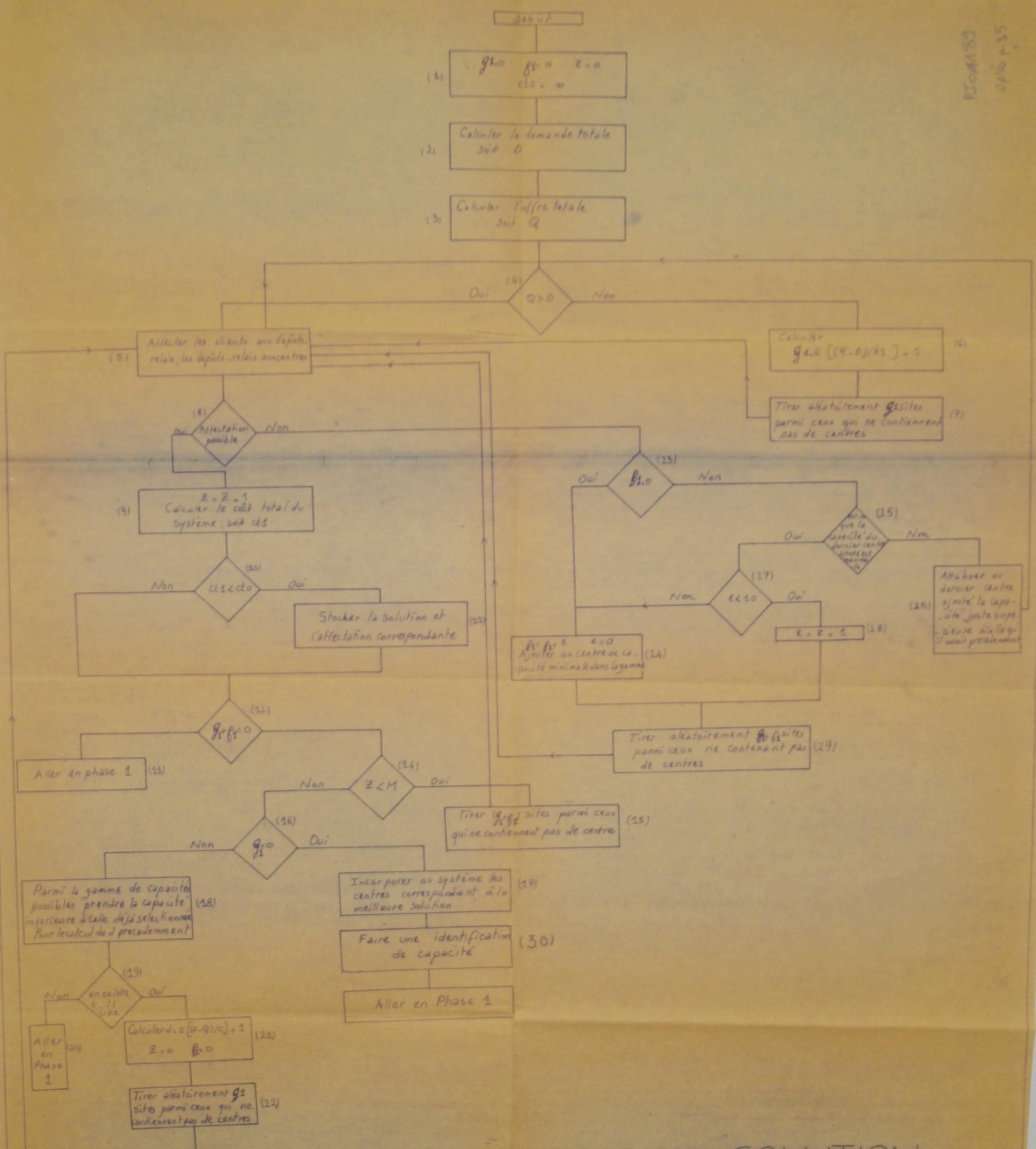


FIG 3.3 ORGANIGRAMME de la SOLUTION INITIALE

- (2) Evaluer la demande induite par tous les clients du système.
- (3) Comptabiliser l'offre disponible au niveau de tous les centres existant dans le système.
- (4) Comparer l'offre à la demande.
- (5) L'offre étant supérieure à la demande, la condition de réalisabilité du problème de transport est satisfaite et l'affectation pourrait se faire.
- (6) Dans le cas où l'offre est insuffisante, l'affectation est impossible. Pour rompre ce déséquilibre, on est obligé d'insérer des centres additionnels. Nous avons choisi dans un premier temps "d'ajouter" f_1 centres de capacité k_1 , où k_1 représente la capacité maximale. Une combinaison de centres de capacités différentes pourrait également être envisagée.
- (7) Pour placer les centres additionnels, nous avons choisi de procéder à un tirage aléatoire. Cette procédure a été adoptée chaque fois que l'on a eu à faire une sélection de sites. Une méthode pour obtenir l'échantillon aléatoire est développée à l'annexe 6.
- (8) Bien que l'affectation au sens du problème de transport puisse se faire, l'affectation ne serait réalisable que si tous les clients sont affectés en totalité à un centre et un dépôt uniques. Ce qui n'est pas toujours possible. Toute affectation obéissant à ce critère sera qualifiée d'intégrale.
- (9) Toute solution permettant une affectation intégrale sera considérée comme réalisable.

- (10)-(11) Toute solution engendrant un coût total inférieur au coût initial sera retenue à l'étape courante.
- (12) Tester si le système mis en place a permis une affectation intégrale sans nécessiter de centres supplémentaires.
- (13) Dans le cas où le système existant initialement a permis de générer une affectation intégrale, nous avons choisi de la prendre comme solution de départ pour notre méthode de résolution. Par la suite, nous nous référerons à la première étape de la méthode par le biais de la phase 1.
- (14) Dans le cas où le système existant initialement a été perturbé (centres supplémentaires), nous avons décidé de ne pas nous arrêter à la première solution réalisable mais de prendre un éventail plus large et de choisir la meilleure solution sur un échantillon de taille M (soit $M = 10$).
- (17) Dans le cas où l'offre initialement disponible est supérieure à la demande totale du système, retenir parmi les M solutions réalisables celle qui réalise le coût minimum .
- (18) Comme la gamme des capacités offre plusieurs possibilités, nous nous sommes engagées à effectuer plusieurs essais se rapportant à chacune d'elles. Nous avons procédé par ordre décroissant.
- (21)-(22) En considérant la nouvelle capacité, recalculer le nombre minimal de centres qu'il faudrait ajouter pour annuler le déséquilibre entre l'offre et la demande. Partant de là, rechercher M nouvelles solutions réalisables.

(23)-(24)-(25)-(26)-(27)-(28)-(29) Dans le cas où aucune solution réalisable n'a été atteinte, nous avons procédé comme suit:

- Nous avons commencé par ajouter un centre enfûteur de capacité minimale.
- Si l'affectation n'est toujours pas possible, on augmentera graduellement la capacité de ce centre.
- Si la capacité maximale est atteinte, on s'assure d'abord que le déplacement des centres additionnels vers d'autres sites ne pourrait pas rendre la solution réalisable. Si au bout de e tirages aléatoires (soit $e = 10$), l'affectation intégrale n'est toujours pas possible, on ajoute de nouveau un centre de capacité minimale

(30) Si pour les centres additionnels, le cas suivant se présente:

- La capacité octroyée C_{p1} est supérieure à la quantité à desservir q_1 .
- Il existe parmi la gamme des capacités possibles une ou plusieurs capacités dont la valeur est supérieure à q_1 et inférieure à c_{p1} .

Alors attribuer, au centre additionnel examiné, la capacité minimale parmi celles qui vérifient la deuxième condition.

Phase 1: Localisation des centres enfûteurs.

Tout au long de cette phase, nous considérerons que les dépôts-relais sont fixés. Ils seront assimilés à des clients ayant pour demande la capacité qui leur a été allouée lors de l'affectation initiale (cette capacité s'obtiendra en faisant la somme des demandes des clients allouées au dépôt-relais).

Etape 1 : "ADD"

Pas 1.0 : Initialiser l'ensemble des sites possibles pour les centres enfûteurs. Prendre tous ceux qui ne contiennent pas déjà de centre enfûteur.

Pas 1.1 : Calculer le coût total du système. Soit ct_0 .

Pas 1.2 : Tirer aléatoirement M sites parmi les sites possibles pour les centres enfûteurs (soit $M = 10$).

Pas 1.3 : Examiner chacun des sites séparément.

a. Supposer un centre en ce site.

b. Lui octroyer une capacité illimitée.

c. Incorporer ce centre dans le système et refaire l'affectation.

d. Faire une identification de capacité.

(i) Pour le centre additionnel :

* Si la somme des demandes allouées au centre est inférieure à la capacité minimale possible, lui octroyer cette capacité et aller à (ii).

* Si la somme des demandes allouées au centre est inférieure à la capacité maximale, borner cette quantité par deux capacités de la gamme.

Retenir la borne inférieure (11) impliquerait une perte en coût de transport. En effet, on sera amené à réaffecter certains clients des dépôts-relais affectés au centre additionnel de façon à ne pas violer cette même borne. Le choix de ces clients se fera de façon à minimiser la perte qu'engendrerait leur réaffectation à d'autres dépôts-relais.

Retenir par contre la borne supérieure (12), permettrait de ne pas changer d'affectation à tous

les clients qui ont été attirés par le centre additionnel. Cependant, l'excédent de capacité engendrerait une sous-utilisation de cette même unité de conditionnement.

Le choix définitif se fera sur la base du gain escompté pour chacune de ces deux capacités.

On optera pour la borne inférieure si: $f_1 + e < f_2$ pour la borne supérieure, dans le cas contraire; f_1 désigne le coût du centre de capacité 11, f_2 le coût du centre de capacité 12 et e la perte en coût de transport générée par la réaffectation de certains clients.

- * Si la somme des demandes allouées au centre est supérieure à la capacité maximale, réaffecter (toujours sur la base de la perte minimale) certains clients des dépôts-relais desservis par ce centre additionnel. Continuer jusqu'à ce que la contrainte de capacité soit satisfaite.

(ii) Pour les autres centres:

A l'issue de l'introduction d'un centre additionnel, la réaffectation de tous les clients aura perturbé les quantités allouées aux autres centres du système. Un ajustement de capacité pourrait alors devenir nécessaire:

- * Evaluer la quantité (Q_1) que doit desservir le centre.
- * Si la capacité initiale du centre est largement excédentaire par rapport à la quantité Q_1 , rabaisser cette capacité à celle qui serait juste supérieure à Q_1 .

g. Ayant procédé de même pour chacun des sites de l'échantillon aléatoire, calculer le gain maximal.

$$g = \max g_i \quad i = 1, 2, \dots, M.$$

Si $g > 0$, incorporer le centre additionnel dans le système

Si $g \leq 0$, aller à l'étape 2.

Pas 1.4: Réinitialiser l'ensemble des sites possibles pour les centres enfûteurs. Prendre tous les sites à l'exception de ceux qui contiennent déjà un centre enfûteur.

Eliminer encore tous les sites qui ont généré au pas 1.3 un gain négatif ou nul. Aller au pas 1.1.

Etape 2 : "DROP"

Pas 2.0 : Initialiser la taille de l'échantillon aléatoire à une valeur inférieure ou égale au nombre de centres existant dans le système (soit M) et calculer le coût du système (soit ct_0)

Pas 2.1 : Tirer aléatoirement M centres.

Pas 2.2 : Examiner séparément chacun des centres i .

- a. Supprimer provisoirement le centre en question du système
- b. Comptabiliser la nouvelle offre du système (Q). Si cette offre est inférieure à la demande totale du système, examiner le prochain centre de l'échantillon aléatoire.
Si le nombre M de centres est épuisé, aller à l'étape 3.
Sinon, Revenir à (a).

Si l'offre est supérieure à la demande totale, aller à (c).

c. Faire l'affectation. Si l'affectation est possible, aller en (d), sinon examiner le prochain centre.

Si le nombre de centres examinés est épuisé, aller à l'étape 3. Sinon revenir en (a).

d. Calculer le coût total du système. Soit ct_1 .

e. Calculer le gain g_i .

$$g_i = ct_0 - ct_1$$

f. Ayant procédé de même pour chacun des centres, calculer le gain maximal.

$$g = \text{Max } g_i \quad i = 1, 2, \dots, M$$

Si $g > 0$, éliminer le centre correspondant du système et revenir au Pas 0.

Si $g \leq 0$, aller à l'étape 3.

Etape 3 "SHIFT"

Examiner séparément chacun des centres. Déplacer le centre en question dans chacun des sites de sa zone d'influence jusqu'à ce qu'aucune réduction de coût ne soit observée.

Phase 2 : Localisation des dépôts relais

Les centres ayant été déterminés, on les considérera comme fixes.

Etape 1 : "ADD"

Pas 1.0 : Assimiler les dépôts-relais à des centres et les clients à des dépôts-relais.

Pas 1.1 : Faire sous les hypothèses définies au pas 1.0, les pas 1.1, 1.2, 1.3.a , 1.3.b, de la phase 1.

Pas 1.3 : Si l'affectation est possible, faire d (ii) jusqu'au dernier pas de l'étape 1.

Etape 2 : "DROP"

Faire tous les pas de l'étape 2 relative à la phase 1 (à l'exception du pas 2.2.b).

Etape 3: "SHIFT"

Reprendre intégralement l'étape 3 de la phase 1.

Phase finale : Critère d'arrêt

Refaire alternativement la phase 1 et la phase 2 jusqu'à ce qu'aucun changement ne soit observé dans aucune des 2 phases.

3.2.3.2.2. Algorithme d'affectation

Phase A : Identification de la hiérarchie

Si vous êtes en phase 1 de l'algorithme principal aller en phase B, sinon aller en phase C.

Phase B : Affectation des dépôts relais aux centres enfûteurs

Pas 0 : Si I désigne l'ensemble des centres enfûteurs, J l'ensemble des dépôts relais, il s'agira pour tout $j \in J$, de trouver le centre i^* tel que le coût total de transport induit par le client j soit minimal. Ce coût comprendra le coût d'approvisionnement entre le centre et l'usine qui lui est associée et le coût de ravitaillement du dépôt relais à partir de ce centre.

Pas 1 : Pour chaque centre i , calculer la quantité totale q_i qu'il devra desservir.

Cette quantité inclura, à la fois les demandes de tous les dépôts relais alloués au centre i ainsi que celles des points de vente directement livrés par ce centre.

Pas 2 : Comparer q_i à la capacité c_i du centre correspondant. S'il existe au moins un centre tel que :

$(q_i - c_i) / q_i > \alpha$ (α : taux d'insatisfaction admis),
aller en phase D.

Sinon, stocker l'affectation trouvée et revenir à l'algorithme principal.

Phase 2 : Affectation des clients aux dépôts relais, des dépôts relais aux centres

Pas 0 : Si K désigne l'ensemble des clients, J l'ensemble des dépôts relais et I l'ensemble des centres enfûteurs, il s'agira, pour tout client k , de trouver i^* , j^* tels que, le coût total de transport dû au client k soit minimal. Ce coût comprendra cette fois, tous les coûts de transport depuis l'usine jusqu'au client.

Pas 1 : Recenser parmi les dépôts-relais ceux qui n'ont pas reçu de clients (mis à part les points de vente situés en leur propre site).

Affecter au moindre coût, chacun de ces dépôts-relais à un centre i^* .

Pas 2 : Evaluer la quantité q_i que devra desservir chacun des centres i .

Pas 3 : Comparer q_i à la capacité c_i du centre correspondant.

S'il existe au moins un centre i , tel que :

$(q_i \cdot c_i) / q_i > \tau$, aller en phase D.

Sinon, stocker l'affectation trouvée et revenir à l'algorithme principal.

Phase D :

Pas 0 : Evaluer pour chaque centre saturé i , la quantité t_i :

$$t_i = q_i - c_i$$

Pas 1 : Classer les centres saturés par ordre de t_i décroissant.

Pas 2 : Examiner chacun des centres i , saturés, séparément :

a. Recenser, parmi les dépôts-relais alloués au centre i , ceux qui ne satisfont que la demande des points de vente situés en leur propre site. Soit N , le nombre correspondant de dépôts-relais.

Si $N = 0$, aller en (g).

b. Pour chacun des N dépôts-relais, rechercher le centre k qui pourrait satisfaire les deux critères suivants, à savoir le coût de transport minimal et la non violation de la contrainte de capacité.

c. Calculer pour chacun des N dépôts-relais la quantité δ_j : $\delta_j = c_{kj} \cdot c_{ij}$ où :

c_{ij} désigne la somme des coûts d'approvisionnement du centre i (à partir de l'usine qui lui est associée) et de ravitaillement du dépôt j (à partir du centre i).

d. Classer ces dépôts-relais par ordre de δ_j croissant.

e. Supprimer, un à un ces dépôts, du centre i (les attribuer aux centres déterminés en (b)), jusqu'à ce que sa capacité ne soit plus violée ou que le nombre de dépôts soit égal à N .

f. Si le centre i est toujours saturé (le taux d'insatisfaction étant pris en compte), aller à (g). Sinon, passer au prochain centre saturé. Si le nombre de centres saturés est épuisé, revenir à l'algorithme principal. Sinon, aller en (a).

g. Rechercher les clients qui seraient alimentés à partir de dépôts-relais affectés au centre i . Soit K_i le nombre correspondant de clients. Si $K_i = 0$, considérer la solution comme non réalisable et revenir à l'algorithme principal. Sinon, faire :

h. Pour chacun des K_i clients, trouver le dépôt l , le centre associé z tels que, les deux critères sus-mentionnés soient vérifiés.

i. Calculer pour tout k , $k \in K_i$, la quantité γ_k :

$$\gamma_k = c'_{zlk} - c'_{ijk} \quad \text{où:}$$

- γ_k : perte en coût de transport engendrée par l'éventuelle réaffectation du client k .
 j : dépôt-relais source initial de k .
 c'_{ijk} : coût total de transport induit par le client k , depuis l'usine jusqu'au point de vente.

j. Classer les clients k ($k \in K_i$), par ordre de γ_k croissant.

k. Affecter ces clients un à un, jusqu'à ce que la capacité du centre i ne soit plus violée.

Si l'ensemble K_i est épuisé et si le centre i est toujours saturé, aller en (d). Sinon, passer au prochain centre.

Si le nombre de centres saturés est épuisé, revenir à l'algorithme principal. Sinon aller en (a).

l. Avant procédé à la réaffectation de certains clients, revenir en (a). et refaire (b), (c), (d) et (e).

Si le centre i est toujours saturé, la solution n'est pas réalisable; revenir à l'algorithme principal.

Sinon, examiner le centre saturé suivant.

Si le nombre de centres saturés est épuisé, revenir à l'algorithme principal.

Conclusion

A travers la formulation, sous forme d'un problème linéaire en nombres entiers, du problème de localisation à deux hiérarchies et à capacité finie, nous avons essayé de mettre l'accent sur l'impossibilité d'utilisation d'une méthode exacte; en raison essentiellement des moyens limités existant au niveau de notre école.

Une procédure heuristique a été alors développée pour appréhender le problème en question. La méthode retenue a été construite sur la base des principes de la méthodologie adoptée par Kuehn et Hamburger pour des problèmes de localisation à un seul niveau de hiérarchie. Le passage à un problème à deux (2) hiérarchies s'est fait par le biais du processus itératif développé par Rand [10].

Une procédure heuristique, se basant sur une approche d'affectation simple, a été finalement introduite pour prendre en compte la limitation des capacités de production au niveau des centres enfûteurs.

CHAPITRE 4

PROBLEMES TEST ET APPLICATION

Introduction

La difficulté majeure que soulève tout recours à une méthode heuristique reste, sans aucun doute, le problème de son évaluation. L'étape d'évaluation devient nécessaire quand on sait qu'une méthode heuristique ne garantit pas toujours l'optimalité de la solution. A ce titre, nous avons prévu une liste de problèmes qui nous permettront, par la suite, d'aborder avec un minimum de rigueur, l'application proprement dite au cas NAFTAL. Un programme informatique en turbo basic a été conçu pour répondre à cet objectif.

L'évaluation de la solution heuristique se fera sur la base d'une approche comparative dans laquelle plusieurs solutions seront examinées, uniquement sous l'angle du coût qu'elles auraient engendré.

Les différentes solutions étudiées se rapporteront à deux classes de problèmes test, l'une portant sur des systèmes à un seul niveau de hiérarchie, l'autre sur des systèmes à hiérarchie double.

4.1. PROBLEMES TEST:

Pour chaque classe de problèmes test, le plan de développement adopté sera tel que les résultats, aussi bien quantitatifs que qualitatifs, seront présentés sous forme de tableaux récapitulatifs et seront systématiquement suivis par une partie commentaire.

4.1.1. Problèmes à une hiérarchie:

Dans ce cas, il nous sera permis de comparer, pour chacun des problèmes considérés, la solution heuristique à la solution exacte. En effet, les systèmes à un seul niveau de hiérarchie offrent la possibilité de réduire la taille du problème linéaire en nombres entiers (PLNE), permettant ainsi l'application d'une méthode exacte.

S'il est vrai que notre étude ne porte pas directement sur cette catégorie de systèmes, il reste tout de même avantageux de se référer à ce genre de problèmes pour s'assurer que notre méthode sera appropriée quand il s'agira de localiser des éléments au sein d'une même hiérarchie.

A cette fin, nous avons disposé du logiciel Milp, basé sur le principe du "Branch and Bound", pour résoudre les PLNE sélectionnés. Toutefois, nous nous sommes heurtées à certaines restrictions portant sur la taille des problèmes acceptés par ce logiciel. Nous nous sommes donc référées à des problèmes traités par Eilon et al ([4]) pour confectionner notre propre base de données. Grâce à un tirage aléatoire, nous avons extrait de chacun des problèmes mentionnés, un autre de moindre taille. Pour chaque PLNE, ainsi formé, la modélisation s'est faite sous les hypothèses suivantes :

- (1) Nous avons admis l'existence d'une seule usine dont la localisation a été choisie aléatoirement parmi les sites prévus pour les clients.
- (2) Nous avons admis que les structures à localiser sont des centres à capacité illimitée (des contraintes de capacité auraient violé les limites de dimensionnement du Milp)

(3) Nous avons également admis que tous les sites prévus par les clients seraient considérés comme sites potentiels pour les dépôts.

En pratique, une telle hypothèse risque d'être assez peu vraisemblable. A ce titre, la suggestion que l'on pourrait faire serait de sélectionner certains sites parmi l'ensemble des clients et de les considérer comme sites possibles pour les centres. Ceci permettrait alors de ne pas tronquer la taille de certains problèmes tout en répondant à la fois aux exigences du Milp et surtout à celles d'une réalité pratique.

(4) Etant donné la formulation mentionnée au chapitre 2 paragraphe 3, la fonction objective consistera en une minimisation du coût total de distribution.

Nous avons postulé que les coûts de transport seraient proportionnels à la fois à la quantité transportée et à la distance parcourue. Cette distance correspondant à deux fois un aller ou un retour simple, ne tiendrait pas compte de la différence de chemin pouvant exister entre l'aller et le retour.

Le coût d'un centre comprendrait une partie fixe et une partie variable directement proportionnelle au volume transporté.

$$k_{ij} = \frac{2}{1} \times d_{ij} \times q_j \times c1 + 2 \times d_{ij} \times q_j \times c2 + b1 \times q_j$$

k_{ij} : coût variable de distribution entre le dépôt et le client.

i_1 : site sélectionné pour l'usine.

d_{ij} : distance existant entre les sites i et j .

q_j : demande induite par le client j .

$b1$: coût unitaire d'exploitation.

$c1$: coût unitaire d'approvisionnement.

$c2$: coût unitaire de livraison.

(5) Les différents coûts unitaires de transport sont constants et ne tiennent donc pas compte de la différence de coût entre transport à charge et à vide.

Concernant les données chiffrées, nous avons procédé de manière quelque peu intuitive, en essayant de respecter une certaine logique. Ainsi, les coûts unitaires de transport ont été choisis de façon à respecter l'inégalité $c1 \leq c2$.

Le coût fixe, quant à lui, a été choisi en référence à l'ordre de grandeur des coûts variables. Pour établir une bonne balance, nous avons effectué plusieurs exécutions sur le Milp, en essayant d'écartier les valeurs donnant un nombre trop important ou trop restreint de centres dans le système.

Les détails chiffrés concernant les problèmes traités sont présentés dans l'annexe n° 7.

Resultats

Pb No.	Dim.	S1	Coût1	S2	Coût2	Dev.
1	10	1	704700	1	704700	-
2	12	3, 6	1778400	3, 6	1778400	-
3	12	1, 10	1371800	1, 10	1371800	-
4	14	1, 4	9554160	1, 10	9756160	+2
5	14	1	1022100	1	1022100	-
6	14	1, 4	2978900	1, 14,9	3507700	+18

Table 4.1. Resultats relatifs aux problèmes test à une hiérarchie et à capacité infinie.

Abréviations:

Dim : dimension du problème.

S1 : solution exacte.

Coût1 : coût de la solution S1

S2 : solution heuristique.

Coût2 : coût de la solution S2

Dev.(%): déviation observée

$$\text{Dev.} = [(\text{Coût2} - \text{Coût1}) / \text{Coût1}] \times 100$$

Commentaires :

- Dans 67% des cas la solution exacte et heuristique ont coïncidé. La déviation maximale observée dans les 33 % des cas restants a été négligeable.

- En règle générale, on trouve le nombre de centres adéquat. Les différences notées dans certains cas se rapportent plutôt aux sites d'implantation des centres.

- On remarque que dans 84 % des cas, le site d'implantation de l'usine constitue le site "le plus attractif" pour les centres. Ceci s'explique aisément par le fait que le coût d'approvisionnement pour ces centres, s'en trouve totalement annulé (cette remarque a été aussi soulignée par Sussams ([14])).

- Le problème n° 4 montre que pour un problème de localisation, plusieurs configurations peuvent être possibles en menant à des coûts relativement proches. Ceci permet d'envisager, à l'étape de la décision, plusieurs alternatives tenant compte de certaines contraintes spécifiques.

- Enfin, les résultats présentés ci-dessus, peuvent être jugés à priori acceptables. Toutefois le nombre relativement réduit de problèmes test ne nous permet pas de généraliser cette opinion optimiste. De plus, pour pouvoir porter un jugement définitif, certaines précautions s'imposent quant à la taille octroyée aux problèmes test. En effet, il est fréquent qu'une méthode heuristique fasse preuve de performances inégales selon les dimensions attribuées aux problèmes en question. Il est donc fort possible que les résultats trouvés ci-dessus ne soient plus valables dans le cas où le nombre de sites possibles devient beaucoup plus important.

4.1.2. Problèmes à deux hiérarchies.

Dans tout problème de localisation comportant plus d'un niveau de hiérarchie il reste insuffisant de tester une bonne localisation des éléments au sein de chacune des hiérarchies séparément.

Par contre, le plus déterminant serait de s'assurer qu'à chaque itération, le passage d'une hiérarchie à une autre

se fait correctement. Dans le cas NAFTAL, un test sur des problèmes à deux hiérarchies serait donc à la fois le plus adéquat et le plus concluant. Seulement, le défaut de cette

tentative résiderait en grande partie dans la limitation imposée au choix de la solution qui servirait de base à la comparaison.

La taille des problèmes de ce type excluant toute référence à une solution exacte, nous avons pensé, même si cela reste assez peu fiable, à exhiber des solutions générées aléatoirement.

Le tirage aléatoire a concerné l'attribution de sites à des centres et des dépôts-relais dont le nombre a été choisi au voisinage de celui trouvé par la méthode heuristique.

Cette solution partielle a été ensuite complétée en soumettant, pour chaque problème, dix configurations différentes à l'opération d'affectation. Enfin, la confrontation définitive s'est faite entre la meilleure solution aléatoire (au sens du coût) et la solution heuristique trouvée.

Avant d'aborder les tests proprement dits, nous précisons qu'ils porteront sur deux sous-classes de problèmes, ceux à capacité infinie puis finie.

Certaines hypothèses de travail étant communes à ces deux types de problèmes, il en sera fait mention à ce niveau. Il s'agit en l'occurrence de:

(1) Nous avons admis l'existence de deux usines dont l'emplacement a été choisi aléatoirement et ce, de manière définitive pour chaque problème.

(2) Cette hypothèse s'identifie à l'hypothèse (4) mentionnée en 4.1.1., en incluant un élément additionnel: les dépôts-relais.

En ce qui concerne les coûts des dépôts, ils seront modélisés par analogie à ceux des centres.

(3) Tous les points de demande seront considérés comme sites possibles, aussi bien pour les centres que pour les dépôts-relais.

(4) Les coûts unitaires de transport c_1 , c_2 , c_3 , respectivement d'approvisionnement, de livraison et de ravitaillement, ont été choisis de manière à réaliser:

$$c_1 \leq c_3 \leq c_2$$

Les coûts fixes associés aux centres et aux dépôts-relais ont été déterminés grâce à plusieurs exécutions qui ont permis de sélectionner les valeurs donnant un nombre de centres et de dépôts-relais que nous avons jugé raisonnable.

4.1.2.1. Problèmes à capacité infinie :

Dans ce cas, la contrainte de capacité étant levée, l'affectation des clients, quels qu'ils soient, se fera au moindre coût. Cette spécificité nous permettra donc de tester la validité de notre méthode uniquement en termes de lien de passage entre les deux hiérarchies.

Une exécution a donné, à titre d'exemple, les résultats détaillés ci contre:

(les coûts en u.m suivants ont été choisis, 900000, 450000, 3, 2, 1, pour respectivement, les coûts des centres, des dépôts-relais, les coûts unitaires de livraison, de ravitaillement et d'approvisionnement.)

Solution de départ:

Centre enfûteur : site n° 16
 Dépôt-relais : site n° 5

Affectation :
 C.enfûteur : dessert le site n° 16 et le dépôt-relais
 implanté en 5.
 Dé.-relais : dessert tous les clients restants.

Coût total : 13 951 608 (u.m).

Phase 1 : Localisation des centres enfûteurs

Etape 1 : "ADD"

Centres enfûteurs (2) : site n° 16, site n° 1.
 Dépôts-relais (1) : site n° 5.

Affectation

C.enfûteur n° 1 : dessert le site n° 16.
 C.enfûteur n° 2 : dessert le site n° 1 et le
 dépôt-relais implanté en 5.
 Dé-relais : tous les clients à l'exception des
 sites n° 1 et 16.

Coût total : 9 312 386 (u.m).

Etape "DROP"

Centre enfûteur (1) : site n° 1.
 Dépôt-relais (1) : site n° 6.

Affectation

C.enfûteur : dessert le site n° 1 et le
 dépôt-relais implanté en 5.
 Dé-relais : tous les clients à l'exception de
 ceux desservis par le centre
 enfûteur.

Coût total : 8 945 138 (u.m).

Etape "SHIFT"

Centre enfûteur : site n° 5.

Dépôt-relais : site n° 5.

Affectation

C.enfûteur : dessert le site n° 5 et le
dépôt-relais implanté en 5.

Dé.relais : tous les clients restants.

Coût total : 8 207 677 (u.m).

Phase 2 : Localisation des dépôts-relais.

Etape "ADD"

Centre enfûteur (1) : site n°5.

Dépôt-relais (2) : site n°5, site n°16.

Affectation

C.enfûteur : dessert les deux dépôts-relais et le
site n°5.

Dé.relais n° 1 : dessert les clients n° 2, 3, 4, 6, 7
8, 9, 10, 11, 12, 15, 1, 16.

Dé.relais n° 2 : dessert les clients n° 13, 14, 17
18, 19, 20, 21.

Coût total : 7 447 183 (u.m).

Etape "DROP"

Aucun dépôt-relais n'a été supprimé.

Etape "SHIFT"

Aucun dépôt-relais n'a été déplacé.

La configuration relative aux dépôts-relais a été altérée en phase

2. La relocalisation des centres enfûteurs est donc nécessaire.

Phase 1 : Localisation des centres enfûteurs

La configuration trouvée est inchangée; la solution finale est
atteinte.

D'une façon analogue, nous avons traité une série de 10 problèmes test (voir annexe 8) qui ont fourni les résultats suivants.

Pb No.	Dim.	S1		Coût1(10 ³)	S2		Coût2(10 ³)	Dev.
		CE	DR		CE	DR		
1	21	5, 11	7, 1	5495	5,11	7,16 17	5583	-1.52
2	22	1	1,19 10,1	2805	1	19,10 14	2840	-1.2
3	29	2	6,11 20,2	2469	1	6,11, 2	2978	-17
4	30	1,28 29	30,1 18,2 26	12473	1,28	2,30, 29,18 23,25	11803	+5.6
5	32	1	32,2 4,22 17	4936	1,22	32,26	4908	+0.6
6	42	1,24	2,19 33,3	12346	1,2	19,33 13,24	11971	+3.0
7	43	1,20	17,2	10993	1,8, 24,42	20,27	13000	-15
8	50	1,2, 39	1,14 22,1 48	5566	1,2 39	13,16 22,49	6858	-18
9	50	16,44	21,4 44	6570	2	21,44 40	7331	-10
10	50	1	20,9 15,1 1	5667	1	9,18, 20	6141	-7.7

Table 4.2. Résultats relatifs aux problèmes à deux hiérarchies et à capacité infinie

Abréviations

Dim	: dimension du problème.
S1	: solution heuristique.
Coût1	: coût de la solution heuristique.
S2	: solution aléatoire.
Coût2	: coût de la solution aléatoire.
CE	: centres enfûteurs.
DR	: dépôts-relais.
Dev. (%)	: déviation observée entre la solution aléatoire et la solution heuristique.

$$\text{Dev.} = (\text{Coût1} - \text{Coût2}) / \text{Coût2} \times 100$$

Commentaires

- Le pourcentage de supériorité de la solution heuristique par rapport à la solution aléatoire (70 %) laisse présager une assez bonne performance de la méthode. Toutefois, certaines réserves sont à émettre: un examen statistique plus poussé serait souhaitable si l'on désire généraliser cette opinion favorable. De plus, un tirage aléatoire ne peut pas faire office d'une base d'évaluation rigoureuse.

- On remarque que l'emplacement privilégié pour les centres s'identifie souvent au site d'implantation des usines.

- Il est assez fréquent de constater que les dépôts-relais et les centres enfûteurs se partagent le même site. Ceci peut s'expliquer par l'économie en coût de transport suite à l'annulation du coût de ravitaillement pour ces couples de centres et de dépôts-relais (ce résultat a été également mentionné par Sussams ([14])).

- Nous avons noté que la méthode adoptée convergait généralement en au plus deux (2) itérations.

4.1.2.2. Problèmes à capacité finie

A l'issue de ces tests, nous pourrions porter un jugement global en matière d'évaluation.

La méthode heuristique sera examinée sous tous les angles en prenant en considération à cette étape finale la contrainte de capacité.

Un détail reste à préciser concernant la gamme des capacités choisies. En relaxant la contrainte de capacité au niveau des centres, nous avons procédé à une affectation initiale à l'issue de laquelle nous avons déduit les quantités d'output au niveau des unités de conditionnement. En prenant des pourcentages différents de ces mêmes quantités, nous avons pu déterminer une borne inférieure et supérieure pour la gamme des capacités. Finalement pour élargir cette même gamme, nous avons tiré d'autres valeurs entre ces deux limites (voir détails annexe 9)

Résultats

Pb No.	Dim.	S1		Coût1(10 ³)	S2		Coût2(10 ³)	Dev.
		CE	DR		CE	DR		
1	21	5,21, 1,19	3,7,11 20	4319	1,5, 19	7,20, 21	4902	-12
2	22	9,10, 3	3,8,20	2548	3,1	8,20, 22	2576	-1
3	29	25,2 21	20,25 11	3143	21,2	11,25 20	3566	-12
4	32	15,2	15,26, 22,4, 12	6709	1,15	12,2, 22	7190	-7
5	42	28,27 11	33,27	12113	27,1	28,11 33	14376	-16
6	43	3,13 10,28	13,28, 34,21, 19,24	15495	3,13 28	34,1 24,21	18063	-14
7	50	44,41 2,8	33,10 41,44	16192	44,1, 2	33,41 10	14778	+9
8	50	1,23 49	18,44, 26,1, 19	11878	18,26 23	1,44, 19,49	68723	-83
9	50	1,2, 31	2,22, 26,49	9589	1,2	26,22 49	11163	-14

Table 4.3. Résultats relatifs aux problèmes à deux hiérarchies et à capacité finie.

Les abréviations utilisées ici ont été déjà explicitées à la table 4.2

Commentaires :

Nous retrouvons ici, les mêmes commentaires que pour les problèmes test à deux hiérarchies à capacité infinie, avec cette

fois un pourcentage de réussite de 80 %. En outre, nous pouvons noter que :

- Lors des différentes exécutions que l'on a eu à faire, nous avons constaté que la relaxation de la contrainte de capacité débouchait sur une solution dans laquelle le nombre de centres et de dépôts-relais était respectivement, inférieur et supérieur à celui correspondant à la solution à capacité finie. Aucun résultat chiffré n'a pu figurer à ce niveau, vu que ces essais de relaxation de la contrainte de capacité ont été très peu nombreux et ont contribué plutôt à satisfaire une curiosité personnelle.

- Nous avons remarqué qu'en supprimant un centre de la solution heuristique et en octroyant des capacités supérieures à certains des centres restants, la solution aléatoire donnait un coût de distribution, parfois meilleur.

4.2. APPLICATION

Ayant procédé à une tentative d'évaluation de la méthode heuristique, il s'agit à présent de concrétiser la méthodologie adoptée pour le compte de l'entreprise NAFTAL. Nous tenons toutefois à préciser que les résultats auxquels nous pourrions parvenir ne constituent qu'une esquisse du réseau à mettre en place pour les années à venir.

Nous avons choisi, pour notre étude, un horizon de sept (7) années.

Pour chaque année de la période 1989-1995, le réseau de distribution sera déterminé sur la base de la solution existante à l'année 1988. Cette démarche se justifie amplement par le défaut de l'étape "ADD": une décision d'implantation, à une étape donnée, pouvant devenir pénalisante pour les années ultérieures, imposerait alors de considérer une même solution de départ,

en rapport avec la même année de référence. En examinant par la suite une à une les solutions correspondant à chacune des années, nous pourrions avoir un aperçu sur la fréquence de sélection de chaque site d'implantation. Une analyse plus approfondie permettra de déduire la solution la plus stable. Ces précisions étant mémorisées, nous expliciterons ci dessous la démarche poursuivie pour l'atteinte de notre objectif.

4.2.1. Hypothèses de travail

- (1) L'étude que nous nous proposons de faire se rapporte à la seule région du centre; les frontières que nous avons instaurées ne tiennent pas compte du découpage administratif. En effet nous avons délibérément intégré certaines dairas de l'Est de l'Ouest et du Sud du pays à notre système. Ceci s'est fait à la lumière de l'affectation pratiquée par l'entreprise avec la précaution d'éliminer pratiquement toute dépendance du système vis à vis de ce qui pourrait exister hors de ses frontières (ainsi un dépôt-relais ne pourrait faire partie du système s'il alimente un client extérieur ou s'il est lui même alimenté par un centre extérieur). Cette délimitation nous a mises en présence d'une nouvelle contrainte de terrain. En effet, la principale source d'approvisionnement en se trouvant à l'extrême Ouest n'a pu faire partie de notre système. De plus il n'existe pas de raffinerie à l'Est et même la raffinerie d'Alger comble son déficit à partir d'Arzew. Le produit vrac est acheminé vers la raffinerie d'Alger et le port de Béjaia en quantités largement suffisantes. Ceci nous a permis d'émettre deux principales suppositions: La première permettant d'assimiler à juste titre le port de Bejaia à une usine fictive; la seconde à considérer les capacités de production des usines comme illimitées.

Ainsi notre système a pu surmonter la dépendance de l'Est et du Centre vis à vis de l'Ouest en totalisant deux raffineries l'une à Alger, l'autre à Bejaia. Enfin, l'emplacement de ces usines a été supposé définitif.

- (2) Les points de demande seront représentés par les différentes dairas du système que nous avons préalablement mis à jour. Nous n'aurions pas pu poursuivre l'éclatement des wilayas en communes puisque aucune donnée relative à cette cellule administrative n'aurait pu être mise à notre disposition.
- (3) Nous avons choisi de prendre l'année comme base temporelle de travail; toutes les données chiffrées seront donc des données annuelles. La solution de départ a été choisie en référence à l'année 1988.
- (4) La contrainte de capacité au niveau des centres enfûteurs conditionnant considérablement la solution, nous avons pensé, avec l'accord de l'entreprise, à admettre un "taux d'insatisfaction" pour "tous" les clients (points de vente ou dépôts-relais). Un taux de 10 % nous a semblé le moins préjudiciable aux clients et à la solution.

Même si ces choix sont maintenant arrêtés, nous pouvons quand-même faire certaines suggestions. Ainsi, il serait souhaitable de reconsidérer la localisation des usines ainsi que l'attribution de capacités illimités à ces mêmes unités de production en essayant d'incorporer le coût du cabotage dans la fonction objective.

4.2.2. Collecte et traitement des données

a. Recensement des centres enfûteurs et des dépôts-relais:

Dans toute étude d'implantation, l'identification du réseau en cours est indispensable. Nous avons donc pensé à dénombrer dans

un premier temps les centres enfûteurs et les dépôts-relais existants à l'année 1988.

Cette opération a présenté certaines difficultés lorsqu'il s'agissait de faire la correspondance entre le site d'implantation indiqué par NAFTAL et le découpage administratif établi.

N'ayant pu accéder aux dairas mères de certaines communes, nous avons fondé notre propre principe de découpage sur la base de la proximité géographique.

En adoptant cette démarche, nous avons élaboré une liste de dépôts-relais et de centres enfûteurs (voir annexe 9).

Cet ensemble constituera par la suite notre solution de départ. L'évaluation des capacités possibles de production s'est faite à son tour sur la base de deux hypothèses principales.

Nous avons supposé, d'une part, que ces centres de conditionnement travailleront à raison de 25 jours par mois. d'autre part, que les mois de Novembre à Mars constitueront, chaque année, une période de pointe pour le produit butane.

Partant de là, la capacité de production annuelle pourrait s'identifier au produit:

$$\text{Cap}_j * 25 * (7 * n_p + 5 * n_c)$$

Les variables sus-mentionnées Cap_j , n_p , n_c désignent respectivement la capacité journalière, le nombre d'équipes en période de pointe, et finalement le nombre d'équipes en période creuse.

En considérant que l'activité de production au niveau des centres enfûteurs puisse se dérouler selon le schéma 2x2, 2x1, 1x1 équipes, respectivement en période de pointe et en période creuse, nous obtiendrons trois capacités possibles pour chaque type des centres enfûteurs (mini-centre, centre à un carrousel ou à deux carrousels). On peut alors envisager 9 combinaisons possibles pouvant déboucher sur la gamme de capacités suivante:

type de centre	nombre d'équipes	capacité (T)
Mini-centre (4000 B13/j)	1 x 1	45 600
	2 x 1	22 100
	2 x 2	31 200
Centre à 1 carr. (7000 B13/j)	1 x 1	27 300
	2 x 1	38 675
	2 x 2	54 600
Centre à 2 carr. (14000 B13/j)	1 x 1	54 600
	2 x 1	77 350
	2 x 2	109 200

Table 4.4. Gamme des capacités possibles

Par la suite les centres d'enfûtage seront informatiquement identifiés selon leurs capacités individuelles. Le choix d'une capacité pouvant alors systématiquement renvoyer au type du centre et à sa cadence de travail annuelle. La précaution qui s'impose alors, serait de rattacher des capacités différentes exclusivement à des centres de cadence de travail ou de types différents.

Ainsi, on se doit d'éliminer, soit le centre à deux carrousels (1x1), soit le centre à un carrousel (2x2) correspondant tous deux à une même capacité d'enfûtage (voir table 4.4).

Etant donné les risques permanents en matière d'accidents présents (incendies, explosions,...), au niveau de n'importe quelle unité de travail de conditionnement, nous avons préféré donner la primauté au critère sécurité pour éliminer le centre à un carrousel (2x2).

Pour finir, nous avons dû inclure une 9^{ème} capacité qui tienne compte du groupage effectué (daira = plusieurs communes) sans contredire la contrainte "site unique, centre unique".

En ce sens, l'exemple de la daira d'El Barrach pourrait parfaitement illustrer notre démarche. En fait, nous avons grossièrement regroupé les différents centres et mini-centres existants dans cette daira en "un" seul centre dont la capacité totale est égale à la somme des capacités individuelles.

Notre base temporelle de calcul étant l'année, les capacités octroyées aux dépôts-relais coïncident en fait avec les quantités annuelles desservies. Ces dernières ne devraient en aucune manière être confondues avec les capacités physiques de ces unités de stockage.

En analysant certains documents disponibles au niveau de l'entreprise, nous avons noté que les dépôts-relais ayant une aire de stockage pouvant accepter 20 000 bouteilles (B13) sont généralement desservis à raison de 40 fois par an. Les cas où l'on a eu à ravitailler plus fréquemment ce type de dépôts-relais a été relativement rare.

b. Evaluation de la demande au niveau des zones de consommation:

Le service des ventes institué au niveau de l'entreprise NAFTAL reçoit annuellement de chaque wilaya du territoire national une estimation des "besoins" en produit butane prévus par chaque unité nationale de distribution. Nous avons ainsi pu accéder aux consommations totales attendues au niveau de chacune de ces wilayas. L'examen sommaire des réalisations de vente observées pour les années 1987-1988 dans chaque wilaya et dans chaque daïra de notre zone d'étude, nous a permis de déterminer les proportions de la demande d'une wilaya revenant à chacune des daïras lui appartenant administrativement. Pour mettre à jour les différentes demandes au niveau de chacune des daïras recensées dans notre zone d'analyse (données inexistantes pour l'après 1988), nous avons dû admettre, suite aux affirmations du service des ventes et à notre modeste confrontation des résultats entre 1987 et 1988, que les différentes proportions de la demande totale d'une wilaya relatifs aux différentes demandes de ses propres daïras sont approximativement constantes.

Une autre difficulté se rapportant à l'inexistence de données relatives à certaines zones de consommation (chef lieu de wilaya généralement) a également pu être surmontée. Ceci grâce à l'affiliation de ces mêmes zones à d'autres daïras pour

lesquelles les données étaient disponibles et ce, toujours sur la base de la proximité géographique (les prévisions de la demande sont présentées en annexe 12).

c. Estimation des coûts de distribution.

Le service finances existant à l'entreprise NAFTAL tient à jour une comptabilité analytique. Cependant les documents disponibles ne nous ont été d'aucun apport puisque toutes les données continuent d'être globales et ne prévoient en aucun cas une désagrégation du coût total en coûts individuels relatifs, par exemple, aux différents centres existants.

Partant de certaines hypothèses nous avons néanmoins pu construire notre propre base de données.

Nous explicitons ci-dessous les principales estimations que l'on a eu à effectuer:

(i) Coûts d'approvisionnement des centres enfûteurs

Les coûts unitaires d'approvisionnement ont été déterminés à partir de données fournies par neuf (9) districts dans le cadre des travaux de comptabilité analytique élaborés au titre de l'année 1981. Ces données se rapportent aux wilayas de Batna, Hassi-Messaoud, Alger, Béchar, Saïda, Tlemcen, Tizi-Ouzou, Skikda et Oran.

Les conditions similaires prévalant au nord du pays (usines à Arzew, Skikda, et Alger) nous ont permis de maintenir certaines wilayas n'appartenant pas à notre zone d'étude. Nous avons dû toutefois éliminer les districts d'Alger et de Saïda, alimentés par pipe à partir de Dar El Beïda et du Khroub respectivement.

En raison des conditions spécifiques (environnement, salaires du personnel,...) régnant dans la région Sud de l'Algérie, les wilayas de Béchar et de Hassi-Messaoud ont dû à leur tour être écartées.

Notre échantillon s'est vu finalement réduit à cinq (5) éléments. Pour le coût d'approvisionnement, nous devons donc nous restreindre à une valeur estimée sur une base de données relativement minime.

Ce coût unitaire de transport comprendra essentiellement des frais de personnel, de matières consommables (carburant, lubrifiant,...) et des dotations aux amortissements.

Nous avons admis que ce coût était proportionnel à la quantité transportée et à la distance parcourue. Les valeurs mentionnées dans le document étant déjà rapportées à la tonne, nous avons pu, en considérant la distance correspondant à un aller et à un retour entre le centre enfûteur et l'usine qui lui est associée, parvenir à un coût d'approvisionnement moyen unitaire de 0,28 DA/ T x km pour l'an 1981.

N'ayant pu obtenir un taux d'inflation réel pour chacune des charges encourues, nous avons dû admettre un taux d'inflation moyen de 8 % pour pouvoir actualiser les coûts à l'horizon 1988 (ref: plans quinquennaux 1981-1985, 1986-1990).

Actuellement le coût d'approvisionnement s'élève approximativement à 0,48 DA/ T x Km.

(ii) Coût de ravitaillement des dépôts-relais

Jusqu'à ce jour, l'entreprise NAFTAL ne s'est pas penchée sur l'évaluation de son coût unitaire de ravitaillement. Les documents comptables élaborés pour les neuf (9) districts ont été également notre référence pour l'estimation de ce coût unitaire de transport.

Pour chacun des dépôts-relais et pour chacun des centres qui leur était associé, nous avons pu puiser de ces documents le coût de ravitaillement par unité de volume transportée.

En se référant à la distance en aller retour existant entre chaque dépôt relais et son centre d'attache, nous avons pu rapporter les

Durée de l'amortissement

5 ans

Amortissement linéaire

Dépenses annuelles:

a. Charges fixes

Amortissement ($\frac{430\,000,00\text{ DA}}{5}$)	86 000,00 DA
Salaire chauffeur (3 500,00 DA x 13 mois)	20 640,00 DA
Salaires convoyeurs (2 700,00 DA x 2 x 13 mois)	70 200,00 DA
Charges sur salaires (taux 35,05 %)	40 495,00 DA
Frais de déplacement (25,00 DA x 3 x 300j)	22 500,00 DA
Assurances matériel/marchandise	3 600,00 DA
CAVNOS	5 785,00 DA
TAIC (89250 * 19,00 DA * 0,60 * 0,025)	26 105,60 DA
S/ TOTAL	320 825,60 DA
b. Charges variables	
Carburant (34 000 km * 30L * 0,85 DA)	8 670,00 DA
Lubrifiant (34 000 km * 22,5L * 14,00 DA)	1 683,00 DA
Pneumatiques: 1 train de pneus/an (2 577,00 DA * 6)	15 163,00 DA
: 5 chambres à air (236,00 DA * 6)	1 416,00 DA

Entretien courant et réparation ($\frac{123\ 530,00\text{DA}}{5}$)	24 706,00 DA
S/TOTAL	51 638,00 DA
S/TOTAL GENERAL (320 825,60 DA + 51 638,00 DA)	372 463,60 DA
FRAIS GENERAUX (+ B %)	29 797,00 DA
T.U.G.P.S. (taux 8 %) ($\frac{402\ 260,60\text{ DA} * 8}{100}$)	32 180,00 DA
TOTAL GENERAL	402 260,60 DA
Prix de revient/bouteille ($\frac{402\ 260,00\text{ DA}}{89\ 250}$)	4,50 DA
Prix de revient/bouteille/km ($\frac{4,50\text{ DA}}{80\text{ km}}$)	0, 056 DA

(iv) Coûts liés aux centres enfûteurs

La fonction "emplissage" au niveau des unités de conditionnement supporte les aléas d'une forte saisonnalité, caractérisée au niveau de la gestion financière par des charges fixes en période creuse et des charges variables en période de pointe, particulièrement importantes.

Les investissements requis pour un centre enfûteur sont considérables.

Actuellement, les coûts d'acquisition d'un mini-centre, d'un centre à un carrousel ou à deux carrousels s'élèvent respectivement à 6,5 millions de dinars, 90 millions de dinars et 125 millions de dinars.

La durée d'amortissement pratiquée est de 10 ans. Les autres charges d'exploitation, par contre, sont loin d'être connues. Après avoir, à maintes reprises, demandé un compte d'exploitation générale, nous avons dû nous rabattre sur un pourcentage que nous avons personnellement jugé raisonnable. Le nombre de personnes travaillant au niveau des unités de

conditionnement étant relativement peu important, nous avons décidé d'évaluer, pour pouvoir poursuivre notre étude, les diverses charges d'exploitation (salaires, coûts de stockage, de manutention,...) correspondant à une cadence de travail (1 * 1) à 30 % de l'amortissement annuel.

(v) Coûts associés aux dépôts-relais

Les dépôts-relais induisent généralement des coûts variables relativement négligeables.

L'absence totale de données nous a également contraintes de supposer une expression linéaire du coût associé aux dépôts-relais.

Ne disposant que de l'amortissement se rattachant à un dépôt-relais de capacité physique 20 000 (B13), nous avons décidé,

pour pouvoir également poursuivre notre étude de rapporter le coût de stockage à une bouteille de gaz butane.

Les capacités physiques ne coïncidant pas avec les capacités annuelles attribuées aux dépôts-relais, nous avons dû convenir pour ces aires de stockage d'une fréquence de ravitaillement approximativement égale à 40. Le coût rapporté à la bouteille se chiffrerait alors à 0,7 DA.

d. Construction de la matrice "distance":

L'évaluation des coûts de transport nécessite la construction d'une matrice qui indiquerait la distance existant entre n'importe quelle paire de dairas appartenant à la zone d'étude. L'évaluation de ces distances sur une carte géographique a été un travail long et fastidieux.

Trouver le chemin le plus court aurait été quasiment impossible. Nous avons donc emprunté, pour estimer ces distances, les routes nationales qui nous apparaissaient a priori les plus appropriées. Les estimations des distances auxquelles nous sommes parvenues figurent en annexe 13.

Les coûts de transport au sein d'une même daïra étant loin d'être négligeables, nous avons pensé à modéliser tous les coûts internes de transport comme étant proportionnels "au rayon" de la daïra" et de la quantité transportée.

L'évaluation des rayons (voir annexe 14)s'est faite comme suit:

- relever sur une carte géographique les coordonnées cartésiennes de chaque daïra ;
- délimiter pour chaque daïra le voisinage immédiat ;
- pour chacune des daïras calculer la 1/2 distance à vol d'oiseau par rapport à toutes les daïras du voisinage ;
- tirer aléatoirement une valeur entre la 1/2 distance minimale et la moyenne des 1/2 distances calculées.

La méthode ci dessus nous permettra de nous assurer que le rayon calculé est à la fois supérieur au rayon réel de la daïra et inférieur à la moyenne des demi-distances adjacentes. D'autres possibilités d'évaluation auraient pu être envisagées.

Il aurait été possible, par exemple, ou bien de tirer aléatoirement entre le minimum et le maximum des demi-distances ou bien de considérer une expression linéaire de la forme:

$$\alpha_1 \text{ Min} + \alpha_2 \text{ Max} + \alpha_3 \text{ Moy.}$$

avec :

$$\alpha_1 \geq \alpha_2$$

$$\alpha_3 \geq \alpha_1$$

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1$$

4.2.3. Resultats

En raison de l'indisponibilité du centre de calcul durant la dernière semaine du mois d'août, nous n'avons pas pu mener nos perspectives d'application à terme. Le temps de computing étant relativement long (48 heures pour chaque execution), nous avons

dû nous limiter à la première solution dont nous disposions pour l'année 1989. Cette solution intermédiaire a été obtenue à l'issue de l'étape "SHIFT", de la phase de localisation des centres enfûteurs. En ce sens les conclusions auxquelles elles pourraient conduire ne seraient que très peu significantes.

Configuration obtenue pour l'année 1989.

Nombre total de centres enfûteurs	: 15
Nombre total de dépôts relais	: 16
Offre totale disponible au niveau de la raffinerie d'Alger	: 709 475 (T/an)
Quantité de vrac à caboter vers Béjaïa	: 77 350 (T/an)

Wilaya d'Alger

Approvisionnement vrac à partir de Dar El Beïda

C.E. El Harrach

Type du centre : 4 M.C.E. + 2 C.E. à 2 carr.

Cadence de travail : 2 x 1 + 2 x 2

Zone d'influence suivant

le C.E. El Harrach

- D.R. Gue de Const.
- D.R. Boudouaou
- D.R. Tablat
- D.R. Lakhdaria
- Da. El Harrach

D.R. Gue de Constantine
Zone d'influence suivant

D.R. Gue de Const · Cheraga
· Larbaa
· Bir Mourad Rais
· Zerada
· Sidi Mhamed
· Bab El Oued
· Ilussen Dey
· Rouiba
· Boufarik

D.R. Boudouaou
Zone d'influence suivant

D.R. Boudouaou · Boudouaou

D.R. Tablat
Zone d'influence suivant

D.R. Tablat · Tablat

Wilaya de Bejaia

Approvisionnement vrac à partir du port de Béjaia

C.E. Bejaia
Type du centre : M.C.E.
Cadence de travail : 2 x 1

Zone d'influence suivant

C.E. Bejaia · Da. Bejaia

Wilaya de Blida

Approvisionnement vrac à partir de Dar El Beida

C.E. Ouled Yaich
Type du centre : M.C.E.
Cadence de travail : 1 x 1

Zone d'influence suivant

C.F. Bouira - Da. Bouira
 - D.R. S.El Ghozlane
 - Da. Ain Bessem

D.R. Sour El Ghozlane

Zone d'influence suivant

D.R. S.El Ghozlane - S.El Ghozlane
 - Sidi Aissa

C.E. Sidi Khaled

Type du centre : M.C.E.

Cadence de travail : 2 x 1

Zone d'influence suivant

C.E. Sidi Khaled - Da. M'chadallah

Wilaya de Djelfa

Approvisionnement vrac à partir de Dar El Beida

C.E. Ain Oussera

Type du centre : C.E. à 2 carr.

Cadence de travail : 2 x 2

Zone d'influence suivant

C.E. Ain Oussera - Da. Ain Oussera
 - Da. Birine
 - D.R. Djelfa
 - D.R. Ksar Chelala
 - D.R. Messaad

D.R. Djelfa

Zone d'influence suivant

D.R. Djelfa - El Idrissia
 - Hassi Babbah
 - Ain El Ibel

D.R. Ksar Chelala

Zone d'influence suivant

D.R. K.Chelala - Ksar Chelala

C.E. Freha

Type du centre : M.C.E.

Cadence de travail : 1 x 1

Zone d'influence suivant

C.E. Azazga Da. Azazga

C.E. Oued Aissi

Type du centre : 1.C.E.A 2 carr.

Cadence de travail : 2 x 1

Zone d'influence suivante

C.E. Oued aissi
 - D.R. Ain El Hammem
 - D.R. Tizirt
 - D.R. Bordj El Menail
 - Da. Draa Ben Khada

Wilaya de Msila

Approvisionnement vrac à partir de Dar El Beida

C.E. Msila

Type du centre : M.C.E.

Cadence de travail : 2 x 1

Zone d'influence suivant

C.E. Msila
 - Da. Msila
 - Da. Hamam Dalaa
 - Da. Ouled Derradj

C.E. Boussaada

Type du centre : M.C.E.

Cadence de travail : 2 x 1

Zone d'influence

C.E. Boussaada
 - Da. Boussaada
 - Da. Ain El Melh

Wilaya de Tipaza

Approvisionnement vrac à partir de Dar El Beida

C.E. Hadjout

Type du centre : M.G.E.

Cadence de travail : 2 x 1

Zone d'influence

- C.E. Hadjout : Da. Kolea
- Da. Cherchel
- Da. Hadjout

Abréviation: Da = Daira

Commentaires

(1) La solution trouvée ne présente pas de changements substantiels par rapport à la solution existant à l'année 1988. Ceci se justifie aisément par la troncature dans l'exécution du programme de solution ainsi que par la très lente évolution de la demande d'une année à une autre. Les changements notés se rapportent essentiellement à l'affectation, aussi bien des dépôts-relais aux centres enfûteurs que des points de vente aux dépôts-relais. Ainsi, le dépôt-relais de Tablat, par exemple, se trouve affecté au centre d'El Harrach alors qu'il était initialement alimenté à partir de Beni Slimane. Cette nouvelle affectation pourrait sembler défavorisante, elle reste cependant justifiée du fait que le programme de solution ne permet aucun approvisionnement en appoint (le dépôt-relais de Tablat était alimenté à partir de Beni Slimane mais recevait un appoint à partir d'El Harrach).

(2) Le démarrage de la solution existante a considérablement inhibé l'effet couplé des méthodes "ADD" et "DROP". La solution comprend le même nombre de centres et de dépôts pratiquement au même emplacement. Aucun centre n'a été ajouté parcequ'en fait le coût de transport n'a pas pu contrebalancer le coût d'investissement très élevé des

centres enfûteurs (le nombre de centres existant étant déjà assez élevé pour une solution de départ).

L'étape du "DROP", quant à elle s'est heurtée au problème déjà explicité de l'affectation intégrale.

Seule l'étape du "SHIFT" a pu avoir un effet sur le système. La solution prévoit en effet, un déplacement local pour deux centres emplisseurs dont un mini.

- (3) L'identification des capacités pour certains centres reste valable uniquement à la limite des frontières du système étudié. La capacité octroyée au centre de Bejaia, par exemple, devra être réévaluée si l'on désire se rapprocher de la réalité en relaxant les limitations frontalières.

Propositions

Il est évident que la solution trouvée pour l'année 1989, ne peut pas être directement mise en oeuvre.

Les propositions que l'on pourrait soumettre à l'intention de l'entreprise NAFTAL, devront être évaluées quantitativement sur la base du compromis entre la solution existante et la solution préconisée.

- (1) L'implantation d'un nouveau centre à Hassi Bah bah, en remplacement au centre de Ain Ousséra nous semble non économique sinon irréalisable. Par contre le déplacement du mini centre de Berrouaghia à El Omaria serait vivement conseillé, en raison de la propriété stratégique des mini centres à pouvoir facilement se déplacer. Encore une

fois cette décision, ne pourra être prise qu'à l'issue d'une analyse chiffrée, faisant figurer le coût de cet éventuel changement et le coût de maintien de la solution existante.

(2) La contrainte de capacité conditionne très fortement l'opération d'affectation, qui souvent n'a pu se faire au moindre coût. Le dépôt de Lakhdaria par exemple, s'en trouve affecté au centre d'El Harrach au lieu d'appartenir au centre de Bouira qui lui est plus proche. La tentative que l'on pourrait préconiser serait de relaxer la contrainte de capacité, en admettant un taux d'insatisfaction ajustable selon le cas de figure examiné. L'économie en coût qui pourrait en résulter serait doublement appréciable si l'on sait que le déficit admis sera rapidement épongé grâce aux importants stocks de sécurité disponibles au niveau des centres enfûteurs.

Conclusion

La méthode heuristique que nous avons développée a été évaluée grâce à un ensemble de problèmes test. Les résultats obtenus paraissent satisfaisants mais restent sujet à réflexion, vu le procédé d'évaluation utilisé et le nombre relativement peu élevé de problèmes testés.

Ce premier pas nous a alors fourni un minimum de confiance pour amorcer une tentative d'application au cas concret de NAFTAL. La solution finale n'ayant pu être obtenue, nous avons dû alors nous restreindre à une solution intermédiaire relative à l'année 1989.

Les résultats trouvés semblent peu probants et laissent présager une inefficience de la méthode. Cependant, eu égard au degré d'avancement du réseau existant, il a été assez difficile à la méthode de construire sa propre solution sur la base d'un existant réalisable et déjà envahissant. La suggestion qui pourrait en découler serait de relancer le programme de solution en ignorant, dans un premier temps, la solution existante. Une fois la solution atteinte, il s'agirait de finaliser les efforts de résolution du problème en procédant à des ajustements entre la solution théorique et celle effectivement implantée.

A une étape intermédiaire, nous avons dû procéder à des estimations "grossières" des différents coûts de distribution. Ces paramètres étant déterminants dans toute étude d'implantation, il serait primordial de pouvoir disposer d'une base de données plus fiable et plus complète. Ce qui permettrait, par exemple, de tenir compte d'un phénomène assez prononcé dans des unités de production telles que les centres enfûteurs, en l'occurrence, les économies d'échelle.

Par ailleurs, vu le caractère stratégique d'une décision d'implantation, il serait plus prudent d'apprécier la solution à implanter sur une période d'étude plus représentative (10 ans, par exemple). Dans un pareil cas, une étude de stabilité par rapport à tous les paramètres fluctuants serait la bienvenue.

CHAPITRE 5

SUGGESTIONS ET CONCLUSION

5.1. Conclusion

Toute prise de décision, dans le domaine de la localisation, concerne incontestablement le long terme. La portée stratégique d'un choix en matière d'implantation appellerait alors des décisions plutôt précautionneuses. La nécessité d'une telle prudence se pose avec d'autant plus d'acuité que l'environnement économique est sujet à de perpétuelles fluctuations. Ceci ne devrait en aucun cas entraver un esprit d'initiative vivement recommandé dans la mise en oeuvre de telles décisions. Des actions qui paraîtraient de prime abord invraisemblables pourraient par la suite générer des gains très appréciables. Des cas ont été reportés où une entreprise n'a pas hésité à éliminer définitivement certains de ses dépôts et à entreprendre des constructions coûteuses mais bénéfiques.

Toutes ces raisons nous ont conduit à mener notre étude sur trois fronts: d'abord l'élaboration d'une méthode de résolution pratique et applicable au cas NAFTAL, ensuite l'évaluation de la procédure utilisée et pour finir la tentative d'application. Une formulation préalable du cas cité en problème linéaire en nombres entiers nous a convaincus d'abord de rejeter toute idée de recours à une méthode exacte, pour nous permettre par la suite de développer une méthode heuristique pouvant s'adapter aux spécificités du problème posé, à savoir la double hiérarchisation du système et la limitation des capacités de production au niveau de l'une des deux structures à localiser. Malgré les efforts entrepris en matière de traitement et de collecte des données, l'application n'a pu donner lieu qu'à un résultat inachevé. Il n'en demeure pas moins que l'objectif recherché a été globalement atteint, puisque la motivation principale de ce travail a été en fait de proposer une

méthodologie générale pour des problèmes de localisation de ce type. Toute solution théorique qui aurait pu découler de cette étude aurait quand même occulté certains aspects pratiques. Nous ne sommes pas sans savoir que l'installation d'un centre en un site donné impliquerait non seulement une disponibilité et un aménagement de terrain, mais aussi une parfaite accessibilité au point d'implantation. Toutes ces considérations pourraient ainsi justifier une sélection préalable des sites favorables à une éventuelle mise en place de centres enfûteurs ou de dépôts-relais. Enfin cette analyse macroéconomique n'a pas la prétention de se suffire à elle même, puisque il restera toujours des précisions à fournir quant à la localisation ponctuelle au sein même du site d'implantation.

5.2. Suggestions

La méthode que nous avons développée présente certaines lacunes. Nous nous devons, par conséquent, de souligner les points qui, à notre sens, mériteraient une attention particulière.

En ce sens, les suggestions que nous allons exposer se rapporteront, dans un premier temps, à la méthode proprement dite. Dans un deuxième temps, nous ferons mention de certaines constatations d'ordre général qui pourraient par la suite faire l'objet de développements plus approfondis.

5.2.1. Propositions de raffinement de la méthode retenue

Tout au long de notre méthodologie de travail, nous avons eu à faire des choix et à prendre certaines initiatives. Ces décisions pourraient à présent être remises en cause et leurs répercussions envisagées au fur et à mesure de ce qui suit :

(i) Lors de l'élaboration de notre solution initiale, nous avons choisi de retenir parmi un échantillon de solutions réalisables, celle qui engendrerait un coût minimal. Bien que cela puisse paraître logique à première vue, il s'avère généralement que cette démarche n'est pas toujours justifiée.

En effet, pour une méthode heuristique, il n'existe généralement pas de corrélation entre la solution finale et la solution de départ (voir Salhi [14]). De nombreux cas ont prouvé que la meilleure solution de départ ne débouchait pas toujours sur la meilleure solution finale.

Etant donné cet état de fait, il serait intéressant de tester différentes solutions de départ en examinant les solutions finales auxquelles elles auraient abouti.

(ii) Dans notre cas le nombre de sites potentiels, aussi bien pour les centres que pour les dépôts-relais, correspond au nombre de sites qui existent dans le système (66).

Il serait peut-être souhaitable de réduire le nombre de sites prévus pour l'implantation des structures à localiser afin, à la fois, d'être plus proche d'une réalité pratique et de réduire le temps, trop long, d'exécution du programme informatique.

(iii) L'affectation que nous avons eu à faire a dû tenir compte d'un facteur d'importance primordiale, à savoir la contrainte de capacité. Cette limitation ne nous a pas toujours permis de réaliser une affectation au coût minimum.

En effet, la violation de la capacité pour certains centres, nous a amenées à envisager la réaffectation de certains clients. L'examen de ces centres s'est fait en privilégiant les centres les plus saturés. Ce choix se justifie par la priorité donnée à la satisfaction de la contrainte de capacité par rapport à la minimisation du coût total de transport.

Nous aurions pu considérer indifféremment, tous les clients alloués aux centres saturés, en vue de procéder à une réaffectation à perte minimale. Nous avons cependant, jugé plus prudent d'éviter que les clients à perte minimale puissent par la suite, empêcher la réaffectation des nombreux clients appartenant aux centres les plus saturés.

Dans le cas où pour un centre donné, la contrainte de capacité ne pouvait être levée, à une étape donnée, nous avons décidé de ne pas poursuivre nos investigations et de considérer la solution comme non réalisable. Cette prise de position pourrait être sujette à certaines critiques. Le système pouvant évoluer d'une étape à une autre, cette solution aurait pu, par exemple, à l'issue de certaines perturbations, devenir réalisable.

- (iv) Dans la phase de localisation des centres enfûteurs, à l'étape du " ADD ", une identification de capacité a été faite. Cette tentative d'optimisation du taux d'utilisation pourrait créer des difficultés d'élimination de certains centres à l'étape du " DROP ". Il serait peut être souhaitable de relever la capacité de certaines centres qui pourraient permettre l'affectation des clients d'un centre dont l'élimination serait économique.

5.2.2. Suggestions générales

- (i) Notre étude de localisation s'est basée sur l'hypothèse que l'approvisionnement des centres enfûteurs se faisait uniquement par route. Cette restriction ne va pas à l'encontre de la réalité puisque ce moyen de transport reste le plus populaire et le plus fréquent à l'entreprise NAFTAL.

Cependant nous voulons attirer l'attention sur un autre type plus récent de transport existant à NAFTAL, particulièrement au Sud de l'Algérie; il s'agit en l'occurrence du pipeline. Il serait en effet profitable de tenir compte de cette opportunité pour pousser encore plus loin l'optimisation des coûts de distribution.

Ce mode de transport plus moderne présenterait, sous réserve d'une étude technico économique les avantages suivants:

- Fiabilité plus grande du mode de transport.
- Coût en dinars et en devises d'investissement et d'exploitation nettement moins élevés.

(ii) La démarche adoptée par l'entreprise NAFTAL en matière de distribution du produit butane est basée sur un schéma centralisateur et uniforme. C'est ainsi qu'il y a lieu de s'interroger sur la validité de la norme selon laquelle le centre enfûteur distribue le produit selon un rayon de 40 km. Il serait peut être plus opportun d'étudier l'éventualité d'une norme régionale tenant compte des disparités pouvant exister entre les différentes régions du territoire national.

(iii) Bien que cela puisse s'avérer parfois non conforme à la réalité, nous avons supposé tout au long de notre travail que deux points de vente appartenant à deux dairas différentes ne pouvaient être ravitaillés dans une même tournée. Les coûts de livraison ainsi incorporés dans le modèle étaient supposés proportionnels uniquement aux distances radiales (i.e. distance du dépôt aux clients). Les distances inter clients ne sont généralement pas explicitement pris en compte.

Les problèmes de localisation et de tournées sont au fait interdépendants . Une analyse menée par Salhi et Rand [12] laisse présager que les meilleurs sites auxquels on

aboutirait en développant séparément les deux problèmes sus-mentionnés ne seraient pas nécessairement ceux qui induiraient le coût de distribution minimal. Il devient ainsi de plus en plus impératif de réfléchir à l'approche permettant la prise en compte simultanée des deux problèmes mentionnés. Dans le cadre de ces travaux de recherche, une littérature regroupant à la fois un bon nombre de références ainsi que plusieurs approches de résolution est présentée dans l'article intéressant de Laporte ([9]).

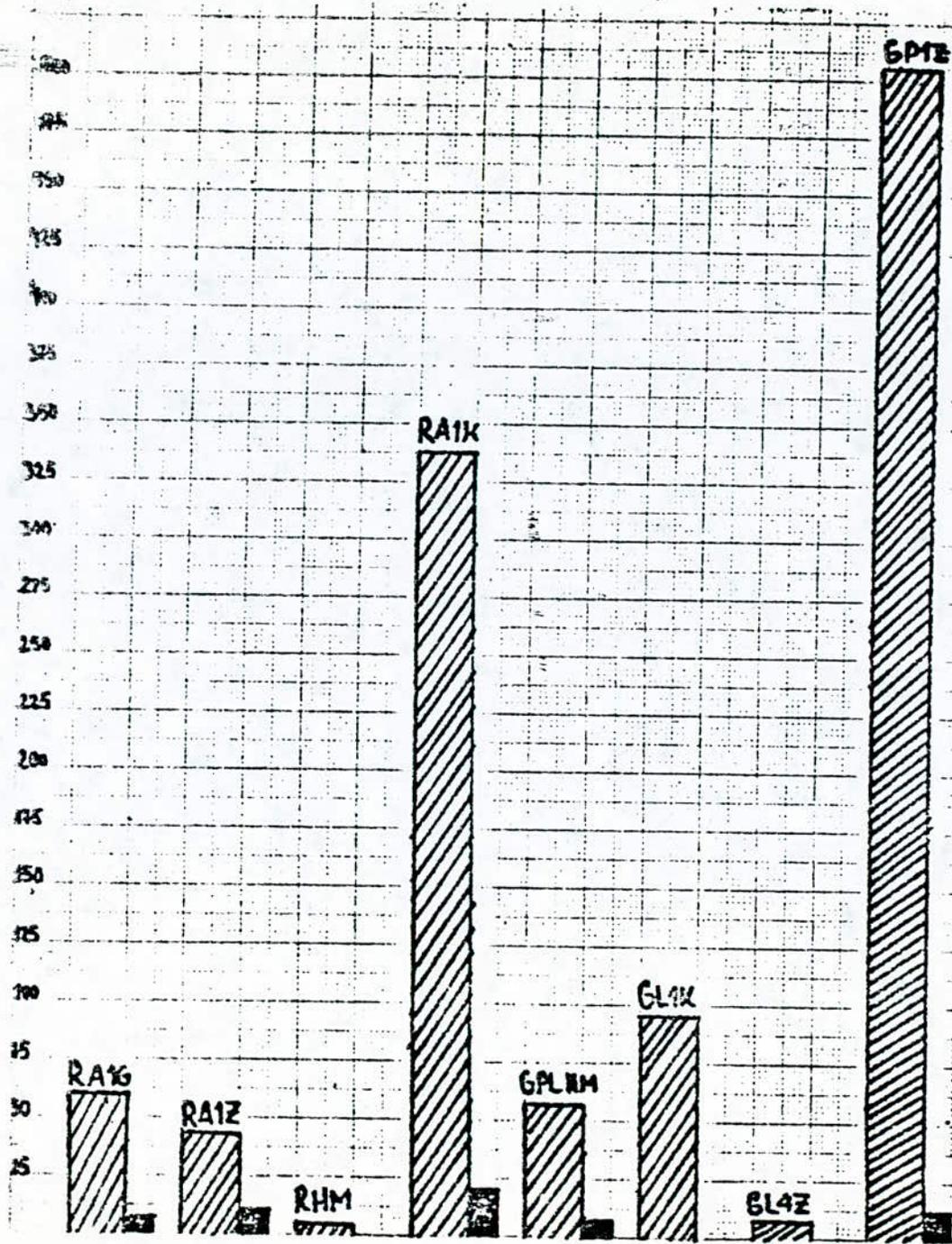
REFERENCES

- [1] W. Beattie, "Improving the structure of a distribution system", Oper Res. 24, n° 3, (1973).
- [2] M. Christopher, "The strategy of distribution management", Goyer, (1985).
- [3] L. Cooper, "Location allocation problems", Oper Res. 11, (1963), 331-343.
- [4] S. Eilon, G.D.T. Watson-Gandy et N. Christofides, "Distribution management : Mathematical modelling and practical analysis", Griffin, London, (1971).
- [5] D. Erlenkotter, "A dual-based procedure for uncapacitated facility location", Oper Res. 26, (1978), 992-1009.
- [6] E. Feldman, F.A. Lehrer et T.L. Ray, "Warehouse location under continuous economies of scale", Management Science 12, (1966), 670-684.
- [7] L. Kaufman, M. Vanden et P. Hansen, "A plant and warehouse location problems", Oper Res. Quart. 28, n° 3, (1977), 547-554.
- [8] A.A. Kuehn et M.J. Hamburger, "A heuristic program for locating warehouses", Management Science 9, (1963), 643-666.
- [9] G. Laporte, "Location routing problems", in : B.L. Golden et A.A. Assad (eds.), Vehicle Routing : Methods and studies, North Holland publishing, Amsterdam, (1988), 163-198.
- [10] G.K. Rand, "Depôt Location. A structured problem", Paper presented to Oper Res. Society Transport study group, (1972).

- [11] G.K. Rand, "Methodological choices in depôt location studies", Oper Res. Quart. 27, (1976), 241-249.
- [12] S. Salhi, "The integration of vehicle routing into depôt location and vehicle fleet composition problems", Phd thesis, Dept. of Oper Res. , University of Lancaster, U.K., (1987).
- [13] S. Salhi et G.K. Rand, "The effect of ignoring routes when locating depôts", Eur. Jour. of Oper Res. 39, (1989), 150-156.
- [14] S.Salhi, "Notes de çours de distribution", Cours de magister, Dept.Genie industriel, E.N.P., El-Harrach, (1989).
- [15] J.E. Sussams, "Some problems associated with the distribution of customer products", Oper Res. Quart. 19, (1968), 161-174.

ANNEXES

- Annexe 1: Enlevements butane propane.
- Annexe 2: Centres enfûteurs existant à l'année 1988.
- Annexe 3: Délimitation de la zone d'étude.
- Annexe 4: Caractéristiques des approches de l'ensemble infini et réalisable.
- Annexe 5: Définition et évaluation d'une méthode heuristique.
- Annexe 6: Mode de génération de l'échantillon aléatoire.
- Annexe 7: Problèmes test à une hiérarchie.
- Annexe 8: Problèmes test à deux hiérarchies et à capacité infinie.
- Annexe 9: Problèmes test à deux hiérarchies et à capacité finie.
- Annexe 10: Liste des dairas retenues.
- Annexe 11: Liste des centres et des dépôts relais.
- Annexe 12: Prévisions de vente pour le produit butane.
- Annexe 13: Matrice "distances".
- Annexe 14: Rayons des dairas retenues.



ENLEVEMENTS

BUTANE

PROPANE ⁰⁵⁻

RA1G	56.066	5.471
RA1Z	45.531	7.308
RHM	839	-
RA1K	337.037	16.338
GPLHM	55.926	5.938
GL1K	97.228	-
GPLZ	504.658	11.673
GL4Z	2.742	-

LEGENDE

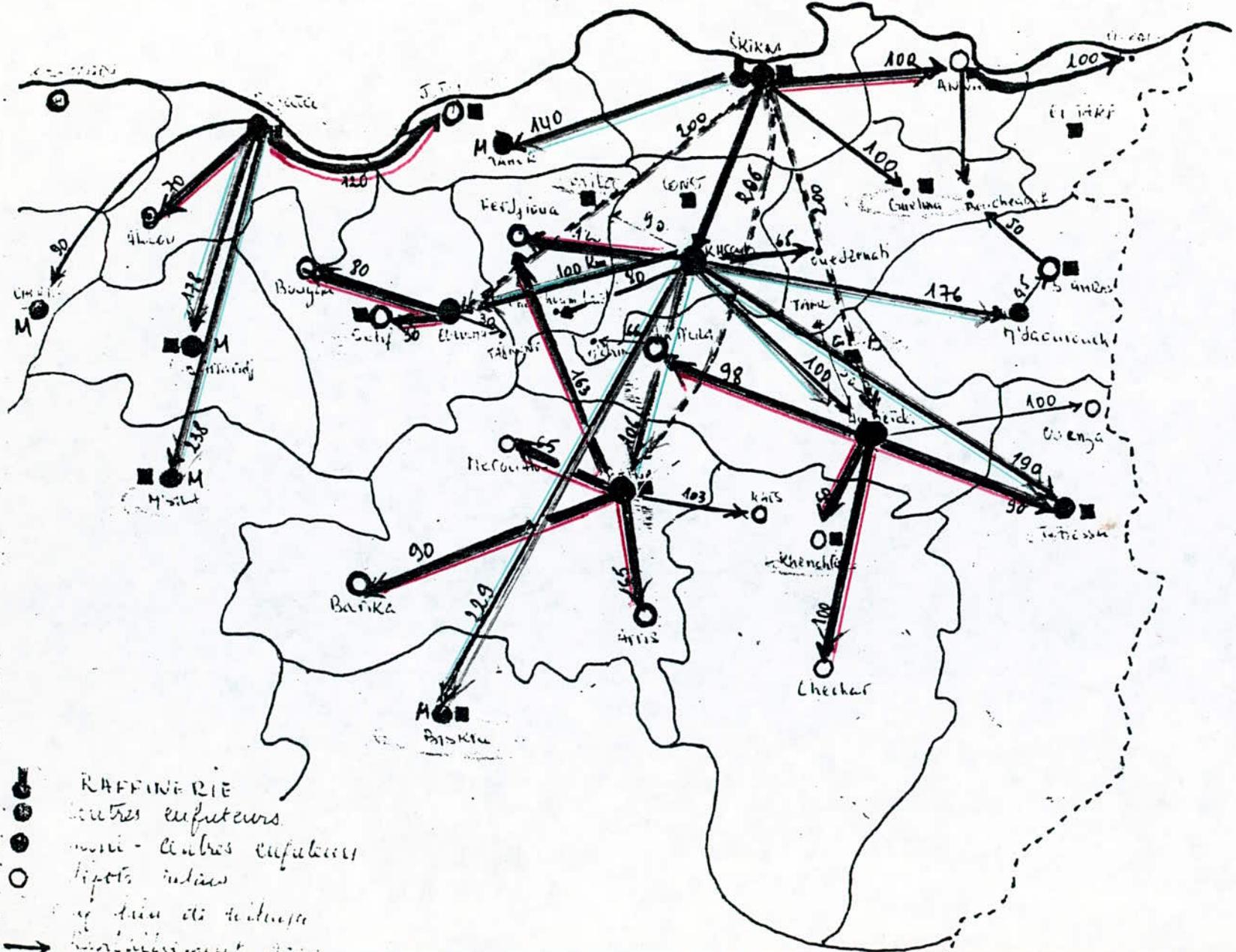
BUTANE 

PROPANE 

ANNEXE No. 1

ANNEXE N° 2
RESEAU EXISTANT A
L'ANNEE 1988

SCHEMA DE DISTRIBUTION GPL REGION EST CAMPAGNE 87-88

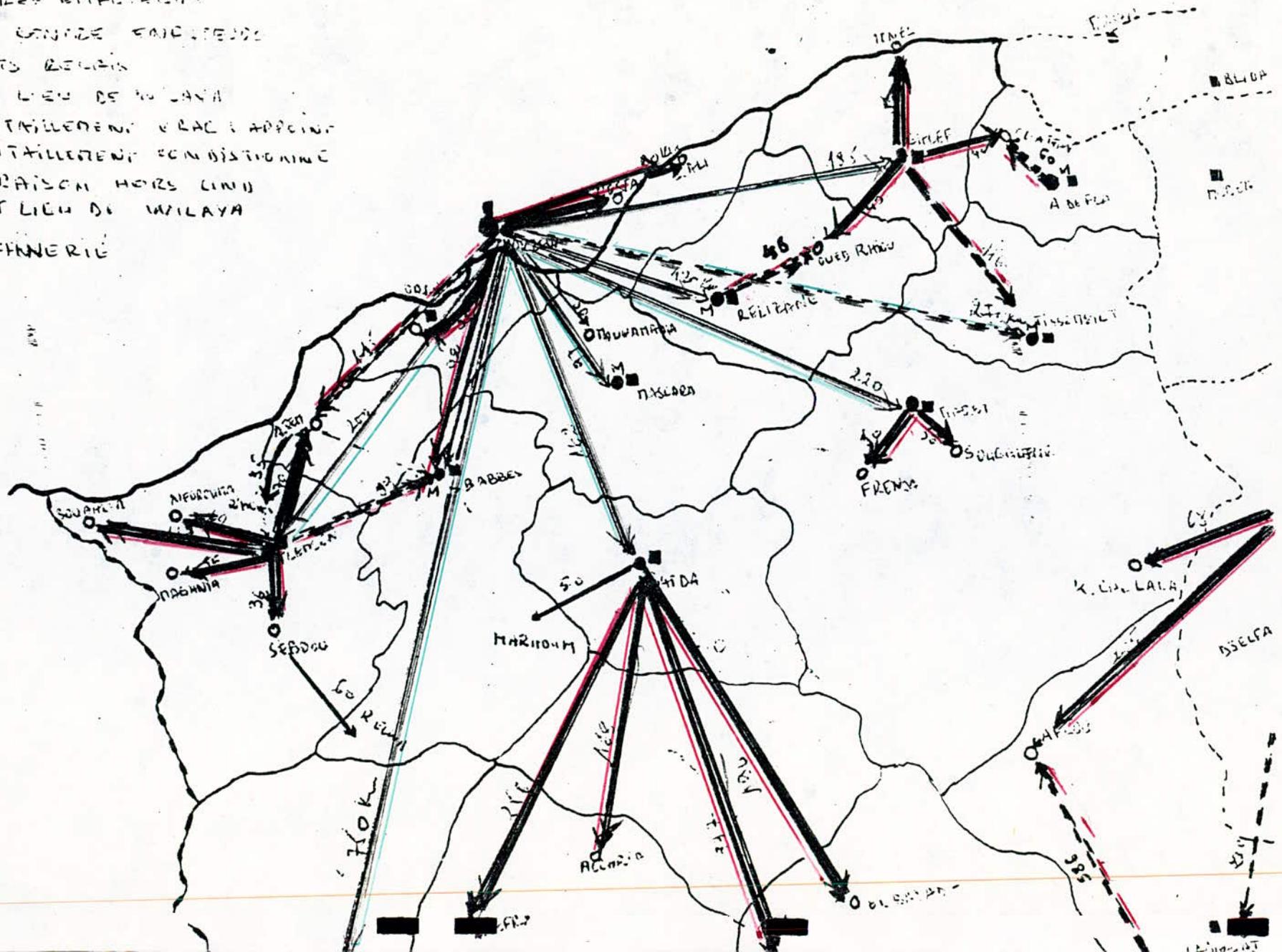


- (circle with dot) RAFFINERIE
- (circle with M) mini-centres carburés
- (plain circle) dépôts intermédiaires
- (solid arrow) approvisionnement direct
- - - (dashed arrow) approvisionnement indirect
- (thick solid arrow) approvisionnement principal

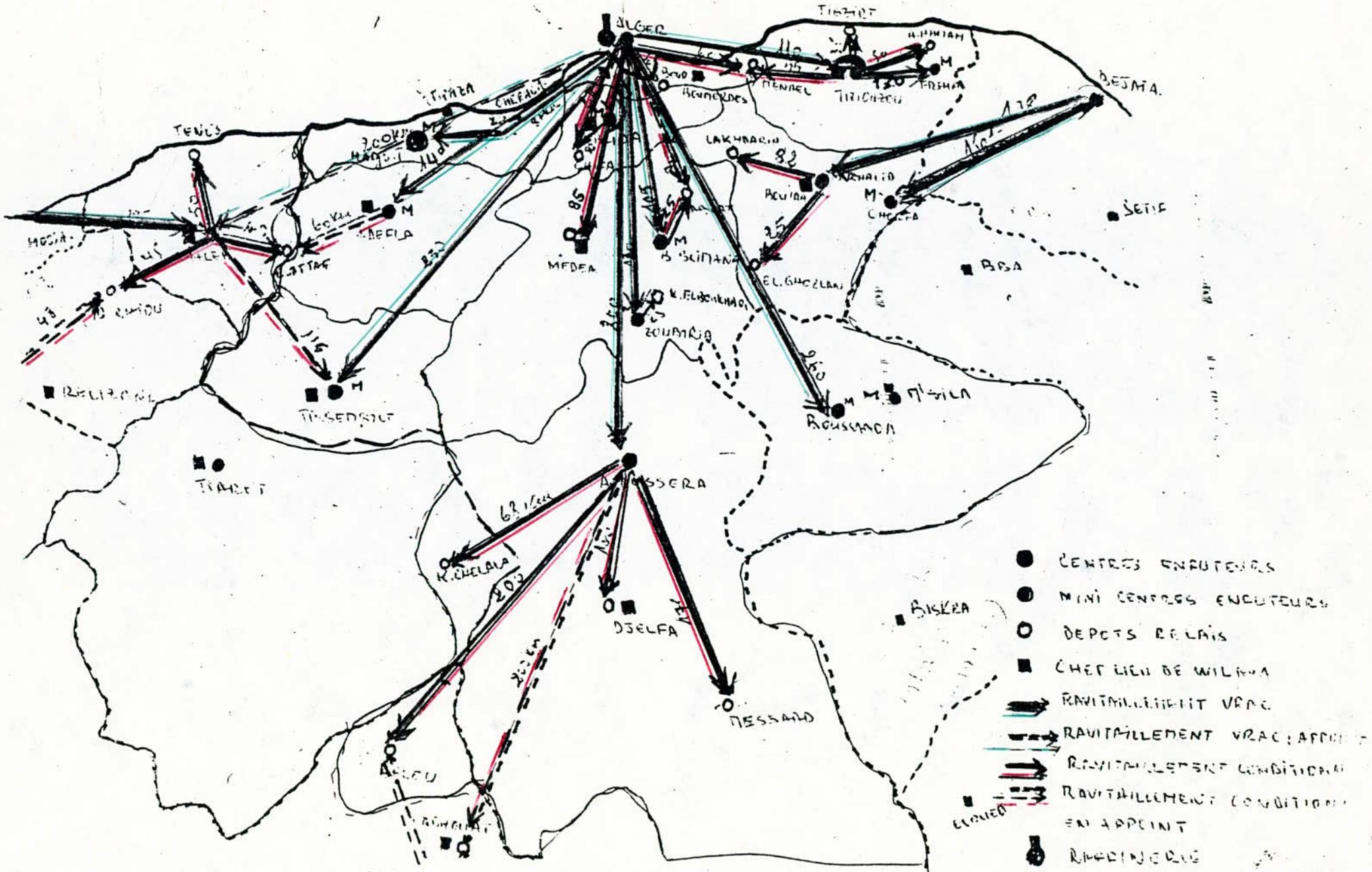
SCHEMA DE DISTRIBUTION G.P.L REGION OUEST CAMPAGNE 87-88

- CENTRES GAZIFERES
- MINI CENTRE GAZIFERES
- DEPOTS BELAIS
- ↑ CHEF LIEU DE WILAYA
- ↔ RAVITAILLEMENT URAC / APPORT
- ↔ RAVITAILLEMENT COMBUSTIONNE
- ↑ LIVRAISON HORS LINDU CHEF LIEU DE WILAYA
- ⊞ RAFFINERIE

M A R O C

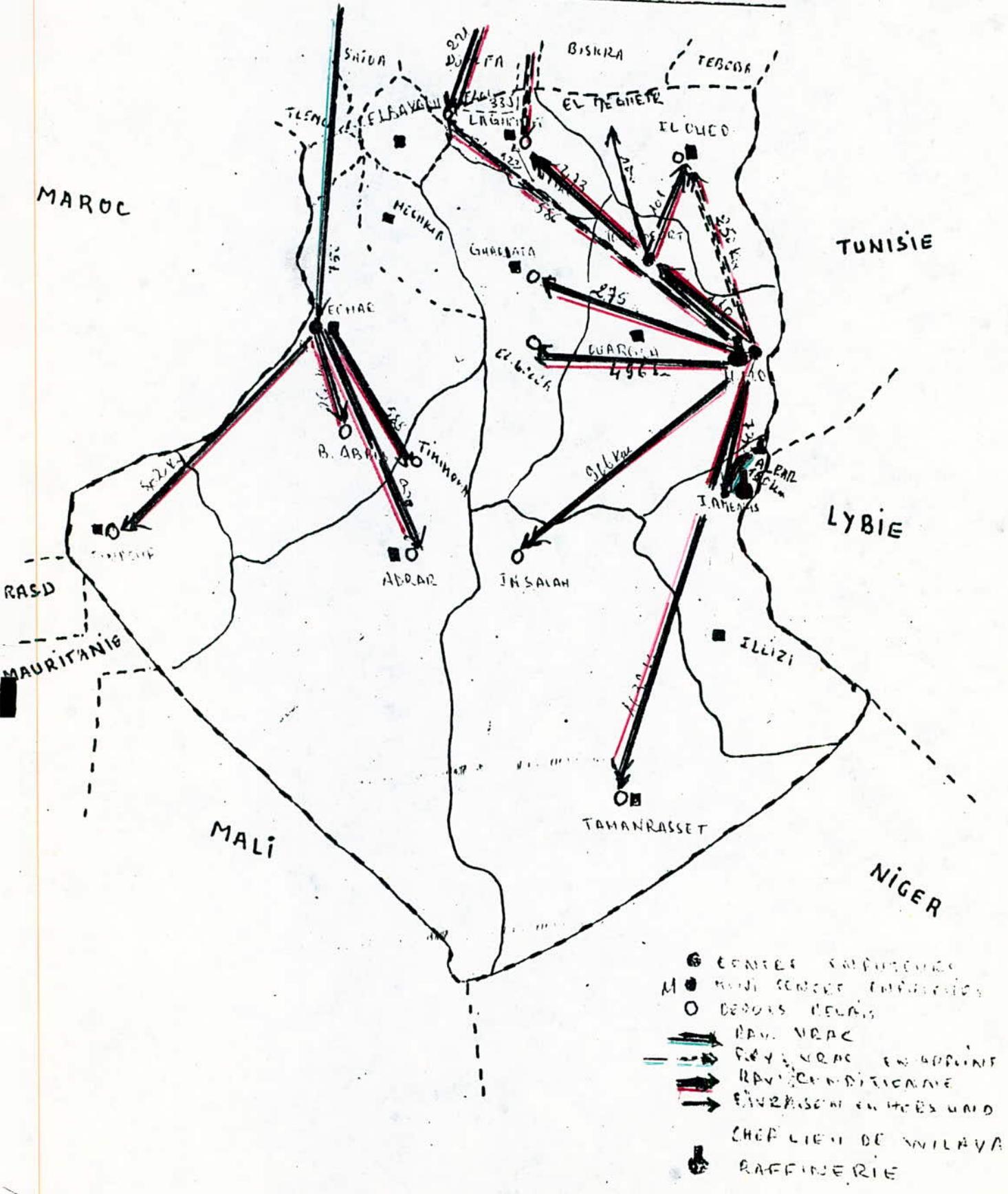


SOMME DE DISTRICTION GÉNÉRALE REGION CENTRE CAMPAGNE 87-88



- CENTRES ENRUTEURS
- MINI CENTRES ENRUTEURS
- DEPOTS DE LAIS
- CHEF LIEU DE WILAYA
- ➔ RAVITAILLEMENT VRAC
- ➔ RAVITAILLEMENT VRAC (CODE)
- ➔ RAVITAILLEMENT CONDITIONNEL
- ➔ RAVITAILLEMENT CONDITIONNEL EN APPOINT
- RAVITAILLEMENT

SCHEMA DE DISTRIBUTION REGION SUD CAMPAGNE 1987 - 1988



Délimitation de la zone d'étude



CARACTERISTIQUES DES APPROCHES DE L'ENSEMBLE INFINI ET REALISABLE

SECTION I : L'APPROCHE DE L'ENSEMBLE INFINI

Cette approche a été amorcée par les travaux de Weber (pour référence voir [4]). Elle présente les caractéristiques suivantes :

1. Elle ne nécessite pas le choix de sites à priori plus appropriés.
2. Elle est flexible en ce sens qu'elle examine une fonction monotone.
3. Elle fournit des solutions alternatives à tout problème de multi-localisation
4. Elle peut aboutir à un site non praticable.
5. Les coûts de transport sont supposés être une fonction monotone de la distance.

SECTION II : APPROCHE DE L'ENSEMBLE REALISABLE

L'approche de l'ensemble réalisable présente également un certain nombre de caractéristiques :

1. Elle exige au préalable un ensemble de sites considérés comme praticables et pour lesquels les données sont disponibles. Le nombre de localisations manipulé devrait être fini et suffisamment petit pour assurer l'efficacité des calculs.
2. L'ensemble des sites praticables pourrait ne pas inclure la solution optimale.
3. Enfin, les coûts de transport n'ont pas à être en fonction particulière de la distance.

ANNEXE 5

DEFINITION ET EVALUATION DES METHODES HEURISTIQUES

Définition d'une méthode heuristique.

On s'accorde à dire que littéralement l'appellation "heuristique" dérive du mot grec "heuriskein" signifiant découvrir. Une heuristique désignera alors toute procédure qui résolverait un problème d'une manière intuitive et intelligente et qui en fournirait une bonne et raisonnable solution.

Dans cette définition deux points essentiels sont à souligner:

1. Le développement d'une heuristique se fait toujours, dans la mesure du possible, en référence à la structure du problème.
2. Rien dans l'heuristique ne garantit l'optimalité de la solution.

Pourquoi une méthode heuristique?

Plusieurs facteurs pourraient justifier l'utilisation d'une méthode heuristique:

1. Le temps machine excessivement important qu'impliquerait l'utilisation d'une méthode exacte.
2. L'apparition de fonctions objectives secondaires qui ne pourraient être explicitement formulées dans le modèle
3. Difficulté d'exprimer mathématiquement les contraintes et la fonction objective du problème
4. Enfin, les coûts de développement d'une procédure exacte pourraient être prohibitifs.

Comment évaluer une méthode heuristique?

Comme il a été auparavant souligné, utiliser une méthode heuristique ne conduit pas nécessairement à la solution optimale du problème. Évaluer la procédure en question devient alors d'une importance primordiale.

Critères d'évaluation d'une méthode heuristique:

1. Qualité de la solution:

Une solution heuristique sera dite "raisonnable" si l'écart existant entre la solution en question et la solution optimale peut être considérée comme acceptable.

Sur la base de cette définition, différentes manières d'évaluer la qualité d'une solution heuristique ont été proposées:

i) Analyse du cas le plus défavorable ou "the worst case analysis": Cela consistera à rechercher la plus mauvaise solution à laquelle il faudrait s'attendre en utilisant la méthode heuristique en question. Les performances de la méthode peuvent être cependant largement tributaires de certaines variables intervenant dans le modèle. Des résultats de prime abord peu engageants pourraient être ainsi dus, uniquement à certaines valeurs particulières, pratiquement, peu probables.

ii) Étude probabilistique

Une étude probabilistique consiste à déterminer les paramètres de la distribution d'une variable aléatoire X permettant de situer la solution heuristique par rapport à la solution optimale. Bien qu'elle soit dans de nombreuses situations la méthode d'évaluation la plus appropriée, elle reste très peu utilisée.

iii) Analyse empirique

Cette analyse vise à répondre à deux questions fondamentales:

- Quel type de problèmes-test faudrait-il utiliser pour évaluer la méthode et quelle taille conférer à chacun de ces problèmes?
- A quelle solution de référence devrait être comparé le résultat fourni par la méthode heuristique?

En réponse à ces deux (2) questions, il est presque toujours conseillé d'utiliser des problèmes-test de taille similaire à celle du problème traité. La meilleure solution de référence, quant à elle, demeure sans aucun doute la solution optimale.

En pratique, l'obtention d'une telle solution n'est pas toujours facile. On devra alors se rapporter à d'autres éléments de référence, pouvant inclure:

- une borne inférieure de la fonction objective (pour un problème de minimisation).
- une solution obtenue par une méthode énumérative limitée à un nombre restreint d'itérations.
- des solutions générées aléatoirement ou par d'autres méthodes heuristiques.
- la solution actuellement mise en place par le décideur.

2. Effort de computation

Il peut être évalué sur la base du temps requis et de la capacité mémoire nécessaire pour performer la méthode heuristique.

3. Simplicité

Critère peu important car subjectif.

MODE DE GENERATION DE L'ECHANTILLON ALEATOIRE

La génération de nombres aléatoires compris entre deux bornes a et b se fait en deux étapes:

1^{ère} étape: Génération de nombres aléatoires entre 0 et 1

La suite de tels nombres aléatoires est obtenue à partir de la suite des restes x_{n+1} de la division par M du produit $e * x_n$.

$$x_{n+1} = e * x_n - M * q \quad \text{où } q \text{ est le quotient.}$$

2^{ème} étape: Génération de nombres aléatoires entre a et b

L'échantillon aléatoire est obtenu par application de l'algorithme de la transformation inverse. En résumé il s'agit de:

1. Générer des nombres aléatoires x, compris entre 0 et 1.

2. Calculer $y = F^{-1}(x)$

où F est la fonction de répartition d' une loi uniforme de paramètres a et b.

Il vient alors: $y = a + (b - a) * x$

ANNEXE 7

PROBLEMES TEST A UNE
HIERARCHIE

PROBLEME No1

cfc=200000

b1=1

c1=1

c2=2

CLIENT No	DEMANDE(Kg)	COORDONNEES	
		X	Y
1	125	201	370
2	100	188	357
3	1000	207	392
4	150	116	355
5	400	175	363
6	150	210	382
7	125	125	346
8	300	152	349
9	550	125	355
10	300	218	382

PROBLEME No2

cfc=200000

b1=1

c1=1.5

c2=3

CLIENT No	DEMANDE(Kg)	COORDONNEES	
		X	Y
1	84	301	258
2	60	309	260
3	4100	256	267
4	250	259	265
5	100	318	252
6	500	303	201
7	75	326	181
8	250	329	221
9	600	275	192
10	175	208	217
11	350	242	249
12	120	267	213

cfc: cout fixe d'exploitation d'un centre en U.M/Kg
 b1: cout d'exploitation unitaire pour un centre
 en U.M/Kg
 c1: cout d'approvisionnement unitaire entre usine
 et centre en U.M/unit. de distances.Kg

PROBLEME No3

cfc=200000
 b1=1
 c1=1
 c2=2

CLIENT No	DEMANDE (Kg)	COORDONNEES	
		X	Y
1	300	65	20
2	350	32	12
3	850	45	30
4	150	25	30
5	150	31	67
6	1250	67	5
7	900	36	26
8	1500	6	68
9	750	26	35
10	850	15	60
11	100	22	22
12	450	15	77

PROBLEME No4

cfc=100000
 b1=1
 c1=0.8
 c2=2

CLIENT No	DEMANDE (Kg)	COORDONNEES	
		X	Y
1	500	41	49
2	450	20	26
3	500	49	58
4	1750	4	18
5	650	47	47
6	1000	15	10
7	800	41	37
8	700	53	43
9	450	40	25
10	1300	15	13
11	250	20	50
12	350	35	17
13	800	55	60
14	300	65	20

PROBLEME 106

ofc=40000

b1=1

c1=1

d2=2

CLIENT No	DEMANDE (Kg)															
1	1700	1														
2	750	3	2													
3	1450	54	56	3												
4	1400	59	41	54	4											
5	400	52	53	22	30	5										
6	500	58	51	16	42	12	6									
7	900	59	62	14	44	14	2	7								
8	2250	5	5	61	40	54	65	66	8							
9	850	34	37	46	8	29	42	44	36	9						
10	3000	16	19	54	22	36	48	50	18	22	10					
11	4000	33	34	54	6	34	46	48	34	6	16	11				
12	1950	58	61	30	27	8	17	19	60	26	44	32	12			
13	4550	58	61	29	28	7	16	13	60	26	44	34	5	13		
14	4500	66	68	12	65	32	24	22	72	57	61	64	39	39	14	

La matrice des distances est symétrique.

ANNEXE N^o 8

PROBLEMES TEST A DEUX

HIERARCHIES ET A CAPACITE

INFINIE

PROBLEME No1

cfc=900000
 cfd=300000
 b1=1
 b2=2
 c1=1.35
 c2=3.5
 c3=2

CLIENT No	DEMANDE (Kg)	COORDONNEES	
		X	Y
1	1100	151	264
2	700	159	261
3	800	130	254
4	1400	128	252
5(**)	2100	163	247
6	400	146	246
7	800	161	242
8	100	142	239
9	500	163	236
11	600	148	232
11	1200	128	231
12	1300	156	217
13	1300	129	214
14	300	146	208
15	900	164	208
16(*)	2100	141	206
17	1000	147	193
18	900	164	193
19	2500	129	189
20	1800	155	185
21	700	139	182

cfc: cout fixe d'un centre en U.M
 cfd: cout fixe d'un depot-relais en U.M
 b1: cout d'exploitation unitaire pour un centre en U.M/Kg
 b2: cout d'exploitation unitaire pour un depot-relais en U.M/Kg
 c1: cout d'approvisionnement unitaire entre usine et centre en U.M/unit de distance.Kg
 c2: cout de ravitaillement entre depot-relais et client ou centre et client en U.M/unit de distance.Kg
 c3: cout de ravitaillement entre centre et depot-relais en U.M/unit de distance.Kg
 (*) indique l'existence d'un centre en ce site
 (**) indique l'existence d'un depot-relais en ce site

PROBLEME No2

cfc=800000
 cfd=400000
 b1=1
 b2=1
 c1=1.2
 c2=4
 c3=2.7

CLIENT No	DEMANDE(Kg)	COORDONNEES	
		X	Y
1	750	62	48
2(**)	650	64	4
3	1100	66	14
4	950	21	36
5	1500	45	42
6	900	41	46
7	950	50	15
8	600	54	10
9	1300	6	25
10	1050	50	30
11	1560	45	35
12	400	62	4
13	300	11	28
14	850	55	34
15(*)	350	10	70
16	650	9	56
17	900	16	19
18	800	30	60
19	1050	40	60
20	1300	36	26
21	1350	7	43
22	600	29	39
23	150	59	5
24	1850	55	65
25	450	50	70
26	1100	43	26
27	800	67	41
28	600	62	35
29	1300	40	66
30	950	50	40
31(*)	500	40	20
32	1100	15	56
33	750	50	50
34	1450	26	59
35	850	21	48
36	1400	22	53
37	1350	26	29
38	400 ⁰⁰	50	4
39	1400	44	13
40	950	54	38
41	50	35	60
42	700	65	27
43	1250	31	76

PROBLEME No3

cfc=600000
 cfd=70000
 b1=1
 b2=1
 c1=1.5
 c2=3
 c3=2

CLIENT No	DEMANDE(Kg)	COORDONNEES	
		X	Y
1(**)	125	295	272
2(*)	84	301	258
3	60	309	260
4	500	217	274
5	300	218	278
6	175	282	267
7	350	242	249
8	150	230	262
9	1100	249	268
10	4100	256	267
11	225	265	267
12	300	267	242
13	250	259	265
14	500	315	233
15	150	329	252
16	100	318	252
17	250	329	224
18(*)	120	267	213
19(**)	600	275	192
20(**)	500	303	201
21	175	208	217
22	75	326	181

PROBLEME No4

cfc=350000
 cfd=70000
 b1=1
 b2=1
 c1=1.25
 c2=2.75
 c3=2

CLIENT No	DEMANDE(Kg)	COORDO	
		X	Y
1	300	40	382
2	3100	218	358
3	125	201	370
4	100	214	371
5	200	224	370
6	150	210	382
7	150	104	354
8	450	125	338
9	300	119	340
10	100	129	349
11	950	126	347
12	125	125	346
13	150	116	355
14	150	126	355
15	550	125	356
16	150	119	357
17(**)	100	115	341
18	150	153	351
19	400	175	363
20	300	180	360
21	1500	159	331
22	100	188	357
23(*)	300	152	349
24(*)	500	215	369
25	800	212	394
26	300	188	393
27(**)	100	207	406
28	150	184	410
29	1000	207	392

PROBLEME No5

cfc=350000

efd=100000

b1=1

b2=1

c1=1.25

c2=3

c3=2.4

CLIENT No	DEMANDE (Kg)	COORDONNEES	
		X	Y
1	700	298	427
2	400	309	445
3	400	307	464
4	1200	336	475
5	40	320	439
6	80	321	437
7	2000	322	437
8	900	323	433
9	600	324	433
10	750	323	429
11	1500	314	435
12	150	311	442
13	250	304	427
14	1600	293	421
15	450	296	418
16	700	261	384
17(**)	550	297	410
18	650	315	407
19	200	314	406
20	400	321	391
21	300	321	398
22	1300	314	394
23	700	313	378
24	750	304	382
25	1400	295	402
26	4000	283	406
27	600	279	399
28	1000	271	401
29	500	864	414
30(*)	2500	277	439
31(**)	1700	290	434
32	1100	319	433

PROBLEME 14.6

c₁=350000
 c₂=100000
 b₁=1
 b₂=2
 c₁=1.25
 c₂=3
 c₃=2.4

CLIENT		COORDONNEES		CLIENT		COORDONNEES	
No	(Fig)	X	Y	No	(Fig)	X	Y
1	7		52	26	7	27	68
2	30		49	27	10	30	46
3	16	52	64	28	14	40	67
4	9	20	26	29	6	54	46
5	21	40	30	30	19	56	27
6	15	21	47	31	11	37	61
7	19	17	63	32	12	58	46
8	23	31	62	33	23	46	10
9	11	52	33	34(*)	22	61	71
10	5	51	21	35	17	62	67
11	19	42	41	36	1	63	59
12	29	31	32	37	9	32	12
13	23	5	25	38	15	45	36
14	21	12	42	39(*)	14	39	15
15	10	36	16	40	7	5	6
16	15	52	41	41	27	16	17
17	3	27	23	42	15	21	16
18	41	17	53	43	11	1	64
19(**)	9	13	13	44	16	25	46
20(**)	26	57	38	45	10	33	16
21	8	62	42	46	5	31	29
22	8	42	57	47	23	75	33
23	16	16	57	48	17	25	21
24	10	8	62	49	16	40	26
25	26	7	38	50	10	56	57

PROBLEME No7

cfc=800000

cfD=400000

b1=1

b2=1

c1=1.2

c2=4

c3=2.7

CLIENT No	DEMANDE(Kg)	COORDONNEES	
		X	Y
1	1300	40	66
2(*)	1850	55	65
3	750	62	48
4	350	10	70
5	600	29	39
6	900	41	46
7	800	30	60
8	550	20	30
9	300	27	24
10	1050	40	60
11	1850	57	72
12	1650	30	50
13	650	9	56
14	1400	44	13
15	1050	55	20
16	700	65	27
17	700	17	64
18	1050	50	30
19	1450	26	59
20(**)	900	30	20
21	800	67	41
22	600	26	13
23	1450	35	16
24(*)	650	64	4
25	50	35	60
26	150	59	5
27	1100	55	57
28	1250	31	76
29	950	21	36
30	600	54	10
31	1100	66	14
32	950	33	34
33	600	29	39
34	550	21	45
35	1350	51	42
36	450	50	70
37	1550	62	57
38	500	55	50
39	1300	6	25
40	700	60	15
41	650	52	26
42	650	64	4

PROBLEME No6

cfc=250000

dfd=190000

b1=1

b2=1

c1=1.5

c2=3

c3=2

CLIENT		COORDONNEES "		CLIENT		COORDONNEES	
No	(Kg)	X	Y	No	(Kg)	X	Y
1	500	41	49	26	250	45	71
2	350	35	17	27	600	35	40
3	650	55	43	28	500	41	37
4	950	55	20	29	480	44	42
5	1300	15	30	30	1000	40	60
6	150	25	30	31	1000	31	20
7	250	20	50	32	1050	35	34
8	450	10	43	33	550	33	30
9	800	55	60	34	700	40	38
10	900	30	60	35	400	37	65
11	600	20	65	36	350	2	50
12	950	50	35	37	400	30	30
13	1150	30	25	38	500	5	5
14	1000	15	10	39	1000	60	10
15	400	30	5	40	450	40	20
16	950	10	20	41(*)	200	42	7
17	100	5	30	42	250	34	12
18	600	20	40	43(**)	350	33	3
19	850	15	60	44	900	11	14
20	450	45	65	45	300	0	13
21	550	45	30	46(†)	50	2	43
22	900	45	10	47(**)	1000	4	36
23	1450	55	5	48	1600	15	50
24	150	67	35	49	1500	7	68
25	300	65	20	50	650	47	47

PROBLEME No9

cfc=250000

cfd=120000

bl=1

l2=2

cl=2

c2=3

c3=3

CLIENT		DEMANDE		COORDONNEES		CLIENT		DEMANDE		COORDONNEES	
No	(Kg)	X	Y	No	(Kg)	X	Y	No	(Kg)	X	Y
1	500	49	58	26	650	49	43				
2	450	27	43	27	700	53	52				
3(*)	700	37	31	28	150	61	46				
4	900	57	29	29	1250	57	37				
5	100	63	23	30	300	56	54				
6	300	53	12	31	1300	55	47				
7	350	32	12	32	800	15	37				
8	900	36	26	33	550	14	31				
9	1400	21	24	34	350	11	22				
10	150	17	34	35	2050	16	18				
11	650	12	24	36	1750	4	18				
12	950	24	58	37	1300	28	52				
13	500	27	69	38	450	76	35				
14	450	15	77	39	750	26	67				
15	1000	62	77	40	150	51	19				
16	1250	49	73	41	50	15	22				
17	1250	67	5	42	100	22	24				
18	1800	56	39	43(**)	1100	18	27				
19	300	57	47	44	1550	26	14				
20	250	37	56	45	1000	25	27				
21	750	57	68	46(*)	550	22	31				
22	1250	47	16	47(**)	600	25	21				
23	450	44	17	48	500	19	26				
24	400	46	13	49	450	20	18				
25	900	49	11	50	850	56	37				

ANNEXE 9

PROBLEMES TEST A DEUX

HIERARCHIES ET

A CAPACITE FINIE

PROBLEME No1

cfc=150000

efd=10000

b1=1

b2=1

c1=1

c2=2.5

c3=1.5

capacites possibles: 2000, 4000, 7000, 14000

capacites initiales des centres b, d : 12000, 7000

CLIENT No	DEMANDE (Kg)	COORDONNEES	
		X	Y
1	1100	151	264
2	7000*	159	261
3	800	130	254
4(**)	1400	128	252
5(*)	2100	163	247
6	400	146	246
7(**)	800	161	242
8	100	142	239
9	500	163	236
10	600	148	232
11(**)	1200	128	231
12	1300	156	217
13	1300	129	214
14	300	146	208
15	900	164	208
16	2100	141	206
17	1000	147	193
18	900	164	193
19	2500	129	189
20(**)	1800	155	185
21(*)	700	139	182

cfc: cout fixe d un centre en U.M

efd: cout fixe d un depot relais en U.M

b1: cout d exploitation pour un centre en U.M/Kg

b2: cout d exploitation pour un depot relais en U.M/Kg

c1: cout d approvisionnement unitaire entre usine et centres en U.M/unite de distance.Kg.

c2: cout de livraison unitaire entre depot-relais et client ou centre et client en U.M/unite de distance.Kg

c3: cout de ravitaillement unitaire entre centre et depot-relais en U.M/unite de distance.Kg

(*) indique l'existence d'un centre en ce site

(**) indique l'existence d'un depot relais en ce site

PROBLEME No2

cfc=100000
 cfd=10000
 b1=1
 b2=1
 c1=1.5
 c2=3
 c3=2

capacites possibles:2000,4000,6000
 capacite des centres 1,10:6000,6000

CLIENT No	DEMANDE (Kg)	COORDONNEES	
		X	Y
1(*)	125	295	272
2	84	301	258
3(**)	60	309	260
4	500	217	274
5	300	218	278
6	175	282	267
7	350	242	249
8(**)	150	230	262
9	1100	249	268
10(*)	4100	256	267
11	225	265	267
12	300	267	242
13	250	259	265
14	500	315	233
15	150	329	252
16	100	318	252
17	250	329	224
18	120	267	213
19	600	275	192
20(**)	500	303	201
21	175	208	217
22	75	326	181

PROBLEME No3

cfc=200000

cfd=50000

b1=1

b2=1

c1=1.5

c2=3.5

c3=2

capacites possibles:2500,5000,10000

capacite du centre 26:10000

CLIENT No	DEMANDE(Kg)	COORDONNEES	
		X	Y
1	300	40	382
2	3100	218	358
3	125	201	370
4	100	214	371
5	200	224	370
6	150	210	382
7	150	104	354
8	450	125	338
9	300	119	340
10	100	129	349
11	950	126	347
12	125	125	346
13	150	116	355
14	150	126	355
15	550	125	356
16	150	119	357
17	100	115	341
18	150	153	351
19	400	175	363
20	300	180	360
21	1500	159	331
22(**)	100	188	357
23	300	152	349
24	500	215	369
25(**)	800	212	394
26(*)	300	188	393
27	100	207	406
28	150	184	410
29	1000	207	392

PROBLEME No4

cfc=200000

efd=100000

b1=1

b2=1

c1=2.5

c2=4

c3=3

capacites possibles:1000,6000,10000,20000

capacite du centre 29:24000

CLIENT No	DEMANDE(Kg)	COORDONNEES	
		X	Y
1	700	298	427
2	400	309	445
3	400	307	464
4	1200	336	475
5	40	320	439
6	80	321	437
7	2000	322	437
8	900	323	433
9	600	324	433
10	750	323	429
11	1500	314	435
12	150	311	442
13	250	304	427
14(**)	1600	293	421
15(**)	450	296	418
16	700	261	384
17	550	297	410
18	650	315	407
19	200	314	406
20	400	321	391
21	300	321	396
22	1300	314	394
23	700	313	378
24	750	304	382
25	1400	295	402
26	4000	283	406
27	600	279	399
28	1000	271	401
29(*)	500	864	414
30	2500	277	439
31	1700	290	434
32	1100	319	433

PROBLEME No5

cfc=900000

cf=20000

b1=1

b2=1

c1=2

c2=3.75

c3=3

capacites possibles 2000,5000,10000,25000

capacites des centres 15,28:35000,2000

CLIENT No	DEMANDE (Kg)	COORDONNEES	
		X	Y
1	1300	40	66
2	1850	55	65
3	750	62	48
4	350	10	70
5	600	29	39
6	900	41	46
7	800	30	60
8	550	20	30
9	300	27	24
10	1050	40	60
11	1850	57	72
12	1650	30	50
13	650	9	56
14	1400	44	13
15(*)	1050	55	20
16	700	65	27
17	700	17	64
18	1050	50	30
19	1450	26	59
20	900	30	20
21	800	67	41
22	600	26	13
23	1450	35	16
24	650	64	4
25	50	35	60
26	150	59	5
27	1100	55	57
28(*)	1250	31	76
29	950	21	36
30	600	54	10
31	1100	66	14
32	950	33	34
33	600	29	39
34	550	21	45
35	1350	51	42
36	450	50	70
37	1550	62	57
38	500	55	50
39	1300	6	25
40	700	60	15
41	650	52	26
42	650	64	4

PROBLEME No6

cfc=800000

cfv=100000

b1=1

b2=1

c1=2.5

c2=4.5

c3=3

capacites possibles 2000,5000,10000,25000

capacites des centres 3,35:25000,10000

CLIENT No	DEMANDE(Kg)	COORDONNEES	
		X	Y
1	750	62	48
2	650	64	4
3(*)	1100	66	14
4	950	21	36
5	1500	45	42
6	900	41	46
7	950	50	15
8	600	54	10
9	1300	6	25
10	1050	50	30
11	1560	45	35
12	400	62	4
13(**)	300	11	28
14	850	55	34
15	350	10	70
16	650	9	56
17	900	16	19
18	800	30	60
19	1050	40	60
20	1300	36	26
21	1350	7	43
22	600	29	39
23	150	59	5
24	1850	55	65
25	450	50	70
26	1100	43	23
27	800	67	41
28(**)	600	62	35
29	1300	40	66
30	950	50	40
31	500	40	20
32	1100	15	56
33	750	50	50
34	1450	25	59
35(*)	850	21	48
36	1400	22	53
37	1350	26	29
38	400	50	4
39	1400	44	13
40	950	54	36
41	50	35	60
42	700	35	27
43	1250	31	76

PROBLEME No7

cfc=8000

efd=100000

b1=1

b2=1

c1=2

c2=4

c3=3.5

capacites possibles:1000,2000,5000,10000,25000

capacites des centres 32,40:25000,10000

CLIENT No	DEMANDE (Kg)	COORDONNEES		CLIENT No	DEMANDE (Kg)	COORDONNEES	
		X	Y			X	Y
1	7	37	52	26	7	27	68
2	30	49	49	27	15	30	48
3	16	52	64	28	14	43	67
4	9	20	26	29	6	58	48
5	21	40	30	30	19	58	27
6	15	21	47	31	11	37	69
7	19	17	63	32(*)	12	38	46
8	23	31	62	33(**)	23	46	10
9	11	52	33	34	26	61	33
10	5	51	21	35	17	62	63
11	19	42	41	36	6	63	69
12	29	31	32	37	9	32	22
13	23	5	25	38(**)	15	45	35
14	21	12	42	39	14	59	15
15	10	36	16	40(*)	7	5	6
16	15	52	41	41(**)	27	10	17
17	3	27	23	42	13	21	10
18	41	17	33	43	11	5	64
19	9	13	13	44(**)	16	30	15
20	28	57	58	45	10	39	10
21	8	62	42	46	5	32	39
22	8	42	57	47	25	25	32
23	16	16	57	48	17	25	55
24	10	8	52	49	18	48	28
25	28	7	38	50	10	56	37

PROBLEME No8

cfc=7000

cfd=300000

b1=1

b2=1

c1=2

c2=5

c3=3.75

capacites possibles:1500,5000,15000,30000

capacites des centres 49:30000

CLIENT		DEMANDE		COORDONNEES		CLIENT		DEMANDE		COORDONNEES	
No	(Kg)	X	Y	No	(Kg)	X	Y	No	(Kg)	X	Y
1	500	41	49	26	850	45	30				
2	350	35	17	27	800	35	40				
3	650	55	45	28	800	41	37				
4	950	55	20	29	450	64	42				
5	1300	15	30	30	1050	40	60				
6	150	25	30	31	1350	31	52				
7	250	20	50	32	1250	35	69				
8	450	10	43	33	550	53	52				
9	800	55	60	34	700	65	55				
10	800	30	60	35(**)	400	63	65				
11	600	20	65	36	250	2	60				
12	950	50	35	37	400	20	20				
13	1150	30	25	38	800	5	5				
14	1000	15	10	39	1550	60	12				
15	400	30	5	40	450	40	25				
16	950	10	20	41	250	42	7				
17	100	5	30	42	250	24	12				
18(**)	600	20	40	43	350	23	3				
19	850	15	60	44(**)	900	11	14				
20	450	45	65	45	800	6	38				
21	550	45	20	46	50	2	48				
22	900	45	10	47	1350	8	56				
23	1450	55	5	48	1800	13	52				
24	150	65	35	49(*)	1500	6	68				
25	300	65	20	50	650	47	47				

PROBLEME N°1

cfc:6000

cfv:250000

b1=1

b2=1

c1=2,2

c2=4,8

c3=3,6

capacites possibles: 1500, 3000, 10000, 20000

capacites des centres 1,2: 1500, 30000

CLIENT		DEMANDE		COORDONNEES		CLIENT		DEMANDE		COORDONNEES	
No	(Kg)	X	Y	No	(Kg)	X	Y	No	(Kg)	X	Y
1(*)	500	49	56	25	650	49	43				
2(*)	450	27	95	27	700	53	51				
3	700	37	31	28	150	61	46				
4	900	57	29	29	1250	57	37				
5	100	63	23	30	300	56	56				
6	300	53	12	31	1300	55	47				
7	350	32	12	32	800	15	37				
8	900	36	26	33	550	19	31				
9	1400	21	24	34	350	11	27				
10	150	17	34	35	2050	16	16				
11	650	12	24	36	1750	4	16				
12	950	24	58	37	1300	28	52				
13	500	27	69	38	450	25	35				
14	450	15	77	39	750	26	67				
15	1000	62	77	40	150	31	19				
16	1250	49	73	41	50	15	22				
17	1250	67	5	42	100	22	24				
18	1800	56	39	43	1100	18	27				
19	300	37	47	44(**)	1350	26	24				
20	250	37	56	45	1000	25	27				
21	750	57	68	46	550	22	21				
22	1250	47	16	47	600	25	21				
23	450	44	17	48	500	19	26				
24	400	46	13	49	450	10	18				
25	900	49	11	50	850	56	59				

LISTE DES DAIRAS

! CODE No. !	DAIRA	! CODE No. !	DAIRA
! 01 !	! AIN DEFLA	! 34 !	! MESSAAD
! 02 !	! DJALIDA	! 35 !	! BIRINE
! 03 !	! MILIANA	! 36 !	! EL IDRISIA
! 04 !	! DJENDEL	! 37 !	! AIN EL IBEL
! 05 !	! CHERAGA	! 38 !	! AIN OUSSERA
! 06 !	! CHERCHELL	! 39 !	! AFLOU
! 07 !	! HADJOUT	! 40 !	! BRIDA
! 08 !	! KOLEA	! 41 !	! DRAA BEN KHEDDA
! 09 !	! ZERALDA	! 42 !	! AIN EL HAMMAM
! 10 !	! TISSEMSILT	! 43 !	! AZAZGA
! 11 !	! KHEMISTI	! 44 !	! DRAA EL MIZAN
! 12 !	! THENIET EL HAD	! 45 !	! LNT
! 13 !	! BORDJ BOU NAAMA	! 46 !	! TIGZIRT
! 14 !	! LARDJEM	! 47 !	! OUACIF
! 15 !	! KSAR CHELALA	! 48 !	! BOGHNI
! 16 !	! SIDI M'HAMMED	! 49 !	! OUAGUENOUN
! 17 !	! BIR MOURAD RAIS	! 50 !	! BOUIRA
! 18 !	! EL HARRACH	! 51 !	! M'CHEDALLAH
! 19 !	! BAB EL OUED	! 52 !	! LAKHDARIA
! 20 !	! HUSSEIN DEY	! 53 !	! SOUR EL GHOUZLANE
! 21 !	! OULED YAICH	! 54 !	! AIN BESSEM
! 22 !	! AL AFFROUN	! 55 !	! HALZER
! 23 !	! BOUFARIK	! 56 !	! M'SILA
! 24 !	! LARBAA	! 57 !	! OULED DERRADJ
! 25 !	! OUZERA	! 58 !	! HAMAM DALAA
! 26 !	! EL O MARIA	! 59 !	! SIDI AISSA
! 27 !	! BERROUAGHIA	! 60 !	! BOUSSADA
! 28 !	! KSAR EL BOUKHARI	! 61 !	! AIN EL MELH
! 29 !	! TABLAT	! 62 !	! BEJAIA
! 30 !	! AIN ROUCIF	! 63 !	! DELLYS
! 31 !	! BENI SLIMANE	! 64 !	! BORDJ MENAIEL
! 32 !	! DJELFA	! 65 !	! ROUIBA
! 33 !	! HASSI BARBAH	! 66 !	! BOUDOUAOU
! !	! !	! !	! !

ANNEXE N° 11

LISTE DES CENTRES ET DES
DEPOTS RELAIS RETENUS

LISTE DES CENTRES ENFUTEURS EXISTANT A L'AN 1988.

LOCALITE	NATURE	CAP/J (BL3)	NOMBRE D'EQUIPES		CAP/AN (TONNE)
			P.P	P.C	
HADJOUT	MCE	4000	2	1	22100
TISSEMSILT	MCE	4000	1	1	15600
EL HARRACH	4 MCE	16000	2	1	306800
OULED YAICH	2 CE(2 car.)	28000	2	2	
	2 MCE	8000	1	1	15600
BERROUAGHIA	MCE	4000	2	1	22100
BENI SLIMANE	MCE	4000	2	1	22100
AIN OUSSERA	CE(2 car.)	14000	2	2	109200
AZAZGA	MCE	4000	1	1	15600
<u>DBK</u>	CE(2 car.)	14000	2	1	54600
M'CHEDDALLAH	MCE	4000	2	1	22100
BOJIRA	CE(1 car.)	7000	1	1	27300
M'SILA	MCE	4000	2	1	22100
BOUSSAADA	MCE	4000	1	1	15600
BEJAJA	CE(2 car.)	14000	2	1	77350

Abreviations

CAP/J: Capacite journaliere

P.C, P.P: Periode creuse et de pointe

MCE: Mini centre enfuteur

CE: Centre enfuteur

LISTE DES DEPOTS RELAIS EXISTANT A L'ACTUEL

LOCALITE	CAPACITE	LOCALITE	CAPACITE
OUZERA	20000	ALN EL HARBAN	20000
KSAR EL BOUKHARI	20000	EL HARBAN	20000
TABLAT	20000	DORJA	20000
BOUDOUAO	20000	AFLOU	20000
BORDJ MENATEL	20000	SELMAN	20000
EL AFFROUH	20000	BOUK EL HARBAN	20000
LAKHDARIA	7000	TIZI	20000
BOURA	20000	KSAR EL HARBAN	20000

Les capacités dynamiques des dépôts relais sont indiquées en tonnes

ANNEXE 12

PREVISIONS DE VENTE

POUR LE PRODUIT

BUTANE (TONNES)

WILAYA D'ALGER

DAIRA	ANNEE	88	89	90	91	92	93	94	95
SIDI M'HAMMED		4420	4972	5148	5302	5456	5621	5786	5962
RAB EL-OUED		4428	4723	4891	5037	5183	5342	5497	5664
HUSSEN DEY		7542	7691	7963	8201	8439	8695	8933	9222
BIR-MOURAD-RAIS		7093	7548	7819	8049	8283	8534	8767	9051
EL-HARBACH		17806	19287	19969	20566	21164	21804	22401	23127

WILAYA DE TISSEMSILT

DAIRA	ANNEE	88	89	90	91	92	93	94	95
TISSEMSILT		2762	2827	2931	3014	3242	3450	3554	3658
KHEMISTI		2499	2559	2653	2729	2935	3123	3217	3293
TENIET-EL-HAD		3381	3450	3577	3679	3958	4211	4338	4440
BORDJ BOU-NAAMA		2351	2380	2467	2537	2730	2905	2992	3067
ARDJIN		2335	2385	2472	2543	2735	2911	2998	3079

WILAYA DE M'SILA

DAIRA	ANNEE	88	89	90	91	92	93	94	95
M'SILA		3871	4103	4246	4378	4499	4642	4785	4928
O. DEBRADJI		7845	8260	8492	8756	8998	9284	9570	9856
BANAN DALAA		3524	3730	3860	3980	4090	4220	4350	4480
SIDI AISSA		4254	4427	4582	4724	4855	5009	5163	5318
BOUSSAADA		9191	9698	10036	10348	10634	10972	11310	11648
AIN EL-MELH		6874	7154	7403	7634	7845	8094	8343	8593

WILAYA DE TIARET

DAIRA	ANNEE	88	89	90	91	92	93	94	95
KSAR CHELALA		6277	7298	7548	7782	8016	8250	8500	8751

WILAYA DE M'SILA

DAIRA	ANNEE!	88	89	90	91	92	93	94	95
M'SILA		3871	4103	4246	4378	4499	4642	4785	4928
O. DEBRADJI		7845	8260	8492	8756	8998	9284	9570	9856
HAMAM DALAA		3524	3730	3860	3980	4090	4220	4350	4480
SIDI AISSA		4254	4427	4582	4724	4855	5069	5163	5318
BOUSSAADA		9191	9698	10036	10348	10634	10972	11310	11648
AIN EL-MELH		6874	7154	7403	7634	7845	8094	8343	8593

WILAYA DE TIARET

DAIRA	ANNEE!	88	89	90	91	92	93	94	95
KSAR CHELALA		6277	7298	7548	7782	8016	8250	8500	8751

WILAYA DE AIN DEFLEA

DAIRA	ANNEE!	88	89	90	91	92	93	94	95
AIN DEFLEA		2155	2094	2168	2234	2300	2367	2440	2514
DJIDIDA		6129	5985	6195	6384	6573	6762	6972	7182
MILIANA		7797	7980	8260	8512	8764	9016	9296	9576
DJENDEL		5107	5130	5310	5472	5634	5796	5976	6156

WILAYA DE MEDEA

DAIRA	ANNEE!	88	89	90	91	92	93	94	95
BOUZKRA+MEDNA		6595	7148	7398	7615	7849	8083	8333	8584
DEBRROUAGHTA		3757	4535	4694	4813	4980	5128	5287	5446
EL MOUTAN		7345	7599	7865	8096	8345	8593	8860	9126
EL OMANA		3706	3865	4000	4118	4244	4370	4506	4641
TALELA		6166	6931	7174	7385	7612	7838	8081	8324
AIN BOUCIF		6112	6527	6756	6954	7167	7361	7610	7836
IKHWI SLIMANE		7455	7719	7989	8224	8476	8729	8999	9270

WILAYA DE LAGHOAT

DAIRA	ANNEE	88	89	90	91	92	93	94	95
AFLOU		3296	3397	3524	3627	3729	3831	3959	4061
BRIDA		1568	1596	1656	1704	1752	1800	1860	1908

WILAYA DE BOUMERDES

DAIRA	ANNEE	88	89	90	91	92	93	94	95
BORDJ-MENAIEL		8226	8591	8892	9169	9445	9721	10023	10274
DELLYS		5038	5260	5444	5614	5783	5952	6137	6290
ROUJBA		8566	8947	9261	9548	9836	10124	10438	10700
BOUDOUAOU		10919	11402	11802	12169	12536	12903	13302	13636

WILAYA DE TIPAZA

DAIRA	ANNEE	88	89	90	91	92	93	94	95
CHERAGA		7522	8315	8616	8867	9119	9395	9696	9973
CHERCHELL		5742	6345	6575	6767	6959	7170	7400	7610
HADJOUT		5637	6229	6455	6643	6832	7039	7264	7471
KOLEA		6852	7573	7848	8077	8305	8557	8832	9083
ZERUALDA		4193	4634	4802	4942	5082	5236	5404	5558

WILAYA DE TIZI OUZOU

DAIRA	ANNEE	88	89	90	91	92	93	94	95
DBE		14334	14663	15175	15641	16106	16595	17084	17596
JAGH		6125	6294	6513	6713	6913	7123	7333	7552
LAZAZGA		9474	9610	9846	10251	10657	10876	11196	11523
DBE		5257	5339	5526	5695	5865	6043	6221	6407
LEJ		6825	7135	7384	7610	7837	8075	8312	8562
TICHALET		4065	4355	4509	4647	4785	4930	5076	5228
CHENCLE		3267	3446	3586	3676	3785	3900	4015	4135
BOUNE		6087	6212	6429	6626	6823	7030	7237	7450
BOUAGHOUN		6149	5930	6145	6334	6522	6720	6915	7125

WILAYA DE DJELFA

ANNEE!	88	89	90	91	92	93	94	95
DAIRA								
DJELFA	8548	9007	9333	9609	9885	10188	10362	10614
AIN OUSSERA	7550	7955	8243	8487	8731	8997	9152	9551
HASSI BAHRAM	7835	8257	8556	8809	9662	9338	9449	9913
MESSAAD	3527	3716	3850	3964	4078	4202	4274	4461
AIN EL-IBEL	1500	1587	1644	1493	1741	1794	1825	1905
BIRINE	5101	5374	5569	5733	5898	6078	6183	6452

WILAYA D'ALGER

ANNEE!	88	89	90	91	92	93	94	95
DAIRA								
SIDI M'HAMMED	4420	4972	5148	5302	5456	5521	5786	5962
RAB EL-OUED	4428	4723	4891	5037	5183	5342	5497	5664
HUSSEN OUY	7542	7691	7963	8201	8439	8695	8933	9222
BIR-MOURAD-RAIS	7093	7548	7819	8049	8283	8534	8767	9051
EL-HARRACH	17806	19287	19969	20566	21164	21804	22401	23127

WILAYA DE TISSEMSILT

ANNEE!	88	89	90	91	92	93	94	95
DAIRA								
TISSEMSILT	2762	2827	2931	3014	3242	3450	3554	3658
KHEMISTI	2499	2559	2653	2729	2935	3123	3217	3293
TERMET-EL-HAD	3381	3450	3577	3679	3958	4211	4338	4440
BORDJ BOU-MAAMA	2351	2380	2467	2537	2730	2905	2992	3062
ARDJIN	2335	2385	2472	2543	2735	2911	2996	3070

WILAYA DE SOUIRA

ANNEE	88	89	90	91	92	93	94	95
DAIRA								
CHEVELLAH	6195	6194	6374	6367	6760	6969	7112	7189
LAHDARIA	8399	8295	8567	9902	10197	10509	10600	11140
ISOUR EL-SHOZLANE	6724	6662	6571	7097	7706	7877	7741	7964
AIN BESSEN	6436	6888	7104	7338	7554	7767	8021	8256
SOUIRA	4191	4311	4446	4592	4727	4877	5018	5151
MAJZER	4854	4975	5121	5300	5466	5625	5780	5921

WILAYA DE BLIDA

ANNEE	88	89	90	91	92	93	94	95
DAIRA								
BOUYATCH + BLIDA	7036	7525	7714	8054	8267	8564	8819	9074
EL-AFFROUN	9050	9625	10011	10311	10610	10964	11250	11611
BOUFARIK	7371	7507	8173	8418	8662	8951	9117	9484
LAARBA	10046	10441	10755	11118	11439	11820	12122	12524

WILAYA DE DJELFA

ANNEE	88	89	90	91	92	93	94	95
DAIRA								
DJELFA	8548	9007	9333	9609	9865	10186	10362	10814
AIN OUSSEBA	7550	7955	8243	8487	8731	8997	9152	9551
BASSI BANBAH	7835	8257	8556	8809	9662	9338	9499	9913
MESSAAD	3527	3716	3850	3964	4078	4202	4274	4461
AIN EL-IBEL	1508	1587	1644	1493	1741	1794	1825	1905
BIRINE	5101	5374	5569	5733	5898	6078	6183	6452

ANNEX 13

MATRICE "DISTANCES" (Kilom)

ANNEXE No.14

LISTE DES RAYONS

CODE No.	RAYON (KM)	CODE No.	RAYON (KM)
01	10.65	34	53.75
02	13	35	25
03	13.8	36	31.25
04	16.5	37	34
05	12.654	38	36.4
06	16.25	39	20
07	10.65	40	18
08	10	41	10
09	5.85	42	7.35
10	16.45	43	16.2
11	14.5	44	7
12	25	45	7.3
13	19.85	46	10.6
14	55	47	16
15	29	48	14.5
16	2.5	49	14.7
17	5	50	25
18	3	51	15.9
19	3	52	14.45
20	2.5	53	14.3
21	6.5	54	10.59
22	10.55	55	18.7
23	7	56	21
24	11.35	57	45
25	16.55	58	25.65
26	15	59	17.1
27	16.15	60	34.4
28	24.35	61	26.2
29	11.7	62	25
30	20.9	63	10.55
31	14.55	64	10.75
32	30	65	8.1
33	37.7	66	11.7

