

## De la diversité spatiale aux performances des bassins d'approvisionnement : cas des sucreries de canne

Pierre-Yves Le Gal<sup>1</sup>  
Caroline Lejars<sup>2</sup>  
Peter Lyne<sup>3</sup>  
Eddie Meyer<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad), Cirad-Tera, TA 60/15, 34398 Montpellier cedex 5, France  
<pierre-yves.le\_gal@cirad.fr>

<sup>2</sup> Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad), Cirad-Ca, Station La Bretagne, BP 20, 97408 Saint-Denis Messagerie cedex 9, La Réunion  
<caroline.lejars@cirad.fr>

<sup>3</sup> South African Sugarcane Research Institute (SASRI)  
170 Flanders Drive, Mount Edgecombe 4300, Afrique du Sud  
<peter.lyne@sugar.org.za>  
<Eddie.Meyer@sugar.org.za>

### Résumé

Les relations entre agriculteurs et unités de transformation agroindustrielles s'inscrivent dans l'espace du bassin d'approvisionnement, délimité par l'ensemble des parcelles portant la culture concernée. Cet article examine à travers le cas d'une sucrerie en Afrique du Sud, comment le tonnage total de sucre produit sur un bassin d'approvisionnement peut être augmenté en valorisant la diversité spatiale de la qualité de la canne. L'élaboration d'un zonage couplée à un modèle de représentation de l'approvisionnement d'une sucrerie est utilisée pour simuler différents scénarios d'allocation des droits à livrer des planteurs intégrant cette diversité spatiale. L'existence de gains potentiels amène agriculteurs, industriels et chercheurs à réfléchir aux conséquences pratiques et scientifiques de tels changements organisationnels.

*Mots clés :* Productions végétales ; Systèmes agraires ; Ressources naturelles et environnement

### Summary

#### Improving the supply chain value by exploiting the spatial diversity of a supply area: The case of sugar cane

The relationship between farmers and food processing units takes place in the supply area covering fields under a given crop. Farmers and manufacturers have to co-ordinate their decision-making processes in order to respond to market demands while fulfilling both agricultural and industrial capacities. The climatic features characterizing the supply area affect both the quantity and quality of a delivered raw product. Based on a participatory approach in a South African sugar mill this paper investigates how to improve the chain value by exploiting this spatial diversity in the mill supply plan and operation. In that mill, sugarcane is delivered uniformly throughout the milling season and across all supply areas by a large number of farmers. This delivery schedule does not exploit the cane quality patterns, represented by the 'recoverable value' (RV) of sugar, which shows distinct regional trends, primarily due to climatic differences. A modelling approach was used in order to compare scenarios of cane supply re-organisation taking into account these quality patterns. The supply area was divided into three quality homogeneous sub-regions (coastal, inland and small-scale growers). Three scenarios were designed in order to adapt delivery allocation according to the three quality patterns. Inland and coastal harvest windows were reduced according to their specific quality curves, while the small-scale growers kept the same delivery schedule because of extra constraints. A model simulating the mill supply throughout a season was used in order to calculate the total sugar production for each scenario. Simulations showed gains of up to 2,5% compared to the current system. Profitability increased to 1 million euros but decreased for the years showing flat quality curves and slight differences between sub-regions. These results were used to support discussion and negotiation between growers and millers with the view to changing supply chain management. Stakeholders while investigating the practicalities of implementing such scenarios raised new issues. The link between cutting period and cane yield needs to be assessed, as well as the impact of the new harvest schedule on the cane payment system.

*Keywords :* Vegetal Productions; Farming Systems; Natural Resources and Environment

L'organisation des flux de matières premières entre agriculteurs et unités de transformation agroindustrielles pose des problèmes spécifiques au type de produit considéré, mais deux facteurs conditionnent fréquemment son efficacité : la régularité des flux durant la campagne de collecte et la qualité de la matière première [1]. Ces deux facteurs mettent en jeu un ensemble d'éléments techniques, décisionnels et organisationnels, interagissant au sein du bassin d'approvisionnement, ensemble constitué des parcelles et des exploitations approvisionnant ces unités [2]. La variabilité spatiale des conditions de sol et de climat s'y combine à la temporalité des processus biologiques pour accroître la diversité quantitative et qualitative des productions, souvent atomisées entre de nombreux fournisseurs. Dans ce contexte, le collecteur peut rechercher une qualité moyenne sur l'ensemble des apports, nécessitant des actions auprès des agriculteurs pour les amener à atteindre le niveau de qualité requis [3]. Il peut, alternativement, s'appuyer sur cette diversité spatiale pour augmenter les quantités de produits transformés rapportées à une quantité de matière première, ou atteindre certains objectifs de qualité des produits commercialisés [4, 5]. Dans ce cas, il doit concevoir une segmentation pertinente de ses fournisseurs et mettre en place des règles de gestion de ses approvisionnements tenant compte de la spécificité de chaque entité ainsi définie.

Cette voie a été explorée dans le cadre de deux interventions conduites avec des sucreries de canne à la Réunion [1, 6] et en Afrique du Sud [7], à partir d'une démarche de modélisation aidant industriels et planteurs à réfléchir sur de nouveaux modes d'organisation des approvisionnements des sucreries. Une fois le problème explicité, nous exposerons la méthodologie suivie, puis nous présenterons les résultats des simulations réalisées sur les différents scénarios d'organisation des approvisionnements élaborés. Nous terminerons en soulignant les implications opérationnelles et scientifiques de telles modifications. Les résultats étant similaires sur les deux cas, seul l'exemple sud-africain sera utilisé pour illustrer notre propos.

## Approvisionnement des sucreries et qualité de la canne

### Principes généraux

La canne à sucre est une graminée à croissance continue, dont le cycle entre deux coupes est divisé en deux phases [8] : une période de croissance où s'élabore le rendement en canne, et une période de maturation où la plante produit du saccharose. La production de sucre est stimulée par un stress hydrique combiné ou non à une baisse des températures. Les conditions climatiques influencent donc à la fois la durée du cycle entre deux coupes, en relation avec le type de variété cultivée, et le profil de la courbe de production du saccharose au cours du temps. Les sites où la pluviosité et les températures sont contrastées durant l'année présentent des courbes en cloche, avec un pic plus ou moins marqué selon les années.

Les industriels et les planteurs ont *a priori* intérêt à caler les livraisons autour de ce pic, afin de maximiser la quantité de sucre produite à l'échelle individuelle comme à celle du bassin d'approvisionnement. Cet objectif se heurte dans la pratique à plusieurs contraintes. D'abord la durée de la campagne de coupe résulte d'un compromis technico-économique entre les quantités de canne à transformer et les capacités de transformation, transport et récolte investies par les différents acteurs. Ensuite l'industriel recherche une régularité de ses approvisionnements tout au long de la campagne, des surstockages ou un fonctionnement à sous-capacité augmentant ses coûts de production. Enfin, les pics de variation de la richesse en sucre ne coïncident pas nécessairement sur un bassin d'approvisionnement du fait de conditions climatiques contrastées.

Pour remplir son objectif de régularité des apports tout en tenant compte des contraintes de capacité le long de la chaîne, l'industriel met en place une procédure de planification de ses approvisionnements comprenant : (i) une estimation des quantités à transformer pour l'année ; (ii) le choix d'une durée de campagne et de dates de début et fin de la campagne ; (iii) une allocation de droits à livrer par planteur durant la campagne en fonction de règles préétablies [1]. L'amélioration de la productivité de l'ensemble

sucrerie-planteurs passe par plusieurs leviers d'action, à organiser de façon cohérente depuis la parcelle jusqu'à l'usine pour respecter les différentes contraintes des acteurs de la chaîne d'approvisionnement [9].

### Application au cas sud-africain

L'intervention a été conduite sur une usine localisée sur la côte de l'océan Indien. Elle transforme en moyenne 2,25 millions de tonnes de canne par an, provenant de 180 exploitations de grande taille (50 à 300 hectares) pour 72 % du total, 3 000 petites exploitations (1 à 2 hectares) pour 10 % du total, le reliquat provenant du domaine de l'usine. Son bassin d'approvisionnement s'étend depuis une bande côtière de 70 km jusqu'à un plateau situé à 90 km dans les terres. La région côtière se caractérise par une pluviométrie et des températures plus élevées que la zone de plateau, où la baisse plus rapide des températures à l'automne et des précipitations plus faibles permettent une maturation plus précoce. Ces différences se traduisent par des cycles entre deux coupes variant de 12 mois sur la côte à 24 mois dans les terres.

Cette diversité spatiale et ses conséquences sur la qualité de la canne sont connues de l'industriel et des planteurs, mais elles n'ont pas été exploitées dans la gestion de l'approvisionnement de la sucrerie. L'industriel attribue des droits à livrer hebdomadaires aux planteurs selon une règle uniforme, consistant à diviser leur production estimée par la durée planifiée de la campagne. Celle-ci est fixée à 37 semaines, valeur considérée comme économiquement optimale compte tenu des capacités disponibles. La campagne s'arrête avant Noël, quand les conditions de coupe deviennent difficiles (températures et humidité élevées) et que la main-d'œuvre saisonnière n'est plus disponible.

Cette règle uniforme a le mérite de la simplicité, pour l'industriel comme pour les planteurs. Elle se justifiait dans un environnement économique protégé des importations extérieures. Depuis 1994, ces protections ont progressivement diminué, rendant l'industrie sucrière plus sensible à la concurrence internationale. Cette évolution a conduit les responsables de l'usine étudiée à rechercher de nouvelles voies d'amélioration de leurs résultats. Après discussion avec les chercheurs, l'intervention a porté sur les deux

questions suivantes : (i) le bassin d'approvisionnement peut-il être segmenté en zones de qualité homogène ? (ii) la quantité de sucre produite à l'échelle du bassin d'approvisionnement peut-elle être augmentée en modifiant les règles d'allocation des droits à livrer en fonction des différentiels de qualité entre ces zones ?

## Coupler zonage et simulation de scénarios d'organisation

La méthode utilisée couple l'élaboration d'un zonage du bassin d'approvisionnement basée sur la qualité de la canne et la mise en œuvre d'une démarche de modélisation associant conception, simulation et comparaison de scénarios alternatifs d'organisation des approvisionnements.

### Élaboration du zonage et des courbes de qualité par zones

En Afrique du Sud, la qualité de la canne est estimée à partir d'un indicateur mesuré en entrée usine, le *Recoverable Value* (RV), utilisé pour le paiement des planteurs. Le RV est lié à la quantité de sucre effectivement extraite d'un lot de canne, et se calcule à partir du taux de saccharose, minoré à l'aide de coefficients du taux de fibre et de non saccharose. Les facteurs déterminant la qualité relèvent de trois catégories, sans que des relations formelles aient été établies [10, 11] : (i) les conditions naturelles (essentiellement humidité du sol et température) ; (ii) les pratiques culturales (choix variétal, fertilisation, irrigation, agent de maturation artificiel) ; et (iii) l'organisation de la récolte et de l'approvisionnement (intervalle entre deux coupes, délais coupe-broyage).

Les données disponibles pour analyser la distribution de la qualité proviennent de l'usine. Tous les lots, correspondant à un chargement de 25 à 30 tonnes, sont pesés. Deux tiers d'entre eux font l'objet d'un prélèvement sur lequel est mesuré le

RV. Ces lots sont rattachés à une exploitation spécifique, sauf pour les petits planteurs où les lots individuels sont en général assemblés dans un chargement. Les résultats des pesées et des analyses de qualité sont archivés dans une base de données gérée par l'usine. Aucune donnée concernant les pratiques culturales et les conditions de récolte associées à chaque lot n'y est enregistrée. Dans ces conditions, le zonage a été conçu en faisant l'hypothèse que les agriculteurs cherchent à maximiser la qualité de la canne livrée à un instant  $t$ , d'autant qu'ils y sont incités par le système de paiement. Dans ce cas la définition des zones se fonde essentiellement sur les conditions climatiques, donc sur l'origine géographique des exploitations. Cette hypothèse est moins plausible chez les petits planteurs, du fait du mélange des lots et de contraintes spécifiques (disponibilité en trésorerie et en équipements de récolte).

Trois variables, accessibles dans les bases de données et pertinentes du point de vue de la qualité de la canne, ont été retenues pour réaliser le zonage : l'altitude, pour estimer la température moyenne, la moyenne annuelle des précipitations, et la fin de la période humide de croissance pour estimer la date d'apparition d'un stress hydrique [12]. Des classes de valeur ont été définies pour chaque variable et leur croisement a été analysé sur un fond cartographique numérisé du bassin d'approvisionnement. Trois zones ont été retenues, dont la définition a été finalisée en faisant appel à des personnes ressources (responsable approvisionnement de l'usine, planteurs, conseillers agricoles). Les courbes de qualité ont été reconstituées pour chaque zone et chaque campagne de 2000 à 2003, après avoir affecté chaque exploitation à une zone. Le RV hebdomadaire moyen a été calculé pour chaque zone en retenant l'ensemble des valeurs mesurées pour la semaine considérée, pondérées du poids des lots correspondants. Une fois ces courbes reconstituées, leur stabilité interannuelle au sein d'une zone et la stabilité des différences entre zones d'une année à l'autre ont été analysées.

### Modélisation

La démarche utilisée vise à dépasser la seule analyse du fonctionnement du bassin d'approvisionnement pour s'inscrire

dans un processus d'aide à la décision des acteurs impliqués. Elle associe analyse de l'existant, construction d'une représentation partagée du fonctionnement du bassin d'approvisionnement, mettant en évidence les interfaces critiques entre acteurs et les conséquences croisées des choix individuels et collectifs, conception, modélisation et simulation de scénarios alternatifs [13]. Chaque étape fait l'objet de présentations et de discussions avec l'industriel et les représentants des planteurs, afin de valider les analyses et les choix de modélisation réalisés, évaluer l'intérêt des alternatives proposées et définir leurs implications opérationnelles. Cette approche heuristique et itérative a été préférée à des outils d'optimisation, conçus et utilisés en Australie pour traiter de questions similaires [14], du fait de l'atomicité de la production et de la faible intégration entre les différents opérateurs de la chaîne d'approvisionnement.

L'outil de modélisation simule l'approvisionnement d'une sucrerie au pas de temps hebdomadaire. Il part d'une représentation simplifiée de la structuration du bassin d'approvisionnement en unités de production, opérateurs intermédiaires (transporteurs, centres de réception) et usine, ces entités étant caractérisées par des variables descriptives agrégées (capacité de livraison des unités de production, capacité de transfert des cannes des opérateurs intermédiaires, capacité de transformation de l'usine). La définition des unités de production croise en général des zones homogènes aux plans pédologique et climatique et des types d'exploitation. Les opérateurs intermédiaires peuvent être intégrés ou contractés par l'usine.

La modélisation de l'approvisionnement fait appel à deux modules couplés (*figure 1*). Le premier traite la phase de planification et de pilotage des livraisons, où sont définies les variables de fonctionnement de l'usine, les règles d'allocation des droits à livrer aux unités de production et les règles de gestion des aléas rencontrés en cours de campagne. Le déroulement simulé de la campagne fournit la répartition hebdomadaire des apports de canne, qui sont utilisés par le second module chargé de transformer des tonnes de cannes en tonnes de sucre, en fonction de leur richesse et des pertes en cours de transformation. Les simulations ont été réalisées sur tableur, en attendant la finalisation d'une application informatique spécifique [15].

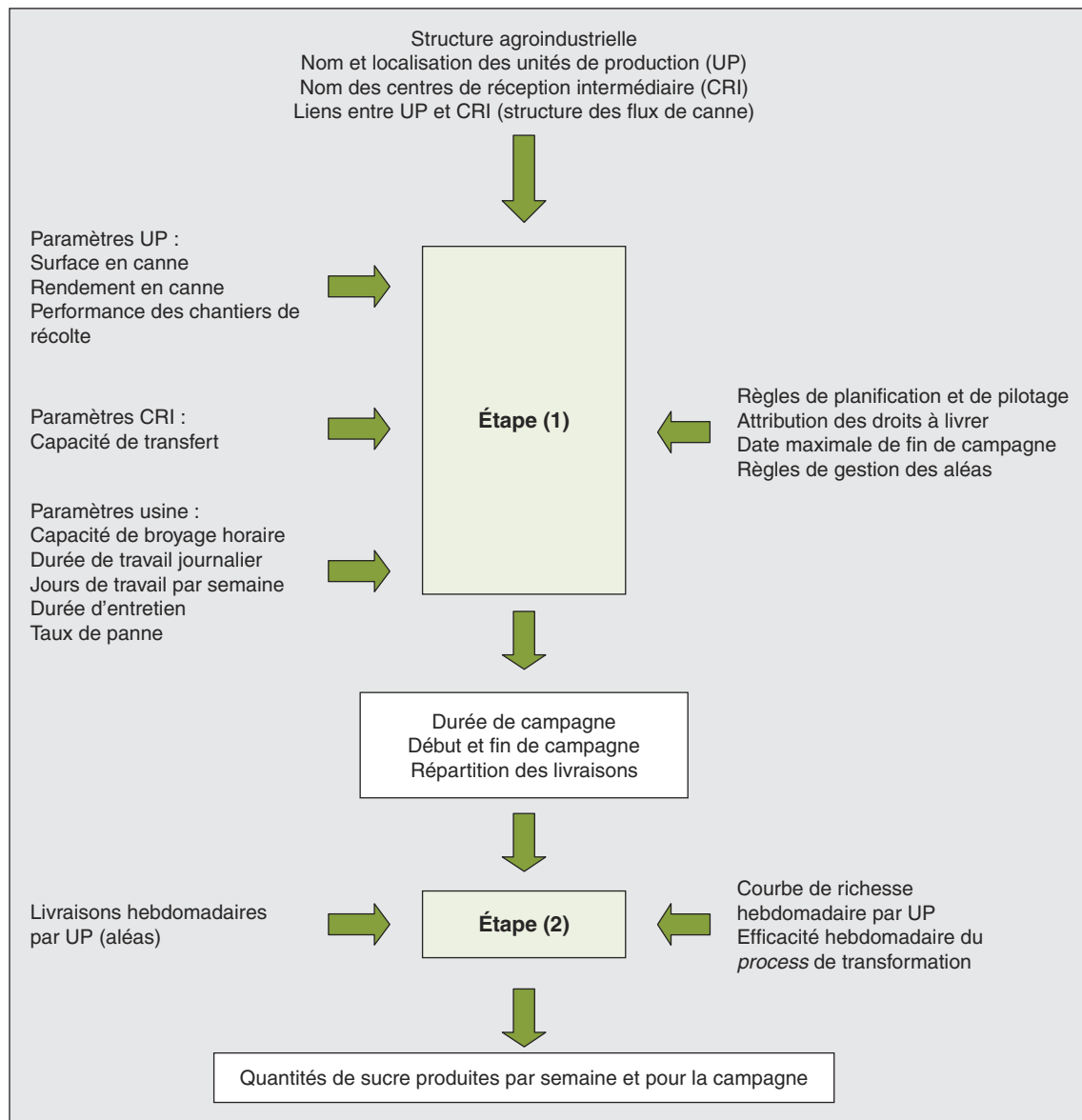


Figure 1. Structure générale du modèle d'approvisionnement des sucreries.

Figure 1. Simplified design of the sugar mill supply model.

## Tenir compte de la qualité de la canne dans l'approvisionnement de la sucrerie

### Des zones de qualité homogène

L'analyse des données climatiques et sa validation à dire d'experts confirme l'exis-

tence d'une zone côtière (*Coastal*), à la pluviométrie et aux températures élevées, et d'une zone intérieure (*Inland*) aux températures basses, dues à l'altitude, et à la pluviométrie plus faible. Une zone supplémentaire dénommée « petits planteurs » (SSG pour *small-scale growers*) a été créée pour tenir compte de leurs conditions spécifiques de production. Cette zone est géographiquement incluse dans *Coastal* (figure 2).

La qualité de la canne suit une courbe en cloche sur ces trois zones, avec un pic plus ou moins marqué et plus ou moins

élevé selon les saisons (figure 3). *Inland* présente en général des cannes plus riches que *Coastal* en début de campagne. Ce différentiel varie selon les saisons, mais demeure globalement positif durant la première partie de la campagne (figure 4). Une analyse des coefficients de variation interannuels du RV hebdomadaire par zone montre par ailleurs que la qualité des cannes provenant de *Coastal* est plus instable en début de campagne, du fait d'une plus grande variabilité climatique interannuelle et d'infestations parasites dues à un foreur des tiges (*Eldana saccharina*).

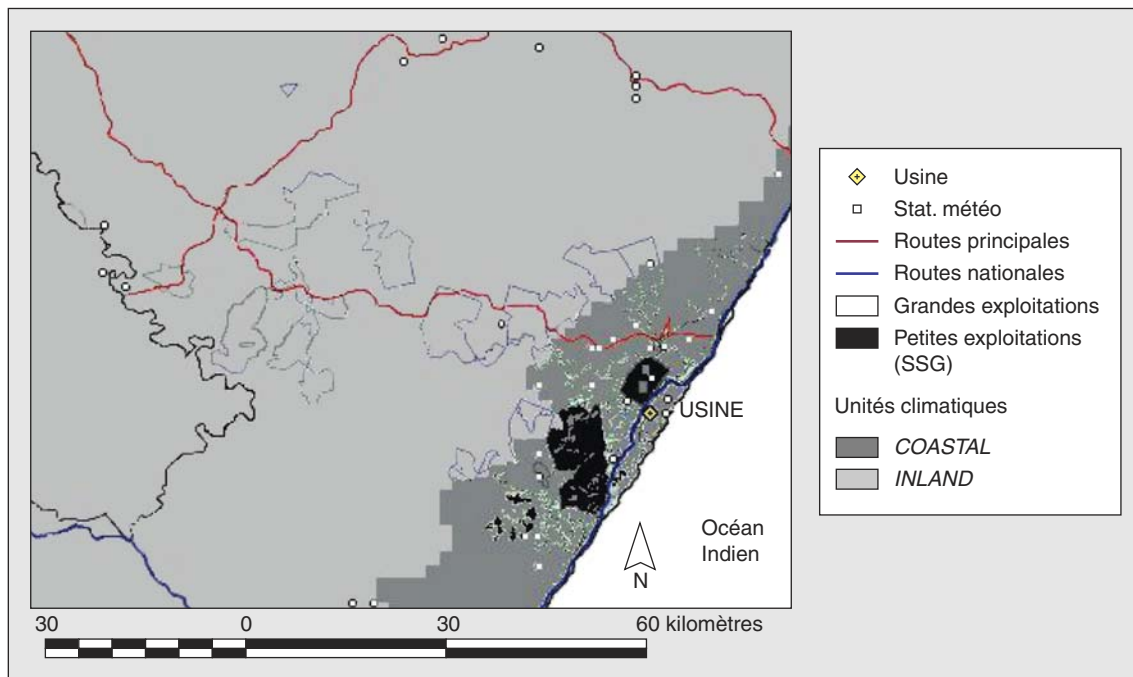


Figure 2. Zonage du bassin d’approvisionnement.

Figure 2. Zoning of the mill supply area.



Figure 3. Courbes de qualité RV par zone géographique (2000-2003).

Figure 3. RV curves according to spatial production unit (2000-2003).  
RV: Recoverable value

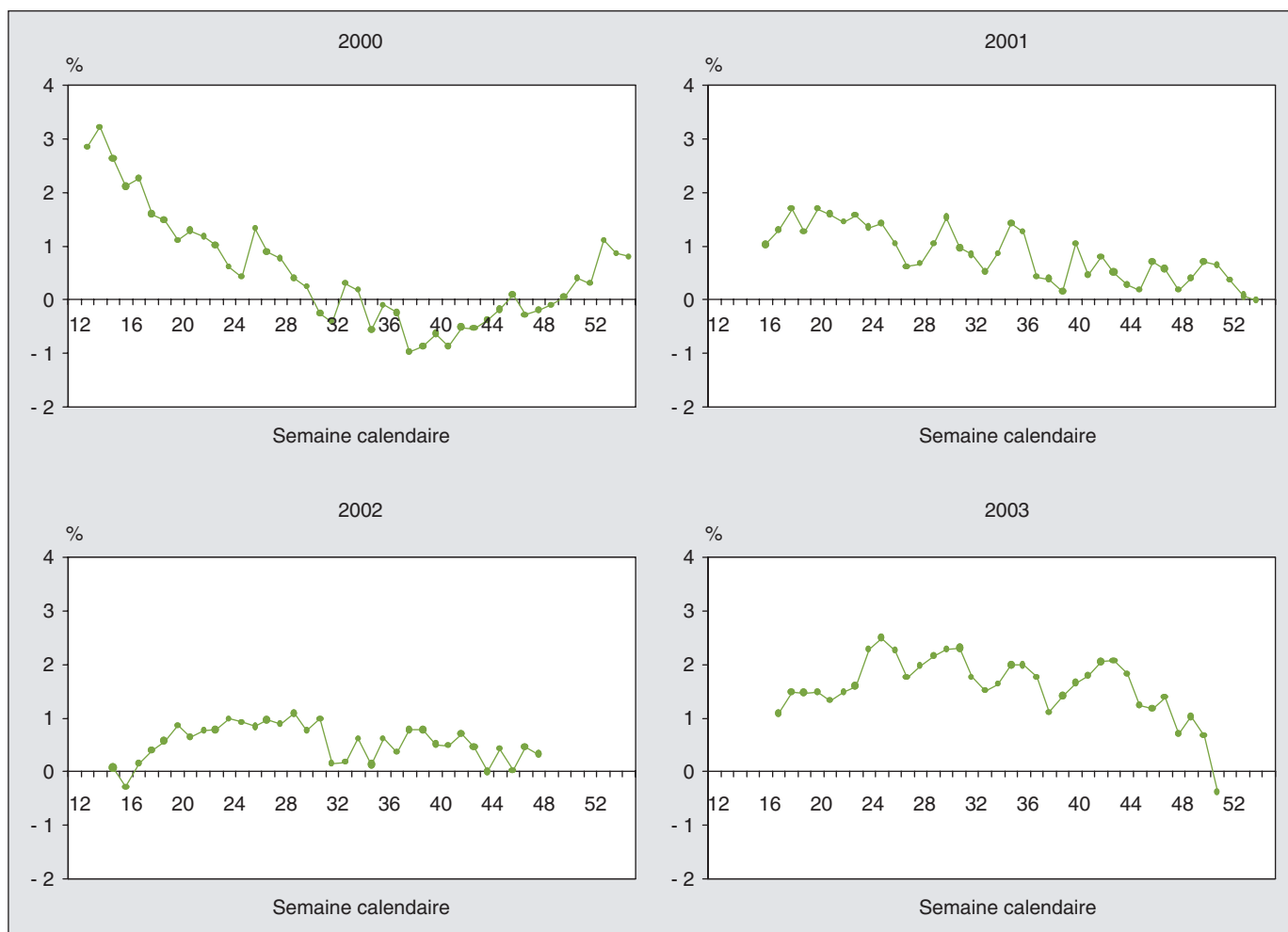


Figure 4. Différences hebdomadaires de qualité entre *Inland* et *Coastal* (% RV – 2000-2003).

Figure 4. Weekly difference in % RV between *Inland* and *Coastal* (2000-2003).

RV: Recoverable value

Cette diversité spatiale de la qualité de la canne sur le site étudié amène à concevoir des scénarios alternatifs d'organisation des approvisionnements de la sucrerie, tirant partie de ce différentiel pour augmenter la quantité de sucre produite par saison. L'idée majeure consiste à différencier les périodes de coupe par zone, en retardant la récolte de *Coastal* en début de campagne et en avançant l'arrêt de la coupe sur *Inland*.

### Des scénarios d'approvisionnement intégrant les différences de qualité entre zones

Après discussion avec l'industriel et les planteurs, trois scénarios ont été simulés à l'aide du modèle décrit ci-dessus. Chaque zone est assimilée à une unité de

production à laquelle sont rattachées les courbes annuelles de qualité calculées à partir des données historiques. La quantité totale de canne, sa répartition entre zones, la durée et le positionnement calendaire des campagnes de coupe, reprennent les données réelles par année et sont identiques pour tous les scénarios. La capacité de broyage de l'usine doit être respectée (70 000 t/sm). Les capacités de récolte et de transport nécessaires pour réaliser un scénario sont comparées *a posteriori* avec les capacités existantes. Celles-ci sont évaluées en sommant sur chaque zone les capacités individuelles par exploitation et transporteur. Une enquête complémentaire, réalisée sur échantillon, a montré l'existence de capacités non utilisées, de l'ordre de 70 à 100 % des besoins actuels pour la récolte, de 25 % pour le transport [16].

Les scénarios diffèrent par leurs règles d'allocation des droits à livrer aux deux zones *Coastal* et *Inland*, *S&S* restant à l'identique pour ne pas augmenter son niveau de contrainte (figure 5). Le principe consiste à jouer sur le positionnement et la durée des périodes de livraison par zone, tout en conservant un droit à livrer hebdomadaire constant dans ces périodes. Chaque scénario est simulé pour les années 2000 à 2003 afin d'évaluer la stabilité interannuelle des résultats. Ceux-ci sont comparés à un scénario de référence correspondant à la situation actuelle.

Les gains obtenus varient de 0,1 à 2,5 % de la production RV totale selon l'année, soit 400 à 6 000 tonnes RV par saison (figure 6, page 561). Les scénarios respectant les contraintes de capacité et ne nécessitant *a priori* pas d'investissements

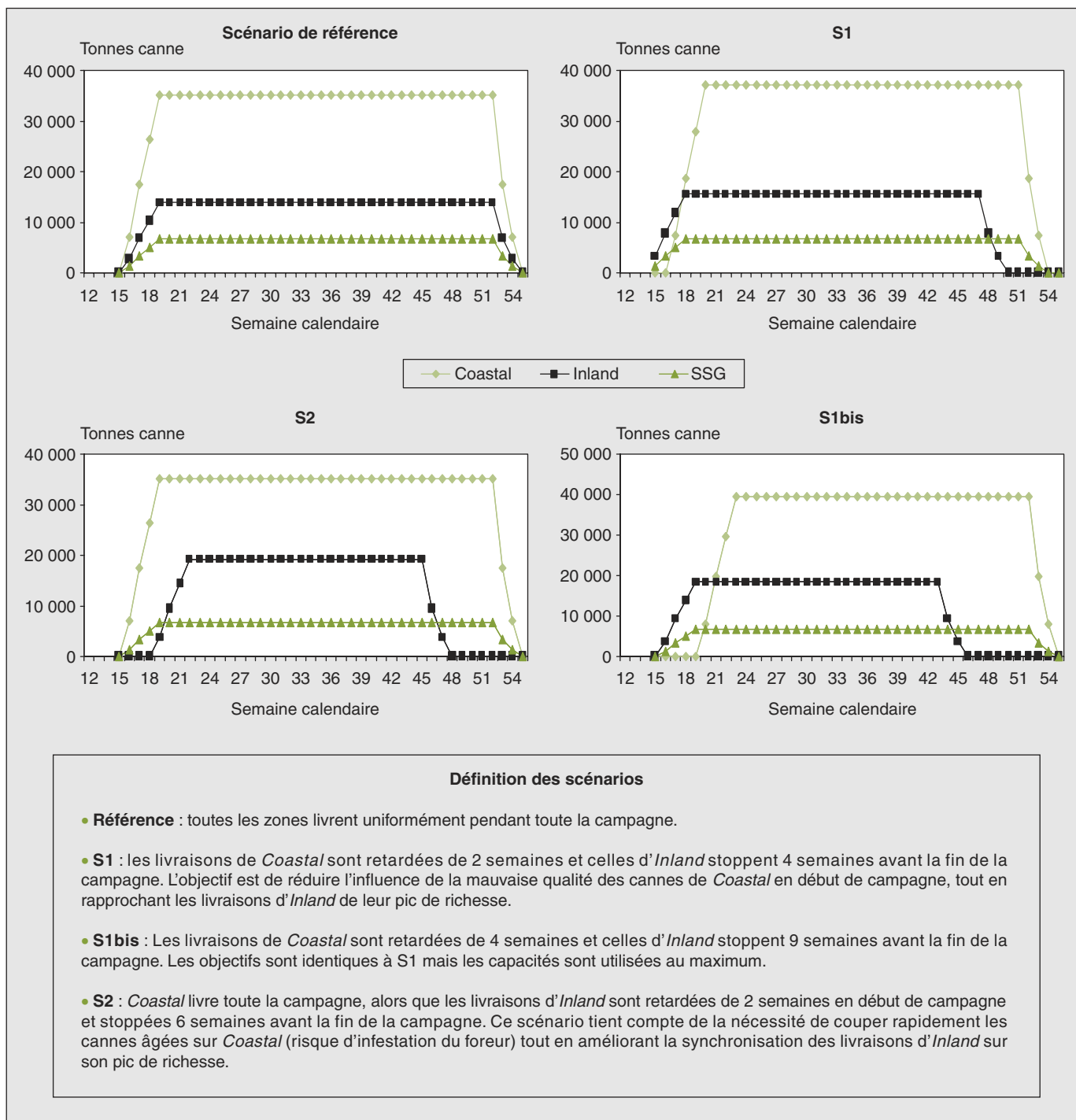


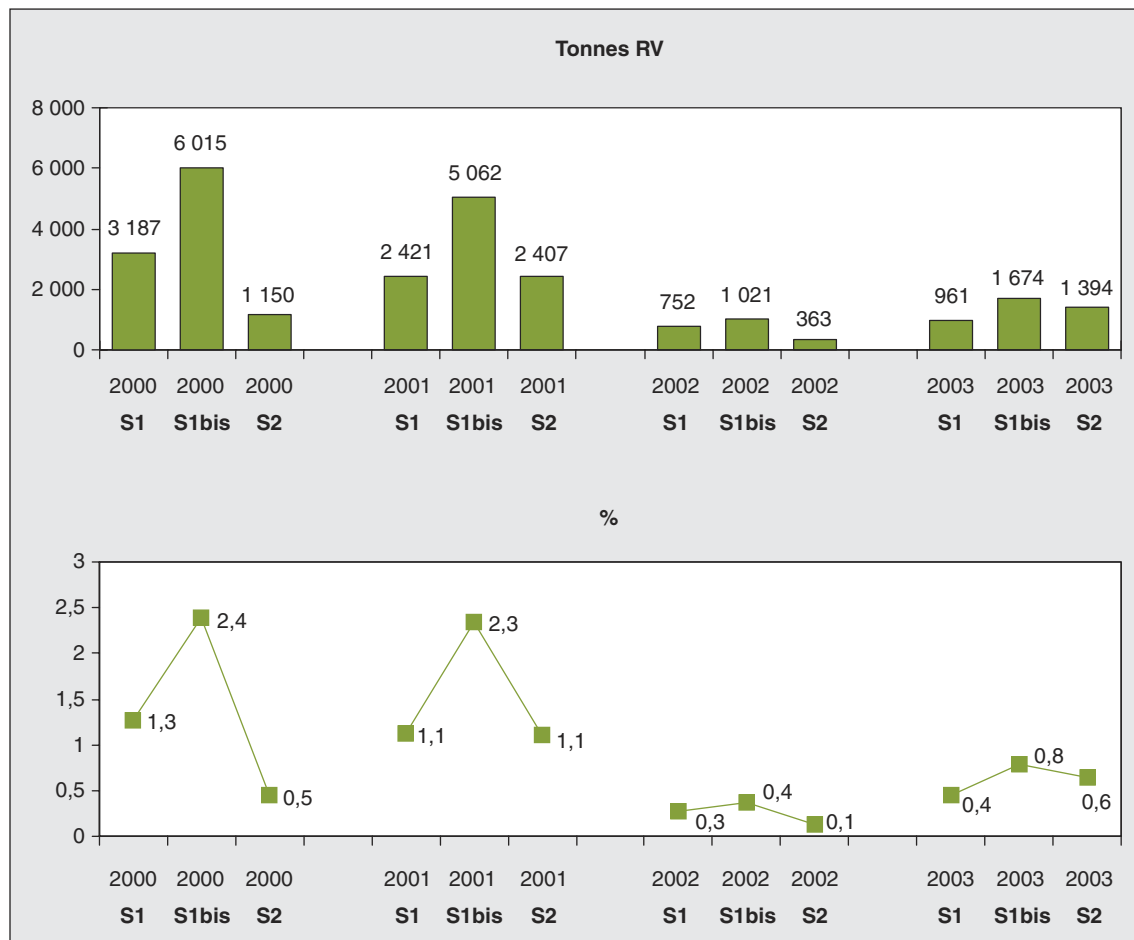
Figure 5. Courbes des droits à livrer par scénario.

Figure 5. Planned delivery curves according to scenarios.

supplémentaires, le gain financier représente jusqu'à 1 million d'euros les meilleures années, à se partager entre usine et planteurs sur la base du ratio contractuel de 34 % pour le premier, 66 % pour les seconds. Les gains les plus élevés

sont régulièrement obtenus par le scénario S1bis, le plus risqué car il utilise au maximum la capacité de broyage de l'usine. Les deux autres scénarios, S1 et S2, offrent des gains moindres, mais sont plus faciles à mettre en œuvre car plus

proches de la situation actuelle. Tous ces résultats varient selon l'année et la forme respective des courbes de qualité par zone. L'intérêt de distinguer les deux zones s'accroît lorsque le différentiel entre *Coastal* et *Inland* est élevé, comme en



**Figure 6.** Gains de production d'équivalent sucre par rapport au scénario de référence (tonnes RV et %) en fonction du scénario d'allocation des droits à livrer et de l'année.

**Figure 6.** RV gains compared to the reference scenario according to the scenario of delivery allocation pattern and the year (tons RV and %).  
RV: Recoverable value

2000 et 2001. Il est faible lorsque les courbes ont un profil plat et varient peu entre les deux zones comme en 2002 et 2003.

## Conséquences pour l'organisation actuelle des approvisionnements

L'existence de gains de production ne nécessitant pas de surcoûts financiers apparents a suscité l'intérêt des acteurs. Les discussions ont porté sur les conséquences de la mise en œuvre de tels scénarios sur l'organisation actuelle. Au plan agronomique, la réduction des périodes de coupe pourrait influencer positivement le

rendement de la canne, la phase de croissance étant mieux calée sur la pluviométrie pour les parcelles coupées en fin de saison en *Inland*, en début de saison en *Coastal*. La relation date de coupe-rendement étant difficile à évaluer par voie expérimentale, il serait nécessaire de la simuler à l'aide d'un modèle de croissance et d'intégrer ces résultats dans les simulations d'approvisionnement. *A contrario*, les rendements en zone *Coastal* pourraient être affectés par des infestations d'*Eldana Saccharina* sur des cannes récoltées plus tard en début de saison [17].

Au plan logistique, les scénarios envisagés sont réalisables grâce aux capacités excédentaires actuelles. Mais la pression économique et l'incertitude sur la disponibilité à terme de coupeurs saisonniers, pourraient amener les acteurs à revoir leurs chaînes logistiques avec des impacts

directs sur l'organisation des approvisionnements. Au plan économique, les scénarios proposés n'entraînent pas de surcoûts apparents. Ils remettent en revanche en question le système de paiement relatif actuel, fondé sur une comparaison de la qualité hebdomadaire des planteurs sur l'ensemble du bassin de collecte. Une étude est en cours pour étudier comment partager équitablement la valeur supplémentaire produite tout en maintenant une incitation individuelle à la qualité, avec deux zones de production traitées distinctement.

Si ces changements sont mis en œuvre, la méthode empirique utilisée pour définir les zones sera insuffisante pour y rattacher contractuellement les exploitations. La précision du zonage peut être accrue par des méthodes d'analyse statistique de données historiques [6] ou par l'utilisation de modèles agrophysiologiques simulant



des courbes de qualité sur un pas de temps et un nombre de localités plus élevés. Cette seconde voie butte actuellement sur la double difficulté (i) de formaliser l'élaboration de la qualité sur un grand nombre de variétés [18] ; et (ii) de disposer de séries climatiques sur de nombreux lieux du bassin d'approvisionnement.

## Conclusion

Les performances d'un bassin d'approvisionnement résultent de la coordination des décisions prises par les acteurs depuis les parcelles jusqu'à l'usine. Elles peuvent être améliorées en valorisant la diversité spatiale de la qualité du produit livré, à travers une segmentation du bassin en zones de qualité homogène et par des règles d'allocation des droits à livrer tenant compte de ces différences entre zones. La méthode utilisée pour évaluer ces alternatives s'appuie sur une modélisation de l'approvisionnement d'une sucrière et la comparaison de scénarios simulés. Cette modélisation ne prétend pas couvrir l'ensemble des problèmes posés par les réorganisations envisagées. Elle fournit plutôt une représentation d'ensemble du fonctionnement du bassin d'approvisionnement, dans ses dimensions spatiales, techniques et organisationnelles, sur laquelle les acteurs peuvent fonder leurs « prescriptions réciproques » [19] dans la recherche de solutions satisfaisant un objectif collectif. Sa mise en œuvre rencontre quelques difficultés. L'atomicité des agriculteurs conduit à les agréger autour d'unités de production dont la définition dépend des problèmes soulevés, et leur caractérisation des informations disponibles sur le milieu naturel, les cannes livrées durant la campagne, les capacités de récolte et de transport. Cet accès à l'information représente une contrainte majeure, malgré son intérêt pour le suivi des livraisons. Les discussions alimentées par les résultats des simulations traitent à la fois de

l'évaluation des scénarios et des conséquences pratiques de leur mise en œuvre. Cette seconde phase de l'intervention permet de dépasser les seules considérations spatiales pour aborder d'autres dimensions du problème. Ces discussions sont à leur tour sources de nouvelles investigations, telles que celles actuellement conduites sur les systèmes de rémunération ou les articulations à développer avec les modèles agrophysiologiques. ■

---

### Remerciements

Les auteurs remercient Allan Simpson (Illovo Sugar Ltd) et les représentants des planteurs impliqués dans cette intervention ; Emilie Guilleman, Olivier Calvino et Hugo Papaïconomou, étudiants de l'Institut national agronomique Paris-Grignon pour leur participation active à cette étude ; Louis-Georges Soler (Inra) pour son appui scientifique ; sans oublier les deux évaluateurs dont les remarques ont permis de remanier en profondeur le texte initial.

---

### Références

1. Gaucher S. *Organisation de filières et politiques d'approvisionnement. Analyse appliquée au cas des filières agro-alimentaires*. Thèse en ingénierie et gestion. Paris : École des mines de Paris, 2002 ; 343 p.
2. Le Bail M. Le bassin d'approvisionnement : territoire de la gestion agronomique de la qualité des productions végétales. In : *Les entre-preneurs du Pradel : agronomes et territoires. Aubenas, 12-13 septembre 2002* : 13 p. <http://www.academie-agriculture.fr/files/publications/colloques>.
3. Caneill J. *Du champ cultivé au bassin d'approvisionnement. Contributions méthodologiques à une ingénierie agronomique*. Tome I. Paris : Institut national agronomique, 1993 ; 34 p.
4. Caneill J, Le Bail M. Contribution de l'agronome à la gestion d'un bassin d'approvisionnement. In : Nicolas F, Valceschini E, eds. *Agroalimentaire : une économie de la qualité*. Paris : Inra-Economica, 1995 : 391-9.

5. Biarnès A, Touzard JM. Entre règles et arrangements : comment classer le raisin pour faire du vin de qualité dans une coopérative? In : *Compte rendu des 12e journées du Gesco*. Montpellier : Agro Montpellier, 2001 : 105-16.
6. Lejars C, Letourmy P, Laurent S. Building and assessing supply management scenarios based on cane quality variations: Example of La Réunion Island. *Proc S Afr Sug Technol Ass* 2003 ; 77 : 580-91.
7. Guilleman E, Le Gal PY, Meyer E, Schmidt E. Assessing the potential for improving mill area profitability by modifying cane supply and harvest scheduling: A South African study. *Proc S Afr Sug Technol Ass* 2003 ; 77 : 566-79.
8. Fauconnier R. *La canne à sucre*. Paris : Maisonneuve et Larose, 1991 ; 165 p.
9. Muchow RC, Higgins AJ, Inman-Bamber NG, Thornburn PJ. Towards improved harvest management using a systems approach. *Proc Aust Soc Sugar Cane Technol* 2000 ; 22 : 30-7.
10. Singels A, Bezuidenhout CN. A new method of simulating dry matter partitioning in the Canegro sugarcane model. *Field Crop Res* 2002 ; 78 : 151-64.
11. Martiné JF. *Modélisation de la production potentielle de la canne à sucre en zone tropicale, sous conditions thermiques et hydriques contrastées. Applications du modèle*. Thèse de doctorat. Paris : Institut national agronomique, 2003 ; 131 p.
12. Schulze RE. *South African atlas of agrohydrology and climatology*. Pietermaritzburg : University of Natal, 1997 ; 276 p.
13. Gaucher S, Le Gal PY, Soler LG. Modelling supply chain management in the sugar industry. *Sugar Cane International* 2004 ; 22 : 8-16.
14. Higgins AJ, Muchow RC. Assessing the potential benefits of alternative cane supply arrangements in the Australian sugar industry. *Agric Syst* 2003 ; 76 : 623-38.
15. Le Gal PY, Lejars C, Auzoux S. MAGI: a simulation tool to address cane supply chain management issues. *Proc S Afr Sug Technol Ass* 2003 ; 77 : 555-65.
16. Le Gal PY, Meyer E, Lyne P, Calvino O. Value and feasibility of alternative cane supply scheduling for a South African mill supply area. *Proc S Afr Sug Technol Ass* 2004 ; 78 : 81-94.
17. Goebel FR, Way M. Investigation of the impact of Eldana Saccharina (Lepidoptera: Pyralidae) on sugarcane yield in field trials in Zululand. *Proc S Afr Sug Technol Ass* 2003 ; 77 : 256-65.
18. O'Leary GJ. A review of three sugarcane simulation models in their prediction of sucrose yield. *Field Crop Res* 2000 ; 68 : 97-111.
19. Hatchuel A. Apprentissages individuels et activités de conception. *Revue Française de Gestion* 1994 ; 109-20.