

Optimisation économique de la transformation industrielle des blés en éthanol.

M Detyniecki, JC Sourie
avec la collaboration de P Bonnafous (INRA) et JP Leygue (ITCF)

1. EXPOSE DU PROBLEME.....	2
2. LES DONNEES.....	2
3. METHODE.....	3
3.1. LES CONTRAINTES DU MODELE	3
3.2. LES OBJECTIFS DU MODELE :	3
4. LA SOLUTION DE REFERENCE.....	4
4.1. DONNEES TECHNIQUES	4
4.2. DONNEES ECONOMIQUES	5
5. LES PREMIERS RESULTATS	5
5.1. SOLUTION DE BASE	5
6. ANALYSE DE SENSIBILITE.....	6
6.1. CHOIX D'UN DEUXIEME "MEILLEUR" BLE.....	6
6.2. LIMITATION DE LA PRODUCTION A 200 000 HECTOLITRES.....	7
6.3. EFFETS SIMULTANES D'UNE BAISSSE DU PRIX DE L'ETHANOL ET D'UN RENCHERISSEMENT DES DRECHES.....	9
7. CONCLUSIONS	10

Optimisation économique de la transformation industrielle des blés en éthanol.

M Detyniecki, JC Sourie
avec la collaboration de P Bonnafous (INRA) et JP Leygue (ITCF)

1. Exposé du problème.

La teneur du blé en amidon influe sur le rendement en éthanol par tonne de blé, sur la quantité de drêches disponibles et sur la qualité de ces drêches (teneur en protéines). Or, la teneur du blé en amidon et en protéines dépend des variétés de blé et de leur conduite technique au niveau agricole.

Il s'agit de vérifier si par un choix judicieux des variétés et des techniques de production du blé il est possible de diminuer le coût de l'éthanol.

Pour étudier cette possibilité de baisse des coûts, l'instrument utilisé sera un modèle de programmation mathématique. Cette méthodologie a été retenue en raison de sa capacité à trouver des solutions optimisant des objectifs tout en prenant en compte un système complexe de contraintes techniques.

2. Les données

Les données techniques caractérisant l'hydrolyse et la fermentation des blés ont été fournies par l'ITCF (JP Leygue). Trente quatre "types de blé" ont été étudiés au plan technique ; Un "type de blé" est le croisement d'une variété (5 variétés ont été retenues à priori), d'un itinéraire technique de production et d'une localisation régionale. Pour chaque type, on dispose de nombreux critères techniques ; les plus importants sont la teneur en amidon, le rendement de l'amidon en sucres fermentescibles, le rendement des sucres en éthanol, le rendement en drêches, la teneur des drêches en protéines et la durée de fermentation.

La durée du processus de fermentation est aussi un paramètre important puisque de lui dépend le débit des installations en éthanol. Chaque type de blé est caractérisé par une durée de fermentation. Cette durée est celle qui permet de passer d'une concentration initiale en sucres de 140 g par litre à une teneur finale de 1g par litre. Les durées de fermentation de chaque type de blé seront inégales. Ces durées seront utilisées pour calculer les productions annuelles d'éthanol et de drêches. Leur impact économique est important. Si deux blés ont le même rendement en éthanol par tonne, celui qui aura le cycle de production le plus court permettra une production annuelle d'éthanol supérieure. Le choix de ce blé entraînera une diminution des charges fixes unitaires.

Les caractéristiques des ces blés sont données dans les Annexe 7-2 à Annexe 7-7.

3. Méthode

La méthode utilisée est un modèle de programmation mathématique résolu à l'aide du solveur d'excel. Ce modèle permet de choisir les types de blé maximisant une fonction objectif (par exemple minimisation des coûts unitaires de l'éthanol) en respectant un jeu de contraintes exprimant des limites techniques. Le problème étudié conduit à un modèle non linéaire¹. Un des grands intérêts de ce solveur, outre ses performances, est son insertion dans EXCEL. Le pilotage du modèle et l'édition des résultats sont grandement facilités par l'usage de ce tableur.

3.1. Les contraintes du modèle

Les contraintes du modèle limitent la capacité de fermentation, la capacité de distillation et la capacité de production des drêches. Les capacités calculées permettent de produire 200 000 hectolitres d'éthanol en 320 jours² en traitant un blé "moyen". Par hypothèse, ce blé "moyen" sature les capacités de tous les ateliers alors que les types de blé testés ne permettront pas nécessairement ce plein emploi de l'outil de production. Par exemple, le processus de transformation d'un blé riche en amidon risque de buter sur la contrainte de capacité de l'atelier de drêches et de laisser un excédent de capacité de fermentation car les vinasses obtenues seront moins concentrées que celles du blé moyen.

Une autre contrainte déjà signalée, qui est plus une contrainte commerciale que technique, est la teneur minimale en protéines des drêches.

3.2. Les objectifs du modèle :

Le premier objectif consiste à maximiser la valeur ajoutée sur un exercice annuel. Les charges fixes annuelles étant constantes quelles que soient les quantités produites, la solution technique donnant la maximisation de la valeur ajoutée donnera aussi la maximisation du revenu d'exploitation. Pour chaque solution obtenue, la variation de revenu ainsi que la diminution des coûts par hectolitre d'éthanol seront ensuite calculées. Ces deux variations ne seront pas forcément identiques. Cet objectif apparaît dans deux modèles. Ces deux modèles diffèrent par la nature et le nombre de leurs contraintes³.

Le second objectif consiste à minimiser directement les coûts variables et fixes par hectolitre d'éthanol⁴. Cet objectif est celui du modèle 3.

Les résultats optimaux sont alors comparés à une solution de référence calculée a priori sur la base des critères définissant le blé moyen. Cette comparaison montrera les améliorations apportées par les types de blé retenus à l'optimum.

¹ La contrainte de qualité des drêches (teneur minimale en protéines) est une relation hyperbolique. Egalement un des modèles qui minimise les coûts a une fonction objectif hyperbolique.

² Cette taille d'installation correspond à des capacités aujourd'hui installées en France.

³ Dans le modèle 1, il n'y a pas de contraintes de capacité de distillation ; les contraintes de capacité de l'atelier "drêches" sont écrites d'une manière plus fruste. Ce modèle 1 donnera des résultats économiques supérieurs aux résultats du modèle 2.

⁴ Charges variables et les charges fixes moins la valeur des drêches, le tout divisé par les quantités d'éthanol produites.

4. La solution de référence.

Afin de ne pas trop particulariser la solution de référence et de la rapprocher le plus possible des rendements en éthanol obtenus par la société B.E.N.P. ; celle ci a été obtenue en faisant la moyenne des données techniques du Blé Soissons, bénéficiant du niveau de fumure 1.

4.1. Données techniques .

Tableau 4-1 Données techniques de la solution de référence

	Par tonne de blé	Pour une campagne de 320 jours
Blé (t)	1	54104
Matière sèche en tonne	0,86	46530
Taux d'amidon (Ewers) en % de la MS	71,51%	
Amidon en tonne	0,621	33275
% de conversion "amidon sucres" (par rapport au rendement théorique)	94%	
Sucres disponibles en tonne	0,624	33793
Ethanol en hl par tonne de blé	3,70	200000
Drêches en tonne par tonne de blé	0,40	21709
Teneur en protéines des drêches	24%	24%
Durée cycle de fermentation (h)	30,7	
Capacité de production en éthanol hl/j		625
Capacité de séparation "vinasses-éthanol" en hl/h de vinasses		285
Capacité de séparation "eau drêches" en tonne d'eau/h		25,7
Volume des cuves de fermentation en hl		9553

4.2. Données économiques

Tableau 4-2 Données économiques de la solution de référence

Prix du blé en F/tonne	600
Prix éthanol en F/hl	300
Prix des drêches en F/tonne	700
Coût du blé F par hl d'éthanol	162
Coût variable F par hl d'éthanol	57
Coût fixe F par hl d'éthanol	120
Recettes des drêches F par hl d'éthanol	76
Coûts totaux en F/hl d'éthanol	263
Coût total annuel en 1000 F	52610
Revenu total annuel en 1000 F	7390

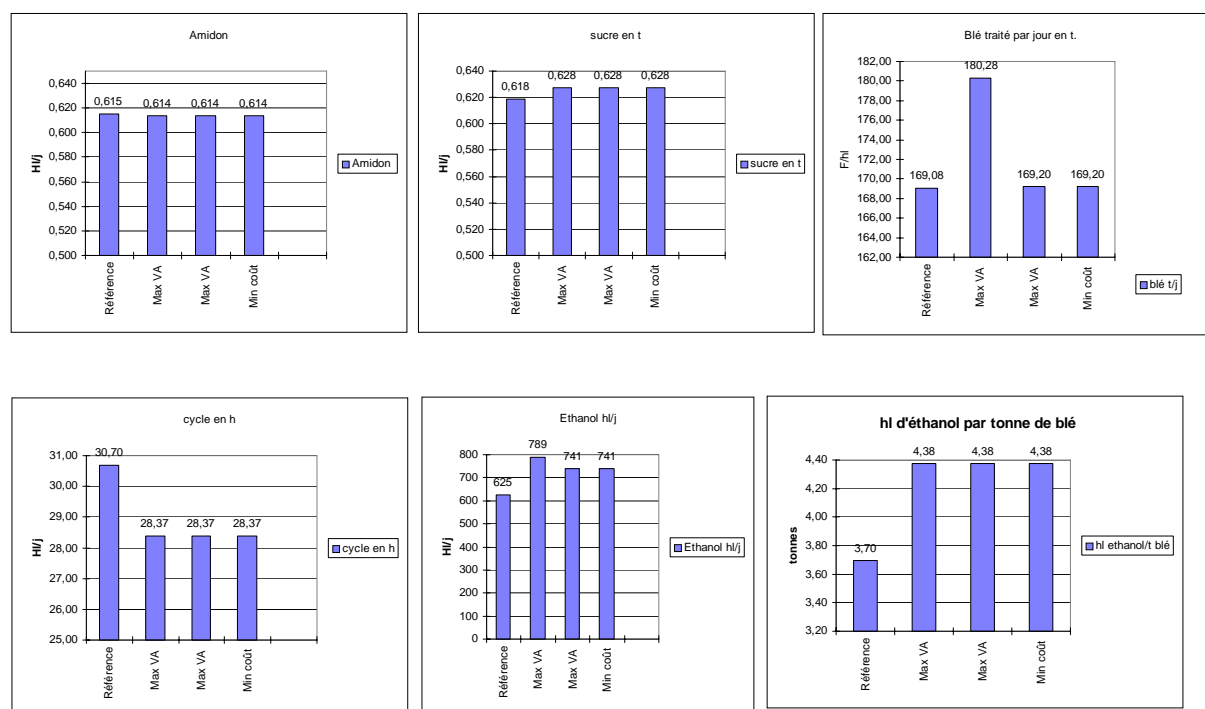
Le coût global de référence s'élève à 263 F par hectolitre dont 162 F dus à la matière première.

5. Les premiers résultats

5.1. Solution de base

Pour les trois modèles, le même type de blé est retenu : SOISSONS 5239.

Graphique 1 résultats techniques



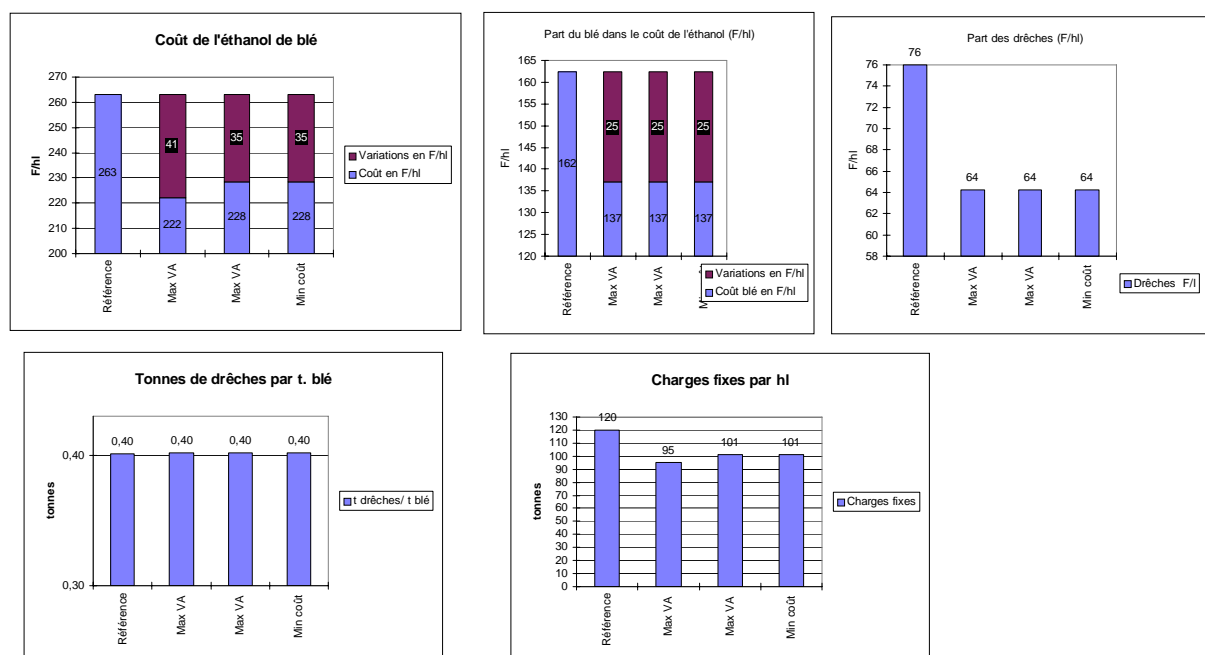
Comparé au blé moyen, le blé choisi n'est pas plus riche en amidon mais donne plus de sucres fermentescibles par tonne, 0,628 tonne au lieu de 0,618 pour le blé « moyen ». Il en résulte une productivité élevée en éthanol par tonne de blé, 4,38 hl au lieu de 3,67. Par ailleurs, ce

rendement est obtenu pour un cycle de fermentation plus court, 28,37 heures au lieu de 30,70. C'est pourquoi la capacité de production journalière s'accroît de manière importante, de 116 hl soit 18,6% en plus.. La quantité de blé traitée par jour n'augmente pas en raison du rendement en éthanol élevé de ce blé.

Ce blé "optimal" permet une baisse des coûts de 35 F par hectolitre (cf. Graphique 2) ; Les charges fixes diminuent de 19 F par hectolitre, le coût de la matière première de 25 F par hectolitre, par contre la contribution économique des drêches diminuent de 12 F par hectolitre.

La reproductibilité des données techniques concernant le blé Soissons 5239 doit être soigneusement vérifiée compte tenu de l'importance des effets mesurés.

Graphique 2 Résultats économiques



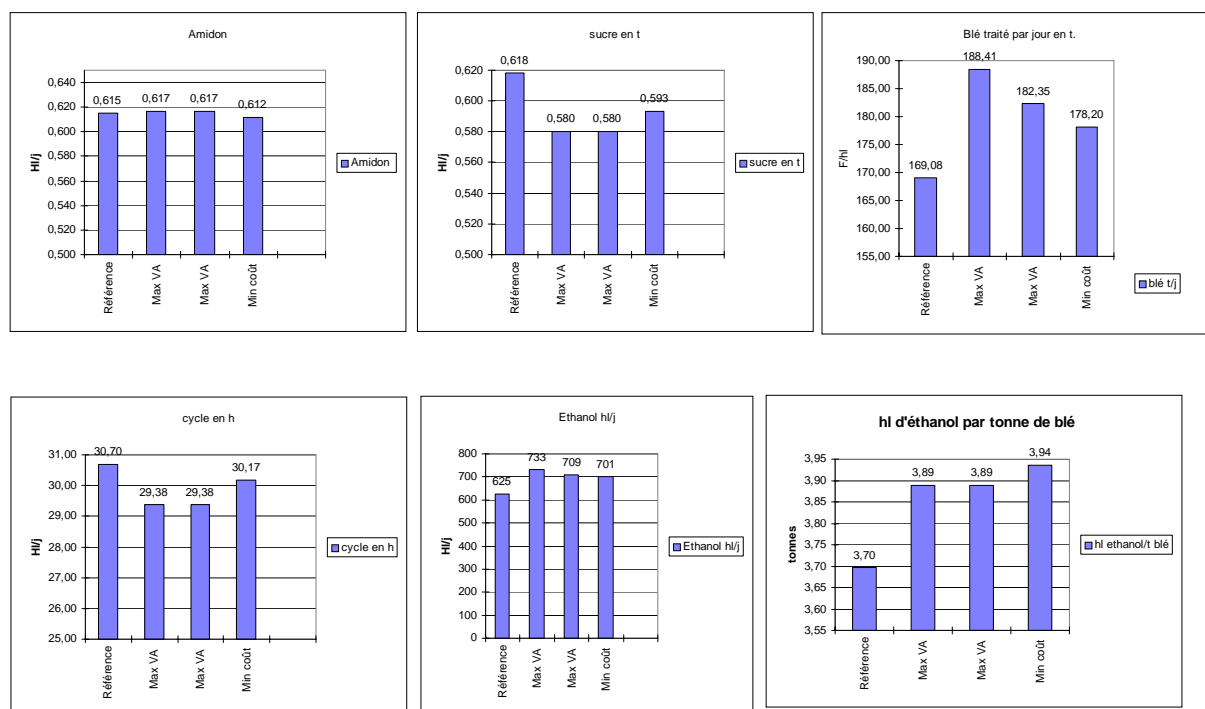
6. Analyse de sensibilité.

6.1. Choix d'un deuxième "meilleur" blé.

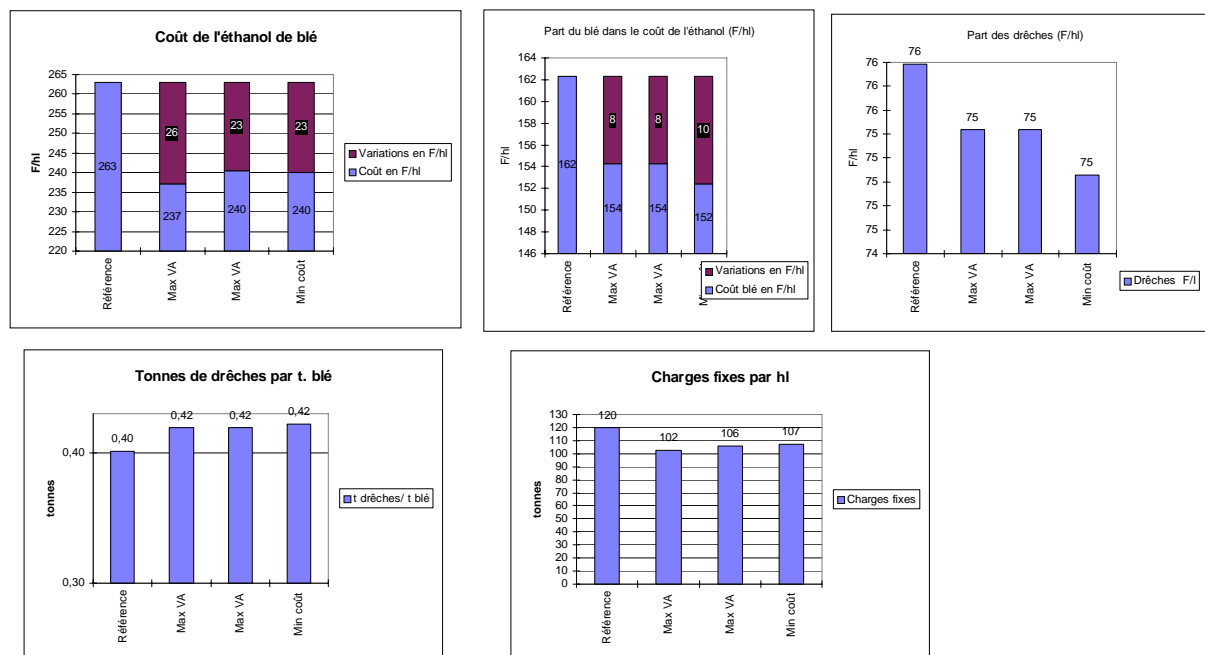
Le "second meilleur" blé qui vient après SOISSONS 5239 est TREMIE 5033.

Ce blé permet également une meilleure productivité en éthanol, tant par tonne de blé que par unité de capacité installée. Ce résultat pose question car la production de sucres par tonne de blé et la durée du cycle de production sont un peu inférieures à celles du blé moyen (cf. Graphique 3). Le rendement en drêches est par contre supérieur. Il en résulte finalement une baisse des coûts de 23 F par hectolitre dont 8 à 10 F par hectolitre dus au blé et entre 10 et 15 F par hectolitre dus aux charges fixes (cf. Graphique 4).

Graphique 3 Résultats techniques



Graphique 4 Résultats économiques



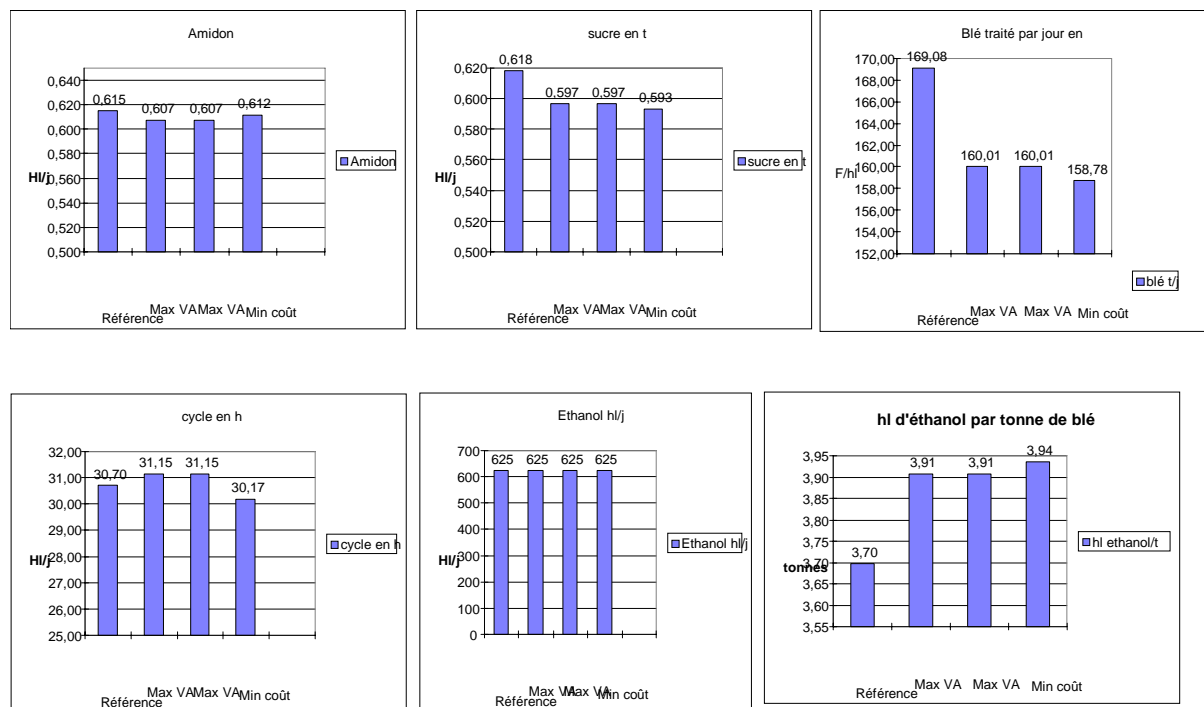
6.2. Limitation de la production à 200 000 hectolitres

Ce faisant, on empêche la possibilité d'un accroissement de production annuelle. Le choix du blé "Soissons 5239" est toujours interdit.

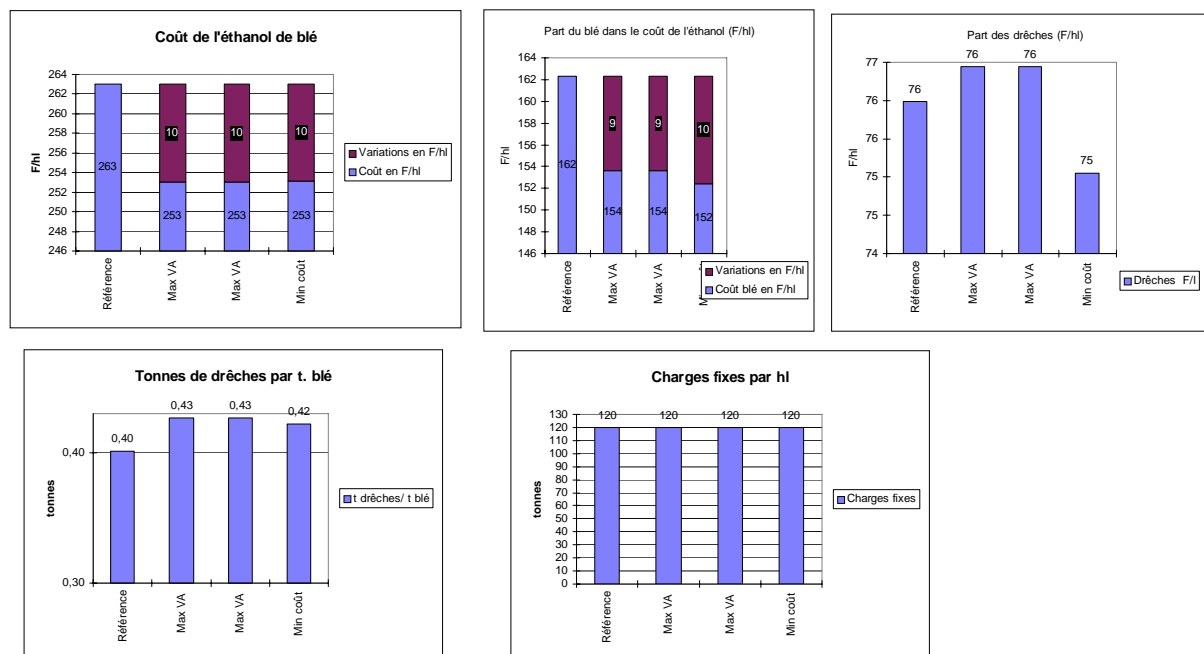
Les blés choisis à l'optimum diffèrent en fonction des objectifs retenus ; la minimisation des coûts est plutôt favorisée par Trémie 5033, alors que la maximisation de la valeur ajoutée est

apportée grâce à Trémie 5212. La baisse des coûts est plus faible que dans le cas précédent puisque l'effet "baisse des charges fixes" ne joue plus. la baisse des coûts est apportée par la diminution de blé traitée (cf. Graphique 5 Graphique 6).

Graphique 5 Résultats techniques.

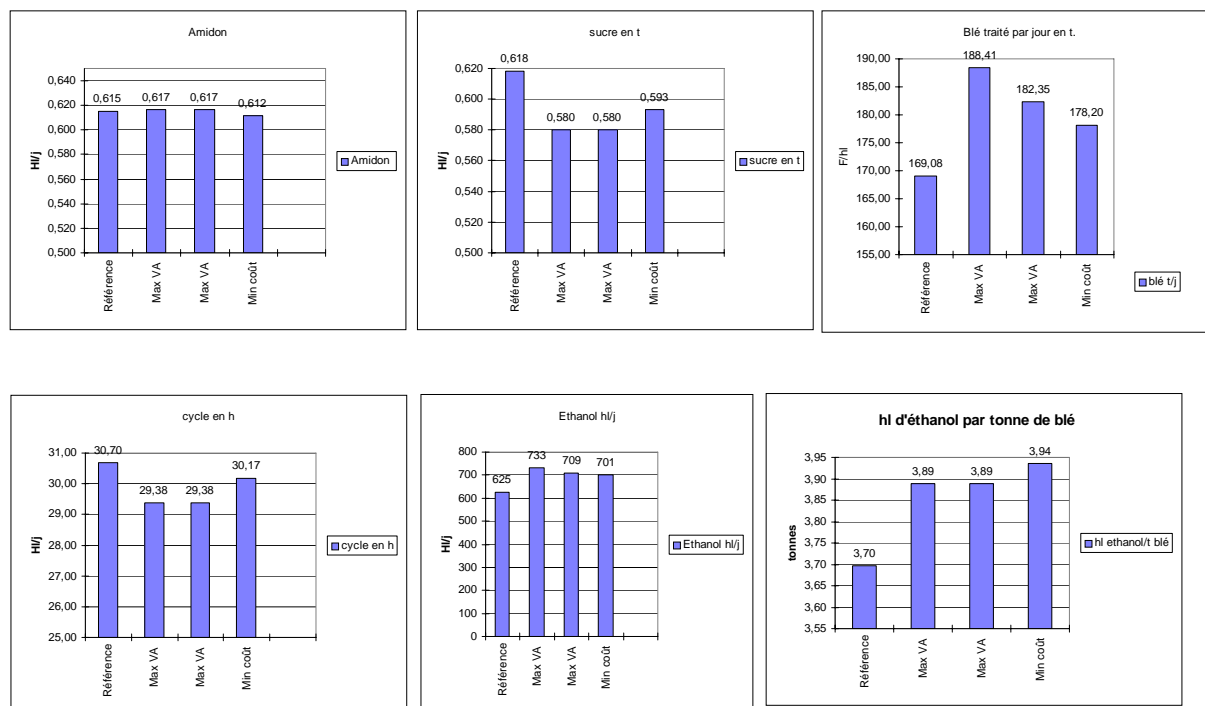


Graphique 6 Résultats économiques

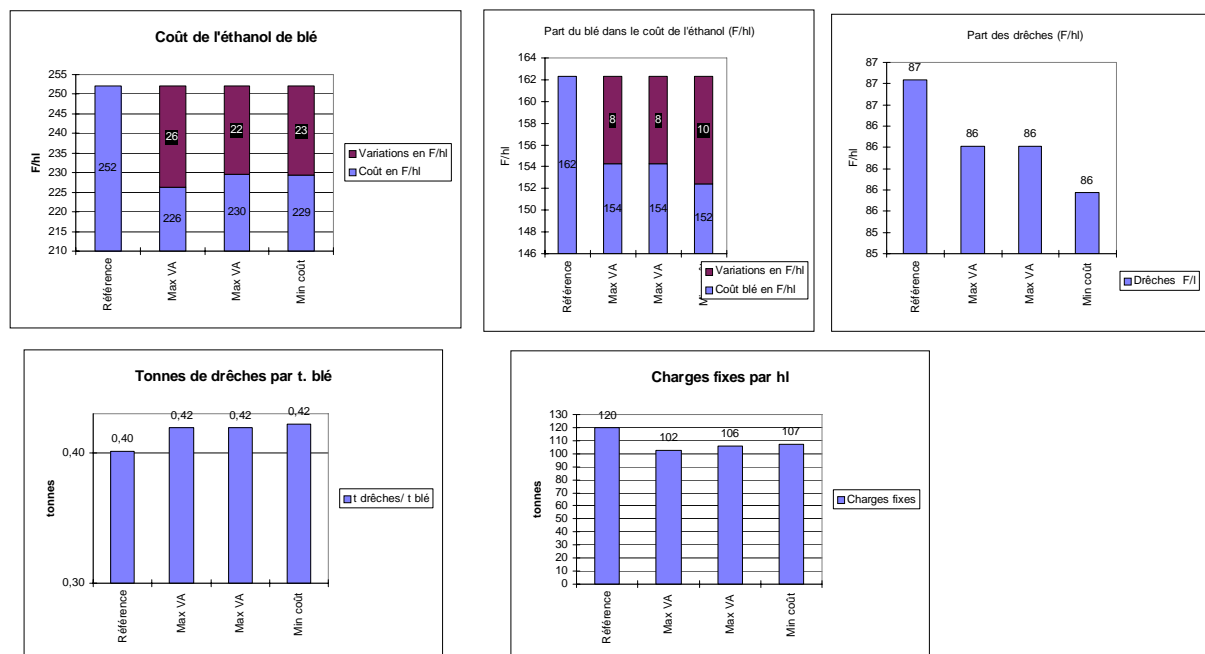


6.3. Effets simultanés d'une baisse du prix de l'éthanol et d'un renchérissement des drèches.

Graphique 7 Résultats techniques



Graphique 8 Résultats économiques



La capacité de production n'est plus limitée. Le prix de l'éthanol va baisser de 0,20 F/hl et le prix des drèches va augmenter de 100 F par hectolitre. On obtient une solution techniquement identique à la solution du paragraphe 5.1. Le blé Trémie 5033 est essentiellement retenu. La baisse des coûts est de l'ordre de 23 F par hectolitre (cf. Graphique 7 Graphique 8).

7. Conclusions

Avec le solveur d'excel, on dispose d'un outil de simulation intéressant et convivial pour analyser les effets des différents types de blé sur les coûts de l'éthanol.

Les simulations sont fondées sur des résultats expérimentaux qui ne sont pas tout à faits extrapolables au contexte industriel notamment en matière de conduite de la fermentation. La durée des cycles de fermentation est sans doute plus courte en pratique et la baisse des rendements en éthanol est compensée en pratiquant le recyclage d'une partie des vinasses. Cette pratique si elle était introduite dans la modélisation modifierait les contraintes de capacité des ateliers plus que les rendements en eux-mêmes. Il n'est pas certain pour autant que les résultats économiques obtenus par le modèle seraient remis en cause car les charges fixes annuelles ne sont pas directement reliées aux capacités installées mais sont définies de manière exogènes.

De nombreuses autres interrogations du modèle sont envisageables, l'analyse pourrait être utilement complétée dans plusieurs directions :

On pourrait réduire le nombre de types de blé en regroupant les blés par variété et par niveau de fumure. Ces deux facteurs paraissent à priori les plus importants. On éliminerait en fait les effets densité de semis, pesticides et localisation régionale de la production.

On pourrait également remplacer dans le modèle les prix des blés par leurs coûts d'opportunité. Cette démarche reviendrait à optimiser l'ensemble de la filière.

On pourrait également coupler le modèle industriel à des modèles agricoles représentant différents types de système de production de la région d'approvisionnement de l'usine. Ces modèles agricoles auraient pour objectifs le calcul des coûts d'opportunité des blés en fonction d'hypothèses de politique agricole.

Annexe 7-1 Données économiques et techniques

Coût variable par hl d'éthanol			
Gaz	26,67	Matière sèche blé par tonne	0,86
Electricité	12,77	Matière sèche drêche par tonne	0,9
Eau	1,20	Teneur minimum en protéines	0,23
Total	40,64	Densité éthanol	0,79
Coût variable tonne de blé réactifs		Jours de fonctionnement/an	320
	59,44	Heures de fonctionnement/J	24
		Heures de fonctionnement/an	7680
Coût fixe 625 hl	24000000		
		Capacité jour en Hl éthanol	625
prix du blé en F/t	600		
Prix éthanol en F/l	280		
Prix des drêches en F/t	800		

Annexe 7-2 Caractéristiques techniques des blés

Variété	Code	Rang	Blé brut (t)	Mat. sèche (t)	Amidon (t)	sucres en t	Ethanol (hl)	Ethanol (t)	Drêches (t)	Durée cycle	Protéines en t
TREMIE	5 026	1	1,00	0,86	0,63	0,56	3,44	0,27	0,40	29,17	0,08
TREMIE	5 027	2	1,00	0,86	0,63	0,62	3,43	0,27	0,40	28,64	0,08
TREMIE	5 030	3	1,00	0,86	0,62	0,59	3,17	0,25	0,41	24,80	0,09
TREMIE	5 033	4	1,00	0,86	0,61	0,58	3,86	0,30	0,42	29,31	0,10
VIVANT	5 045	5	1,00	0,86	0,61	0,59	3,78	0,30	0,41	30,67	0,08
VIVANT	5 051	6	1,00	0,86	0,59	0,55	3,28	0,26	0,41	29,03	0,10
APOLLO	5 072	7	1,00	0,86	0,63	0,57	4,04	0,32	0,42	29,70	0,08
APOLLO	5 078	8	1,00	0,86	0,61	0,59	3,31	0,26	0,45	27,67	0,10
SOISSONS	5 081	9	1,00	0,86	0,63	0,62	3,58	0,28	0,39	30,46	0,09
SOISSONS	5 084	10	1,00	0,86	0,62	0,61	3,28	0,26	0,40	30,19	0,10
SOISSONS	5 093	11	1,00	0,86	0,62	0,56	3,13	0,25	0,40	31,34	0,10
SOISSONS	5 095	12	1,00	0,86	0,59	0,61	3,39	0,27	0,42	25,12	0,11
DOMINO	5 102	13	1,00	0,86	0,59	0,59	3,85	0,30	0,42	28,42	0,10
DOMINO	5 108	14	1,00	0,86	0,61	0,59	3,42	0,27	0,41	29,63	0,08
DOMINO	5 114	15	1,00	0,86	0,59	0,58	3,72	0,29	0,42	29,04	0,10
TREMIE	5 212	16	1,00	0,86	0,61	0,61	4,04	0,32	0,43	31,26	0,09
TREMIE	5 213	17	1,00	0,86	0,61	0,60	3,50	0,28	0,42	30,34	0,09
TREMIE	5 218	18	1,00	0,86	0,60	0,58	3,09	0,24	0,41	30,27	0,10
TREMIE	5 219	19	1,00	0,86	0,60	0,59	3,27	0,26	0,41	27,65	0,11
TREMIE	5 221	20	1,00	0,86	0,62	0,63	3,09	0,24	0,38	29,96	0,09
TREMIE	5 223	21	1,00	0,86	0,60	0,60	3,44	0,27	0,41	30,49	0,09
SOISSONS	5 230	22	1,00	0,86	0,61	0,60	3,44	0,27	0,41	32,82	0,10
SOISSONS	5 231	23	1,00	0,86	0,61	0,62	3,39	0,27	0,40	31,14	0,10
SOISSONS	5 232	24	1,00	0,86	0,60	0,61	3,23	0,26	0,40	30,74	0,10
SOISSONS	5 239	25	1,00	0,86	0,61	0,63	4,38	0,35	0,40	28,37	0,10
SOISSONS	5 242	26	1,00	0,86	0,60	0,59	3,22	0,25	0,42	29,61	0,10
SOISSONS	5 245	27	1,00	0,86	0,60	0,59	2,93	0,23	0,42	31,51	0,11
SOISSONS	5 246	28	1,00	0,86	0,60	0,56	3,43	0,27	0,43	30,74	0,11
DOMINO	5 287	29	1,00	0,86	0,58	0,59	3,11	0,25	0,41	26,67	0,10
DOMINO	5 289	30	1,00	0,86	0,57	0,57	3,16	0,25	0,42	24,76	0,11
DOMINO	5 290	31	1,00	0,86	0,58	0,56	3,19	0,25	0,43	29,42	0,11
DOMINO	5 292	32	1,00	0,86	0,59	0,58	3,33	0,26	0,43	34,52	0,09
DOMINO	5 293	33	1,00	0,86	0,60	0,58	3,15	0,25	0,42	31,73	0,09
DOMINO	5 294	34	1,00	0,86	0,60	0,52	3,29	0,26	0,46	29,61	0,09

Annexe 7-3 Caractéristiques techniques, classement par rendement décroissant en éthanol

Variété	Code	Rang	Blé brut (t)	Mat. sèche (t)	Amidon (t)	sucre en t	Ethanol (hl)	Ethanol (t)	Drêches (t)	Durée cycle	Protéines en t
SOISSONS	5 239	25	1,00	0,86	0,61	0,63	4,38	0,35	0,40	28,37	0,10
APOLLO	5 072	7	1,00	0,86	0,63	0,57	4,04	0,32	0,42	29,70	0,08
TREMIE	5 212	16	1,00	0,86	0,61	0,61	4,04	0,32	0,43	31,26	0,09
TREMIE	5 033	4	1,00	0,86	0,61	0,58	3,86	0,30	0,42	29,31	0,10
DOMINO	5 102	13	1,00	0,86	0,59	0,59	3,85	0,30	0,42	28,42	0,10
VIVANT	5 045	5	1,00	0,86	0,61	0,59	3,78	0,30	0,41	30,67	0,08
DOMINO	5 114	15	1,00	0,86	0,59	0,58	3,72	0,29	0,42	29,04	0,10
SOISSONS	5 081	9	1,00	0,86	0,63	0,62	3,58	0,28	0,39	30,46	0,09
TREMIE	5 213	17	1,00	0,86	0,61	0,60	3,50	0,28	0,42	30,34	0,09
TREMIE	5 026	1	1,00	0,86	0,63	0,56	3,44	0,27	0,40	29,17	0,08
TREMIE	5 223	21	1,00	0,86	0,60	0,60	3,44	0,27	0,41	30,49	0,09
SOISSONS	5 230	22	1,00	0,86	0,61	0,60	3,44	0,27	0,41	32,82	0,10
TREMIE	5 027	2	1,00	0,86	0,63	0,62	3,43	0,27	0,40	28,64	0,08
SOISSONS	5 246	28	1,00	0,86	0,60	0,56	3,43	0,27	0,43	30,74	0,11
DOMINO	5 108	14	1,00	0,86	0,61	0,59	3,42	0,27	0,41	29,63	0,08
SOISSONS	5 095	12	1,00	0,86	0,59	0,61	3,39	0,27	0,42	25,12	0,11
SOISSONS	5 231	23	1,00	0,86	0,61	0,62	3,39	0,27	0,40	31,14	0,10
DOMINO	5 292	32	1,00	0,86	0,59	0,58	3,33	0,26	0,43	34,52	0,09
APOLLO	5 078	8	1,00	0,86	0,61	0,59	3,31	0,26	0,45	27,67	0,10
DOMINO	5 294	34	1,00	0,86	0,60	0,52	3,29	0,26	0,46	29,61	0,09
VIVANT	5 051	6	1,00	0,86	0,59	0,55	3,28	0,26	0,41	29,03	0,10
SOISSONS	5 084	10	1,00	0,86	0,62	0,61	3,28	0,26	0,40	30,19	0,10
TREMIE	5 219	19	1,00	0,86	0,60	0,59	3,27	0,26	0,41	27,65	0,11
SOISSONS	5 232	24	1,00	0,86	0,60	0,61	3,23	0,26	0,40	30,74	0,10
SOISSONS	5 242	26	1,00	0,86	0,60	0,59	3,22	0,25	0,42	29,61	0,10
DOMINO	5 290	31	1,00	0,86	0,58	0,56	3,19	0,25	0,43	29,42	0,11
TREMIE	5 030	3	1,00	0,86	0,62	0,59	3,17	0,25	0,41	24,80	0,09
DOMINO	5 289	30	1,00	0,86	0,57	0,57	3,16	0,25	0,42	24,76	0,11
DOMINO	5 293	33	1,00	0,86	0,60	0,58	3,15	0,25	0,42	31,73	0,09
SOISSONS	5 093	11	1,00	0,86	0,62	0,56	3,13	0,25	0,40	31,34	0,10
DOMINO	5 287	29	1,00	0,86	0,58	0,59	3,11	0,25	0,41	26,67	0,10
TREMIE	5 218	18	1,00	0,86	0,60	0,58	3,09	0,24	0,41	30,27	0,10
TREMIE	5 221	20	1,00	0,86	0,62	0,63	3,09	0,24	0,38	29,96	0,09

SOISSONS	5 245	27	1,00	0,86	0,60	0,59	2,93	0,23	0,42	31,51	0,11
----------	-------	----	------	------	------	------	------	------	------	-------	------

Annexe 7-4 Caractéristiques techniques des blés , classement par rendement en drêches décroissant

Variété	Code	Rang	Blé brut (t)	Mat. sèche (t)	Amidon (t)	sucres en t	Ethanol (hl)	Ethanol (t)	Drêches (t)	Durée cycle	Protéines en t
DOMINO	5 294	34	1,00	0,86	0,60	0,52	3,29	0,26	0,46	29,61	0,09
APOLLO	5 078	8	1,00	0,86	0,61	0,59	3,31	0,26	0,45	27,67	0,10
TREMIE	5 212	16	1,00	0,86	0,61	0,61	4,04	0,32	0,43	31,26	0,09
SOISSONS	5 246	28	1,00	0,86	0,60	0,56	3,43	0,27	0,43	30,74	0,11
DOMINO	5 290	31	1,00	0,86	0,58	0,56	3,19	0,25	0,43	29,42	0,11
DOMINO	5 292	32	1,00	0,86	0,59	0,58	3,33	0,26	0,43	34,52	0,09
TREMIE	5 033	4	1,00	0,86	0,61	0,58	3,86	0,30	0,42	29,31	0,10
APOLLO	5 072	7	1,00	0,86	0,63	0,57	4,04	0,32	0,42	29,70	0,08
SOISSONS	5 095	12	1,00	0,86	0,59	0,61	3,39	0,27	0,42	25,12	0,11
DOMINO	5 102	13	1,00	0,86	0,59	0,59	3,85	0,30	0,42	28,42	0,10
DOMINO	5 114	15	1,00	0,86	0,59	0,58	3,72	0,29	0,42	29,04	0,10
TREMIE	5 213	17	1,00	0,86	0,61	0,60	3,50	0,28	0,42	30,34	0,09
SOISSONS	5 242	26	1,00	0,86	0,60	0,59	3,22	0,25	0,42	29,61	0,10
SOISSONS	5 245	27	1,00	0,86	0,60	0,59	2,93	0,23	0,42	31,51	0,11
DOMINO	5 289	30	1,00	0,86	0,57	0,57	3,16	0,25	0,42	24,76	0,11
DOMINO	5 293	33	1,00	0,86	0,60	0,58	3,15	0,25	0,42	31,73	0,09
TREMIE	5 030	3	1,00	0,86	0,62	0,59	3,17	0,25	0,41	24,80	0,09
VIVANT	5 045	5	1,00	0,86	0,61	0,59	3,78	0,30	0,41	30,67	0,08
VIVANT	5 051	6	1,00	0,86	0,59	0,55	3,28	0,26	0,41	29,03	0,10
DOMINO	5 108	14	1,00	0,86	0,61	0,59	3,42	0,27	0,41	29,63	0,08
TREMIE	5 218	18	1,00	0,86	0,60	0,58	3,09	0,24	0,41	30,27	0,10
TREMIE	5 219	19	1,00	0,86	0,60	0,59	3,27	0,26	0,41	27,65	0,11
TREMIE	5 223	21	1,00	0,86	0,60	0,60	3,44	0,27	0,41	30,49	0,09
SOISSONS	5 230	22	1,00	0,86	0,61	0,60	3,44	0,27	0,41	32,82	0,10
DOMINO	5 287	29	1,00	0,86	0,58	0,59	3,11	0,25	0,41	26,67	0,10
TREMIE	5 026	1	1,00	0,86	0,63	0,56	3,44	0,27	0,40	29,17	0,08
TREMIE	5 027	2	1,00	0,86	0,63	0,62	3,43	0,27	0,40	28,64	0,08
SOISSONS	5 084	10	1,00	0,86	0,62	0,61	3,28	0,26	0,40	30,19	0,10
SOISSONS	5 093	11	1,00	0,86	0,62	0,56	3,13	0,25	0,40	31,34	0,10
SOISSONS	5 231	23	1,00	0,86	0,61	0,62	3,39	0,27	0,40	31,14	0,10
SOISSONS	5 232	24	1,00	0,86	0,60	0,61	3,23	0,26	0,40	30,74	0,10
SOISSONS	5 239	25	1,00	0,86	0,61	0,63	4,38	0,35	0,40	28,37	0,10
SOISSONS	5 081	9	1,00	0,86	0,63	0,62	3,58	0,28	0,39	30,46	0,09
TREMIE	5 221	20	1,00	0,86	0,62	0,63	3,09	0,24	0,38	29,96	0,09

Annexe 7-5 Caractéristiques technico-économiques des blés

Volumes annuels et données économiques correspondant à 1 tonne de blé traitée par cycle

Variété	Code	Rang	Volumes annuels			Données économiques annuelles en 1000 F					
			Blé(t)	Ethanol (hl)	Drêches(t))	Coût blé	Coût variables	Vente éthanol	Vente drêches	Coût	Valeur ajoutée
TREMIE	5 026	1	263,30	905,82	104,16	-157,98	-52,46	271,75	72,91	-137,53	154,66
TREMIE	5 027	2	268,13	919,26	106,07	-160,88	-53,30	275,78	74,25	-139,92	156,81
TREMIE	5 030	3	309,64	982,23	127,03	-185,78	-58,32	294,67	88,92	-155,18	170,08
TREMIE	5 033	4	262,03	1010,82	109,79	-157,22	-56,65	303,25	76,85	-137,02	186,43
VIVANT	5 045	5	250,37	946,67	102,52	-150,22	-53,35	284,00	71,76	-131,82	170,59
VIVANT	5 051	6	264,54	866,69	109,46	-158,73	-50,95	260,01	76,62	-133,05	152,63
APOLLO	5 072	7	258,60	1044,93	108,60	-155,16	-57,84	313,48	76,02	-136,97	194,69
APOLLO	5 078	8	277,57	919,17	124,39	-166,54	-53,85	275,75	87,08	-133,32	175,65
SOISSONS	5 081	9	252,14	901,79	98,25	-151,28	-51,64	270,54	68,78	-134,14	153,53
SOISSONS	5 084	10	254,37	834,05	102,33	-152,62	-49,02	250,21	71,63	-130,01	142,82
SOISSONS	5 093	11	245,07	768,21	97,89	-147,04	-45,79	230,46	68,52	-124,31	128,89
SOISSONS	5 095	12	305,72	1037,61	127,37	-183,43	-60,34	311,28	89,16	-154,61	185,49
DOMINO	5 102	13	270,19	1039,74	113,99	-162,11	-58,31	311,92	79,79	-140,64	192,76
DOMINO	5 108	14	259,22	886,33	107,25	-155,53	-51,43	265,90	75,08	-131,88	157,66
DOMINO	5 114	15	264,48	983,12	110,65	-158,69	-55,67	294,94	77,46	-136,90	179,82
TREMIE	5 212	16	245,66	993,08	104,69	-147,40	-54,96	297,92	73,29	-129,07	187,18
TREMIE	5 213	17	253,09	886,32	105,39	-151,86	-51,06	265,90	73,77	-129,15	159,46
TREMIE	5 218	18	253,73	783,35	105,29	-152,24	-46,92	235,00	73,71	-125,45	136,34
TREMIE	5 219	19	277,76	907,43	113,97	-166,65	-53,39	272,23	79,78	-140,27	158,35
TREMIE	5 221	20	256,38	792,20	96,78	-153,83	-47,43	237,66	67,74	-133,52	124,45
TREMIE	5 223	21	251,87	867,52	103,98	-151,12	-50,23	260,25	72,79	-128,57	154,25
SOISSONS	5 230	22	234,03	805,33	96,65	-140,42	-46,64	241,60	67,66	-119,40	143,22
SOISSONS	5 231	23	246,65	836,11	98,79	-147,99	-48,64	250,83	69,15	-127,47	143,87
SOISSONS	5 232	24	249,81	808,11	99,28	-149,89	-47,69	242,43	69,49	-128,09	136,15
SOISSONS	5 239	25	270,71	1185,31	108,77	-162,43	-64,26	355,59	76,14	-150,55	216,93
SOISSONS	5 242	26	259,37	835,36	108,00	-155,62	-49,37	250,61	75,60	-129,39	147,45
SOISSONS	5 245	27	243,74	714,06	101,94	-146,24	-43,51	214,22	71,36	-118,39	123,67
SOISSONS	5 246	28	249,81	858,03	106,94	-149,88	-49,72	257,41	74,86	-124,75	157,80
DOMINO	5 287	29	288,01	894,37	118,81	-172,81	-53,47	268,31	83,17	-143,11	154,90
DOMINO	5 289	30	310,16	979,24	129,22	-186,09	-58,23	293,77	90,45	-153,87	172,12
DOMINO	5 290	31	261,06	831,63	113,37	-156,63	-49,31	249,49	79,36	-126,59	152,95
DOMINO	5 292	32	222,48	741,20	95,35	-133,49	-43,35	222,36	66,74	-110,09	135,67

DOMINO	5 293	33	242,07	762,17	102,05	-145,24	-45,36	228,65	71,43	-119,17	135,55
DOMINO	5 294	34	259,37	853,82	118,94	-155,62	-50,12	256,15	83,26	-122,48	166,81

Annexe 7-6 Caractéristiques économiques des blés, classement par coût croissant

Volumes annuels et données économiques correspondant à 1 tonne de blé traitée par cycle

Variété	Code	Rang	Volumes annuels			Données économiques annuelles en 1000 F					
			Blé(t)	Ethanol (hl)	Drêches(t))	Coût blé	Coût variables	Vente éthanol	Vente drêches	Coût	Valeur ajoutée
DOMINO	5 292	32	222,48	741,20	95,35	-133,49	-43,35	222,36	66,74	-110,09	135,67
SOISSONS	5 230	22	234,03	805,33	96,65	-140,42	-46,64	241,60	67,66	-119,40	143,22
DOMINO	5 293	33	242,07	762,17	102,05	-145,24	-45,36	228,65	71,43	-119,17	135,55
SOISSONS	5 245	27	243,74	714,06	101,94	-146,24	-43,51	214,22	71,36	-118,39	123,67
SOISSONS	5 093	11	245,07	768,21	97,89	-147,04	-45,79	230,46	68,52	-124,31	128,89
TREMIE	5 212	16	245,66	993,08	104,69	-147,40	-54,96	297,92	73,29	-129,07	187,18
SOISSONS	5 231	23	246,65	836,11	98,79	-147,99	-48,64	250,83	69,15	-127,47	143,87
SOISSONS	5 246	28	249,81	858,03	106,94	-149,88	-49,72	257,41	74,86	-124,75	157,80
SOISSONS	5 232	24	249,81	808,11	99,28	-149,89	-47,69	242,43	69,49	-128,09	136,15
VIVANT	5 045	5	250,37	946,67	102,52	-150,22	-53,35	284,00	71,76	-131,82	170,59
TREMIE	5 223	21	251,87	867,52	103,98	-151,12	-50,23	260,25	72,79	-128,57	154,25
SOISSONS	5 081	9	252,14	901,79	98,25	-151,28	-51,64	270,54	68,78	-134,14	153,53
TREMIE	5 213	17	253,09	886,32	105,39	-151,86	-51,06	265,90	73,77	-129,15	159,46
TREMIE	5 218	18	253,73	783,35	105,29	-152,24	-46,92	235,00	73,71	-125,45	136,34
SOISSONS	5 084	10	254,37	834,05	102,33	-152,62	-49,02	250,21	71,63	-130,01	142,82
TREMIE	5 221	20	256,38	792,20	96,78	-153,83	-47,43	237,66	67,74	-133,52	124,45
APOLLO	5 072	7	258,60	1044,93	108,60	-155,16	-57,84	313,48	76,02	-136,97	194,69
DOMINO	5 108	14	259,22	886,33	107,25	-155,53	-51,43	265,90	75,08	-131,88	157,66
SOISSONS	5 242	26	259,37	835,36	108,00	-155,62	-49,37	250,61	75,60	-129,39	147,45
DOMINO	5 294	34	259,37	853,82	118,94	-155,62	-50,12	256,15	83,26	-122,48	166,81
DOMINO	5 290	31	261,06	831,63	113,37	-156,63	-49,31	249,49	79,36	-126,59	152,95
TREMIE	5 033	4	262,03	1010,82	109,79	-157,22	-56,65	303,25	76,85	-137,02	186,43
TREMIE	5 026	1	263,30	905,82	104,16	-157,98	-52,46	271,75	72,91	-137,53	154,66
DOMINO	5 114	15	264,48	983,12	110,65	-158,69	-55,67	294,94	77,46	-136,90	179,82
VIVANT	5 051	6	264,54	866,69	109,46	-158,73	-50,95	260,01	76,62	-133,05	152,63
TREMIE	5 027	2	268,13	919,26	106,07	-160,88	-53,30	275,78	74,25	-139,92	156,81
DOMINO	5 102	13	270,19	1039,74	113,99	-162,11	-58,31	311,92	79,79	-140,64	192,76
SOISSONS	5 239	25	270,71	1185,31	108,77	-162,43	-64,26	355,59	76,14	-150,55	216,93
APOLLO	5 078	8	277,57	919,17	124,39	-166,54	-53,85	275,75	87,08	-133,32	175,65
TREMIE	5 219	19	277,76	907,43	113,97	-166,65	-53,39	272,23	79,78	-140,27	158,35
DOMINO	5 287	29	288,01	894,37	118,81	-172,81	-53,47	268,31	83,17	-143,11	154,90
SOISSONS	5 095	12	305,72	1037,61	127,37	-183,43	-60,34	311,28	89,16	-154,61	185,49

TREMIE	5 030	3	309,64	982,23	127,03	-185,78	-58,32	294,67	88,92	-155,18	170,08
DOMINO	5 289	30	310,16	979,24	129,22	-186,09	-58,23	293,77	90,45	-153,87	172,12

Annexe 7-7 Caractéristiques économiques, classement par valeur ajoutée décroissante

Volumes annuels et données économiques correspondant à 1 tonne de blé traitée par cycle

Variété	Code	Rang	Volumes annuels			Données économiques annuelles en 1000 F					
			Blé(t)	Ethanol (hl)	Drêches(t)	Coût blé	Coût variables	Vente éthanol	Vente drêches	Coût	Valeur ajoutée
SOISSONS	5 239	25	270,71	1185,31	108,77	-162,43	-64,26	355,59	76,14	-150,55	216,93
APOLLO	5 072	7	258,60	1044,93	108,60	-155,16	-57,84	313,48	76,02	-136,97	194,69
DOMINO	5 102	13	270,19	1039,74	113,99	-162,11	-58,31	311,92	79,79	-140,64	192,76
TREMIE	5 212	16	245,66	993,08	104,69	-147,40	-54,96	297,92	73,29	-129,07	187,18
TREMIE	5 033	4	262,03	1010,82	109,79	-157,22	-56,65	303,25	76,85	-137,02	186,43
SOISSONS	5 095	12	305,72	1037,61	127,37	-183,43	-60,34	311,28	89,16	-154,61	185,49
DOMINO	5 114	15	264,48	983,12	110,65	-158,69	-55,67	294,94	77,46	-136,90	179,82
APOLLO	5 078	8	277,57	919,17	124,39	-166,54	-53,85	275,75	87,08	-133,32	175,65
DOMINO	5 289	30	310,16	979,24	129,22	-186,09	-58,23	293,77	90,45	-153,87	172,12
VIVANT	5 045	5	250,37	946,67	102,52	-150,22	-53,35	284,00	71,76	-131,82	170,59
TREMIE	5 030	3	309,64	982,23	127,03	-185,78	-58,32	294,67	88,92	-155,18	170,08
DOMINO	5 294	34	259,37	853,82	118,94	-155,62	-50,12	256,15	83,26	-122,48	166,81
TREMIE	5 213	17	253,09	886,32	105,39	-151,86	-51,06	265,90	73,77	-129,15	159,46
TREMIE	5 219	19	277,76	907,43	113,97	-166,65	-53,39	272,23	79,78	-140,27	158,35
SOISSONS	5 246	28	249,81	858,03	106,94	-149,88	-49,72	257,41	74,86	-124,75	157,80
DOMINO	5 108	14	259,22	886,33	107,25	-155,53	-51,43	265,90	75,08	-131,88	157,66
TREMIE	5 027	2	268,13	919,26	106,07	-160,88	-53,30	275,78	74,25	-139,92	156,81
DOMINO	5 287	29	288,01	894,37	118,81	-172,81	-53,47	268,31	83,17	-143,11	154,90
TREMIE	5 026	1	263,30	905,82	104,16	-157,98	-52,46	271,75	72,91	-137,53	154,66
TREMIE	5 223	21	251,87	867,52	103,98	-151,12	-50,23	260,25	72,79	-128,57	154,25
SOISSONS	5 081	9	252,14	901,79	98,25	-151,28	-51,64	270,54	68,78	-134,14	153,53
DOMINO	5 290	31	261,06	831,63	113,37	-156,63	-49,31	249,49	79,36	-126,59	152,95
VIVANT	5 051	6	264,54	866,69	109,46	-158,73	-50,95	260,01	76,62	-133,05	152,63
SOISSONS	5 242	26	259,37	835,36	108,00	-155,62	-49,37	250,61	75,60	-129,39	147,45
SOISSONS	5 231	23	246,65	836,11	98,79	-147,99	-48,64	250,83	69,15	-127,47	143,87
SOISSONS	5 230	22	234,03	805,33	96,65	-140,42	-46,64	241,60	67,66	-119,40	143,22
SOISSONS	5 084	10	254,37	834,05	102,33	-152,62	-49,02	250,21	71,63	-130,01	142,82
TREMIE	5 218	18	253,73	783,35	105,29	-152,24	-46,92	235,00	73,71	-125,45	136,34

SOISSONS	5 232	24	249,81	808,11	99,28	-149,89	-47,69	242,43	69,49	-128,09	136,15
DOMINO	5 292	32	222,48	741,20	95,35	-133,49	-43,35	222,36	66,74	-110,09	135,67
DOMINO	5 293	33	242,07	762,17	102,05	-145,24	-45,36	228,65	71,43	-119,17	135,55
SOISSONS	5 093	11	245,07	768,21	97,89	-147,04	-45,79	230,46	68,52	-124,31	128,89
TREMIE	5 221	20	256,38	792,20	96,78	-153,83	-47,43	237,66	67,74	-133,52	124,45
SOISSONS	5 245	27	243,74	714,06	101,94	-146,24	-43,51	214,22	71,36	-118,39	123,67

