

# Projet “Algorithmique appliquée à l’optimisation”

LI348

Licence d’Informatique L3

Université Pierre et Marie Curie

Année universitaire 2006-2007

Voici trois énoncés de problèmes pouvant être résolu en utilisant la programmation linéaire. Le travail demandé est divisé en 2 étapes. Une première étape portera sur l'étude théorique basée sur les données numériques données en exemple dans l'énoncé. Puis une deuxième étape concernera la conception d'un logiciel permettant de résoudre le problème pour des données numériques quelconques.

## 1 Énoncés proposés (1 seul au choix)

### 1.1 Énoncé du sujet 1 : “Aide à la décision dans une exploitation forestière”

New Forest est un domaine composé de forêts et de plaines situé en Hampshire en Angleterre. Nous allons donc compter en livres et mesurer le cubage du bois en Hoppus feet (un Hoppus feet (h.ft.) est un volume d'un foot carré sur un inch de haut, c'est-à-dire en sachant qu'un pied fait 30,48 cm, un pouce un 36ème de yard et qu'un yard fait trois pieds, cela fait un quart de stère). Les responsables de New Forest doivent décider d'un programme d'abattage sur une surface d'environ 30 000 acres (une acre est environ un demi-hectare) avec pour objectif d'optimiser les revenus sur les dix ans à venir. Le problème considéré ici concerne seulement une zone de 8 500 acres avec 6 types de bois, comme montré en table 1.

**Table 1** Types de bois

Type	Description	Acres	Vol. si abatt. (h.ft/acre)
1	Feuillus hauts	2 754	2 000
2	Feuillus moyens	850	1 200
3	Feuillus bas	855	700
4	Résineux hauts	1 598	4 000
5	Mixtes hauts	405	2 500
6	Plaines	1 761	

Les bois de feuillus sont en plus divisés entre ceux qui ont un sous-bois complet, ceux qui ont un sous-bois partiel et ceux sans sous-bois. Les surfaces correspondantes sont inscrites dans la table 2.

**Table 2** Classification des feuillus

	Sous-bois			
	complet	partiel	nul	total
Feuillus hauts	357	500	1 897	2 754
Feuillus moyens	197	130	523	850
Feuillus bas	39	170	646	855

Toute étendue de tous types de bois peut recevoir l'un des deux traitements basiques suivant : abattre et planter des résineux (traitement 1A) ou abattre et planter des feuillus (traitement 1B). Appliqués à une plaine, ces traitements deviennent “planter des résineux” et “planter des feuillus”. De plus, pour les bois de feuillus avec un sous-bois complet, les responsables ont l'option d'abattre et conserver le sous-bois (traitement 2). Similairement pour les bois de feuillus avec sous-bois partiel, ils peuvent abattre et enrichir le sous-bois (traitement 3). Une dernière possibilité consiste à reporter sine die le traitement d'une surface d'un bois quelconque.

Le revenu sur les 10 prochaines années varie selon les traitements et les types de bois. Ces cas de figures en livres par acre, sont estimés en table 3.

**Table 3 Revenus estimés (£./acre)**

Type	Traitement				Auc.
	1A	1B	2	3	
1	287	215	228	292	204
2	207	135	148	212	148
3	157	85	98	162	112
4	487	415			371
5	337	265			264
6	87	15			61

Les exigences gouvernementales (dues à des raisons esthétiques) et les limitations de capacité de production impliquent les quatre conditions suivantes : les zones traitées ne doivent pas dépasser 5 000 acres, la surface totale de résineux 3 845 acres, le volume de feuillus abattus 2,44 millions de h.ft. et le volume de résineux et de forêts mixtes hautes abattues 4,16 millions de h.ft.

Les volumes moyens estimés par acre de chacun des types de bois sont listés dans la première table.

Les responsables de New Forest demandent l'intervention de spécialistes de l'aide à la décision pour répondre à leur problème. Ils veulent connaître une ou plusieurs solutions possibles à cet énoncé exact mais attendent aussi une réflexion sur les données qui peuvent être éventuellement modifiées (dans tous les domaines : superficie, limitation officielle,...) dans l'esprit d'une utilisation rentable mais raisonnée de la forêt. Par exemple, ils s'interrogent sur l'application d'une réglementation qui obligerait à planter au moins 500 acres de feuillus, mais aussi ils exigent une explication économique de ce que vous recommandez, proposez à leur choix ou déconseillez.

## 1.2 Enoncé du sujet 2 : “Aide à la décision dans une exploitation agricole”

Les activités de notre exploitation agricole se divisent en deux grandes productions : culture et élevage. Nous ne voulons pas toucher à notre production agricole mais nous voulons pouvoir améliorer le rendement de notre activité d'élevage. La charge de travail (main d'oeuvre) disponible pour l'élevage varie selon les saisons de la façon suivante :

**Table 1**

Mois	Heures	Mois	Heures
Janvier	420	Juillet	380
Février	415	Août	395
Mars	355	Septembre	270
Avril	345	Octobre	230
Mai	160	Novembre	310
Juin	95	Décembre	420

On pratique 5 types d'élevage :

- i) Elevage porçin de printemps.
- ii) Elevage porçin d'automne.
- iii) Elevage de bovins en batteries.
- iv) Elevage de bovins en pâture.
- v) Engraissement de bovins.

Dans les élevages porcins, les cochons naissent en février (printemps) ou en août (automne) et sont vendus à peu près 6 mois plus tard. Dans les élevages bovins, les veaux sont achetés en octobre et sont vendus environ un an plus tard. La charge estimée de travail peut se résumer ainsi :

**Table 2 Temps de travail estimé**

Mois	Types d'élevage				
	i)*	ii)*	iii) <sup>+</sup>	iv) <sup>+</sup>	v) <sup>+</sup>
Janvier	1.4	1.8	1.5	1.4	1.4
Février	9.8	2.4	1.4	1.4	1.4
Mars	4.0	0.4	1.4	1.4	1.4
Avril	2.8	0.6	1.3	1.4	1.5
Mai	2.2	0.4	1.3	1.5	1.2
Juin	2.2	0.4	1.3	1.3	1.2
Juillet	2.2	0.6	1.3	1.3	1.2
Août	2.6	5.8	1.5	1.5	1.2
Septembre	0.6	4.0	1.3	-	-
Octobre	0.6	1.2	1.3	1.3	2.6
Novembre	0.6	1.8	1.2	1.2	1.2
Décembre	0.6	1.8	1.5	1.4	1.4

\* heures par portée

+ heures par vache

En plus de la charge de travail, chacun de ses 5 élevages nécessite une certaine quantité de nourriture produite par la ferme : soit en laissant les bêtes en pâture, soit en leur apportant des produits récoltés et stockés que l'on appelle communément "nourriture stockée" (fourrage, herbe, pomme de terre,...). La pâture se mesure en unités appelées "jour de pâture" : c'est la quantité d'herbe mangée par jour par un cheval adulte ou une vache ne recevant pas d'autre nourriture. Les pâturages sont disponibles d'Avril à Septembre, durant cette période, il est aussi possible de remplacer la pâture par de la nourriture stockée. La disponibilité des pâturages est indiquée ici avec la demande de pâture pour chacun des 5 élevages.

**Table 3 Besoin en pâture**

Période	Besoin(j.pâture/unité)					Disponibilité
	i)	ii)	iii)	iv)	v)	
Avril et Mai	16	0	0	12	35	5200
Juin et juillet	20	0	0	36	50	5200
Août et Septembre	16	0	0	12	35	3600
Total	52	0	0	60	120	14000

La pâture peut être convertie en nourriture stockée avec un temps de travail de 5.5 heures et 50 jours de pâture par tonne de nourriture stockée. Excepté l'élevage porcin de printemps, les élevages nécessitent l'utilisation du stock de nourriture dans les saisons sans pâturage disponible. La demande total en nourriture stockée est :

0.1 tonnes par portée de porcelets,

0.9 tonnes par bovin nourri au fourrage,

0.8 tonnes par bovin nourri en pâture,

2.3 tonnes par bovin engraisé.

Finalement, voici les revenus estimés des cinq élevages :

i) 139€ par portée de porcelets,

ii) 88€ par portée de porcelets,

iii) 133€ par bovins,

iv) 137€ par bovins,

v) 165€ par bovins.

L'objectif est bien entendu de planifier l'élevage le plus rentable. Néanmoins, toutes les données peuvent être remises en question car ce ne sont que des approximations que l'on peut diminuer ou augmenter sans trahir la réalité. Au lieu de prévoir une durée de 95 heures de travail en juin, on peut tout à fait prévoir une durée de 97 heures ou 92 heures. Une planification demandant de travailler 92 ou 97 heures au mois de juin est parfaitement admissible. Cette même incertitude s'applique aussi au calcul du profit qui fluctue d'une année à l'autre en fonction du marché.

## 2 Travail demandé

Vous étudierez bien-entendu un seul de ces 2 problèmes.

### 2.1 1<sup>ère</sup> étape : étude théorique

Ces trois problèmes répondent à une même démarche de travail de modélisation et d'exploitation de la modélisation. Cette première étape de travail concerne uniquement les données numériques fournies en exemple dans l'énoncé.

1. Modélisez le problème sous la forme d'un programme linéaire. Pensez à utiliser les séances de TD pour faire valider vos modèles.
2. En vous aidant du logiciel Glpk, résolvez les problèmes à partir des données numériques fournies dans l'énoncé.
3. Approndissez l'étude économique du problème. Une telle étude consiste principalement à étudier quelles sont les contraintes dont le relâchement permet d'améliorer la solution (la fin de chaque énoncé comporte un exemple de ce genre de questions.). Listez au moins 5 points d'étude qui utilise l'interprétation économique de la dualité et l'analyse de la sensibilité des coefficients.

### 2.2 2<sup>ème</sup> étape : développement informatique

Cette deuxième partie concerne l'élaboration d'un logiciel permettant de répondre à l'énoncé du problème choisi quelque soit les données numériques possibles.

1. Les entrées numériques du programme sont à stocker dans un fichier texte simple à remplir (par exemple, un(e) secrétaire de direction peut entrer les données sans connaître la logique du logiciel). Donnez un format d'entrée pour les données du problème.
2. Créez un logiciel permettant de traiter le problème quelque soient les données d'entrée. Le logiciel lit en entrée un fichier contenant la liste des données possibles. Vous utiliserez le logiciel Glpk sous la forme que vous désirez, en utilisant les langages C ou java. Le logiciel Glpk peut être utilisé par son interface API ou à partir des exemples donnés sur le site.
3. En sortie, le logiciel donne une solution optimale ainsi que des propositions issues de l'étude approfondie. Cette solution et ces analyses doivent être données explicitement : texte, tableaux,... de manière à être compris par quelqu'un ne connaissant pas la programmation linéaire.
4. Donnez des cas d'utilisation de votre logiciel. Ces jeux d'essai doivent permettre de montrer le bon fonctionnement et les capacités de votre outilS.

### 2.3 Cahier des charges

Le travail se fait par binôme. Votre livraison doit être constituée d'une archive (fichier `tgz` (par `tar cvzf nomRepertoire.tgz nomRepertoire`). Envoyez ce fichier en pièce attachée d'un courrier électronique ayant pour sujet `Algo Optim PL` et adressé à votre chargé de TD. Safia.Kedad-Sidhoum@lip6.fr (Gr 2 Vendredi), Pierre.Fouilhoux@lip6.fr (Gr 1 Mercredi).

**Le rapport.** Vous rédigerez un petit rapport contenant la description de votre travail, c'est-à-dire :

- l'analyse du problème, votre formulation et l'analyse approfondie
- la description de votre logiciel
- la description de votre code qui permet de générer le programme linéaire
- les jeux d'essais et votre analyse quant aux capacités de votre logiciel

Il doit être dans un format lisible : texte brut, fichier `ps`, `pdf` ou `html`. Le mot *rapport* doit apparaître dans le nom du fichier. Il doit clairement comporter une réponse aux questions posées dans les parties précédentes tout particulièrement l'analyse théorique. Il comportera en outre :

- une présentation du fonctionnement de votre implantation et la motivation des choix d'implantation,
- un inventaire des fichiers du répertoire, avec un descriptif de leur finalité et leurs interdépendances,
- votre code et vos jeux d'essais.

**Dates et soumissions** Sujet distribué en TD la semaine du 19 mars. A rendre pour le vendredi 27 avril.