

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID DE TLEMCEN



DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE ET ELECTRONIQUE

# MEMOIRE

Réalisé par

**DEROUICHE Abdelmounaim & MEHREZ Bilal**

**POUR OBTENIR LE DIPLOME DE MASTER**

**Domaine : Sciences et Technologies**

**Filière : Génie Industriel**

**Spécialité : Chaines logistiques & Ingénierie de système**

**Intitulé**

Management de la collecte des déchets dangereux. Cas  
des huiles usées des véhicules.

Devant le jury composé de :

Mr. GUEZEN Med El amine	MC.B UABB Tlemcen	Président
Mr. MALIKI Fouad	MA.A ESSA Tlemcen	Examineur
Mr. HADRI Abdelkader	MA.A UABB Tlemcen	Examineur
Mr. BENNEKROUF Mohammed	MC.B ESSA Tlemcen	Encadreur
Mr. BENNACER Djamel	Docteur et Cadre à l'entreprise Naftal	Encadreur

Année Universitaire: 2016-2017

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

# Remerciements

Nous remercions « ALLAH » tout puissant de nous avoir donné la patience et la force pour terminer ce modeste travail.

Nos remerciements les plus sincères :

A nos encadreurs : monsieur BENNEKROUF Mohammed et monsieur BENASEUR Djamel, pour leur compréhension, leur encouragement et les orientations qu'ils ont pu nous prodiguer tout au long de ce travail,

A monsieur BELKAID Fayçal, pour son temps consommé à notre profit.

A nos professeurs pour nous avoir guidé, tout au long de notre parcours d'étudiantes.

A nos familles qui nous ont toujours encouragé, soutenu et appris à donner le meilleur de nous-mêmes.

Aux membres du jury messieurs GUEZEN Med El amine, MALIKI Fouad et HADRI Abdelkader qui ont accepté de procéder à l'évaluation des résultats de nos recherches.

A toute l'équipe pédagogique du laboratoire de productique de Tlemcen(MELT) pour avoir assuré notre formation et enrichi notre savoir

## Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A ceux que personne ne peut compenser les sacrifices qu'ils ont consentis pour mon bien être : ma chère mère, mon cher père, mes sœurs, et mes frères

Et à tous les membres de la famille DEROUICHE et BELAID

Et à tous les enfants victimes des attaques de Khan Shaikhoun et à toutes les victimes des guerres

Et à mes amis qui ont toujours été présents lorsque j'en ai eu besoin, et en particulier mon cher ami et binôme MEHREZ Bilal et à toute sa famille.

Abdelmounaim

## Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A ceux que personne ne peut compenser les sacrifices qu'ils ont consentis pour mon bien être : ma chère mère, mon cher père, mes sœurs, et mes frères

J'adresse un grand merci à ma famille MEHREZ et GASMI

Et à mes amis qui ont toujours été présents lorsque j'en ai eu besoin, et en particulier mon cher ami et binôme DEROUICHE Abdelmounaim et à toute sa famille.

Bilal

---

 Tableau de matière
 

---

Remerciement.....	
Dédicace.....	
Tableau de matière.....	01
Liste des tableaux.....	03
Liste des figures.....	04
Liste des abréviations.....	05
Introduction générale.....	06
<b>I. Chapitre 01 : Généralité sur les déchets (lubrifiants)</b> .....	<b>09</b>
I.1.Présentation de milieu d'étude.....	09
I.1.1.Caractéristiques physiques de la ville de Tlemcen.....	09
I.1.2.Données climatologiques.....	09
I.2.Généralité .....	09
I.2.1.Les déchets dangereux.....	09
I.2.2.Définition sur huiles usée.....	11
I.2.3.Caractéristiques générales.....	11
I.2.4.Les huiles et lubrifiants usages.....	12
I.2.4.1.Définition .....	12
I.2.4.2.Sources et origine .....	12
I.2.5.Les huiles usagées en Algérie .....	13
I.2.6.Impact environnemental des huiles usées .....	14
<b>II. Chapitre 02 : Généralité sur la chaine logistique inverse</b> .....	<b>15</b>
II.1. Introduction.....	15
II.2. Historique de la reverse logistique.....	15
II.3. Un problème de vocabulaire.....	16
II.4. Importance de la rétro-logistique.....	16
II.4.1. Enjeux des retours.....	17
II.4.2. Les raisons des inefficacités de la rétro-logistique .....	18
II.5. La reverse logistique.....	18
II.5.1. Vers une définition.....	18
II.5.2. Les bénéfices de la logistique à rebours.....	20
II.5.3. Les différentes activités de la rétro-logistique.....	20
II.6.Diverses stratégies pour la reverse logistique.....	22
II.6.1. Réduire les flux de reverse logistique.....	23

II.6.2. La gestion des flux logistiques retour.....	23
II.7. Conclusion.....	25
<b>III. Chapitre 03 : L'amélioration de la démarche d'opération de collecte existant.....</b>	<b>26</b>
III.1. Introduction .....	26
III.2. Le problème de la collecte.....	26
III.3. Résolution le problème de collecte .....	26
III.4. Les données .....	27
III.5. Modélisation mathématique .....	31
III.5.1. Le 1er problème : Capacitated Plant-WarehouseLocation Problem.....	31
III.5.2. Le 2ème problème : Problème du voyageur de commerce.....	39
III.6. Conclusion .....	48
<b>IV. Chapitre 04 : contribution à l'amélioration de la collecte des huiles via des emplacements optimaux des réservoirs intelligents.....</b>	<b>49</b>
IV.1. Introduction.....	49
IV.1.1. Problème .....	49
IV.1.2. Résolution du problème .....	50
IV.2. Partie I : localisation des réservoirs.....	51
IV.2.1. Les statistiques sur la zone d'étude .....	51
IV.2.2. Le modèle mathématique .....	52
IV.2.3. Résultats et interprétation .....	55
IV.3. Partie II : Réalisation de la maquette (Réservoir intelligent).....	58
IV.3.1. Présentation.....	58
IV.3.2. Description de la réalisation pratique .....	59
IV.3.3. Les composants utilisés pour la réalisation de la maquette .....	59
IV.3.4. Montage de circuit global.....	66
IV.3.5. Présentation de la maquette.....	66
IV.3.6. Présentation de logiciel utilisé.....	67
IV.4. Conclusion .....	71
Conclusion générale et Perspective.....	
Bibliographie.....	
Résumé.....	
Abstract.....	

---

## Liste de tableau

Tableau 01 : Exemples des déchets dangereux.....	10
Tableau 02 : Rôle stratégique des retours.....	17
Tableau 03 : Exemples de taux de retour.....	19
Tableau 04 : Les activités des réseaux de logistique à rebours (M. Beaulieu, 2000.....	20
Tableau 05 : Les points de collecte avec les livraisons annuelles et mensuelles .....	27
Tableau 06 : les codes des clients.....	28
Tableau 07 : Les cordones géographiques des points de collecte.....	29
Tableau 08 : Les distances entre les points de collecte.....	33
Tableau 09 : l'affectation des sites au centre des sites.....	37
Tableau 10 : Les distances entre les points de collecte dans le zone de Maghnia.....	40
Tableau 11 : Les distances entre les points de collecte dans le zone de Souahlia.....	40
Tableau 12 : Les distances entre les points de collecte dans le zone de Tlemcen.....	41
Tableau 13 : Les distances entre les points de collecte dans le zone de Sebdou.....	41
Tableau 14 : Les distances entre les points de collecte dans le zone de Remchi.....	41
Tableau 15 : Les cordonné géométrique de chaque point de vidange.....	51
Tableau 16 : les caractéristiques d'une carte Arduino UNO.....	60

## Liste des figures

Figure 01 : Les composants de lubrifiant.....	12
Figure 02 : l'huile usée en Algérie.....	14
Figure 03 : Schéma de R. Frerich-Sagurna.....	15
Figure 04 : Définition de la distance par google maps.....	30
Figure 05 : la division de la willaya par zones.....	38
Figure 06 : Tournée de véhicule de la zone de Maghnia.....	43
Figure 07 : tourne de véhicule de la zone de Tlemcen.....	44
Figure 08 : tourne de véhicule de la zone de Souahlia.....	45
Figure 09 : tourne de véhicule de la zone de Sebdou.....	46
Figure 10 : tourne de véhicule de la zone de Remchi.....	47
Figure 11 : carte de la commune de Tlemcen avec les points de vidange et les réservoirs localisés.....	56
Figure 12 : cuve d'huile usage.....	58
Figure 13 : Carte Arduino UNO.....	60
Figure 14 : Capteur de niveau « Flotteur ».....	61
Figure 15 : Montage du capteur de niveau.....	62
Figure 16 : module Bluetooth HC-05.....	62
Figure 17 : Montage de module Bluetooth hc-05 avec arduino.....	63
Figure 18 : Montage de pompe avec arduino et relais, flotter .....	63
Figure 19 : Plaque d'essai.....	64
Figure 20 : interface de site de création d'application Android.....	64
Figure 21 : partie du programme dans la fenêtre viewer.....	65
Figure 22 : montage de circuit global par fritzing.....	66
Figure 23 : L'interface de logiciel Arduino.....	67

## Liste des Abréviations

- DDD : Les Déchets Dangereux Diffus.
- DTQD : Déchets Toxiques en Quantité Dispersées.
- DDM : Les Déchets Dangereux des Ménages.
- DMS : Les : Déchets Ménagers Spéciaux.
- PME : Les petites et moyennes entreprises.
- PMI : Les petites et moyennes industries.
- SLI : le Soutien Logistique Intégré.
- LR : logistique à rebours.
- gatekeeping : contrôle de l'accès des flux retours.
- VPC: Vente par correspondance.
- EDT: Eastern Daylight Time.
- DEEE : Déchets d'Equipements Electriques et Electroniques.
- CCCP: capacitated centred clustering problem.
- CPMP: capacitated p-median problem.
- FTDI: Future Technology Devices International.
- USB: Universal Serial Bus.

### Introduction générale

Avec une croissance démographique dont le taux moyen est 1,9%, l'Algérie s'est rapidement développée, sans aménagement ni installation d'infrastructures socio-sanitaires préalables. La croissance démographique ainsi que le développement des activités économiques ont favorisé la production en grande quantité de déchets de toutes sortes dont la gestion a vite échappé au pouvoir public. Mais l'implication du secteur privé et des structures non gouvernementales maîtrise peu la gestion des déchets, notamment les déchets solides ménagers.

Toutefois, la situation des déchets industriels n'a pas évolué comme celle des déchets solides ménagers pour leurs prisent en compte sur le terrain, malgré que les activités industrielles et de transport ne font qu'augmenter avec l'urbanisation. Entraînant ainsi, la production de plus en plus de la croissante des déchets industriels dont les huiles usagées font partie. L'existence de textes de loi pour régler leur gestion existe à nos connaissances comparativement aux déchets solides ménagers et les déchets liquides domestiques, de données qualitatives et quantitatives sur la production et la gestion des huiles usagées n'existe pas.

Suite à ces constats et comme une étude pilote, la présente étude ambitionne donc à faire un diagnostic aussi clair que possible de la situation de la gestion des huiles usagées dans la ville Tlemcen, et de proposer une approche de gestion qui prenne en compte les réalités socioéconomiques et environnemental.

Nous présenterons dans une première partie, les généralités (Justification du choix du thème, Présentation de milieu d'étude, Généralités sur les huiles usagées) puis dans une seconde étape, nous discutons sur l'approche méthodologique suivie d'une analyse et synthèse pour déceler les difficultés rencontrées, proposer les recommandations puis les perspectives.

Bien qu'une taxe de 12500 DA par tonne de lubrifiant est mise sur le marché suite à son instauration par un décret en vigueur depuis 2006 (taxe versée au fonds de la dépollution et de la protection de l'environnement), le problème de récupération des huiles usagées se pose toujours. En effet, les opérateurs qui génèrent ces huiles, notamment les stations de vidange et les concessionnaires sont majoritairement incapables de respecter ce décret suite à la défaillance du système de la collecte des déchets.

Les statistiques nous informent que chaque année près de 160 000 tonnes de lubrifiants sont mises sur le marché, mais seulement 10 à 11%, soit environ 16 000 tonnes qui sont récupérés alors en contre partie le reste est stocké chez les prestataires d'une façon forcée. Selon des gérants de station de lavage et de vidange, ils possèdent toujours des stocks d'huiles usagées dans des fûts ou dans des fosses de récupération dont leurs issues de retraitement ou d'élimination sont floues à ce jour. Certainement, la mauvaise gestion de ces quantités énormes d'huiles génère un impact néfaste sur l'environnement (sur les nappes phréatiques ou sur la terre contaminée). Selon les soucieux de l'environnement, un litre de lubrifiant peut couvrir 1000 m<sup>2</sup> d'étendue d'eau visible à l'œil nu.

Sachant que Naftal est la seule société désignée pour la collecte des huiles usagées en Algérie, mais avec la mise sur le marché de plusieurs marques de lubrifiant, le processus de la collecte est devenu plus pénible pour cette entreprise. Pour remédier à ce problème, l'objectif principal de ce mémoire est de contribuer à la réflexion sur la réorganisation du problème très sensible en amont de la chaîne logistique inverse dédiée à la collecte des huiles usagées chez les clients potentiel (grande quantité versée périodiquement) et non potentiel (faible quantité versée périodiquement).

Après avoir présenté des définitions et des généralités sur les déchets et les chaînes logistiques inverses respectivement dans les chapitres un et deux, nous contribuons à présenter une approche technique à la norme de la collecte. Dans cette partie de collecte très sensible auprès des clients dits potentiels, nous avons pris en considération le profit économique et l'impact environnemental conjointement pour réussir ce processus. Aussi on a constaté que les résultats obtenus sont nettement mieux par rapport à ce qui est pratiqué actuellement chez cette entreprise pendant la collecte des lubrifiants usés des moteurs mécaniques.

En plus et en vue de mieux structurer l'entité en amont d'une façon intégrale, l'objectif du chapitre quatre est consacré à l'amélioration du service de la collecte par des positionnements optimaux des réservoirs intelligents dans un territoire urbain où plusieurs points de collectes non potentiel sont dispersés. Pour cela deux approches d'études sont investiguées, à savoir :

- ✓ Une meilleure prestation de service de la collecte des déchets suite au rapprochement de plusieurs réservoirs aux clients non potentiels non visible auparavant par l'entreprise Naftal.

- ✓ L'équipement de ces réservoirs par des capteurs de niveau afin d'informer simultanément les décideurs chargés de la collecte auprès de l'entreprise Naftal.

Enfin nous clôturons ce mémoire par une conclusion avec certaines perspectives.

## I. Chapitre 01 : Généralité sur les déchets

### I.1. Présentation du milieu d'étude<sup>[14]</sup>

#### I.1.1 Caractéristiques physiques de la ville de Tlemcen

La ville de Tlemcen est située au Nord-Ouest de l'Algérie à 170 km au sud-ouest d'Oran, à 520 km au sud-ouest d'Alger, et frontalière du Maroc à 76 km à l'est de la ville marocaine d'Oujda. Tlemcen, érigée dans l'arrière-pays, est distante de 40 km de la mer.

La ville est le chef-lieu de la wilaya de Tlemcen. Son nom vient du berbère Tala imsan, le nom est parfois orthographié Tlemcen ou Tilimsen, la ville est aussi surnommée «La Perle du Maghreb» ou «La Ville des Cerises».

Superficie : 9061 km<sup>2</sup>

Nombre de communes : 53

Nombre de daïras : 22

Nom des daïras : Maghnia, Remchi, Ghazaouet, Nedroma, Mansourah....

#### I.1.2. Données climatologiques

Cet agencement géologique sert de couloir à l'air marin qui tempère la rigueur des hivers et la chaleur des étés. La région de Tlemcen s'inscrit comme un îlot arrosé au milieu des zones semi-arides de la Moulouya marocaine à l'ouest, de Sidi Bel Abbès et Mascara à l'est et d'El Aricha au sud.

### I.2. Généralité :

#### I.2.1. Les déchets dangereux<sup>[15]</sup>:

- Les déchets dangereux sont une des catégories de déchets définies par la législation propre à chaque pays.
- La particularité de ces déchets s'est leur opposition à la catégorie des déchets non dangereux
- Notamment, ils se caractérisent par leur dangerosité pour l'environnement ou la santé à travers leurs effets directs ou indirects à court, moyen ou long terme.

Les déchets dangereux diffus sont des déchets variés par leur origine et leur nature on distingue deux catégories :

Les Déchets Dangereux Diffus (DDD) sont les déchets produits en petite quantité par des producteurs dispersés et assimilés aux déchets urbains telles que le commerce et l'artisanat, les PME/PMI, les établissements d'enseignement et de recherche, les professions libérales, les laboratoires d'analyse, les agriculteurs, les services des grands groupes...(ancienne appellation : DTQD : Déchets Toxiques en Quantité Dispersées)

Les Déchets Dangereux des Ménages (DDM) peuvent être composés de matières toxiques rejetés en petite quantité par les ménages (ancienne appellation : DMS : Déchets Ménagers Spéciaux).

Ces déchets spéciaux toxiques ou dangereux en raison de leurs caractéristiques physico-chimiques sont produits par différents utilisateurs en trop petites quantités pour être repris par les services habituels de collecte des déchets spéciaux.

Pourtant ces produits constituent une menace bien réelle pour les personnes et l'environnement. Ainsi, mal identifiés et mal stockés, ils sont un risque pour le personne à l'intérieur de l'entreprise, du laboratoire ...

De même que mal éliminés, ils constituent un danger pour l'environnement et les personnes (déversés à l'égout, ils perturbent le fonctionnement des stations d'épuration ; abandonnés dans le milieu naturel, ils peuvent polluer le sol et les eaux ou dégager des vapeurs toxiques).

Exemples des déchets dangereux :

DDD	DDM
Peintures, vernis, colles	Piles et batteries
Acides	Peintures et colorants
Produits chimiques	Laques et vernis
Produits phytosanitaires	Produits phytosanitaires
Fréons	Produits de nettoyage (lessives, détergents...)
Solvants	Huiles moteurs
Sels métalliques	Médicaments non utilisés
Cartouches de toner pour imprimantes	Solvants
Amalgames dentaires (50% de mercure et 50% d'un alliage d'argent, cuivre, étain et zinc)	Colles et adhésifs
Bains photographiques	Radiographies médicales

Tableau 01 : Exemples des déchets dangereux <sup>[15]</sup>

---

### I.2.2. Définition sur les huiles usées<sup>[2]</sup>:

D'une manière générale, toutes huiles ayant servi dans un processus de transformation et destinée à l'abandon du fait de la perte de ces propriétés physico-chimiques de base est désignées par le terme « **huiles usées** ». On distingue :

- ✓ Les huiles usées domestiques qui sont des huiles alimentaires d'origine végétale ayant servi dans la friction.
- ✓ Et des huiles usées industrielles provenant des moteurs, des industries, des transformateurs, des circuits hydrauliques et des turbines.

Les huiles objets de notre étude sont celles de la seconde catégorie. Elles sont désignées par « huiles usagées » selon la législation béninoise en la matière, le Décret « N° 2003-330 du 27 août 2003 » portant gestion des huiles usagées en Algérie et définies comme : « Toutes huiles, issues du raffinage du pétrole brut ou synthétique, destinées à la lubrification ou à autres fins, et qui sont devenues impropres à leur usage original en raison de la présence d'impuretés ou de la perte de leurs propriétés initiales ; elles incluent les huiles lubrifiantes, les huiles hydrauliques, les huiles pour le travail des métaux et les liquides isolants ou caloporteurs. »

Tout comme l'Algérie, la réglementation française utilise la terminologie « huiles usagées » tandis que celle canadienne utilise « huiles usées ». C'est la terminologie issue de la réglementation béninoise qui sera employée dans le document.

### I.2.3. Caractéristiques générales<sup>[2]</sup> :

Les huiles usagées peuvent être d'origine minérale ou synthétique. On distingue deux grandes catégories :

- les huiles noires qui comprennent les huiles de moteurs et certaines huiles industrielles (huiles de trempe, de laminage, de tréfilage et autres huiles entières d'usinage des métaux) : ces huiles sont fortement dégradées et contaminées.
- Les huiles claires qui proviennent des transformateurs, des circuits hydrauliques et des turbines. Elles sont peu contaminées et chargées en général d'eau et de particules.

## I.2.4. Les huiles et lubrifiants usages<sup>[1]</sup> :

### I.2.4.1. Définition :

L'utilisation de lubrifiants, indispensable à tout travail mécanique, génère le plus souvent des huiles usagées. Cependant, dans le cas des lubrifiants dits "à usage perdu", comme par exemple les huiles de chaîne de tronçonneuses, les huiles de moteur 2 temps, les graisses, les lubrifiants sont entièrement consommés pendant leur utilisation.

Les "huiles usagées" sont des déchets dangereux. Elles ne doivent pas être confondues avec les huiles solubles usagées et autres fluides aqueux d'usinage, les huiles de friture d'origine végétale, les mélanges eaux-hydrocarbures pour lesquels les circuits de collecte et d'élimination sont complètement différents.

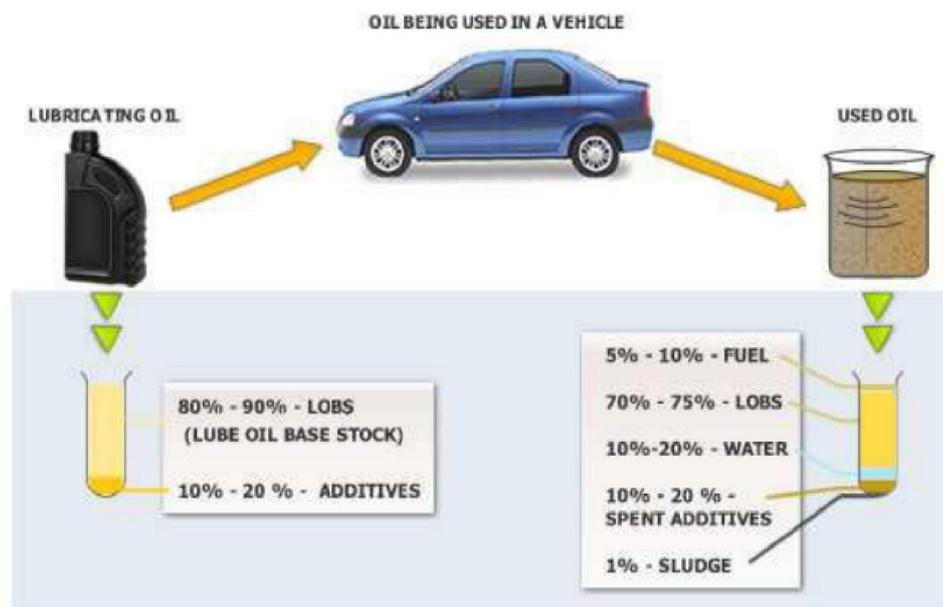


Figure 01 : Les composants de lubrifiant<sup>[1]</sup>

### I.2.4.2. Sources et origine :

Les lubrifiants usagés apparaissent lors des opérations de maintenance et lors de la fin de vies des équipements qui les contiennent.

On distingue deux catégories principales d'huiles usagées :

- les huiles noires, fortement dégradées et contaminées, qui comprennent les huiles de moteurs et certaines huiles industrielles (huiles de trempage, de laminage, de tréfilage,...)
- les huiles claires, peu contaminées et chargées en général d'eau et de particules, qui proviennent des transformateurs, des circuits hydrauliques et des turbines.

---

C'est le type de traitement que ces huiles doivent subir pour être réutilisées qui a conduit à cette classification

### I.2.5. Les huiles usagées en Algérie<sup>[3]</sup> :

Les huiles usagées sont définies comme des huiles minérales ou synthétiques, inaptes, après usage, à l'emploi auquel elles étaient destinées, On distingue deux types d'huiles usagées :

- Les huiles noires qui comprennent les huiles moteurs (essence et gasoil) et les huiles industrielles (huiles de trempe, de laminage, de tréfilage)
  - Les huiles claires provenant des transformateurs, des circuits hydrauliques et des turbines
- ❖ Au plan national, le marché est de l'ordre de 150.000 tonnes par an, se répartissant comme suit:
- ✓ Huiles moteurs 75%,
  - ✓ Huiles industrielles (ateliers, entreprises industrielles) 19%
  - ✓ Graisses et paraffines 3%
  - ✓ Huiles aviation et marine 3%
- ❖ Plusieurs activités sont susceptibles de produire des huiles usagées. On peut citer notamment:
- ✓ Les garages, concessionnaires, stations de vidange, stations service;
  - ✓ Les transports (routiers, fluviaux, aériens, ferroviaires);
  - ✓ Les usines, ateliers, entreprises industrielles;
  - ✓ Les entreprises traitant des déchets contenant des huiles usagées (cas de la démolition automobile, du traitement de filtres à huiles, d'emballages souillés par des huiles,...).

Les huiles usagées ne sont pas biodégradables, elles sont classées dans la catégorie des déchets spéciaux dangereux. Leur rejet dans la nature est strictement interdit. Elles peuvent engendrer une détérioration importante du milieu naturel, qui peut être traduit par une pollution de l'eau, du sol et de l'atmosphère : Un (01) litre d'huile usagée peut contaminer 1 million de litres d'eau ;

Particulièrement, les huiles de vidange contiennent de nombreux éléments toxiques tels que les métaux lourds (plomb, cadmium...).



Figure 02 : l'huile usée en Algérie<sup>[3]</sup>

#### I.2.6. Impact environnemental des huiles usées :

L'huile à moteur usagée éliminée de façon inadéquate risque de nuire à l'environnement par :

- La combustion non contrôlée.
  - La mise en décharge.
  - L'élimination au sol.
  - Les égouts.
  - L'épandage d'huile usagée sur les routes pour contrer la poussière
- Impact environnemental des huiles usées sont des pratiques à éviter.

## II. Chapitre 02 : Généralité sur la chaîne logistique inverse

### II.1. Introduction

Les pressions pour la récupération des matières, la réduction de l'enfouissement comme mode de gestion des déchets, la prise de conscience des consommateurs ainsi que les économies potentielles provenant d'une réutilisation des matières amènent les organisations à accorder une attention accrue à la logistique des retours. Ce concept introduit une nouvelle perspective dans la gestion de la chaîne d'approvisionnement, car les schémas traditionnels décrivant la circulation des matières sont généralement conçus dans une optique unidirectionnelle : des fournisseurs vers les utilisateurs. En fait, la reverse logistics souligne que la matière peut emprunter le chemin inverse et remonter la chaîne d'approvisionnement.

Initialement, l'intérêt de la logistique à rebours était associé à la problématique environnementale (récupération, réutilisation et recyclage des produits). Cependant, elle dépasse ce seul champ d'activité pour inclure le retour des produits défectueux et non désirés par les clients. Dans certains secteurs d'activités, entre autres celui de la vente par catalogue, le retour de produits peut être équivalent à 35% des ventes. La maîtrise du flux inversé peut donc être un facteur de survie pour ces secteurs.

### II.2. Historique de la reverse logistics

La reverse logistics, devenue aujourd'hui un thème majeur de la problématique logistique, est un concept déjà ancien. Depuis son élaboration, le Soutien Logistique Intégré (SLI), l'approche la plus complète du management logistique, inclut dans un même processus l'ensemble des flux, allers et retours, en suivant le cycle de vie du produit et de ses composantes.

Pour la logistique dite de flux, le concept de reverse logistics est apparu au tout début des années 90, à peu près simultanément en Amérique du Nord et en Europe.

Aux USA, le **Council of Logistics Management** publiait dès 1991 un document intitulé « **Reverse Logistics** » suivi en 1993 du livre « **Reuse and Recycling - Reverse Logistics opportunities** ».

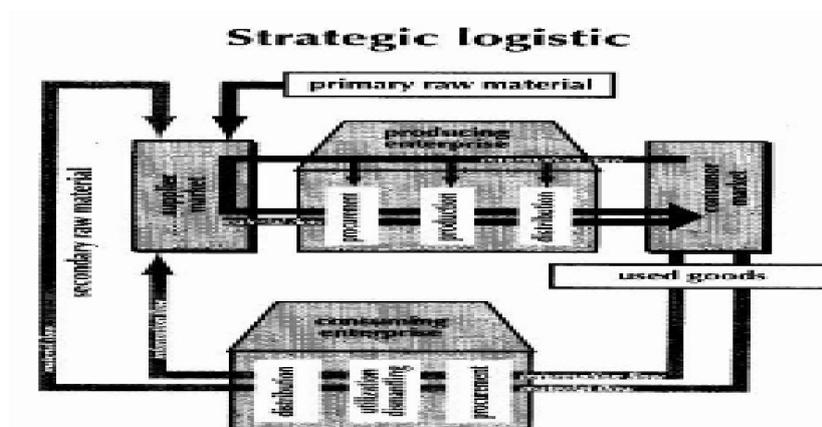


Figure 03 : Schéma de R. Frerich-Sagurna<sup>[5]</sup>

En Europe, c'est en Allemagne que la préoccupation de la défense de l'environnement favorisa le développement du concept : au Congrès International de la Logistique de La Haye, en 1991, R. Frerich-Sagurna<sup>[5]</sup> proposait de dupliquer le schéma classique de la chaîne logistique, en y incluant les flux retours et en imaginant une *consuming enterprise*, miroir de l'entreprise productrice classique.

En France, c'est l'ASLOG, Association française pour la logistique, qui introduisit le concept en organisant en avril 1992 le « 1<sup>er</sup> forum de la logistique et de l'environnement ». Logistique verte ou Eco-logistique firent ensuite l'objet de quelques journées d'études, notamment au CERELOG de Metz.

Une dizaine d'années plus tard, le développement de la Reverse Logistics reste encore limité. Un certain nombre d'initiatives a été pris, la plus importante en flux traités étant sans doute la récupération et le recyclage des emballages, en particulier pour les produits grand public par l'organisme Eco-Emballages. Mais la part de flux retours dans l'ensemble des flux physiques reste faible, du moins en France. La mise en application de la nouvelle Directive européenne sur les DDM devrait accélérer l'essor de la reverse logistics.

### II.3. Un problème de vocabulaire

Si la logistique prend des formes significativement différentes selon la nature des produits considérés, il en est de même pour la *Reverse logistics*. *Reverse logistics* est l'expression américaine pour désigner un flux qui ne « descend » pas la supply chain mais la « remonte » depuis le consommateur vers le producteur : produits invendus, envoi en réparations, retours des produits promotionnels ou retours dus aux défaillances des systèmes de pilotage de type *push*... En effet, la prévision de la demande étant par nature soumise à des erreurs, beaucoup de produits sont repris et « recyclés » vers d'autres zones de consommation. Le pourcentage de flux « recyclés » pour cette raison atteindrait près de 20% au niveau mondial. Mais l'expression recouvre aussi les déchets dont on doit se débarrasser le plus écologiquement possible sans qu'ils reviennent au producteur.

On ne sait donc trop comment traduire *reverse logistics* en français : logistique des retours, logistique à rebours, logistique inverse ou rétro-logistique sont autant de termes rencontrés pour désigner une même réalité : comment organiser la gestion des retours.

### II.4. Importance de la rétro-logistique

L'importance de la rétro-logistique comme outil stratégique ayant un impact sur la rentabilité à long terme d'un secteur n'est pas encore totalement établie. En effet, si initialement certaines fonctions de gestion telles que la finance et le marketing ont connu leur

Prééminence, les années 90 ont placé les capacités logistiques au centre des préoccupations des entreprises. Dans ce contexte, la majorité des entreprises n'a pas encore décidé de donner une place déterminante à la rétro-logistique. Un nombre croissant de secteurs a néanmoins compris que la gestion de la logistique du point de consommation vers l'amont est plus complexe et demande d'autres arbitrages du mix logistique (stockage, entreposage, transport, informatisation) pour un taux de retour et de satisfaction clientèle donné.

## II.4.1 Enjeux des retours

Dans un projet de recherche du Reverse Logistics Executive\_Council qui interrogeait les entreprises pratiquant la rétro-logistique, différents rôles stratégiques ont été mis en évidence, tel présenté dans le Tableau 02.

Raisons invoquées	% de réponse
<p><b>Pression concurrentielle</b></p> <p>La libéralisation des procédures de retour en vertu de laquelle si un article ne satisfait pas il peut être retourné, défectueux ou non, exerce une pression concurrentielle dans la recherche de la fidélisation/satisfaction des clients. Le courant entreprise citoyenne oblige les entreprises qui acceptent les retours à les traiter dans le respect de l'environnement et selon des pratiques socialement responsables.</p>	65
<p><b>Supplychain propre</b></p> <p>En acceptant de reprendre des articles, pièces ou composants ; auprès de leurs clients, les fabricants peuvent à la fois refabriquer et recapter la valeur des produits mais aussi permettre au client d'acheter et de stocker de nouvelles marchandises. Ce désengorgement des stockages associé à une extension des lignes de crédit et une augmentation du taux de satisfaction clientèle permet de faire d'une pierre deux coups : vendre le nouveau et recycler l'ancien pour le revendre.</p>	33
<p><b>Réglementation</b></p> <p>Elle force la reconfiguration des systèmes de production et de distribution pour s'assurer de ce que sur le cycle de vie de l'article à des phases différentes, l'ensemble de la supply chain de retour soit géré effectivement.</p>	25
<p><b>Recapter la valeur et recouvrer les actifs</b></p> <p>Les entreprises qui ont effectivement pris en charge des programmes de recouvrement des actifs ont pu revaloriser et améliorer la rentabilité à partir de matières qui sinon auraient été éliminées ou gaspillées.</p>	20
<p><b>Protéger les marges d'exploitation</b></p> <p>Les raisons invoquées ci-dessus permettent de mieux protéger à long terme la rentabilité en créant de nouvelles sources de revenus et de profits.</p>	18

Tableau 02 : Rôle stratégique des retours <sup>[6]</sup>

---

#### II.4.2. Les raisons des inefficacités de la rétro-logistique :

Six symptômes d'une gestion inefficace des retours ont été identifiés. Le fait qu'ils soient tellement fréquents démontre l'importance de la gestion efficiente et rapide de la rétro-logistique.

- Les retours arrivent plus vite qu'il n'est possible de les traiter (stocker, transformer..), le symptôme est un manque de capacité face à la demande.
- De grandes quantités de stocks de retour qui restent entreposés dans les entrepôts. - Des retours non autorisés ou non identifiés.
- Lenteurs des cycles de traitement des retours.
- Méconnaissance du coût logistique total des processus de retours.
- Manque de confiance du client dans le processus de réparation.

Il découle de ses symptômes qu'il est essentiel d'identifier les obstacles à une logistique correcte des retours. Si leur classement par ordre d'importance devait être réalisé, il se présenterait comme suit :

- la logistique de retour est sous-estimée car son coût logistique total n'est pas évalué ; il peut s'agir d'une politique délibérée de l'entreprise et/ou d'un manque d'attention de sa haute direction.
- le manque d'investissement informatique, de ressources financières et de personnel, engagés dans la gestion.
- l'analyse juridique des retours est déconnectée de la gestion managériale.

#### II.5. La reverse logistique

##### II.5.1. Vers une définition

Le Council of Logistics Management définit la rétro-logistique comme suit :

Partant du point de consommation jusqu'au point d'origine, la rétro-logistique est un processus efficient de planification, de mise en œuvre et de contrôle des flux de matières premières, d'encours, de produit finis, et de l'information relative à ces flux, dont le but est de

recapter la valeur des matières en les remettant à disposition dans une supply chain de retour.'

Il en découle que la rétro-logistique inclut des activités telles que la retransformation, le reconditionnement, la réutilisation des contenants, composants et emballages, tout comme la conception de produits et emballages destinés à réduire la pression environnementale (énergie, transport..).

La rétro-logistique traite aussi du retour de marchandises dû à des méventes, des excès de stocks saisonniers, des rappels pour défauts, aussi bien que des programmes de recyclage d'équipements obsolètes et de matériaux dangereux et/ou dérangeants. Son importance économique fluctue selon les secteurs considérés. A titre d'exemple, le Tableau 3 présente les taux de retour de quelques secteurs.

Secteur	%
Journaux et magazines	20-30
Distributeurs de livres	10-20
Ventes par correspondance	18-35
Distributeurs de composants électroniques	10-12
Ordinateurs	10-20
Grande distribution	4-15
Pièces de rechange automobiles	4-6
Electronique grand public	4-5
Produits chimiques ménagers	2-3

Tableau 03 : Exemples de taux de retour<sup>[7]</sup>

Pour Martin Beaulieu<sup>[8]</sup>, une définition de la logistique à rebours (LR) doit tenir compte de 4 paramètres :

- La LR est associée autant à un produit qu'à un déchet possédant une valeur de récupération ou de réutilisation. Ainsi, les papiers récupérés, les produits défectueux ou les retours suite à un achat par catalogue peuvent être considérés comme des intrants d'un réseau à rebours.
- Le destinataire final de ces produits retournés ou de ces déchets peut être le producteur initial, un intervenant différent de la même industrie ou un intervenant d'un autre secteur d'activités. Par exemple, un produit défectueux sera réacheminé vers son producteur, le papier récupéré sera retourné dans l'industrie papetière alors que les pneus seront valorisés par des producteurs de tapis en caoutchouc.
- La LR implique davantage que la seule décision du choix du réseau de distribution. - Elle comprend également un ensemble d'activités de gestion.

Par conséquent, il en formule la définition suivante :

La logistique à rebours est un ensemble d'activités de gestion visant la réintroduction d'actifs secondaires dans des filières à valeur ajoutée.

Le terme «actif» est le pivot de la définition car il précise la nature de l'intrant qui se déplace dans les réseaux de logistique à rebours. Le choix de ce terme peut sembler surprenant mais il offre suffisamment de neutralité pour englober tous les aspects de la logistique à rebours.

Pour Davis<sup>[9]</sup>, la reverse logistics est la gestion des actifs qui ne remplissent plus leur fonction première. La notion d'actif désigne un bien appartenant en propre à une personne ou à une personne morale (Sylvain<sup>[10]</sup>, 1986). Un déchet ou un produit hors d'usage a un propriétaire même si ce dernier est implicite. Par ailleurs, le terme «actif» offre plus de neutralité car celui-ci permet d'inclure également les produits qui sont retournés ou rappelés par les entreprises. Le qualificatif secondaire est ajouté au terme «actif» pour préciser qu'il a déjà subi une dégradation (suite à son utilisation ou à une défectuosité).

## II.5.2. Les bénéfices de la logistique à rebours

Si les bénéfices pour l'environnement sont connus et tangibles, il faut aussi y associer de nombreux avantages financiers et stratégiques. La logistique à rebours n'est pas une pratique récente mais elle acquiert de plus en plus un caractère stratégique. En effet, l'engouement des consommateurs pour des produits faits de matières recyclées oblige en quelque sorte les manufacturiers à concevoir de nouveaux produits et procédés, mais surtout à mettre en place des réseaux capables de récupérer cette nouvelle matière première.

D'autre part, la concurrence de plus en plus intense amène les entreprises à accroître leurs services à la clientèle, dont le retour de produits endommagés ou défectueux, ou encore pour reprendre les quantités non écoulées après une vente saisonnière.

Rogers et Tibben-Lembke (1998) précisent que le retour de produits représente en moyenne de 3 à 5% des ventes d'une entreprise et qu'il génère de 5 à 6% des coûts totaux logistiques. L'essor du commerce électronique participera d'ailleurs à l'augmentation des volumes des flux retours. Les entreprises qui développent un flux intégré de prise en charge du produit utilisé et de son retour au consommateur, bénéficient de délais plus courts.

A partir de ces faits, des économies substantielles peuvent être réalisées par une gestion efficace des réseaux de logistique à rebours. Soulignons que les organisations peuvent aussi retirer un avantage indirect d'une gestion des retours de produits, en acquérant une meilleure connaissance du produit et des causes de défectuosité. L'entreprise peut alors effectuer des améliorations pour corriger ces problèmes.

## II.5.3. Les différentes activités de la rétro-logistique

Tout comme les réseaux traditionnels de distribution, les réseaux à rebours peuvent être composés de plus ou moins d'intermédiaires. Mais quelle que soit la taille de ces réseaux, les intermédiaires devront se partager un certain nombre d'activités présentées dans le Tableau 4.

Activité	Définition
<b>Collecte</b>	Démarche visant à détourner les actifs secondaires à les diriger vers un réseau à valeur ajoutée
<b>Triage</b>	Séparation des différentes matières qui auraient été récupérées en vrac (par exemple papier, aluminium, fer, plastique etc.) ou démontage des produits complexes en leurs différentes composantes (par exemple, ordinateur)
<b>Entreposage</b>	Constitution d'un volume suffisant pour permettre un transport de façon économique
<b>Transport</b>	Déplacement des actifs secondaires vers les activités de traitement intermédiaire ou retraitement
<b>Traitement intermédiaire</b>	Série d'activités en vue de préparer les actifs secondaires pour les activités de traitement (par exemple lavage, granulation, filtration). Cette activité peut consister en des contrôles exhaustifs de la qualité des matières récupérées
<b>Retraitement</b>	Activités permettant à l'actif secondaire de retrouver un état lui permettant d'être réutilisé. Ces activités peuvent prendre la forme de réparation, de reconditionnement ou de recyclage des actifs.

Tableau 04 : Les activités des réseaux de logistique à rebours (*M. Beaulieu, 2000*)

## ✓ La collecte :

La collecte est une opération essentielle à la performance d'un réseau de logistique à rebours. Le point d'entrée dans le pipe-line de rétro-logistique mérite une attention accrue. Le *gatekeeping* (contrôle de l'accès des flux retours) est stratégique ; ce filtrage permet de rendre les flux retour gérables et rentables dans leur globalité. La forte participation des utilisateurs assurera une masse critique d'actifs récupérés, une condition sine qua non au succès de réseau.

Cette situation met en lumière une première action critique : l'instauration d'incitatifs pour que l'utilisateur modifie ses comportements. Ces incitatifs peuvent être économiques ou prendre la forme d'aménagements favorisant la participation des utilisateurs.

## ✓ Le triage :

Le triage est l'étape opérationnelle la plus importante. S'il est effectué à la source, il réduit la complexité et le coût de l'activité. Mais ce n'est pas toujours possible à cause, entre autres, de la complexité des produits. En effet, certains produits ne sont pas conçus pour le désassemblage ; des spécialistes sont requis pour effectuer cette opération. Le triage permet également d'aiguillonner les actifs vers les bonnes filières de revalorisation et de séparer les produits qui peuvent être revendus, ceux qui doivent être réparés, ceux dont certaines pièces peuvent être réutilisées, ceux qui peuvent être donnés à des organismes de charité et ceux qui seront finalement envoyés sur des sites d'enfouissement.

## ✓ L'entreposage :

L'entreposage peut être nécessaire pour combler l'écart entre l'offre et la demande. Par ailleurs, l'entreposage peut être une activité critique pour certains intervenants des réseaux de logistique à rebours. En effet, le processus de retour de produits peut créer un dédoublement des stocks (produits à vendre et produits retournés) à certains points du réseau, par exemple chez le détaillant.

## ✓ Le transport :

Le transport est une activité qui peut constituer une contrainte importante sur la performance du réseau de logistique à rebours. Dans le cas du recyclage des produits, le transport accapare 25% des coûts logistiques. Lambert et Stock<sup>[11]</sup> (1993) ont même estimé que les coûts de déplacement d'un produit du consommateur vers le producteur peuvent être neuf fois supérieurs à ceux du flux traditionnel. Davis et al. (1995) identifient trois causes qui empêchent d'optimiser les activités de transport :

- Le produit est rarement retourné dans son emballage original.
- Il peut y avoir une grande diversité de produits retournés.
- L'expéditeur est incapable de déterminer le poids du chargement.

Une seconde action critique consisterait à palettiser les produits à retourner ce qui faciliterait l'évaluation des quantités et des coûts de transport. Dans le cas des produits recyclés, la compaction peut être un moyen de comprimer les coûts de transport en réduisant le volume des ressources. D'une façon plus globale, Shear<sup>[12]</sup> recommande de lier le plus possible les activités du réseau logistique à rebours avec ceux du réseau traditionnel. Précisons que les

réseaux de logistique à rebours détournent des actifs qui auraient terminé leur existence dans les filières d'enfouissement ou d'incinération. Cependant, le taux de récupération de ces réseaux n'est pas de 100%. De plus, le taux de récupération peut être limité par des contraintes technologiques qui restreignent la réutilisation de certains actifs secondaires.

Si l'on compare le coût de rétro-logistique au coût logistique classique, il sera aussi la somme de plusieurs coûts :

Coût d'entreposage + Coût de transport + Coût de traitement + Coût de gestion des processus de retour + Coût associé aux réseaux de rétro-logistique utilisés et au niveau de service requis dans ce réseau. = **Coût de rétro-logistique**

Vu sous un autre angle, pour un niveau de service et une configuration centralisée ou non des centres de traitement de la chaîne de retour, le coût de rétro-logistique est la somme des coûts d'entreposage, de transport, et de traitement (trier et mise à disposition).

La logistique inverse concerne donc des flux multiples qui ont tous la caractéristique de ne pas être des flux massifs de produits :

- emballages de toutes sortes : palettes, cartons, bouteilles, containers...
- déchets de production, eaux usées, huiles usées...
- invendus : journaux, livres, articles démodés, restants de promotion, produits périmés ou en limite de péremption...
- produits défectueux rappelés par le producteur.
- produits refusés par le consommateur en VPC ou e-commerce.
- produits en fin de vie, soit jetables, soit usés : automobiles, toners d'imprimantes, microordinateurs, appareils ménagers, literie... qu'ils soient repris ou non par le vendeur.
- produits à réparer.

Tous ces produits ne reviennent pas nécessairement vers le producteur mais peuvent emprunter des voies très différentes avec l'intervention de nombreuses « tierces parties » : en effet la supplychain, bien plus qu'une chaîne, est un réseau souvent très complexe.

## II.6. Diverses stratégies pour la reverse logistique

Depuis quelques années, la reverse logistics occupe une place de plus en plus importante au sein des services logistiques des entreprises européennes, notamment dans les secteurs où les flux de retour sont les plus importants, tels que la vente par correspondance et le commerce électronique, mais aussi l'électroménager et l'électronique. Dans cette partie, nous décrirons de manière synthétique les stratégies utilisées actuellement afin d'améliorer les flux de retour de marchandises. Nous ne parlerons que des éléments stratégiques associés à la problématique du mémoire (les DDM).

Pour certaines entreprises, les coûts liés aux flux de retour peuvent réduire de manière considérable les bénéfices réalisés, parfois jusqu'à rendre la transaction initiale non rentable. Ces entreprises doivent désormais comprendre l'importance et le rôle stratégique de la reverse logistique. Les gestionnaires doivent s'atteler à la réduction de ces coûts, en améliorant certains aspects de leur logistique des retours :

- Rendre plus efficaces les technologies de filtrage, ou « gatekeeping technologies ».
- Accélérer les prises de décisions quant à l'élimination des déchets.
- Accélérer les temps de cycle.
- Améliorer la gestion des données.

La manière la plus efficace de diminuer les coûts liés aux retours de marchandises consiste tout simplement à réduire le volume des produits à retourner. Pour ce faire, l'entreprise doit empêcher les produits non qualifiés d'entrer dans ces flux. De plus, une fois les bons produits intégrés dans les flux, elle doit les lui faire traverser le plus vite possible.

### II.6.1. Réduire les flux de reverse logistique

De nouvelles techniques ont été développées afin d'être certain que tous les produits qui entrent dans les flux de reverse logistics remplissent les conditions requises pour être dans le système. On en cite quelques unes :

- Les technologies de filtrage d'accès aux flux à rebours.
- La gestion du cycle de vie des produits.
- Les systèmes d'information.
- Les échanges de données informatisées.
- Une conception adaptée à la reverse logistique.

#### II.6.1.1. La gestion du cycle de vie des produits

La gestion du cycle de vie des produits implique pour l'entreprise la mise en place de l'appui logistique et du marketing approprié aux différents stades du cycle de vie du produit (lancement, croissance, maturité, déclin). Selon le stade où se trouve le produit, l'entreprise doit effectuer une gestion et un appui différent. En fin de vie du produit notamment, les coûts de détention de stocks associés vont très fortement augmenter. Les coûts d'obsolescence et d'entreposage vont être majoritairement responsables de la forte augmentation de ces coûts.

Les entreprises doivent donc anticiper la fin de vie de leurs produits dès qu'il a dépassé le stade de croissance, afin qu'un moindre volume devienne obsolète et entre dans les flux à rebours.

#### II.6.1.2. Les technologies de filtrage d'accès aux flux à rebours

Le filtrage d'accès, ou « gatekeeping », correspond au processus de décision quant aux produits à admettre ou non dans le système de retour. L'amélioration de ce filtrage va permettre la réduction du volume de marchandises retournées et, par là même, la diminution des coûts globaux liés aux flux retours. Cette amélioration passera également par une formation adéquate des employés concernés.

Une des techniques utilisée par exemple aujourd'hui pour améliorer le filtrage d'accès consiste à la mise en place d'un réseau internet ou intranet guidant l'employé dans la procédure de retour de chaque produit.

---

### II.6.1.3. L'échange de données informatisées

Même si de très nombreuses entreprises utilisent aujourd'hui l'échange de données informatisé (EDT), elles ne considèrent pas toujours comme primordial un investissement pour fonctionner également en EDT quant à la gestion des flux retours. Pourtant, l'EDT peut être aussi utilisé pour automatiser le traitement des retours.

### II.6.1.4. Conception adaptée à la reverse logistics

Les entreprises, aujourd'hui, adaptent souvent leurs produits pour rendre certaines opérations plus faciles et donc moins coûteuses. On parle ainsi de conception adaptée à la fabrication (« Design For Manufacture ») ou encore de conception adaptée à la gestion de la chaîne logistique (« Design For Supply Chain Management »). Depuis peu, on commence à voir apparaître la conception adaptée à la reverse logistics (« Design For Reverse Logistics »).

Par exemple, l'entreprise adapte l'emballage du produit pour faciliter son retour. Elle peut aussi encourager le consommateur à rendre le produit avec son emballage d'origine ou à ramener un produit en fin de vie lorsqu'il désire en acheter un neuf.

La conception adaptée à la reverse logistics consiste donc à tenir compte des besoins en reverse logistics dans la conception et l'emballage du produit, autrement dit à intégrer besoins de reverse logistics et besoins de protection de l'environnement d'une part, et produit et chaîne de reverse logistics d'autre part.

On voit s'accroître très fortement depuis un an les discussions dans les entreprises sur une telle conception, suite à l'adoption de la loi sur les DEEE (Déchets d'Equipements Electriques et Electroniques ; cf. Partie II) obligeant les entreprises à intégrer dans un cycle de retour (valorisation, recyclage, etc.) tous les produits concernés.

## II.6.2. La gestion des flux logistiques retour

Afin de gérer de manière efficace les flux retours des produits, les entreprises doivent notamment diriger leurs réflexions vers l'externalisation des retours et les marchés secondaires.

### II.6.2.1. L'externalisation des retours

L'externalisation de la gestion des retours reste avantageuse pour les PME et pour les grandes entreprises n'ayant pas acquis les moyens, les compétences et l'expérience requise pour effectuer une gestion des retours aux meilleurs coûts. En effet pour ces entreprises, il est moins cher de faire appel à des partenaires que de gérer elles-mêmes leurs retours.

Les entreprises qui se sont intéressées aux processus de reverse logistics ne décentralisent pas toujours physiquement leurs centres de gestion des retours ; elles décentralisent son contrôle.

### II.6.2.2. Les marchés secondaires

On appelle marchés secondaires tous les intermédiaires, distributeurs et détaillants spécialisés dans les produits qui ont déjà été vendus ou proposés à la vente au détail. Dans le premier cas, les produits sont généralement réparés, reconditionnés avant d'être revendus. Dans le second

---

cas, plutôt que de faire entrer ces produits dans le cycle coûteux des retours, certains gestionnaires optent aujourd'hui pour leur vente à l'une des nombreuses entreprises présentes sur le marché secondaire. Cette opération est désignée sous le terme de recouvrement d'investissement ou d'actifs. Pour ces entreprises qui écoulent de manière organisée et efficace leurs produits sur le marché secondaire, le recouvrement d'actifs est devenu une source importante de ressources : il peut représenter jusqu'à 20 à 25% des bénéfices nets.

En France, les consommateurs sont de moins à moins réticents à réaliser des achats dans ces magasins secondaires. L'augmentation de 13% en 2005 des parts de marché de ce segment en témoigne clairement.

Enfin, une dernière solution consiste à proposer ces produits sur des sites web de ventes aux enchères (le site phare [Ebay](#) a d'ailleurs réalisé un CA de 5,8 milliards d'euros en 2005). Ces ventes sur internet présentent néanmoins deux inconvénients majeurs : les clients sont exclusivement des ménages d'une part et d'autre part l'image de l'entreprise peut se trouver diminuée.

#### III.6.1.1. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons définie d'une manière générale la chaîne logistique. Ces définitions sont tellement importantes pour entamer notre étude pour ce permettre de comprendre les travaux de recherche et créer un savoir. A travers le chapitre prochain, nous contribuons à l'amélioration de la démarche d'opération de la collecte dans la wilaya de Tlemcen.

### III. Chapitre 03 : L'amélioration de la démarche d'opération de collecte existant

#### III.1. Introduction :

La mauvaise gouvernance et le manque d'outils de modernisation et de développement ce domaine reste les plus grands obstacles au progrès et au leadership des institutions économiques en Algérie. Ici, nous constatons que la société Naftal ne diffère pas de leurs homologues dans ce dilemme. Au cours de notre évaluation nous avons remarqué que la société continue de se fier dans la conduite de ses activités, en particulier la collecte des huiles utilisées sur des outils simples qui entraînant des pertes de temps et d'argent qui peuvent être exploitées dans le développement.

#### III.2. Le problème de la collecte

- ❖ Après avoir interviewé le chef des services commercial et les chauffeurs des camions ordonnés à la collecte d'huile nous avons constaté que :
  - ✓ l'opération d'assemblage est totalement aléatoire puisque la sortie des camions se basant sur un appel d'un point d'assemblage et se fait sans prendre en considération la distance parcourus ou la quantité à remplir
  - ✓ la majorité des camions sortent et reviennent avec une quantité d'huile ne dépassant pas la moitié de sa capacité.
- ❖ Suite à ces données, on a constaté qu'il faut mettre une stratégie pour la collecte d'huile afin de supprimer ces démarches aléatoires et prendre en considération plusieurs les facteurs de distance et quantité.
- ❖ Pour pouvoir le faire sur le terrain, nous envisageons d'exploiter nos compétences acquises en s'appuyant sur un exemplaire mathématique selon les données collectées.

#### III.3. Résolution du problème de la collecte :

Pour faire cette résolution on doit traduire le problème de la collecte des huiles usagées des sites potentiels par un modèle mathématique combiné avec nos données comme représentées dans les tableaux suivants :

## III.4. Les données :

Après un questionnaire auprès de l'entreprise Naftal, le service commercial nous a livré les informations suivantes :

a) Les points de collecte avec les livraisons annuelles et mensuelles :

Les points de vidange	Livraison (L/ans)	Livraison (L/mois)			
Maghnia1	2442	203,5	Tlemcen3	600	50
Maghnia2	2864	238,6666667	Ghazaouet2	3440	286,6666667
Maghnia3	2968	247,3333333	Maghnia10	5708	475,6666667
beb El Assa	18130	1510,833333	Chetouane	28893	2407,75
Maghnia4	3553	296,0833333	Sebdou2	8731	727,5833333
Zenata	2100	175	Sebdou3	2223	185,25
Souk El Khmiss	1883	156,9166667	Remchi2	6199	516,5833333
Zouiya	3228	269	El Aricha	29050	2420,833333
Souahlia1	2170	180,8333333	Ain Youcef	3334	277,8333333
Henaya	4455	371,25	Remchi3	6227	518,9166667
Puled Ryah	26968	2247,333333	Nedroma3	13476	1123
Souahlia2	810	67,5	Maghnia11	8156	679,6666667
Tlemcen2	1120	93,33333333	Oudjlida	700	58,33333333
Sabra	6100	508,3333333	Tlemcen4	5950	495,8333333
Maghnia5	9360	780	Remchi4	5468	455,6666667
Nedroma1	41806	3483,833333	Sebdou4	3327	277,25
Honaine	12474	1039,5	Sebdou5	9543	795,25
Ghazaouet1	8008	667,3333333	Koudia1	840	70
Sebdou1	4948	412,3333333	Tlemcen5	700	58,33333333
Sidi Abdelli	20020	1668,333333	Remchi5	22435	1869,583333
Maghnia6	560	46,66666667	Beni Boublène	16324	1360,333333
Nedroma2	5618	468,1666667	Ghazaoue3	5193	432,75
Maghnia7	2267	188,9166667	Ouled Mimoune	51807	4317,25
Ain temouchent	25657	2138,083333	Souahlia3	11967	997,25
Remchi1	2660	221,6666667	Koudia2	75156	6263
Maghnia8	2940	245	Maghnia12	5063	421,9166667
			SOMME	547465	45622,08333

Tableau 05 : Les points de collecte avec les livraisons annuelles et mensuelles

- Aussi , l'agent commercial respecte les suivant codes de nomenclature :

P1	Tlemcen	P28	Maghnia 5
P2	Maghnia 1	P29	Maghnia 6
P3	beb El Assa	P30	Maghnia 7
P4	Zenata	P31	Maghnia 8
P5	Souk El Khmiss	P32	maghnia 9
P6	Zouiya	P33	Maghnia 10
P7	Souahlia	P34	Maghnia 11
P8	Henaya	P35	Maghnia 12
P9	ouled Ryah	P36	Remchi 2
P10	Sabra	P37	Remchi 3
P11	Nedroma	P38	Remchi 4
P12	Honaine	P39	Remchi 5
P13	Ghazaouet	P40	Tlemcen 2
P14	Sebdou	P41	Tlemcen 3
P15	Sidi Abdelli	P42	Tlemcen 4
P16	Ain temouchent	P43	Tlemcen 5
P17	Remchi	P44	Souahlia 2
P18	Chetouane	P45	Souahlia 3
P19	El Aricha	P46	kudia 2
P20	Ain Youcef	P47	sebdou 2
P21	Oudjlida	P48	sebdou 3
P22	Koudia	P49	sebdou 4
P23	Beni Boublène	P50	sebdou 5
P24	Ouled Mimoune	P51	Nedroma 2
P25	Maghnia 2	P52	Nedroma 3
P26	Maghnia 3	P53	Ghazaouet 2
P27	Maghnia 4	P54	Ghazaouet 3

Tableau 06 : les codes des clients

b) Etudes géographiques des sites des points de collecte :

Selon, le service commercial de Naftal, Il existe 54 points de vidange importants dans la wilaya de Tlemcen, à l'aide de l'application de Google maps on a obtenue leurs coordonnées géographiques groupées dans le tableau ci dessous:

Les points des Vidanges	Les coordonnées géographiques		
Tlemcen1	34.879697, -1.315869	Maghnia9	34.855242, -1.732427
Maghnia1	34.853478, -1.734619	Tlemcen3	34.898788, -1.327036
Maghnia2	34.854654, -1.735139	Ghazaouet2	35.094818, -1.858208
Maghnia3	34.855718, -1.735295	Maghnia10	34.850160, -1.728328
beb El Assa	34.966332, -2.031858	Chetouane	34.918653, -1.293727
Maghnia4	34.851116, -1.736465	Sebdou2	34.635774, -1.335232
Zenata	34.986351, -1.460624	Sebdou3	34.632722, -1.324608
Souk El Khmiss	35.172745, -1.556220	Remchi2	35.052684, -1.430785
Zouiya	34.645326, -1.753650	El Aricha	34.220295, -1.253217
Souahlia1	35.038410, -1.893085	Ain Youcef	35.047285, -1.375332
Henaya	34.946830, -1.371446	Remchi3	35.061460, -1.441045
Puled Ryah	34.962376, -1.497501	Nedroma3	35.016217, -1.757169
Souahlia2	35.028636, -1.891615	Maghnia11	34.857397, -1.732087
Tlemcen2	34.881691, -1.300579	Oudjlida	34.923313, -1.328237
Sabra	34.823703, -1.540226	Tlemcen4	34.889217, -1.308024
Maghnia5	34.854901, -1.740213	Remchi4	35.055070, -1.422293
Nedroma1	35.010144, -1.747800	Sebdou4	34.627816, -1.340504
Honaine	35.178552, -1.649417	Sebdou5	34.632858, -1.340511
Ghazaouet1	35.095866, -1.855434	Koudia1	34.910289, -1.349460
Sebdou1	34.640562, -1.329141	Tlemcen5	34.882031, -1.310369
Sidi Abdelli	35.063226, -1.133268	Remchi5	35.052684, -1.430555
Maghnia6	34.858098, -1.737315	Beni Boublène	34.862645, -1.337820
Nedroma2	35.010283, -1.747527	Ghazaoue3	35.090084, -1.862876
Maghnia7	34.850334, -1.750715	Ouled Mimoune	34.904908, -1.033174
Ain temouchent	35.297449, -1.377758	Souahlia3	35.038270, -1.890837
Remchi1	35.055070, -1.422293	Koudia2	34.910427, -1.349287
Maghnia8	34.843957, -1.761390	Maghnia12	34.856557, -1.754856

Tableau 07 : Les cordones géographiques des points de collecte

c) Le calcul des distances entre les points de collecte :

Après avoir identifié tous les points vidange potentiel de la wilaya de Tlemcen, nous avons calculé les distances réelles entre tous ces point par la carte des routes de google Maps.

Aussi nous avons mesuré les distances réelle du second niveau de la chaîne logistique c.à.d distance dans Google maps entre un point de collecte et le centre de collecte principal de Remchi Naftal.

Les coordonnées géographiques :

Remchi : (35.055070, -1.422293).

Tlemcen : (34.879697, -1.315869).

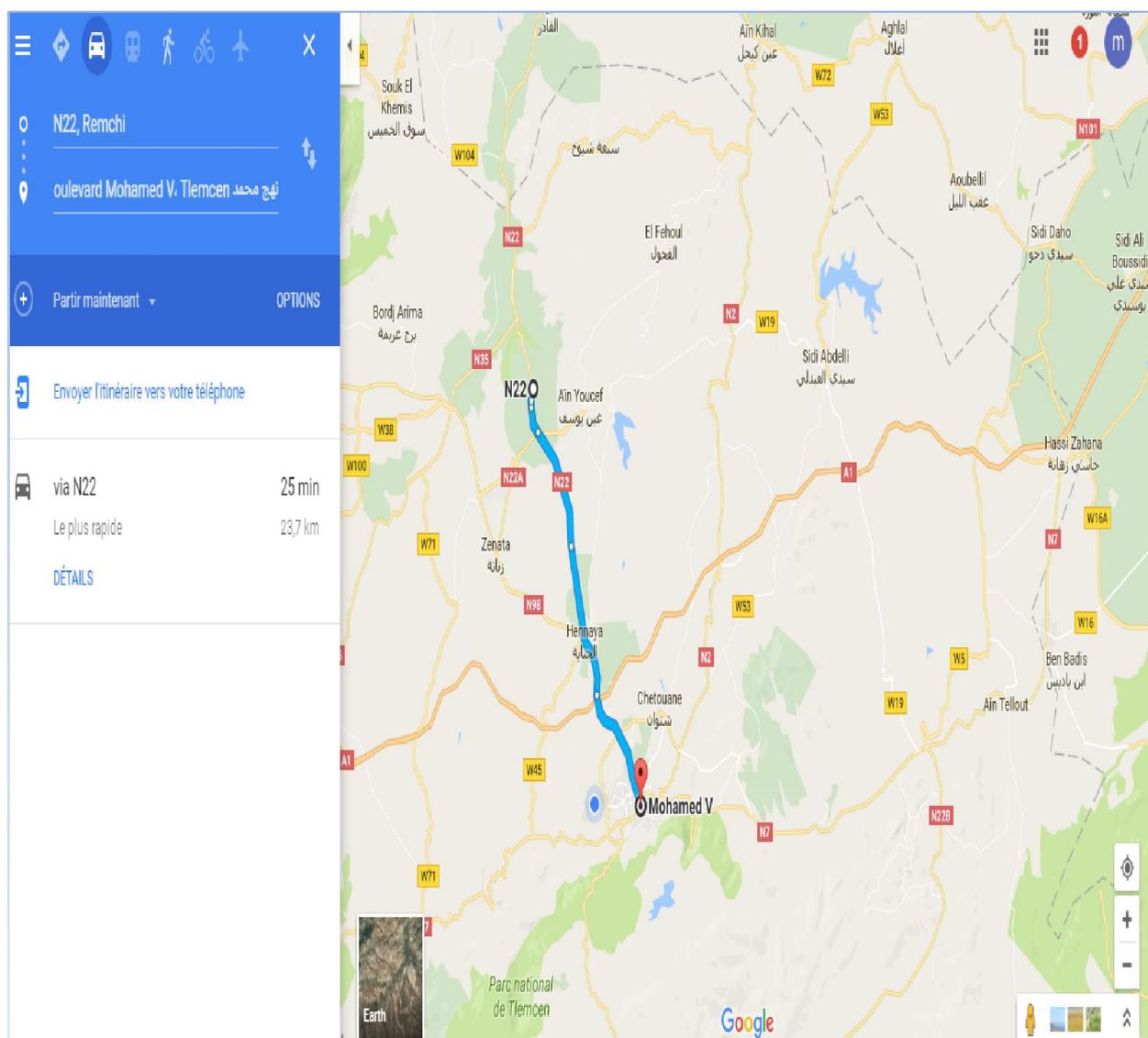


Figure 04 : Définition de la distance par google maps

### III.5. Modélisation mathématique :

#### III.5.2. Le 1<sup>er</sup> Problème : Capacitated Plant- Warehouse Location Problem

- La forme algébrique standard de ce problème consiste à définir la fonction objectif et les contraintes de ce modèle. Pour définir la structure de notre modèle nous avons besoin des nomenclatures suivantes :

##### a) Les nomenclatures :

- Les variables utilisées dans ce modèle peuvent être résumées dans la nomenclature suivante :

I : indice de site.

J : indice du centre des sites qui sera affecté au centre principal.

K : indice du centre principal de collecte.

*Quantité<sub>i</sub>* : la quantité de l'huile usée de chaque site qu'on peut récupérer.

*Cap1<sub>j</sub>* : Capacité de centre des sites j si sera servi par le petit camion.

*Cap2<sub>j</sub>* : Capacité de centre des sites j si sera servi par le grand camion.

*taux1<sub>j</sub>* : Le taux de remplissage nécessaire de petit camion pour lancer un tour

*taux2<sub>j</sub>* : Le taux de remplissage nécessaire de grand camion pour lancer un tour

*Dist1<sub>ij</sub>* : La distance entre le site i et le centre des sites j.

*Dist2<sub>ij</sub>* : La distance entre le centre des sites j et le centre principal de collecte k.

##### b) Les variables de décision :

Les trois variables de décision sont les variable  $Open1_j$  et  $Open2_j$  qui consistent à indiquer si le centre des sites j est ouvert ou fermé, Et la variable  $Affect_{ij}$  qui consiste à indiquer si le site i affecté au centre des sites ou non.

- ✓  $Open1_j$  : Prend 1 si le centre des sites j sera choisi par le camion de petite taille, et 0 si non.
- ✓  $Open2_j$  : Prend 1 si le centre des sites j sera choisi par le camion de grande taille, et 0 si non.
- ✓  $Affect_{ij}$  : Prend 1 si le site i sera affecté au centre des sites j, et 0 si non

c) La fonction objective :

Permet de minimiser Z présentée sous la forme suivante :

$$Z = \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^p Dist2_{jk} \cdot (Open1_j + Open2_j) + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m Dist1_{ij} \cdot Affect_{ij}$$

d) Sous Les contraintes:

Les contraintes peuvent être résumées comme suit :

1.  $\sum_{j=1}^m Affect_{ij} = 1, \forall i = 1..n$
2.  $Open1_j + Open2_j = 1, \forall j = 1..m$
3.  $Affect_{ij} \leq Open1_j + Open2_j, \forall i = 1..n, \forall j = 1..m$
4.  $\sum_{i=1}^n Quantit\acute{e}_i \cdot Affect_{ij} \leq Cap1_j \cdot Open1_j + Cap2_j \cdot Open2_j, \forall j = 1..m$
5.  $\sum_{i=1}^n Quantit\acute{e}_i \cdot Affect_{ij} \geq taux1_j \cdot Cap1_j \cdot Open1_j + taux2_j \cdot Cap2_j \cdot Open2_j, \forall j = 1..m$

e) L'explication des contraintes :

- 1<sup>er</sup> contrainte assure que chaque site i sera affecté à un seul centre des sites j.
- 2<sup>ème</sup> contrainte assure que chaque centre des sites peut être visité par un seul type de camion.
- 3<sup>ème</sup> contrainte dit qu'on peut affecter un site i à un centre des sites j seulement si le centre des sites j est choisi.
- 4<sup>ème</sup> contrainte assure que les sites i qui affectent à un centre des sites j ne dépassent pas sa capacité c.à.d la capacité du camion choisi.
- 5<sup>ème</sup> contrainte permet de faire un tournée si les sites i ayant au mois le taux de remplissage du camion choisi.

f) Les distances entre les points de collecte :

	CDCR	Tlemcen	Maghnia	beb El Assa	Zenata	Souk El Khmiss	Zouiya	Souahlia	Henaya	Ouled Ryiah	Sabra	Nedroma	...	Ghazaouet 3
CDCR	0	22	36	56	7,7	18	71	42	13	12	27	29		53,1
Tlemcen	22	0	52	84	19	45	84	87	9	28	29	56		68,2
Maghnia 1	36	52	0	37	46	64	24	39	50	41	25	28		44,3
beb El Assa	56	84	37	0	81	99	54	24	81	76	68	37		33
Zenata	7,7	19	46	81	0	32	67	60	9,6	9,9	28	38		49,6
Souk El Khmiss	18	45	64	99	32	0	53	67	36	39	57	50,7	...	56,2
Zouiya	71	84	24	54	67	53	0	56	81	63	37	53	...	65,5
Souahlia	42	87	39	24	60	67	56	0	84	64	70	20	...	10,4
Henaya	13	9	50	81	9,6	36	81	84	0	19	38	47		59,1
ouled Ryiah	12	28	41	76	9,9	39	63	64	19	0	19	41		53,2
Sabra	27	29	25	68	28	57	37	70	38	19	0	53		68
Nedroma	29	56	28	37	38	50,7	53	20	47	41	53	0		16,3
.						....								.
.						....								.
.						....								.
Ghazaouet 3	53,1	68,2	44,3	33	49,6	56,2	65,5	10,4	59,1	53,2	68	16,3		0

Tableau 08 : Les distances entre les points de collecte

---

## Logiciel Lingo

Nous avons utilisé pour notre problématique le logiciel Lingo 10

Qu'est-ce que LINGO ?

- ✓ LINGO est un outil complet conçu pour formuler rapidement, facilement et efficacement les problèmes d'optimisation de modèles linéaires, non linéaires, quadratiques, de cônes du second degré et stochastiques. LINGO met à votre disposition : un langage puissant et un environnement complet pour construire et éditer vos modèles, le tout complété d'un jeu de solveurs ultra-performants.[11]

Pourquoi choisir LINGO ?

- ✓ LINGO vous fait gagner un temps précieux dans vos phases de développement : en effet, LINGO vous permet de formuler rapidement et facilement vos problèmes d'optimisation linéaire, non-linéaire ou en nombres entiers. [11]
- ✓ Grâce à ses outils de modélisation, vos modèles sont exprimés de manière transparente à l'aide de sommes et de variables indicées. La méthode ne diffère guère de la méthode traditionnelle avec crayon et papier, mais vos modèles seront plus faciles à réutiliser et à mettre à jour !

Gestion optimale des données

- ✓ LINGO vous fait aussi gagner du temps en gérant vos données de manière optimale : lorsque vous construisez vos modèles, l'information est extraite automatiquement de bases de données et/ou de feuilles de calcul. Et inversement, les résultats sont exportés vers n'importe quelle base de données et/ou feuille de calcul, facilitant ainsi l'édition de rapports et la présentation des résultats dans l'application de votre choix.[11]

Des solveurs ultra-performants

- ✓ LINGO est livré avec un jeu de solveurs pour l'optimisation linéaire, non-linéaire (convexe ou non convexe), quadratique, sous contraintes, et en nombre entier. Vous n'avez même pas à vous préoccuper du choix du solveur : en effet, LINGO interprète lui-même vos formulations et sélectionne automatiquement le solveur adapté à chaque problème !

Modélisation interactive et création d'applications clés en main

- ✓ Vous pouvez construire et résoudre vos problèmes d'optimisation directement dans LINGO, ou appeler LINGO depuis une application personnalisée grâce aux DLL et aux liens OLE inclus. Vous pouvez même faire appel à LINGO depuis une macro Excel ou une base de données.

## g) Modèle lingo

```

MODEL:
  ! Capacitated Plant-WarehouseLocation Problem;
SETS:

  !i;   POINT / P1..P54/: Quantite;
  !j;   POINT_S / C1..C54/ : OPEN1,CAP1,CAP2,TAUX1, TAUX2,OPEN2 ;
  !k;   CENTRE_REMCHI/C1/: ;
ARCS1( POINT,POINT_S): DIST1, AFFECT1;
ARCS2( POINT_S, CENTRE_REMCHI): DIST2;

ENDSETS

DATA:

Quantite = 66.66666667  83.33333333  83.33333333  . . . . 2416.666667;
CAP1 = 6000 6000 6000 . . . . 6000;
CAP2 = 12000 12000 12000 . . . . 12000;
TAUX1 = 0.7 0.7 0.7 . . . . 0.7;
TAUX2 = 0.7 0.7 0.7 . . . . 0.7;
DIST1 =
                0  52  84  ...  68.2
                52  0  37  ...  .
                84  37  0  ...  .
                .  .  .  ...  .
                68.2  .  .  ...  0;

DIST2 =  22  36  56  . . . . 53.1;

ENDDATA

! The objective;

[TTL_COST] MIN = @SUM( ARCS2(j,k): DIST2(j,k)* (OPEN1(J)+OPEN2(J)))+ @SUM(
ARCS1(i,j): DIST1(i,j)* AFFECT1(I,J));

! sous constraints;

@FOR(POINT(i): @SUM(POINT_S(j):AFFECT1(i,j)) =1);

@FOR(POINT_S(j): (OPEN1(j)+OPEN2(j)) <= 1);

@FOR(ARCS1(i,j): AFFECT1(i,j) <= (OPEN1(j)+OPEN2(j)));

@FOR(POINT_S(j): @SUM (POINT(i):Quantite(i) * AFFECT1(i,j)) <= CAP1(j)*
OPEN1(j) + CAP2(j)* OPEN2(j));

@FOR(POINT_S(j): @SUM (POINT(i):Quantite(i) * AFFECT1(i,j)) >= TAUX1
*CAP1(j)* OPEN1(j) + TAUX2 *CAP2(j)* OPEN2(j));

@FOR(POINT_S(j): @BIN( OPEN1(j)));

@FOR(POINT_S(j): @BIN( OPEN2(j)));

@FOR(ARCS1 (i,j): @BIN(AFFECT1(i,j)));

END

```

## h) Les résultats et les interprétations :

Après l'exécution du modèle lingo on a obtenu le rapport suivant :

Global optimal solution found.

Objective value: 699.0500

Extended solver steps: 379

Total solver iterations: 159539

## a) Les centres des sites choisis :

• OPEN1( C1)	1.000000	22.00000
• OPEN1( C2)	1.000000	36.00000
• OPEN1( C7)	1.000000	42.00000
• OPEN1( C14)	1.000000	47.00000
• OPEN1( C17)	1.000000	0.6900000

## ➤ L'interprétation 01 :

On remarque que le logiciel choisi cinq (5) centres des sites parmi 54 points de collecte sont :

- Tlemcen 1(C1), Maghnia 1(C2), Souahlia 1(C7), Sebdou 1(C14) et Remchi 1(C17) ces points donne la plus petit distance pour la tournée de véhicule
- Egalement le résultat du modèle mathématique désigne un seul camion de capacité de 6000 L, très suffisant pour répondre aux besoins du processus de la collecte. C.à.d le service chargé de la collecte fait une mauvaise planification de la tournée, d'où le second camion de 12000 L peut être orienté vers un autre service.

## b) Les sites affectés au chaque centre des sites :

✓ AFFECT1( P1, C1)	1.000000	0.000000
✓ AFFECT1( P2, C2)	1.000000	0.000000
✓ AFFECT1( P3, C7)	1.000000	24.00000
✓ AFFECT1( P4, C17)	1.000000	10.00000
✓ AFFECT1( P5, C17)	1.000000	23.00000
✓ AFFECT1( P6, C2)	1.000000	24.00000
✓ AFFECT1( P7, C7)	1.000000	0.000000
✓ AFFECT1( P8, C1)	1.000000	9.000000
✓ AFFECT1( P9, C17)	1.000000	17.00000
✓ AFFECT1( P10, C2)	1.000000	25.00000
✓ AFFECT1( P11, C7)	1.000000	20.00000
✓ AFFECT1( P12, C17)	1.000000	36.00000
✓ AFFECT1( P13, C7)	1.000000	11.00000
✓ AFFECT1( P14, C14)	1.000000	0.000000
✓ AFFECT1( P15, C1)	1.000000	34.00000
✓ AFFECT1( P16, C17)	1.000000	42.00000
✓ AFFECT1( P17, C17)	1.000000	0.000000
✓ AFFECT1( P18, C1)	1.000000	5.500000
✓ AFFECT1( P19, C14)	1.000000	49.00000
✓ AFFECT1( P20, C17)	1.000000	7.400000
✓ AFFECT1( P21, C1)	1.000000	6.400000
✓ AFFECT1( P22, C1)	1.000000	6.000000
✓ AFFECT1( P23, C1)	1.000000	5.700000
✓ AFFECT1( P24, C14)	1.000000	47.00000
✓ AFFECT1( P25, C2)	1.000000	0.1500000
✓ AFFECT1( P26, C2)	1.000000	0.2600000

✓ AFFECT1( P27, C2)	1.000000	0.4500000
✓ AFFECT1( P28, C2)	1.000000	0.6500000
✓ AFFECT1( P29, C2)	1.000000	0.7000000
✓ AFFECT1( P30, C2)	1.000000	1.800000
✓ AFFECT1( P31, C2)	1.000000	3.300000
✓ AFFECT1( P32, C2)	1.000000	0.4500000
✓ AFFECT1( P33, C2)	1.000000	0.9000000
✓ AFFECT1( P34, C2)	1.000000	0.7500000
✓ AFFECT1( P35, C2)	1.000000	2.000000
✓ AFFECT1( P36, C17)	1.000000	0.8000000
✓ AFFECT1( P37, C17)	1.000000	1.600000
✓ AFFECT1( P38, C17)	1.000000	5.300000
✓ AFFECT1( P39, C17)	1.000000	0.7500000
✓ AFFECT1( P40, C1)	1.000000	2.200000
✓ AFFECT1( P41, C1)	1.000000	1.600000
✓ AFFECT1( P42, C1)	1.000000	1.000000
✓ AFFECT1( P43, C1)	1.000000	1.400000
✓ AFFECT1( P44, C7)	1.000000	1.900000
✓ AFFECT1( P45, C7)	1.000000	0.9000000
✓ AFFECT1( P46, C1)	1.000000	4.500000
✓ AFFECT1( P47, C14)	1.000000	0.6000000
✓ AFFECT1( P48, C14)	1.000000	1.400000
✓ AFFECT1( P49, C14)	1.000000	1.900000
✓ AFFECT1( P50, C14)	1.000000	1.600000
✓ AFFECT1( P51, C2)	1.000000	27.70000
✓ AFFECT1( P52, C7)	1.000000	19.30000
✓ AFFECT1( P53, C7)	1.000000	10.40000
✓ AFFECT1( P54, C17)	1.000000	53.10000

➤ L'interprétation 02 :

On remarque que les résultats d'affectation se fait à la base de minimiser la distance parcouru et maximiser la quantité du l'huile usée récupérée, les résultats sont groupés dans le tableau suivant :

La représentation des solutions des affectations :

Les centre des site	Les sites qui affects au centre des sites
Tlemcen 1	Tlemcen 2, Tlemcen 3, Tlemcen 4, Tlemcen 5, Beni Boublène, Koudia, Oudjlida, Chetouane, Henaya
Maghnia 1	Maghnia 2, Maghnia 3, Maghnia 4, Maghnia 5, Maghnia 6, Maghnia 7, Maghnia 8, Maghnia 9, Maghnia 10, Maghnia 11, Zouiya, Sabra, Nedroma 2.
Souahlia 1	Souahlia 2, Souahlia 3, Nedroma 1, Nedroma 3, Ghazaouet 1, Ghazaouet 2, Ghazaouet 3,
Sebdou 1	Sebdou 2, Sebdou 3, Sebdou 4, Sebdou 5, El Aricha, Ouled Mimoune
Remchi 1	Remchi 2, Remchi 3, Remchi 4, Remchi 5, Remchi 6, Souk El Khmis, Zenata, ouled Ryiah, Ain temouchent, Ain Youcef, Honaine

Tableau 09 : l'affectation des sites au centre des sites

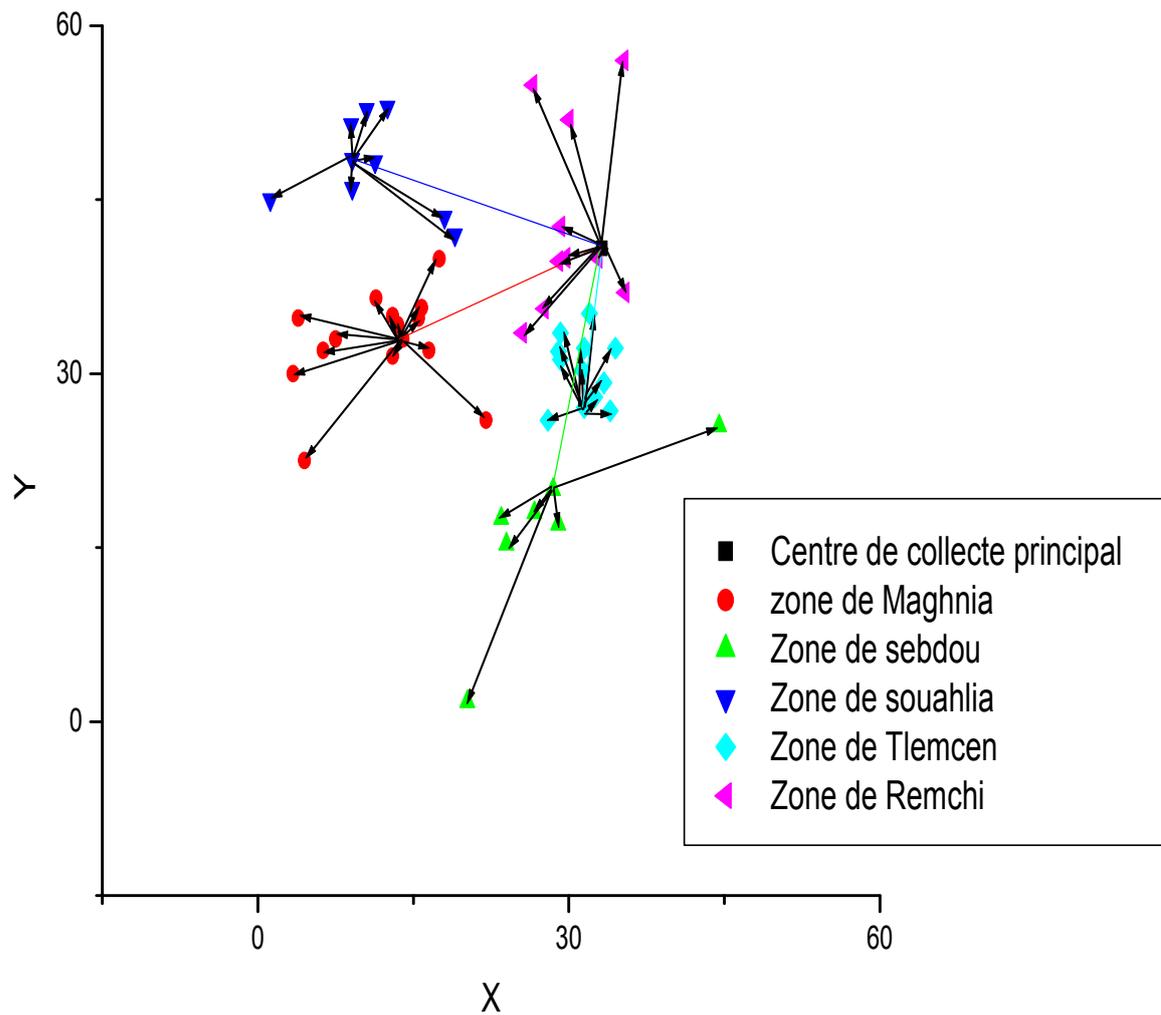


Figure 05 : la division de la willaya par zones

Aussi la figure 5, illustre les affectations de 54 points vers les 5 zones. Remarque certains point sont très proches de tels sorte qu'ils sont groupés part un seul point de couleur verte sur la figure5.

- ❖ À partir du modèle lingo précédent on a remarqué que la wilaya de Tlemcen est divisée en 5 zones. Aussi on a constaté que la collecte peut se faire pour chaque zone juste par le petit camion (6000 L).
- ❖ maintenant dans la partie suivante, nous organisons la tournée de véhicule pour chaque zone en se basant sur la recherche opérationnelle de TSP (traveling Salesman Problem).

#### IV.5.2. Le 2<sup>ème</sup> problème : Problème du voyageur de commerce

##### ✓ Problème du voyageur de commerce :

Le problème du voyageur de commerce, consiste à la recherche d'un trajet minimal permettant à un voyageur de visiter  $n$  villes. En générale, on cherche de minimiser le temps de parcours total ou la distance totale parcourue.

- Pour la réalisation de notre problème on a utiliser le modélise mathématiquement TSP largement utiliser dans la littérature en déterminant la fonction objectif, les contraintes et les variables de décision qui s'ont montré ci dessous :

##### a) Les nomenclatures

$N$  : Nombre de point de collecte à visiter. Les points de collecte sont numérotés de 1 à  $n$

$Q_k$ : Capacité du camion  $k$ .

$q_i$ : La quantité au point de collecte  $i$ .

$DIST_{ij}$ : Distance entre la ville  $i$  et  $j$ .

##### b) Les Variables de décision

$x_{ij}$ : Variable de décision binaire, égale à 1 si le camion passe du point de collecte  $i$  vers le point de collecte  $j$  et à 0 sinon.

##### c) La fonction objective :

Consiste à minimiser le coût de transport :

$$\min Z = \sum_i^n \sum_j^n DIST_{ij} \cdot x_{ij} \quad \text{avec: } i \neq j$$

##### d) Sous les contraintes :

1.  $\sum_j^n x_{ij} \quad \forall i = 1 \dots n$
2.  $\sum_i^n x_{ij} \quad \forall j = 1 \dots n$
3.  $\sum_i^n x_{ij} \leq n - 1$
4.  $x_{ij} \in \{0,1\}, \forall i = 1..n, \forall j = 1..m$

e) Explication des contraintes :

- la contrainte (1) impose que chaque point de collecte  $t_i$  ne peut accepter qu'un lien sortant vers un autre point de collecte  $j$ .
- et (2) impose chaque point de collecte  $j$  ne peut accepter qu'un lien entrant d'un autre point de collecte  $i$ .
- la contrainte (3) indique que la somme des liens dans un amas des points de collecte d'inférieure à l'ensemble des points de collecte de cet amas.
- et la contrainte (4) détermine la nature des variables de décisions.

f) Les distances entre les points de collecte :

Pour lancée l'exécution de notre modèle on a besoin les donnes suivantes :

	Maghnia	Zouiya	Sabra	Maghnia 2	Maghnia 3	Maghnia 4	Maghnia 5	Maghnia 6	Maghnia 7	Maghnia 8	maghnia 9	Maghnia 10	Maghnia 11	Maghnia 12	Nedroma 2
Maghnia 1	0	24	25	0,15	0,26	0,45	0,65	0,7	1,8	3,3	0,45	0,9	0,75	2	27,7
Zouiya	24	0	37	24,3	24,4	24,2	25,1	24,9	25,5	26,1	24,3	23,6	24,4	26,3	51,8
Sabra	25	37	0	24,7	24,8	24,5	25,5	25,3	25,9	26,1	24,6	23,7	24,8	26,6	52,2
Maghnia 2	0,15	24,3	24,7	0	0,12	0,5	0,5	0,55	1,9	6,9	0,4	0,95	0,7	1,9	27,6
Maghnia 3	0,26	24,4	24,8	0,12	0	0,6	0,5	0,45	1,8	1,9	0,15	1,1	0,65	1,9	27,4
Maghnia 4	0,45	24,2	24,5	0,5	0,6	0	0,6	1	1,6	1	0,9	0,9	1,2	1,9	27,8
Maghnia 5	0,65	25,1	25,5	0,5	0,5	0,6	0	0,65	1,2	1,1	0,8	1,5	1,2	1,4	27,5
Maghnia 6	0,7	24,9	25,3	0,55	0,45	1	0,65	0	1,8	1,9	0,8	1,6	0,75	1,9	26,9
Maghnia 7	1,8	25,5	25,9	1,9	1,8	1,6	1,2	1,8	0	0,65	2,1	2,4	2,4	1	28,7
Maghnia 8	3,3	26,1	26,1	6,9	1,9	1	1,1	1,9	0,65	0	3,7	3,4	3,9	2,4	31,7
maghnia 9	0,45	24,3	24,6	0,4	0,15	0,9	0,8	0,8	2,1	3,7	0	0,9	0,3	2,3	27,7
Maghnia 10	0,9	23,6	23,7	0,95	1,1	0,9	1,5	1,6	2,4	3,4	0,9	0	1,1	2,6	28,4
Maghnia 11	0,75	24,4	24,8	0,7	0,65	1,2	1,2	0,75	2,4	3,9	0,3	1,1	0	2,6	27,6
Maghnia 12	2	26,3	26,6	1,9	1,9	1,9	1,4	1,9	1	2,4	2,3	2,6	2,6	0	62,8
Nedroma 2	27,7	51,8	52,2	27,6	27,4	27,8	27,5	26,9	28,7	31,7	27,7	28,4	27,6	62,8	0

Tableau 10 : Les distances entre les points de collecte dans le zone de Maghnia

	beb El Assa	Souahlia	Nedroma	Ghazaouet	Souahlia 2	Souahlia 3	Nedroma 3	Ghazaouet 2	Ghazaouet 3
beb El Assa	0	24	37	34	21,6	23	36,1	33,1	33
Souahlia	24	0	20	11	1,9	0,9	19,3	10,4	10,4
Nedroma	37	20	0	16	18,4	19,8	1,3	17,5	16,3
Ghazaouet	34	11	16	0	11,9	10,8	14,7	1,8	0,6
Souahlia 2	85,6	80,1	57,5	70,3	80,9	79,8	63,2	71	71,1
Souahlia 3	21,6	1,9	18,4	11,9	0	1,4	17,4	11,4	11
Nedroma 3	37,2	20,4	0,16	15,8	18,5	19,9	1,3	17,7	17,8
Ghazaouet 2	36,1	19,3	1,3	14,7	17,4	18,7	0	16,7	16,7
Ghazaouet 3	33,1	10,4	17,5	1,8	11,4	10,3	16,7	0	0,9

Tableau 11 : Les distances entre les points de collecte dans le zone de Souahlia

	Tlemcen	Henaya	Sidi Abdelli	Chetouane	Oudjlida	Kudia	Beni Boublène	Tlemcen 2	Tlemcen 3	Tlemcen 4	Tlemcen 5	kudia 2
Tlemcen	0	9	34	5,5	6,4	6	5,7	2,2	1,6	1	1,4	4,5
Henaya	9	0	40	12	9,3	5,3	13	11,2	7,7	9,9	10,4	6,7
Sidi Abdelli	34	40	0	31	35	37	41	32,2	36,2	33,6	32,7	35,8
Chetouane	5,5	12	31	0	4,2	6,9	11	7,7	7,7	5,2	6,4	7,4
Oudjlida	6,4	9,3	35	4,2	0	5,9	10	7,2	5	5,9	6,8	4,7
Koudia	6	5,3	37	6,9	5,9	0	7,8	8,1	3,3	6,9	7,3	0,028
Beni Boublène	5,7	13	41	11	10	40	0	4,3	4,9	5,1	3,6	7,8
Tlemcen 2	2,2	11,2	32,2	7,7	7,2	8,1	4,3	0	3,8	1,4	1	6,7
Tlemcen 3	1,6	7,7	36,2	7,7	5	3,3	4,9	3,8	0	2,5	2,9	3,1
Tlemcen 4	1	9,9	33,6	5,2	5,9	6,9	5,1	1,4	2,5	0	1,3	5,4
Tlemcen 5	1,4	10,4	32,7	6,4	6,8	7,3	3,6	1	2,9	1,3	0	5,9
kudia 2	4,5	6,7	35,8	7,4	4,7	0,028	7,8	6,7	3,1	5,4	5,9	0

Tableau 12 : Les distances entre les points de collecte dans le zone de Tlemcen

	Sebdou	El Aricha	Ouled Mimour	sebdou 2	sebdou 3	sebdou 4	sebdou 5
Sebdou	0	49	47	0,6	1,4	1,9	1,6
El Aricha	49	0	96	48,4	49	48,1	48,7
Ouled Mimour	47	96	0	47,5	48,3	48,8	48,3
sebdou 2	0,6	48,4	47,5	0	1,5	1,3	0,7
sebdou 3	1,4	49	48,3	1,5	0	2,3	1,9
sebdou 4	1,9	48,1	48,8	1,3	2,3	0	0,75
sebdou 5	1,6	48,7	48,3	0,7	1,9	0,75	0

Tableau 13 : Les distances entre les points de collecte dans le zone de Sebdou

	Zenata	Ouk El Khmis	Ouled Ryiah	Honaine	in temouche	Remchi	Ain Youcef	Remchi 2	Remchi 3	Remchi 4	Remchi 5
Zenata	0	32	9,9	45	51	10	12	22,2	20,1	20,1	22,2
Ouk El Khmis	32	0	39	18	40	23	30	27,7	22,9	22,8	27,7
Ouled Ryiah	9,9	39	0	51	57	17	18	25,8	23,8	23,7	25,8
Honaine	45	18	51	0	53	36	42	40,2	35,3	35,3	40,1
in temouche	51	40	57	53	0	42	49	46,6	41,8	41,7	46,6
Remchi	10	23	17	36	42	0	7,4	0,8	1,6	5,3	0,75
Ain Youcef	12	30	18	42	49	7,4	0	7,2	8,9	5,9	7,2
Remchi 2	22,2	27,7	25,8	40,2	46,6	0,8	7,2	0	1,6	1,8	0,098
Remchi 3	20,1	22,9	23,8	35,3	41,8	1,6	8,9	1,6	0	3,3	1,7
Remchi 4	20,1	22,8	23,7	35,3	41,7	5,3	5,9	1,8	3,3	0	5,1
Remchi 5	22,2	27,7	25,8	40,1	46,6	0,75	7,2	0,098	1,7	5,1	0

Tableau 14 : Les distances entre les points de collecte dans le zone de Remchi

❖ On utilise pour la résolution de ce problème l'outil LINGO:

### g) Modèle lingo

SETS:

```
CITY: U;
LINK( CITY, CITY): DIST, X;
```

ENDSETS

DATA:

```
CITY=
  Maghnia   Zouiya       Sabra Maghnia2   Maghnia3   Maghnia4   Maghnia5
           Maghnia6   Maghnia7   Maghnia8   maghnia9   Maghnia10  Maghnia11
           Maghnia12  Nedroma2
;
DIST=
           0   24  25  ...  27.7
           24   0  17  ...   .
           25  17   0  ...   .
           .   .   .  ...   .
           27.7 .   .  ...  0;
```

ENDDATA

```
N = @SIZE( CITY);
MIN = @SUM( LINK(i,j): DIST(i,j) * X(i,j));

@FOR( CITY( k):
  @SUM( CITY( i)| i #NE# k: X( i, k)) = 1;
  @SUM( CITY( j)| j #NE# k: X( k, j)) = 1;
  X( k, k) = 0;
);

U(1) = 0;

@FOR( CITY(i) | i #GT# 1:
  U(i) >= 2 - X(1,i) + (N-3)*X(i,1);
  U(i) <= (N-2) + X(i,1) - (N-3)*X(1,i);
);

@FOR( LINK(i,j)| i #GT# 1 #AND# j #GT# 1 #AND# i #NE# j:
  U( j) >= U( i) + X(i,j)
             - X(j,i)
             - (N-2)*(1 - X(i,j) - X(j,i));
);

@FOR( LINK(i,j): @BIN( X(i,j)));

@SUM( CITY( i): U( i)) = ( N-1)*N/2;
```

h) Les résultats et les interprétations :

a) Le rapport d'exécution (LINGO):

✓ Pour la zone de Maghnia :

Global optimal solution found.  
 Objective value: 145.5200  
 Extended solver steps: 3  
 Total solver iterations: 954

Variable	Value	Reduced Cost
N	15.00000	0.000000

➤ Le sequence de tournée :

U ( MAGHNIA)	0.000000	0.000000
U ( ZOUIYA)	1.000000	0.000000
U ( SABRA)	2.000000	0.000000
U ( MAGHNIA2)	14.00000	0.000000
U ( MAGHNIA3)	13.00000	0.000000
U ( MAGHNIA4)	4.000000	0.000000
U ( MAGHNIA5)	8.000000	0.000000
U ( MAGHNIA6)	10.00000	0.000000
U ( MAGHNIA7)	6.000000	0.000000
U ( MAGHNIA8)	5.000000	0.000000
U ( MAGHNIA9)	12.00000	0.000000
U ( MAGHNIA10)	3.000000	0.000000
U ( MAGHNIA11)	11.00000	0.000000
U ( MAGHNIA12)	7.000000	0.000000
U ( NEDROMA2)	9.000000	0.000000

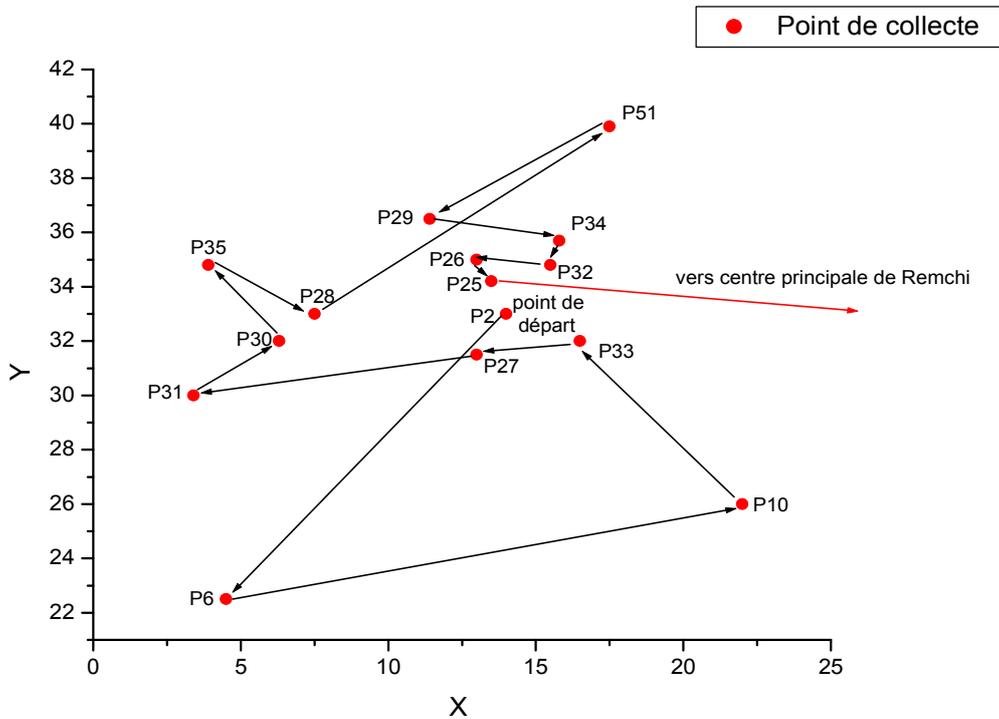


Figure 06 : Tournée de véhicule de la zone de Maghnia

✓ Pour la zone de Tlemcen :

Global optimal solution found.  
 Objective value: 96.92800  
 Extended solver steps: 0  
 Total solver iterations: 1127

Variable	Value	Reduced Cost
N	12.00000	0.000000
U( TLEMEN)	0.000000	0.000000
U( HENAYA)	2.000000	0.000000
U( SIDI_ADELLE)	7.000000	0.000000
U( CHETOUANE)	6.000000	0.000000
U( OUDJLIDA)	5.000000	0.000000
U( KUDIA)	3.000000	0.000000
U( BENI_BOUBLENE)	9.000000	0.000000
U( TLEMEN_2)	8.000000	0.000000
U( TLEMEN_3)	1.000000	0.000000
U( TLEMEN_4)	11.00000	0.000000
U( TLEMEN_5)	10.00000	0.000000
U( KUDIA_2)	4.000000	0.000000

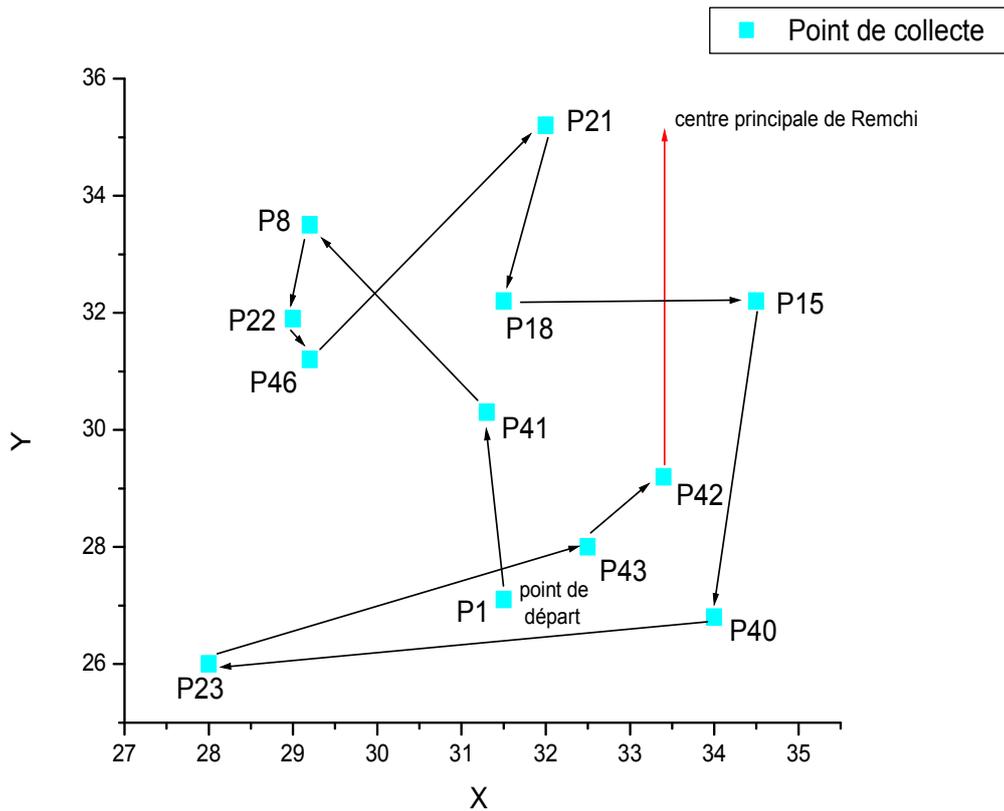


Figure 07 : tournée de véhicule de la zone de Tlemcen

✓ Pour la zone de Souahlia :

Global optimal solution found.  
 Objective value: 132.9600  
 Extended solver steps: 0  
 Total solver iterations: 278

Variable	Value	Reduced Cost
N	9.000000	0.000000
U( BEB_EL_ASSA)	0.000000	0.000000
U( SOUAHLIA)	1.000000	0.000000
U( NEDROMA)	8.000000	0.000000
U( GHAZAOUET)	4.000000	0.000000
U( SOUAHLIA2)	3.000000	0.000000
U( SOUAHLIA3)	2.000000	0.000000
U( NEDROMA3)	7.000000	0.000000
U( GHAZAOUET2)	6.000000	0.000000
U( GHAZAOUET3)	5.000000	0.000000

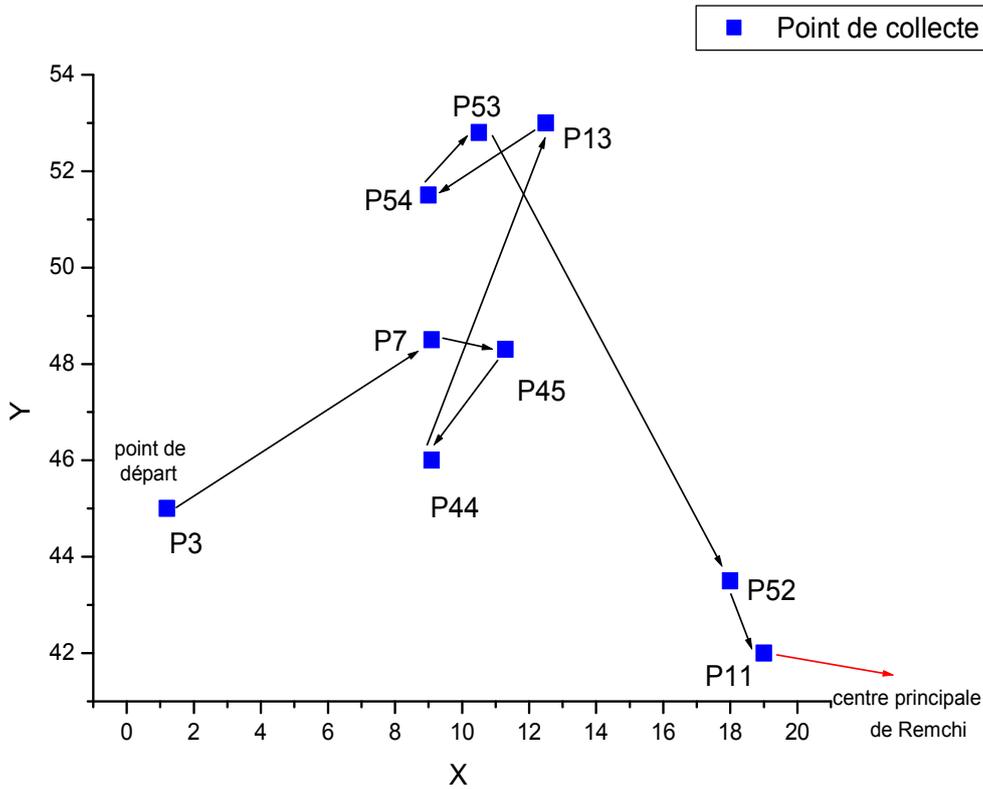


Figure 08 : Tournée de véhicule de la zone de Souahlia

✓ Pour la zone de Sebduou :

Global optimal solution found.  
 Objective value: 194.4500  
 Extended solver steps: 0  
 Total solver iterations: 45

Variable	Value	Reduced Cost
N	7.000000	0.000000
U( SEBDUO)	0.000000	0.000000
U( EL_ARICHA)	2.000000	0.000000
U( OULED_MIMOUNE)	6.000000	0.000000
U( SEBDUO2)	5.000000	0.000000
U( SEBDUO3)	1.000000	0.000000
U( SEBDUO4)	3.000000	0.000000
U( SEBDUO5)	4.000000	0.000000

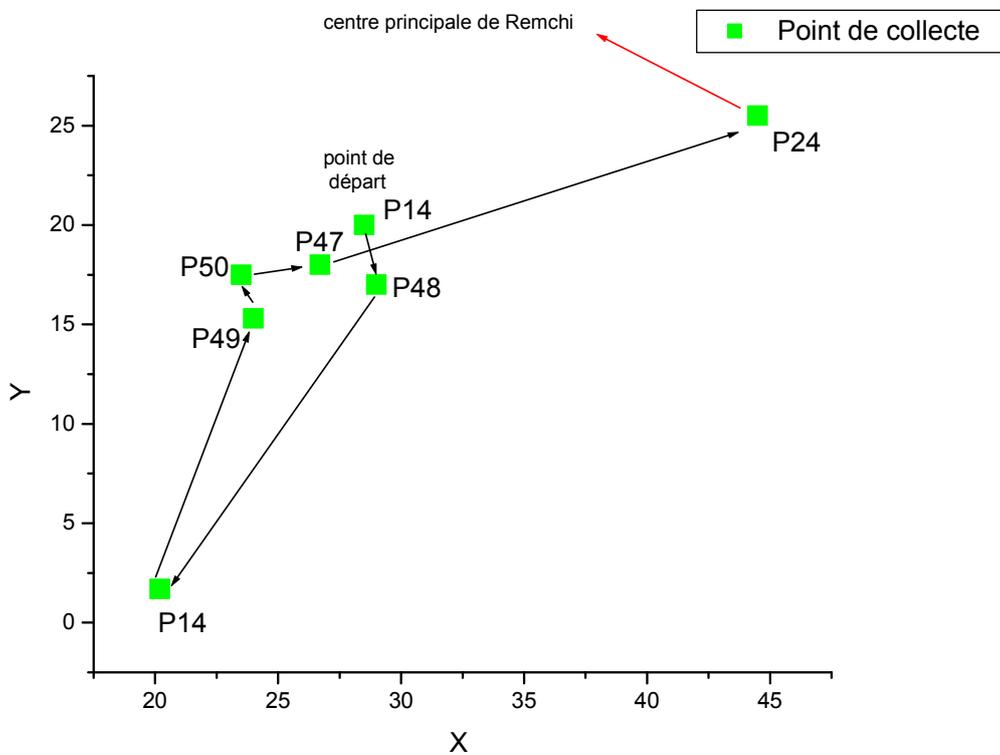


Figure 09: Tournée de véhicule de la zone de Sebduou

✓ Pour la zone de Remchi :

Global optimal solution found.  
 Objective value: 181.2480  
 Extended solver steps: 15  
 Total solver iterations: 8017

Variable	Value	Reduced Cost
N	11.00000	0.000000
U( ZENATA)	0.000000	0.000000
U( SOUK_EL_KHMISS)	5.000000	0.000000
U( OULED_RYIAH)	1.000000	0.000000
U( HONAINA)	6.000000	0.000000
U( AIN_TEMOUCHENT)	4.000000	0.000000
U( REMCHI)	10.00000	0.000000
U( AIN_YOUCEF)	2.000000	0.000000
U( REMCHI_2)	8.000000	0.000000
U( REMCHI_3)	7.000000	0.000000
U( REMCHI_4)	3.000000	0.000000
U( REMCHI_5)	9.000000	0.000000

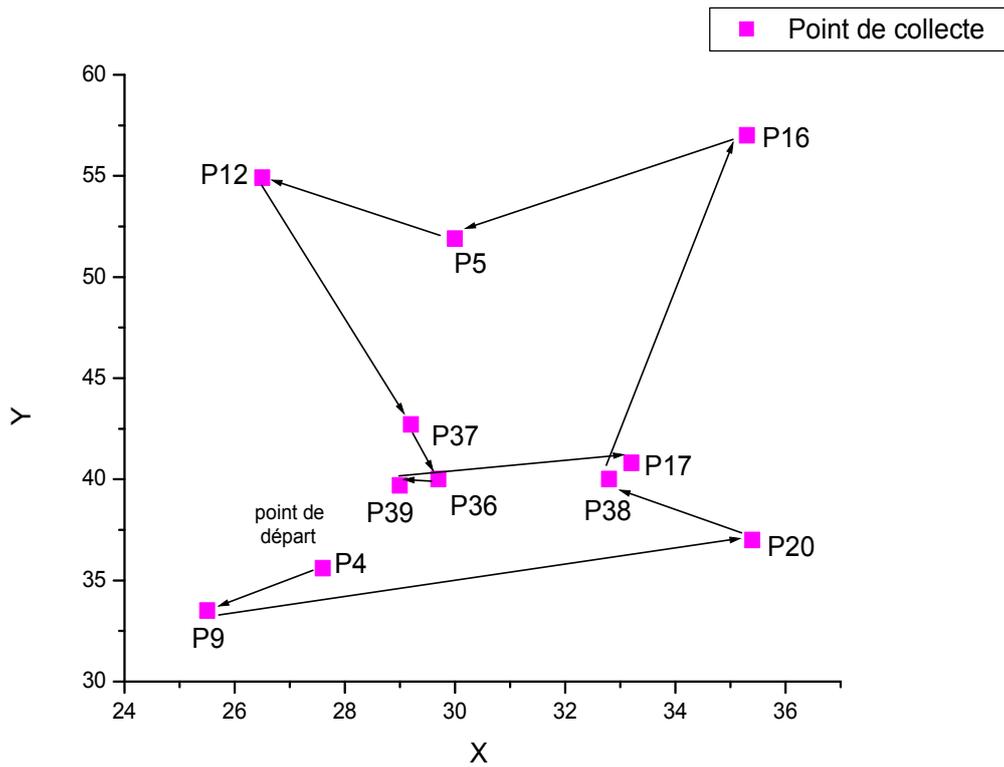


Figure 10: Tournée de véhicule de la zone de Remchi

## b) L'interprétation :

- Afin d'expliquer les résultats, En prenant par exemple la zone de Maghnia
- Le véhicule va commencer sa tournée a partir du point de collecte P2 (Maghnia 1) car c'est le plus proche par rapport à Remchi. Ensuite il continue son passage selon les résultat de classement  $U(i)$  , comme la suivant (P2 , P6, P10, P33, P31, P30, P35, P28, P51, P29, P34, P32, P26, P25) est d'une manière optimale la distance est minimisé pour un parcours de (145.52 Km), cette séquence est montrée par la figure ci-dessus.

## III.6. Conclusion :

- Dans ce chapitre, nous avons établi un modèle de groupement des zones de la collecte des huiles usées en respectant la norme environnementale de la capacité minimale acquise. La comparaison entre nos résultats et le mode opératoire exercé par le service de la collecte chez Naftal Remchi, montre une nette amélioration car on a trouvé qu'un seul camion de 6000 L suffit pour ramasser les huiles usagées.
- Pour tracer le plan de la tournée de 5 zones groupant 54 points de collecte. nous avons utilisé le solver Lingo dont les circuits de chaque tournée est tracé individuellement. Pour donner à notre étude une contribution réelle nous avons inspiré les distances entre les différents nœuds à partie de la version actuelle de google Map des routes de la wilaya de Tlemcen.
- Dans le chapitre suivant : on aura l'occasion de discuter sur la mise en réalisation de notre nouvel vision qui concernent l'amélioration du service et du rendement du processus de collecte des huiles usées dans la wilaya de Tlemcen comme une étude pilote.

## IV. Chapitre 04 : contribution à l'amélioration de la collecte des huiles via des emplacements optimaux des réservoirs intelligents

### IV.1. Introduction

D'après le groupe de « environnement urbain propre », l'Algérie a été classée en troisième position selon la saleté après la Gambie et le Rouanda. Cela est dû d'une part au manque du sens de responsabilité et de civisme chez le citoyen Algérien, d'autre part les autorités n'ont pas donné assez d'importance en termes de rigueur pour le au niveau de secteur de gestion des déchets. Par la suite et au fil des années, cette négligence a engendré l'accumulation des déchets dans l'entourage et l'apparition de décharges non contrôlées. Ces dernières ont un Impact néfaste sur l'environnement car elles ravagent les paysages et nuisent à la santé des êtres vivants. Afin de contribuer dans la diminution de ces impacts néfastes, nous avons eu l'idée d'étudier le problème de la gestion de la collecte les huiles usagées dans la région de (Tlemcen) afin de acheminer le chemin le plus correct pour leurs valorisation et de protéger l'environnement.

#### IV.1.1. Problème :

Après avoir interviewé plus d'une douzaine des propriétaires de garage de vidange dans la ville de Tlemcen, nous avons constaté des infractions. Si l'État impose des sanctions sévères pour le versement de l'huile utilisée dans les égouts sanitaires, certains garagistes de vidange n'arrivent pas à trouver l'endroit le plus approprié pour se débarrasser de leurs déchets de lubrifiant d'une manière instantanée et attendent Naftal qu'elle fasse se boulot ou bien ils les cèdent aux entrepreneurs si l'occasion est ouverte. En conclusion, un problème économique et environnemental tellement grave qui doit être soulevé d'une manière régulière.

#### IV.1.2. Résolution du problème :

Pour résoudre ce problème nous avons proposé une politique basée sur la localisation des réservoirs intelligents dans des points tous près des stations de vidange. L'optimisation des points et le nombre des réservoirs intelligents est inspiré des problèmes de localisation- allocation. Nous avons ainsi élaboré un modèle mathématique en entier mixte pour trouver les centres de gravité des zones de clients non classées par Naftal et qui doivent participer obligatoirement dans le processus de la collecte. C.à.d combien, on doit placer de réservoirs intelligents pour avoir un bon service qui motive les stations de vidange de verser les lubrifiants à d'huile utilisée dans ces cuves. Entre autre chercher à rapprocher les stations de vidange non potentiel a ces réservoirs de versement le plus maximum possible.

## IV.2. Partie I : localisation des réservoirs

### IV.2.1. Les statistiques sur la zone d'étude :

Pour ne pas alourdir les résultats de cette partie, on a choisi la commune de Tlemcen. Et afin de déterminer l'efficacité de notre proposition, les 50 points qui concernent endroits de vidange non potentiel des huiles dans la ville Tlemcen sont les suivants :

- ✓ Les coordonnées géométriques de chaque point de vidange :

Les points de vidanges	Les coordonnées géométriques			Les coordonnées géométriques	
point 1	653153.48	3859839.18	point 32	653613.39	3861261.94
point 2	653838.23	3860002.98	point 33	653560.74	3860438.32
point 3	654198.57	3860111.99	point 34	654386.76	3860652.68
point 4	654955.68	3860039.57	point 35	655751.64	3861118.79
point 5	655511.04	3860508.95	point 36	654123.20	3861118.19
point 6	654823.04	3860961.81	point 37	654771.95	3861544.84
point 7	654324.67	3860826.81	point 38	654337.93	3860192.22
point 8	653273.93	3861071.42	point 39	655167.32	3861303.69
point 9	653096.28	3861405.82	point 40	654520.78	3862072.34
point 10	653039.55	3862813.61	point 41	654466.05	3861626.76
point 11	653622.67	3861013.81	point 42	653372.80	3862541.51
point 12	654275.73	3861322.12	point 43	653158.11	3862534.25
point 13	652684.06	3861691.27	point 44	655003.59	3861119.63
point 14	654482.98	3861148.88	point 45	654585.55	3861728.74
point 15	656128.98	3861459.72	point 46	653151.22	3861061.49
point 16	652421.01	3862182.35	point 47	653278.02	3861433.38
point 17	653222.84	3862468.10	point 48	653088.63	3861737.52
point 18	654321.05	3862277.77	point 49	654358.21	3861077.11
point 19	655071.17	3863728.94	point 50	654251.47	3862229.77
point 20	654027.65	3862569.26			
point 21	653095.89	3862729.35			
point 22	652780.74	3862432.42			
point 23	650966.25	3863043.09			
point 24	650975.66	3863254.15			
point 25	653174.14	3862494.58			
point 26	653775.34	3862494.46			
point 27	654983.92	3863295.33			
point 28	653119.91	3863964.76			
point 29	652984.14	3864399.27			
point 30	653995.57	3862204.72			
point 31	652833.68	3861402.99			

Tableau 15 : Les coordonnées géométriques de chaque point de vidange

#### IV.2.2. Le modèle mathématique :

##### a) Modèle de Capacitated centred clustering problem (CCCP):

- La localisation des sites (installations) est un problème majeur pour les décisions stratégiques. De nombreuses applications ont été explorées dans des domaines tels que les télécommunications, le transport et la distribution industrielle, avec des applications sur la localisation des sites pour l'exploration pétrolière, les zones de collecte des ordures, et d'autres.
- Le problème "capacitated centred clustering problem" (CCCP) est un cas général de (CPMP) capacitated p-median problem, qui peut être vu comme le problème de la définition d'un ensemble d'amas avec une capacité limitée. Où chaque amas a un centre de gravité situé au centre géométrique de ses n points et couvre toutes les demandes d'un ensemble de n points.
- Le problème de CCCP (capacitated centred clustering problem) consiste à partitionner un ensemble de n points en p groupes appelé amas, avec une capacité connue. Chaque amas est spécifié par un centre de gravité. L'objectif de (CCCP) est de minimiser la distance totale au sein de chaque groupe (amas), de telle sorte qu'une limite de capacité donnée à un amas ne soit pas dépassée.

##### b) Les nomenclatures :

i : Ensemble des points de vidange indexés i;  $I = \{1, \dots, n\}$  pour les points de vidange.

j : Ensemble des amas des points de vidange indexés par j ;  $J = \{1, \dots, m\}$  pour les amas des point de vidange.

$x_i$  et  $y_i$ : Position géométrique du point de vidange i.

$N_c$  : Nombre des clients affectés à l'amas des points de vidange j.

##### c) variable de décision :

$Affect_{ij}$  =Prend 1 si le point de vidange i sera affecte à une amas j, et 0 si non

$x'_j$  et  $y'_j$ : Position géométrique de l'amas des points de vidange j.

✓ La formulation mathématique de ce problème est définie comme suit:

##### d) La fonction objective :

$$\min Z = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p \sqrt{(x_i - x'_j)^2 + (y_i - y'_j)^2} \cdot Affect_{ij}$$

e) Sous Les contraintes:

Les contraintes peuvent être résumées comme suit :

1.  $\sum_{j=1}^m Affect_{ij} = 1, \forall i = 1..n$
2.  $\sum_{i=1}^m Affect_{ij} = Nc, \forall j = 1..m$
3.  $\sum_{i=1}^n x_i \cdot Affect_{ij} \leq x'_j \cdot Nc, \forall j = 1..m$
4.  $\sum_{i=1}^n y_i \cdot Affect_{ij} \leq y'_j \cdot Nc, \forall j = 1..m$
5.  $Affect \in \{0,1\}, Nc \in \mathbb{N}, (x_i + x'_j) \text{ et } (y_i + y'_j) \in \mathbb{R}, \forall i = 1..n, \forall j = 1..m$

f) Explication des contraintes :

- La contrainte (1) impose que chaque point de vidange soit affecté à un seul amas.
- La contrainte (2) donne le nombre de point de vidange dans un amas.
- Les contraintes (3) et (4) donnent la localisation des centres de gravité des amas de points de vidange.
- La contrainte (5) définit la nature des variables de décisions.

g) Modèle LINGO :

SETS:

```
PVID/C1..C50/:X,Y;
Amat/A1..A2/:Xa,Ya,Nc;
lien(PVID,Amat):AF;
```

ENDSETS

DATA:

```
X = 653153.48 653838.23 654198.57 654955.68 655511.04 654823.04
    654324.67 653273.93 653096.28 653039.55 653622.67 654275.73
    652684.06 654482.98 656128.98 652421.01 653222.84 654321.05
    655071.17 654027.65 653095.89 652780.74 650966.25 650975.66
    653174.14 653775.34 654983.92 653119.91 652984.14 653995.57
    652833.68 653613.39 653560.74 654386.76 655751.64 654123.20
    654771.95 654337.93 655167.32 654520.78 654466.05 653372.80
    653158.11 655003.59 654585.55 653151.22 653278.02 653088.63
    654358.21 654251.47;

;
Y = 3859839.18 3860002.98 3860111.99 3860039.57 3860508.95 3860961.81
    3860826.81 3861071.42 3861405.82 3862813.61 3861013.81 3861322.12
    3861691.27 3861148.88 3861459.72 3862182.35 3862468.10 3862277.77
    3863728.94 3862569.26 3862729.35 3862432.42 3863043.09 3863254.15
    3862494.58 3862494.46 3863295.33 3863964.76 3864399.27 3862204.72
    3861402.99 3861261.94 3860438.32 3860652.68 3861118.79 3861118.19
    3861544.84 3860192.22 3861303.69 3862072.34 3861626.76 3862541.51
    3862534.25 3861119.63 3861728.74 3861061.49 3861433.38 3861737.52
    3861077.11 3862229.77;
```

ENDDATA

```
! la fonction objective:
MIN=@SUM(lien(i,j):(@sqrt((X(i)-Xa(j))^2+(Y(i)-Ya(j))^2))*AF(i,j));
! Sous les contraintes;;
@for(PVID(i):@sum(Amat(j):AF(i,j))=1);
@for(Amat(j):@sum(PVID(i):AF(i,j))=Nc(j));
@for(amat(j):@sum(PVID(i): X(i)*AF(i,j))<=Nc(j)*Xa(j));
@for(amat(j):@sum(PVID(i): Y(i)*AF(i,j))<=Nc(j)*Ya(j));
@for(PVID(i):@for(amat(j):@bin(AF(i,j))));
```

END

### IV.2.3. Résultats et interprétation :

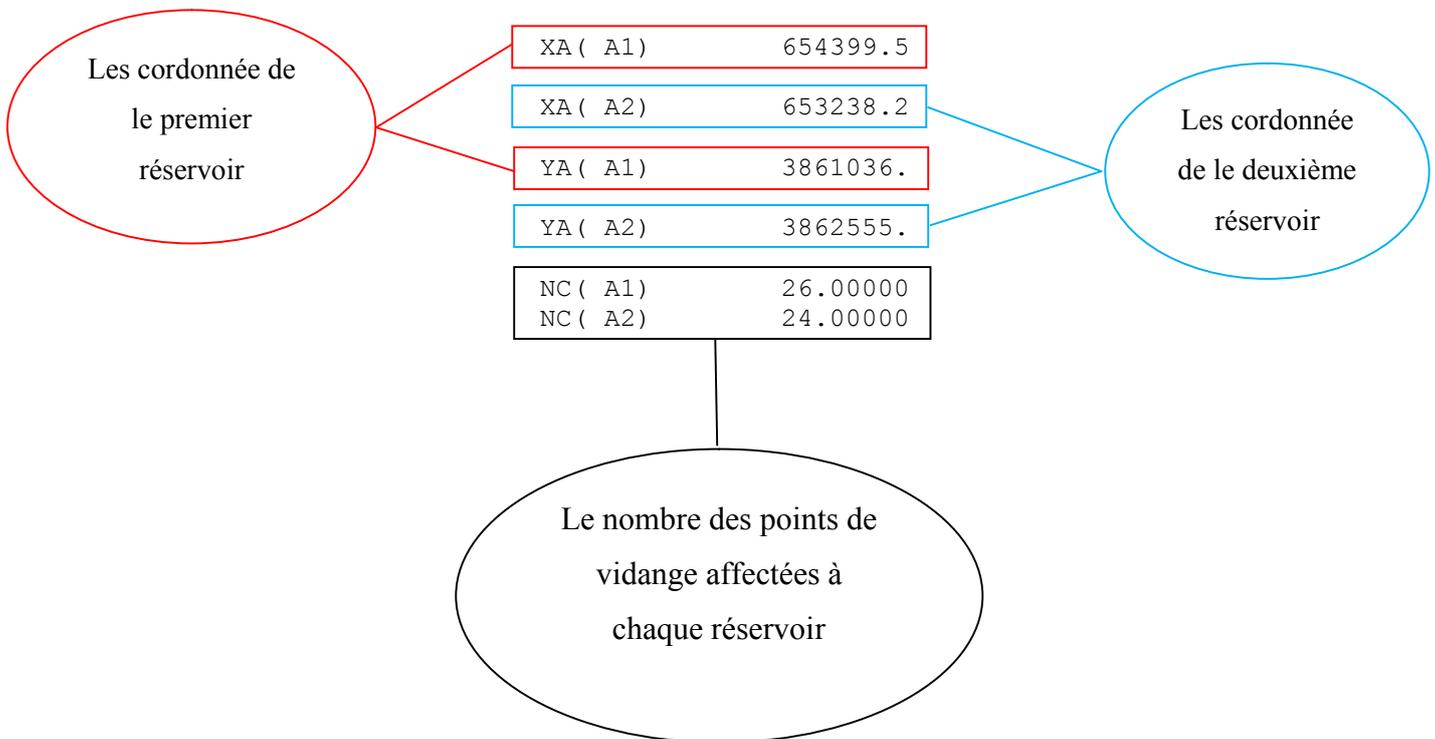
#### IV.2.3.1 Les résultats :

D'après l'exécution de modèle LINGO on a trouve le suivant :

✓ L'objective :

```
Local optimal solution found.  
Objective value:                45509.10  
Extended solver steps:          0  
Total solver iterations:        188
```

✓ Les cordonnés et la taille de chaque amas :



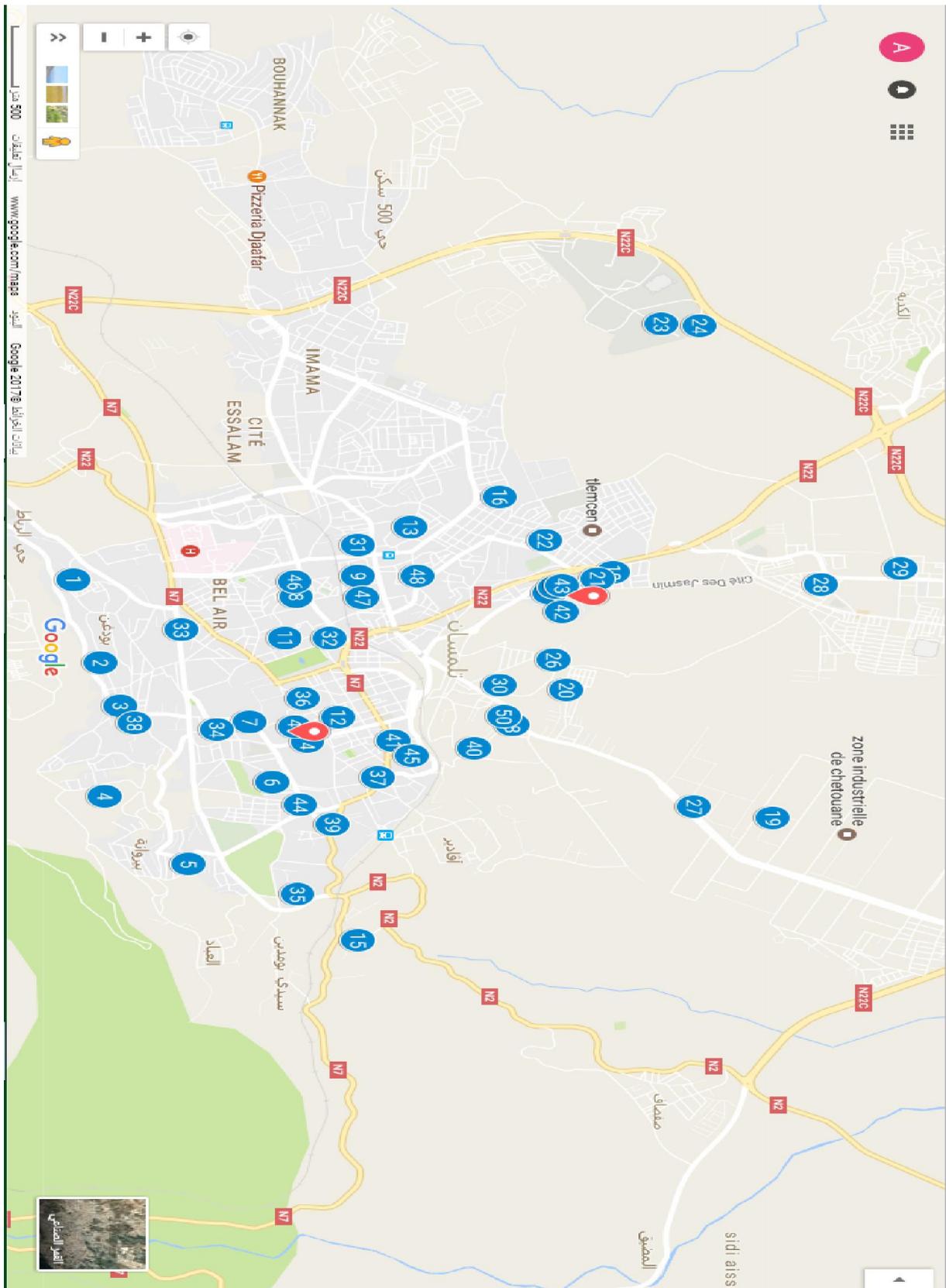


Figure 11 : carte de la commune de Tlemcen avec les points de vidange et les réservoirs localisés

IV.2.3.2. Interprétation :

- D'après les résultats de la partie CCCP, on a remarqué que le modèle mathématique implémenté sur le solveur LINGO nous a choisi les points de placement de réservoir correspondant la distance entre ces point et les autre point de vidange. Les cordonnées du 1<sup>er</sup> réservoir sont (654399.5, 3861036) et du 2<sup>ème</sup> sont (653238.2, 3862555). Dans ce cadre et à partir de la carte géographique, les deux sites choisis par rapport aux résultats obtenus sont respectivement le parc de la willaya pour le 1<sup>er</sup> réservoir, et la station de Naftal "cite oliver" pour le 2<sup>ème</sup> réservoir.
- Aussi, nous nous sommes limités à installer uniquement de reservoirs de collecte des huiles pour une seule raison, c'est que la distance la plus lointaine entre un des réservoirs et l'un des points de vidange ne dépasse pas (2 Km) alors que la distance moyenne est autour de 1Km.
- De même, le nombre des points de vidange affectés au premier réservoir est 26 alors que les 24 points restants sont affectés au deuxième réservoir.
- En synthèse, les résultats obtenus sont très logique comme le montre la figure 11.

### IV.3. Partie II : Réalisation de la maquette (Réservoir intelligent)

#### IV.3.1. Présentation

Pour compléter la partie précédente, on a décidé d'installer un modèle de cuve de récupération d'huiles de vidange usagée a une contenance de 6000 litres et est complètement enterrée, permettant ainsi de préserver huile du gel et des rayons du soleil.



Figure 12 : cuve de l'huile

Il me semble également indispensable d'enterrer la cuve, même si cela implique un peu plus de travail, pour des raisons esthétiques et surtout pour éviter que l'huile usée se transforme en vase lors des grosses chaleurs

L'idée ici est de fabriquer un capteur de niveau d'huiles usagée, simple et robuste, relié au puce GMS. Quelques composants électroniques, un boîtier plastique et un petit programme par Arduino pour détecter le niveau d'huile usagée.

### IV.3.2. Description de la réalisation pratique :

Notre idée ici consiste à la réalisation pratique d'un réservoir intelligent pour gérer à partir des informations de mesure de niveau d'huile usagée qui joue le rôle d'un réservoir intelligent

Le matériel utilisé pour la réalisation de la maquette :

- Une carte Arduino UNO.
- Une plaque d'essai.
- des capteurs de niveau.
- Des LED.
- Réservoir
- Module Bluetooth
- une pompe
- Application Android .

### IV.3.3. Les composants utilisés pour la réalisation de la maquette :

#### 1. l'Arduino

- ✓ Qu'est-ce que c'est ?

Arduino est un projet créé par une équipe de développeurs, composé de six individus, cette équipe a créé le « système Arduino ».c'est un outil qui va permettre aux débutants, amateurs ou professionnels de créer des systèmes électroniques plus ou moins complexes.

A pour but de nous donne la possibilité d'allier les performances de la programmation à celles de l'électronique.

Le système Arduino nous permet de réaliser un grand nombre de choses, qui ont une application dans tous les domaines, pour vous donner quelques exemples, vous pouvez :

- Contrôler les appareils domestique
- Fabriquer votre propre robot
- Faire un jeu de lumière
- Communiquer avec l'ordinateur
- Télécommander un appareil mobile (modélisme)
- Etc...

- ✓ Description de l'Arduino UNO

La carte Arduino UNO est une carte à microcontrôleur basée sur l'ATmega328.

Elle dispose :

- De 14 broches numériques d'entrée/ sortie.
- De 6 entrées analogique (qui peuvent également être utilisées en broches entrées/ sortie numériques).
- D'un quartz 16 Mhz.
- D'une connexion USB.
- D'un connecteur d'alimentation Jack.
- D'un connecteur ICSP (programme « in-circuit »).

- Et d'un bouton de réinitialisation (reset).

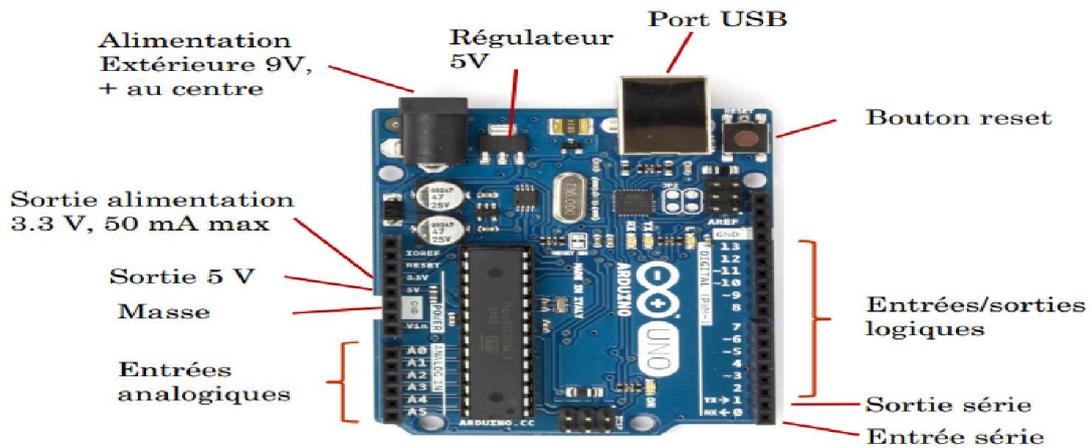


Figure 13 : Carte Arduino UNO

Elle contient tout ce qui est nécessaire pour le fonctionnement du microcontrôleur, pour pouvoir l'utiliser et se lancer, il suffit simplement de la connecter à un ordinateur à l'aide d'un câble USB (ou de l'alimenter avec un adaptateur secteur ou une pile, mais ceci n'est pas indispensable, l'alimentation étant fournie par le port USB).

La carte Arduino UNO diffère de toutes les cartes précédentes car elle n'utilise pas le circuit intégré FTDI, elle utilise un Atmega8U2 programmé en convertisseur USB-vers-série.

- ✓ Caractéristique de l'Arduino UNO

Microcontrôleur	ATmega328
Tension de fonctionnement	5V
Tension d'alimentation (recommandé)	7-12V
Tension d'alimentation (limites)	6-20V
Broches E/S numériques	14 (dont 6 disposent d'une sortie PWM)
Broches d'entrées analogiques	6 (utilisables en broches E/S numérique)
Intensité maxi disponible par broche E/S	40 mA
Intensité maxi disponible pour la sortie 3.3V	50 mA
Dimensions	68.6mm*53.3mm
Mémoire Programme Flash	32 KB
Mémoire SRAM (mémoire volatile)	2 KB (ATmega328)
Mémoire EEPROM (mémoire non volatile)	1 KB (ATmega328)
Vitesse d'horloge	16 MHz

Tableau 16 : les caractéristiques d'une carte Arduino UNO.

## 2. Capteur de niveau

Un capteur de niveau est un dispositif électronique qui permet de mesurer la hauteur du matériau, en général du liquide, dans un réservoir ou un autre récipient.

Une partie intégrante du contrôle de procédé dans de nombreuses industries, les capteurs de niveau se divisent en deux types principaux. Le capteur de niveau de mesure de point est utilisé pour marquer une seule hauteur de liquide discrète. Une condition de niveau prédéfinie.

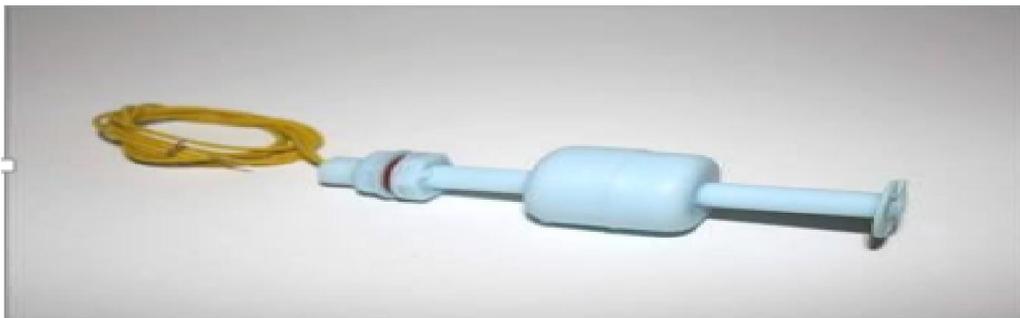


Figure 14 : Capteur de niveau « Flotteur »

Généralement, ce type de détecteur de niveau fonctionne comme une alarme haute, pour signaler une condition de débordement, ou en tant qu'indicateur pour une condition d'alarme basse et peut assurer une surveillance de niveau de tout un système.

Il mesure le niveau de liquide dans une plage, plutôt qu'à un seul point, ce qui produit une sortie analogique qui est directement corrélée au niveau de la cuve. Pour créer un système de gestion de niveau, le signal de sortie est relié à une boucle de commande de procédé et a un indicateur visuel.

### ➤ Spécification

- Type de contact : contact Reed.
- Puissance Max du contact : 10W.
- Tension maximale : 10V DC/AC.
- Courant de coupure max : 0.5A.
- Tension de destruction : 220V.
- Courant de destruction : 1.0A.
- Température de fonctionnement : -10 à +85°C.
- Matière du flotteur : frigolite, équipe d'un aimant en anneau pour activer le contact Reed.
- Poids : 20g.

➤ Montage du capteur de niveau « flotteur »

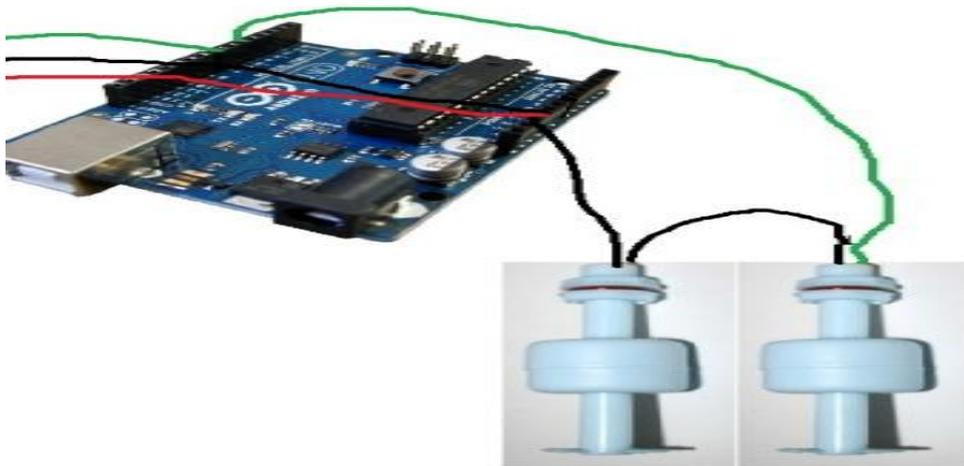


Figure 15 : Montage du capteur de niveau.

3. Module bluetooth HC-05 :

Comme expliqué plus tôt, le module utilisé se nomme HC-05 et est trouvable assez facilement pour quelques euros (via des sites d'import de Chine). Il est aussi gros que le pouce et est en fait un montage d'un module bluetooth sur un petit PCB. Cela permet de s'affranchir de certaines contraintes comme la soudure du module (qui est très délicate), la conversion 5V -> 3.3V, la régulation de l'alimentation (3.3V de nouveau) ou encore l'ajout de LEDs de signal. Tout cela est déjà intégré !

Alors que trouvons-nous sur ce petit module ?

Tout d'abord, un ensemble de broches. VCC et GND pour l'alimentation (5V), Rx/Tx pour la communication. On y voit aussi une broche « Key » qui servira à envoyer des commandes de configuration au module (nous y reviendrons plus tard). La dernière broche nommée « Led » permet de brancher une LED pour obtenir un signal sur l'état du module.

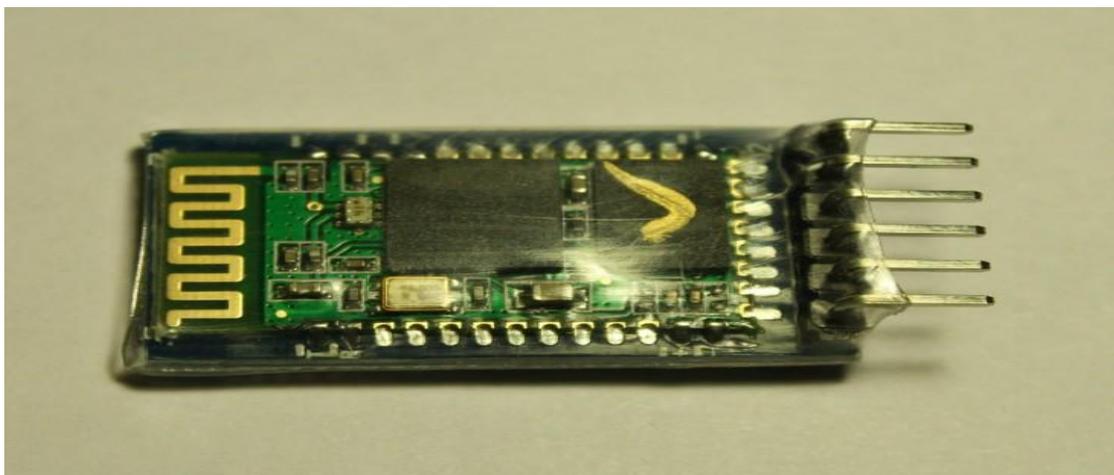


Figure 16 : module Bluetooth HC-05

➤ Communication entre HC-05 et Arduino :

Maintenant que le module est connecté, il est temps de le mettre en œuvre avec notre Arduino ! Pour garder les choses simples, nous allons simplement faire une connexion qui permet de renvoyer tout sur la voie série de l'ordinateur. Tout le long de ce tutoriel, seul le mode « esclave » sera utilisé mais le mode « maître » n'est pas beaucoup plus compliqué à atteindre

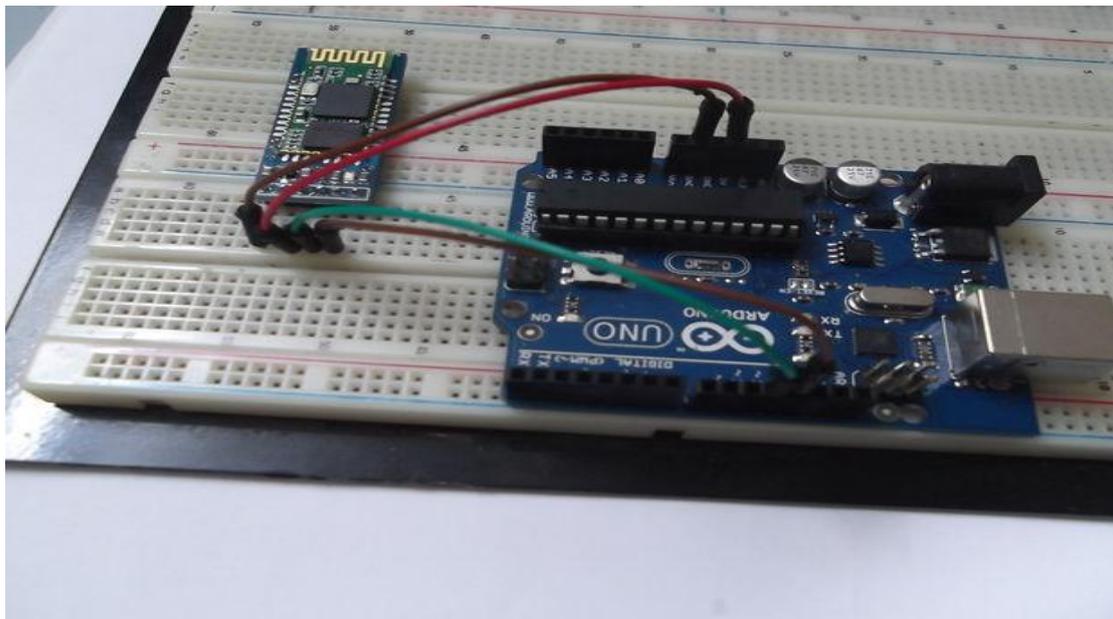


Figure 17 : Montage de module Bluetooth hc-05 avec arduino

4. Une pompe :

Les pompes doseuses servent à injecter de façon précise et répétable de petites quantités de liquides ou de fluides plus ou moins visqueux contenant éventuellement des morceaux solides ou semi-solides suivant un cycle défini. Elles sont utilisées dans les domaines de la pharmacie, de l'agroalimentaire, de la cosmétique, du diagnostic médical, du dosage industriel, de l'impression jet d'encre, des piles à combustible, de l'industrie des semi-conducteurs ou de l'analyse d'eau.

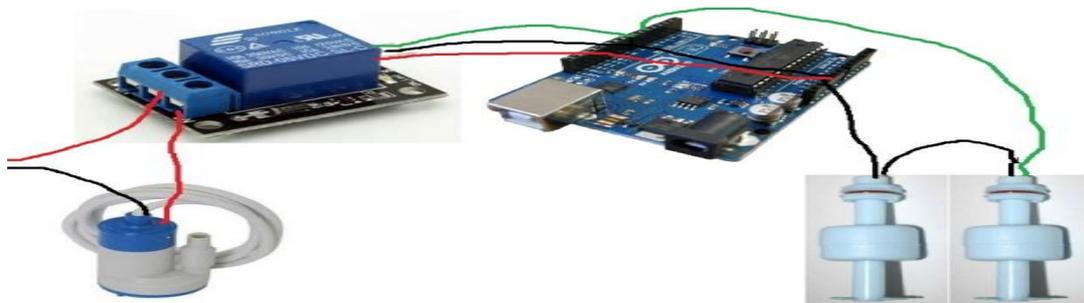


Figure 18 : Montage de pompe avec arduino et relais, flotter

## 5. Plaque d'essai

La plaque d'essai elle permet de réaliser rapidement un montage électronique en insérant les pattes des composants et les fils dans les trous.

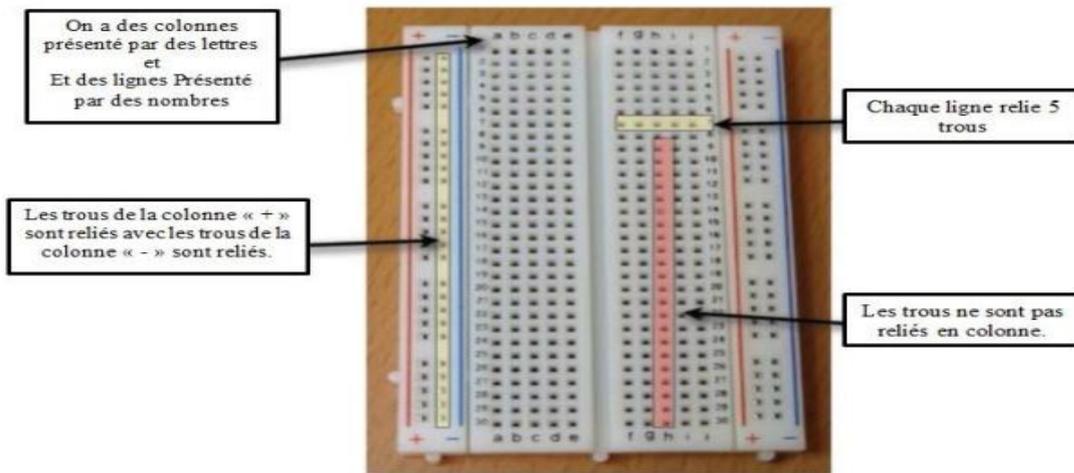


Figure 19 : Plaque d'essai.

## 6. Application Android :

Pour faire une application Android en relation avec module Bluetooth et arduino il faut entré dans le site <http://ai2.appinventor.mit.edu/> et crée un compte ensuite faire le design et le programmation enfin en enregistré apk.

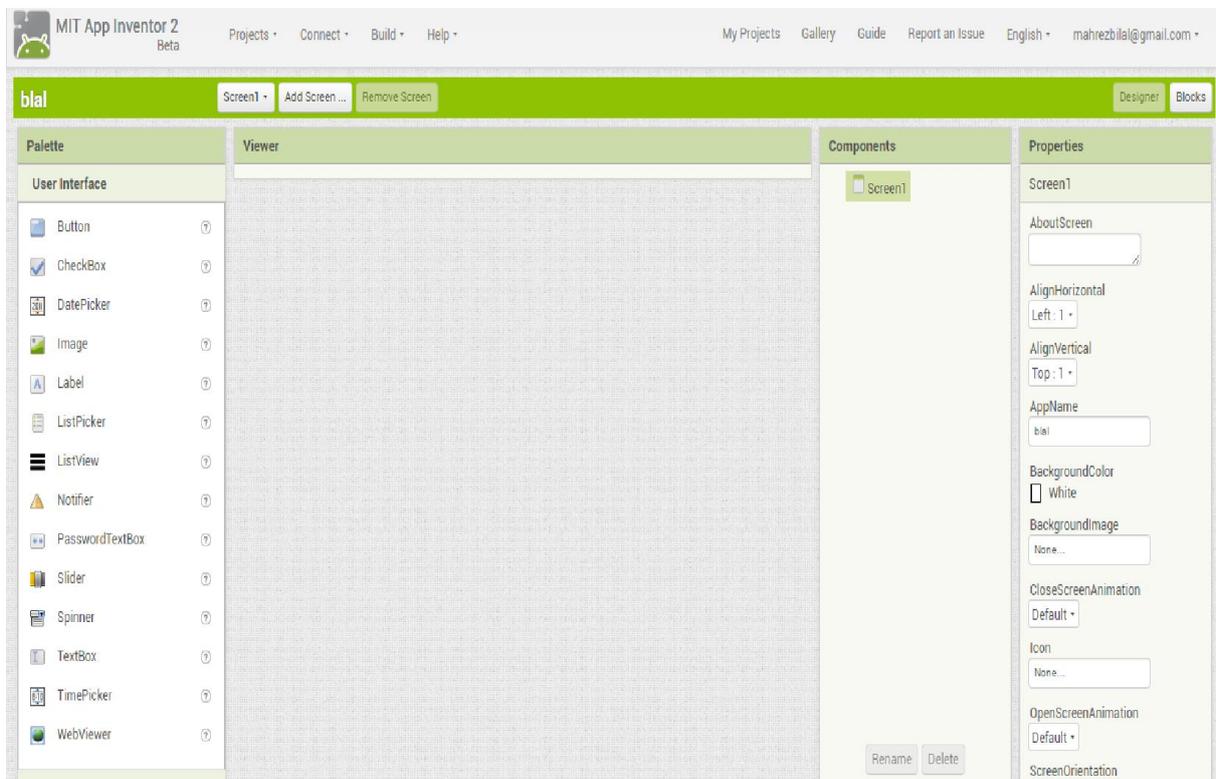


Figure 20 : interface de site de création d'application Android

- ✓ La programmation de notre application Android montré dans la figure suivant :

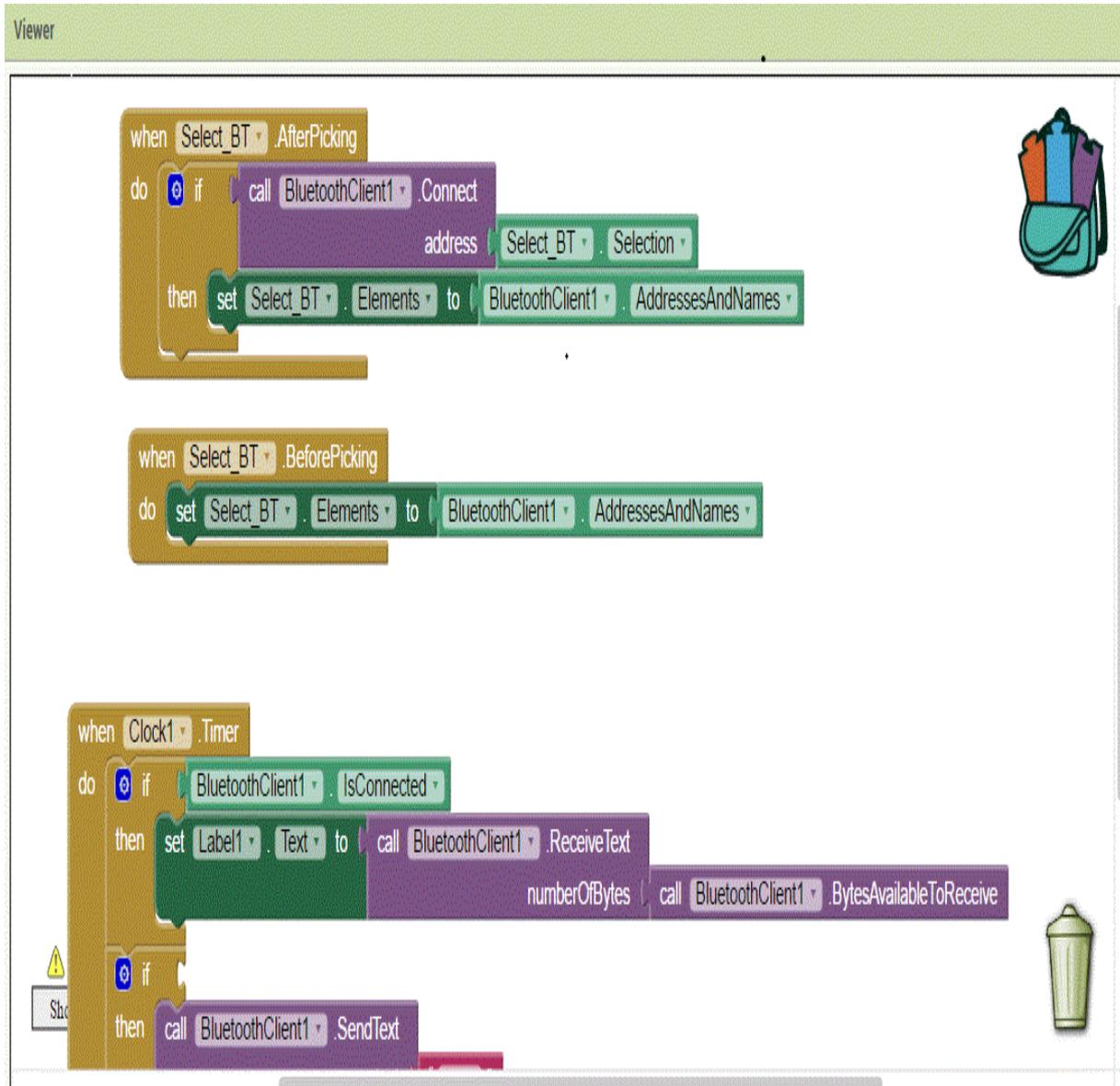


Figure 21 : partie du programme dans la fenêtre viewer

#### IV.3.4. Montage de circuit global :

- ✓ Pour cela, on a utilisé le programme fritzing afin de représenter le circuit global de la maquette.
- ✓ Fritzing est un logiciel d'édition de circuit imprimé, qui vous permet de créer des schémas électroniques. Ce logiciel à été créé dans le but de favoriser l'apprentissage de la conception de circuits.

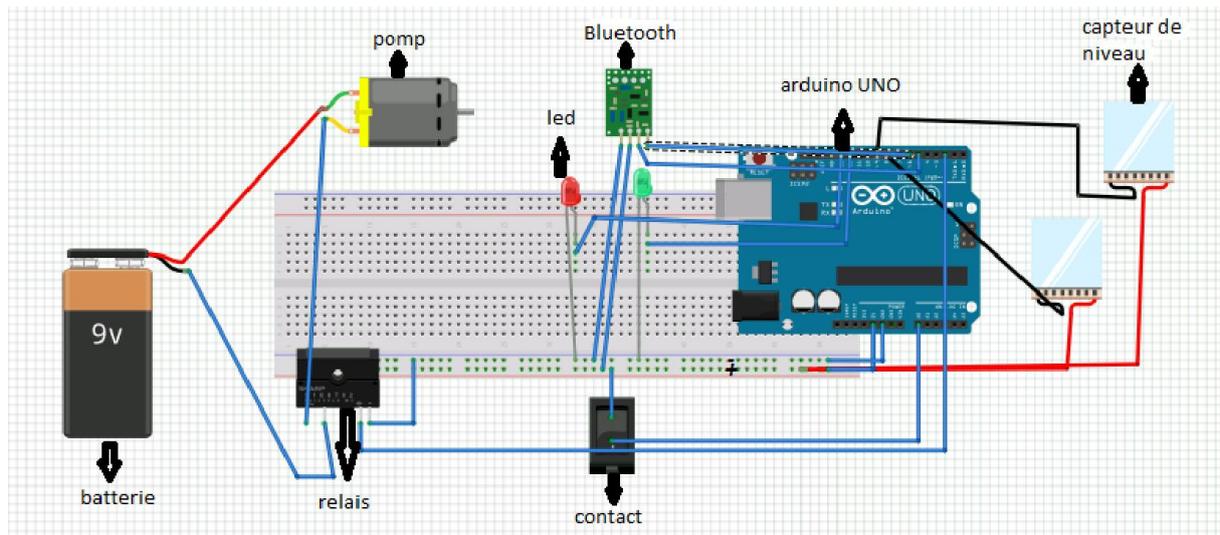
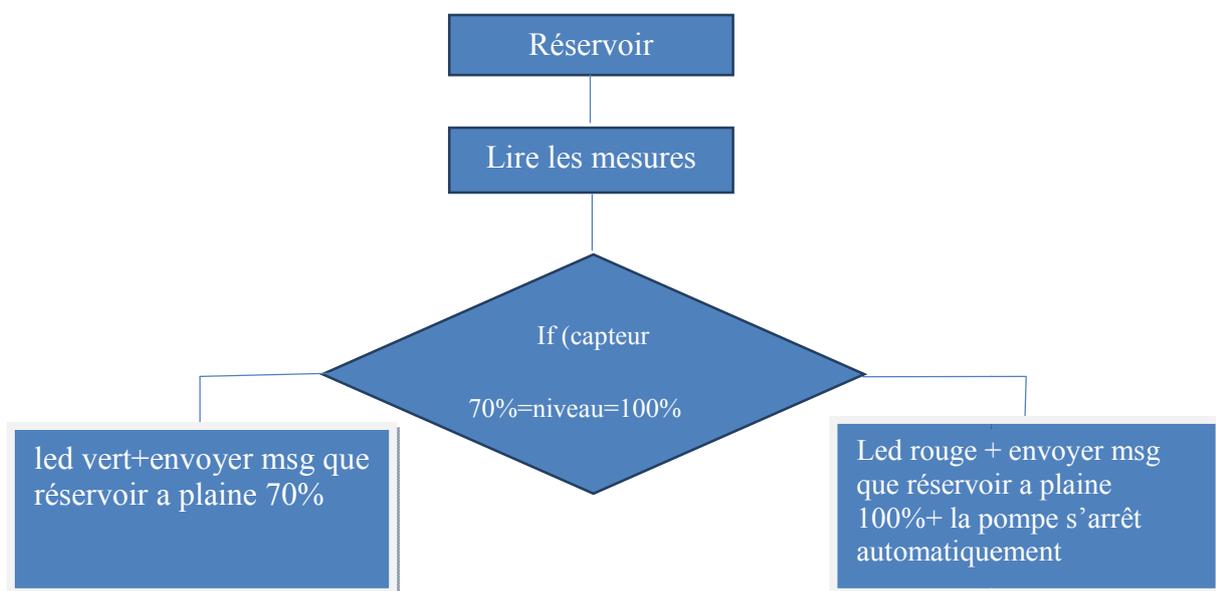


Figure 22 : montage de circuit global par fritzing

#### IV.3.5. Présentation de la maquette

Dans cette maquette, il existe trois états principaux qui peuvent être détectés par notre système, les deux niveaux de remplissage 70% et 100 avec l'envoi d'un SMS déclarent les deux niveaux

a) L'organigramme du système de fonctionnement de maquette :



### IV.3.6. Présentation de logiciel utilisé

#### ➤ Logiciel Arduino

Le logiciel de programmation des modules Arduino est une application Java, libre et multiplateformes, servant d'éditeur de code et de compilateur, et qui peut transférer le firmware et le programme au travers de la liaison série (RS-232, Bluetooth ou USB selon le module). Il est également possible de se passer de l'interface Arduino, et de compiler les programmes via l'interface en ligne de commande. Le langage de programmation utilisé est le C++, compilé avec Avr-g++ 3, et lié à la bibliothèque de développement Arduino, permettant l'utilisation de la carte et de ses entrées/sorties. La mise en place de ce langage standard rend aisé le développement de programmes sur les plates-formes Arduino, à toute personne maîtrisant le C ou le C++.[Patricket Erik 2014].

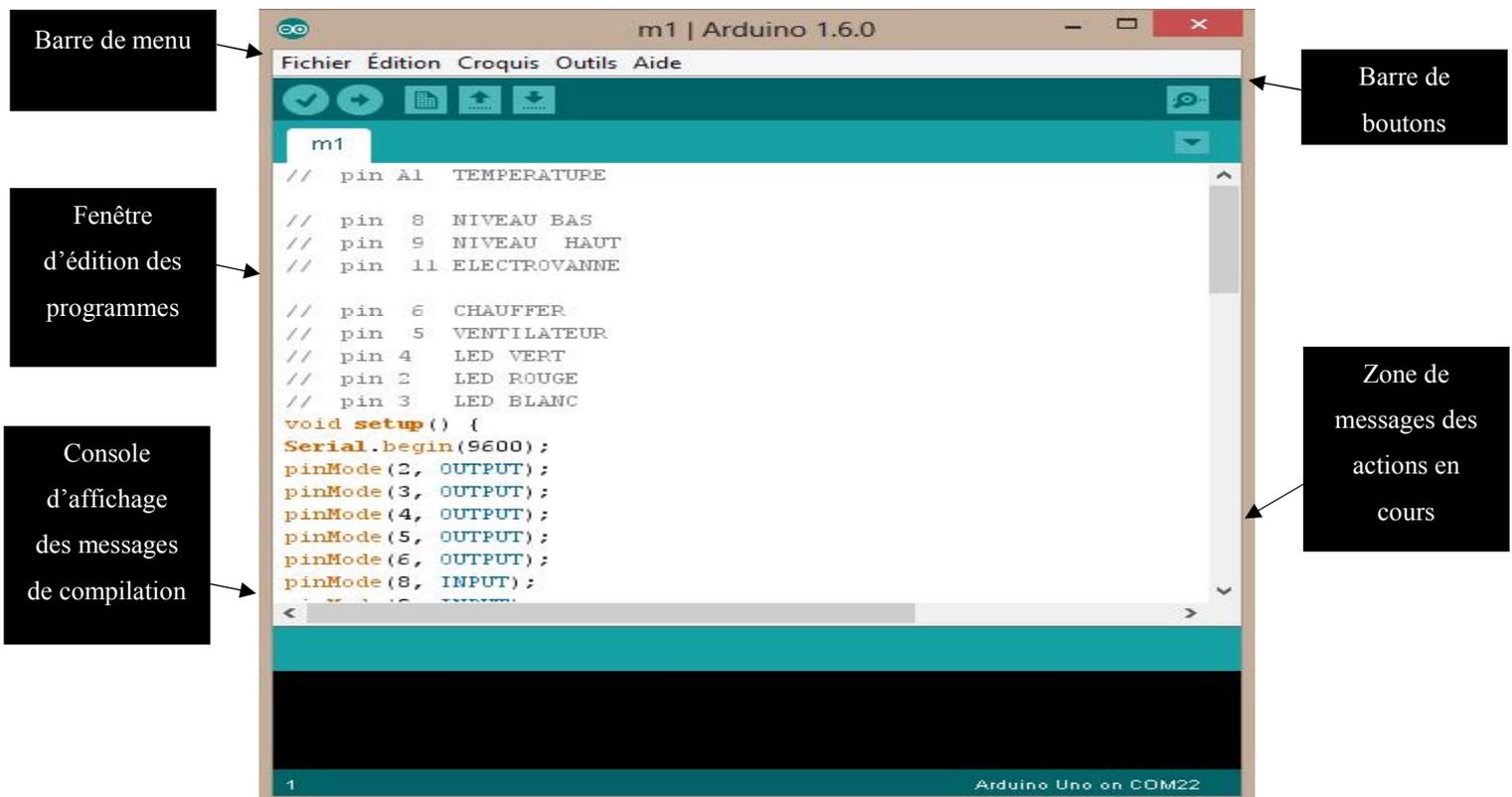


Figure 23 : L'interface de logiciel Arduino.

➤ Principe de fonctionnement de logiciel :

- ✓ On ouvre le logiciel Arduino.
- ✓ On compile le programme avec le logiciel Arduino.
- ✓ Si il y'a des erreurs sont signalées, on modifie le programme.
- ✓ On charge le programme sur la carte.
- ✓ On réalise le montage électronique de façon correct.
- ✓ On alimente la carte soit par le port USB de PC, soit par une source d'alimentation varie entre 7 et 12 volts.
- ✓ On vérifie que notre montage fonctionne.

➤ Programme Arduino :

```
// constants won't change. They're used here to
// set pin numbers:
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial BLUETOOTH(5,6);
const int but2 = 8;      // the number of the pushbutton pin
const int but1 = 9;      // the number of the pushbutton pin
const int ledPin = 13;   // 100%
const int led1Pin = 12;  // 70%

// variables will change:
int butt2 = 0;          // variable for reading the pushbutton status
int butt1= 0;
int butt3= 0;

void setup() {
  // initialize the LED pin as an output:
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
  pinMode(led1Pin, OUTPUT);
  pinMode(2, OUTPUT);
  // initialize the pushbutton pin as an input:
  pinMode(but2, INPUT);
  pinMode(but1, INPUT);
  BLUETOOTH.begin(38400);
  Serial.begin (38400) ;
}

void loop() {
  // read the state of the pushbutton value:
  butt2 = digitalRead(but2);digitalWrite(but2,LOW);
  butt1 = digitalRead(but1);digitalWrite(but1,LOW);
  butt3 = analogRead(A0);
  if ((butt3 > 1000)&&(butt2==0)) { digitalWrite(2,HIGH);}
  else {digitalWrite(2,LOW);}
  // check if the pushbutton is pressed.
  // if it is, the buttonState is HIGH:
  if (butt2 == HIGH) {
    // turn LED on:
    digitalWrite(13, HIGH);
    BLUETOOTH.print(" CLIENT 100 % ");
    delay(1000);
    Serial.println("CLIENT 100% ");}

    else {
    digitalWrite(ledPin, LOW);
  }

  if (butt1 == HIGH) {
    // turn LED on:
    digitalWrite(12, HIGH);
    BLUETOOTH.print(" CLIENT 70 % ");
    delay(1000);
    Serial.println("CLIENT 70% ");}
```

```
    else {  
    digitalWrite(12 , LOW);  
    }  
}
```

#### IV.4. Conclusion :

- Dans ce chapitre on a proposé une politique basée sur la distance entre les points de vidange et les réservoirs, cette politique assure l'augmentation de la quantité de l'huile usée récupéré par le rapprochement du réseau de collecte via des réservoirs intelligent aux points de vidange nombreux et non potentiel en termes de quantité.
- Aussi on a montré avec une petite maquette la manière de fonctionnement d'un réservoir en définissant ses options nécessaires pour introduire un système d'information automatique dans l'amélioration du réseau de collecte des huiles usées.
- En plus on a amélioré notre connaissance sur la programmation Arduino via le montage pratique des circuits électriques.

## Conclusion et Perspectives

Ce travail fait l'objet de l'organisation de la chaîne inverse de la collecte des huiles usées par l'Entreprise Naftal Remchi. D'après notre étude sur le terrain, nous avons constaté une défaillance au niveau de la structuration de cette étape cruciale de la collecte des huiles usées par rapport aux normes de la science de management des déchets inspirée des problèmes de conception et pilotage des chaînes logistiques inverses.

En premier lieu cette divergence se résume par la pratique de la tournée de véhicule dans une optique du niveau opérationnel sans y penser ni le dimensionnement de la flotte ni sur la cartographie du réseau de la collecte. Après avoir amassé les informations sur les quantités moyennes prévues à être collectées au niveau des points appelés potentiels par l'entreprise Naftal Remchi, nous avons élaboré la cartographie de la phase de la collecte. La particularité des résultats obtenus, c'est qu'un seul camion de type de 6 M<sup>3</sup> suffit pour couvrir la collecte des huiles usagées à partir des points de collectes dits potentiels dans toute la wilaya de Tlemcen. Les résultats obtenus montre le partage de la wilaya de Tlemcen en 5 zones qui doivent être visitées par alternance au lieu des visites aléatoires qui se font après chaque appel téléphoniques par un opérateur au niveau d'un point de collecte. Aussi d'un point de vue économique, le taux de remplissage de camion chargé de la collecté sera au-delà de 70 % par rapport aux résultats de la politique de la tournée de véhicule utilisé dont les décideurs utilisaient conjointement un camion de 6 M<sup>3</sup> de 12 M<sup>3</sup> sans optimisation.

En deuxième lieu, et pour contribuer à la sensibilisation d'autres points de vidange portant la nomenclature de *points de collecte non potentiel* qui sont nombreux et non répertoriés par l'Entreprise Naftal, nous avons proposé une solution durable afin de faciliter la collecte de leurs huiles usées. Particulièrement, cette solution est basée sur la recherche des meilleurs moyens de proximité des point de collectes non potentiel dans un but d'avoir un meilleur service. En s'appuyant sur l'approche de recherche opérationnelle de clustering, nous avons formulé et optimisé un modèle d'optimisation mathématique pour trouver la localisation des réservoirs de capacité de 6 M<sup>3</sup> au centre de gravité d'un ensemble de points de collecte non potentiel. La particularité de cette idée est pour éviter les tournées de véhicules multiples qui ne sont pas certainement écologiques vu la quantité réduite des huiles qui devra être récupérée de chaque point de collectes non potentiel. Pour donner un exemple à cette initiative, nous avons tournée notre modèle sur le solver LINGO afin de trouver le partage de la ville de Tlemcen en zone d'agrégats où comme on l'appelle amas dont chaque

point faisant partie de l'amas se voit proche de réservoir localisé ( ce réservoir doit se situer au voisinage de centre de amas trouvé). Pour 50 points de collectes dispersés dans la ville de Tlemcen, nous avons suggéré l'installation de deux amas où le site non potentiel le plus loin se trouve à 2 km du réservoir et en moyenne la distance de proximité est au voisinage de 1 kilomètre.

Enfin dans la troisième partie de ce mémoire, nous avons pensé à doté ses réservoirs par un système intelligent de la reconnaissance de leurs niveau de remplissage à distance. Grace aux merveilles de l'électronique embarqué et en particulier vu le coût abordable du système embarqué Arduino et ses composants, nous avons réussi à réaliser une application sur Android qui à pour but de recevoir via un message SMS le niveau de remplissage de chaque réservoir en temps réel. Certainement, cette technologie va permettre au décideur de programmer efficacement la visite du camion de vidange de 6 M<sup>3</sup> au bon moment. De même pour éviter le fonctionnement manuel d'une pompe de vidange s'il est nécessaire de la mettre dans un réservoir intelligent, on a pensé à piloter le fonctionnement de cette pompe avec l'auto arrêt de pompage si le niveau de remplissage atteint le niveau bas via le système d'électronique embarquée aussi.

Pour les perspectives nous avons tracé ces pistes de recherches pour les futurs ingénieurs :

- ✓ Adopter les modèles proposés dans des interfaces d'un logiciel pour facilité leurs utilisation si les opérateurs chargés de ces types de missions.
- ✓ Agrandir la taille du système sur des zones regroupant plusieurs wilayas dont il sera possible d'utiliser des outils d'intelligence artificielle lors de l'utilisation.
- ✓ Adapter cette étude avec des extensions dans d'autres domaines de la logistique inverse de la collecte et même pour quoi pas dans la logistique du service.
- ✓ Penser à trouver des moyens de revalorisation de huiles usées au lieu de les exportées à leurs état brut.
- ✓ Trouver des moyens de motivation économique gagnant-gagnant qui sollicitent d'autre point à participer intuitivement dans le processus de la collectes des huiles au lieu de leurs élimination dans des endroits non appropriés très très néfaste pour l'environnement de notre planète.
- ✓ Exploiter la piste de la mise en ouvre de la traçabilité de la chaîne logistique de distribution des huiles de moteurs et la collectes des huiles après leurs usages,

pour avoir une idée sur les chiffres c'est-à-dire la mise en oeuvre d'une base de données solide et aussi pour simplifier le contrôle des fraudeurs qui détruisent notre environnement.

Enfin nous remercions le dieu d'avoir nous donner cette chance pour réaliser ce mémoire. Notre étude était très bénéfique et inshallah, elle ne sera pas classée comme plusieurs mémoires dans les bibliothèques.

## Bibliographie :

- [1] Coop de France Alpes Méditerranée «Les huiles et lubrifiants usages».
- [2] Diplôme d'études approfondies (DEA) 2007 « Contribution à l'étude de la production et de la gestion des huiles usagées dans la ville de Cotonou », Université d'Abomey "Calavi".
- [3] Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement (Décembre 2010) "Centre National des Technologies de Production plus Propre", «Vaste Programme de Dépollution Industrielle dans le secteur des ciments ».
- [4] Rapport B. Delauney «Ninth annual state of logistics report»
- [5] Laurent Grégoire (1999), « Bienvenue à la Reverse Logistics », Logistique & Management, vol.7 n°2, 'Reverse Logistics', Publications Groupe Ecole Supérieure de Commerce de Bordeaux.
- [6] Alexandre Samii (2004), Stratégie Logistique, Supply Chain Management, 3<sup>ème</sup> Edition, Dunod. p359.
- [7] Adapté de Rogers & Tibben-Lembke (1998), Going backwards: Reverse Logistics Trends and Practices, University of Nevada.
- [8] Martin Beaulieu (2000), Définir et maîtriser la complexité des réseaux de logistique à rebours. Groupe de recherche CHAINE, HEC Montréal.
- [9] Davis, Shear, Lawrence, Rector (1995), « Reverse Logistics Pipeline » in Annual Conference Proceedings, California, Council of Logistics Management.
- [10] Sylvain (1986), « Dictionnaire de la comptabilité et des disciplines connues », Montréal, Institut Canadien des Comptables agréés.
- [11] Lambert, Stock (1993), « Strategic Logistics Management », Irwin Publishing Company, 3<sup>rd</sup> Edition.
- [12] Shear (1997), « Reverse Logistics: An issue of Bottom-line performance », Chain Store Age, vol.73 n°1.
- [13] <http://www.ritme.com/fr/product/lingo>

- [14] <http://www.tlemcen-dz.com/ville>
- [15] <http://www.dechets.picardie.fr>

## Résumé

Au l'Algérie, les déchets liquides en général et les huiles usagées en particulier, font de nos jours l'objet d'une production en masse du fait de l'évolution croissante du parc automobile et des motos. Le cas d'Algérie est sans doute le plus préoccupant compte tenu de son caractère de pays administrative, économique et commerciale, En considérant la combinaison des facteurs comme l'accès à l'eau potable en milieu urbain, la réalité de l'utilisation des eaux de puits pour nombre d'usages domestiques et agricoles et le niveau de la nappe phréatique dans l'Algérie, la question de la gestion des huiles usagées se présente comme une préoccupation de santé publique.

Dans une optique d'améliorer la porte de la chaîne logistique inverse qui concerne la revalorisation de ce type des déchets, nous avons étudié d'une manière quantitative et durable le problème de la collecte des huiles usées. Plus précisément notre étude est basée sur les planifications de la tournée de véhicule au niveau de la wilaya de Tlemcen. Puis pour penser à une vision à long terme, nous avons proposé une approche de localisation des réservoirs intelligents dotés d'un système d'information sur le niveau de remplissage. En conclusion et en plus d'intérêt économique, notre étude contribue à présenter un modèle pilote de la chaîne logistique inverse dédiée au huiles usées.

## Abstract

In Algeria, waste liquidate in general and used oils in particular, are the subject nowadays of a mass production because of increasing evolution of the automobile park and the machines with two and three wheels. The case of Algeria is undoubtedly most alarming taking into account its character of administrative, economic and commercial country. By regarding the combination of the factors as the access to drinking water in urban environment, the reality of the use of water of well for a number of domestic and agricultural uses and the level of the ground water in Algeria, the question of the management of used oils is presented as a concern of public health.

With a view to improving the reverse logistics chain, which concerns the upgrading of this type of waste, we have studied quantitatively and sustainably the problem of collection of waste oils. More precisely our study is based on the planning of the vehicle routing at the level of the wilaya of Tlemcen. Then, in order to think about a long-term vision, we proposed a locational approach for intelligent reservoirs, with a system of information on the level of filling. In conclusion and in addition to economic interest, our study contributes to present a pilot model of the reverse logistics chain dedicated to used oils.

## ملخص:

في الجزائر، النفايات التي يتم تصفيتها بشكل عام والزيوت المستعملة على وجه الخصوص، هي موضوع الإنتاج في الوقت الحالي بسبب التطور المتزايد لحظيرة السيارات والآلات ذات عجلتين وثلاثة عجلات. ومما لا شك فيه أن حالة الجزائر مثيرة للقلق مع مراعاة طابعها الإداري والاقتصادي والتجاري. وفيما يتعلق بالتنسيق بين العوامل مثل الوصول إلى مياه الشرب في البيئة الحضرية، فإن حقيقة استخدام مياه البئر لعدد من الاستخدامات المنزلية والزراعية ومستوى المياه الجوفية في الجزائر لا نقاش فيها، ومن هنا نرى أن مسألة إدارة الزيوت المستعملة تعرض باعتبارها مصدر قلق للصحة العامة.

وبغية تحسين سلسلة الخدمات اللوجستية العكسية، والتي تتعلق بتحسين هذا النوع من النفايات، درسنا كيميا ومستداما مشكلة جمع زيوت النفايات. وبشكل أدق تقوم دراستنا على تخطيط توجيه المركبات على مستوى ولاية تلمسان. وعلى اثر تفكيرنا في وضع رؤية طويلة الأمد، اقترحنا نهجا وذلك عبر تحديد مواقع لخزانات ذكية، مع نظام للمعلومات على مستوى التعبئة. وفي الختام، بالإضافة إلى الاهتمام الاقتصادي، تسهم دراستنا في تقديم نموذج تجريبي لسلسلة الخدمات اللوجستية العكسية المخصصة للزيوت المستعملة.