



**IDENTIFICATION DES BESOINS EN EAU D'IRRIGATION
ET DES POTENTIELS DE PRODUCTION DE LA CANNE A SUCRE
DES TERRES A VOCATION AGRICOLE POUR LA ZONE
DE SAINTE MARIE/SAINTE SUZANNE**

P. Langellier.
1^{er} juin 2005

UPR Systèmes canniers – Cirad-ca – Ta 71/09 – Avenue Agropolis - 34398 Montpellier

CIRAD-DIST
Unité bibliothèque
Lavalette



CIRAD

000072074

SOMMAIRE

Objectifs de l'étude	2
Méthodologie	3
Contexte agricole de la zone	3
Etude des rendements de la zone	4
Méthodologie	4
Résultats	5
Etude des besoins en eau de la zone	7
Méthodologie	7
Résultats	8
1) besoins mensuels	8
2) besoins annuels	9
3) Estimation des besoins bruts par secteur	12
Conclusion	13
Annexes	

13 JUIN 2005

Objectifs de l'étude.

La filière canne à sucre de la Réunion se voit déjà depuis de nombreuses années menacée dans sa pérennité. Aux diminutions de surfaces dédiées à la canne vient de s'ajouter plus récemment les nouvelles dispositions attendues de l'OCM sucre. Ce sont ces diverses observations qui ont incité le Comité de Pilotage de la canne à relancer auprès du Département une ancienne initiative de l'ASINE pour l'irrigation de la zone de Ste Marie/Ste Suzanne. En effet, alors que cette zone est considérée comme la plus productive de la sole cannière réunionnaise, elle se voit amputée régulièrement de surfaces de productions importantes au profit de projets urbains et routiers. L'un des objectifs de ce projet de mise en irrigation de cette zone est, par l'amélioration de la productivité à l'hectare, de compenser la baisse de production liée à ces pertes de surfaces. Un autre objectif vise à démontrer l'intérêt effectif de l'irrigation contrairement à l'idée reçue que le climat local est propre à satisfaire les besoins en eau de la culture sans apports complémentaires. Plus globalement, c'est en fait l'avenir de la production sucrière de l'île qui est actuellement en jeu, et l'intensification de la culture est une réponse à sa sauvegarde. L'irrigation est une technique d'intensification qui pourrait être développée sur l'ensemble de l'île dans d'autres zones où jusqu'alors elle n'apparaissait pas nécessaire à condition de bien en étudier les conditions d'application. Le Département de La Réunion qui a accepté de financer ce projet le considère en outre comme un test pour un plus vaste projet qui pourrait se mettre en place dans les années à venir.

Méthodologie.

Le CIRAD a reçu comme mission dans le cadre de ce contrat de définir les besoins en eau de la plante et d'estimer les gains de rendements du fait de l'irrigation. Même si l'irrigation est peu pratiquée dans la zone, quelques agriculteurs irriguent la canne avec succès. On peut citer des différentiels techniques entre pluvial et irrigué de 25 à 30 tonnes/hectare de cannes.

En préalable des études méthodologiques ou de simulation, il convenait d'avoir une vision de la situation actuelle sur le terrain et des diverses opinions des agriculteurs sur cette question. Cette étude a donc débuté par une mission sur place dont les buts ont consisté à la mise en place des méthodologies d'études qui allaient devoir être utilisées, en l'inventaire et le recueil des données nécessaires, mais aussi et surtout à rencontrer les divers acteurs de ce projet. Une première réunion dans les locaux de l'usine de Bois Rouge avait pour but de définir les grandes lignes de cette étude. Ensuite quelques séances de travail avec les responsables du Comité de Pilotage de la Canne ont permis de bien recadrer les limites à la fois de la mission et de l'ensemble de l'étude.

L'essentiel a cependant consisté à rencontrer les agriculteurs afin de saisir les conditions actuelles de production et les attentes de la profession en matière d'irrigation. D'une façon très générale, l'accueil réservé par tous les exploitants à ces rencontres a été excellent ; et il convient de les remercier tout particulièrement de leur disponibilité.

Cette étude va donc se scinder en trois parties (i) le contexte agricole, (ii) l'étude des rendements, (iii) l'étude des besoins en eau.

Si cette zone devait être mise en irrigation, cette opération concernerait bien sûr toutes les cultures ; mais les parcelles en représentant la presque totalité des surfaces cultivées, il a été décidé d'arrêter l'objet de cette étude uniquement sur la canne à sucre.

Contexte agricole de la zone.

Cette typologie est faite à partir des documents disponibles, comme la base de données parcellaire et les informations communiquées par les agriculteurs au cours des visites qui leur ont été rendues pendant la mission de mise en place de cette étude.

L'analyse cartographique de la zone a été réalisée à partir de la base de données parcellaire pour quatre critères, les surfaces d'exploitation, les cultures, les surfaces irriguées et les modes de faire valoir.

La carte des surfaces d'exploitations, figure 1, montre que sur un total de 106 exploitations, 8 dépassent 100 hectares, soit 7,5 % des exploitants représentant plus de 30 % de la surface du périmètre. La majorité cependant, soit 75 exploitations, ont des surfaces inférieures à 10 hectares, soit 71 % d'exploitants couvrant une surface près de 700 hectares.

La carte de répartition des cultures, figure 2, montre qu'avec **2570 hectares la canne à sucre** est bien la culture principale de la zone. Les autres cultures soit (soit 18,3 ha) apparaissent en effet très marginales mis à part une exploitation dans la zone de La Mare qui affiche 7 hectares de salades irrigués par goutte à goutte. Il faut signaler la difficulté d'avoir une estimation précise de ces surfaces compte tenu des rotations des cultures et surtout du rythme des replantations en canne. En effet, selon les années utilisées il peut par exemple apparaître des surfaces en prairie qui en fait ne restent en place que quelques mois entre deux cycles de cannes.

Actuellement, très peu d'agriculteurs de la zone font appel à l'irrigation pour augmenter leurs rendements. Mais nombre d'exploitants, même en affichant d'excellents rendements en pluvial, se déclarent intéressés par une mise en irrigation de leurs parcelles. La figure 3 montre les trois grands ensembles irrigués. De l'ouest vers l'est, on verra apparaître un groupe constitué des parcelles expérimentales du CERF et du CIRAD entourées de parcelles de petits exploitants le bordant sur le sud-ouest. Ensuite, une exploitation irriguée par goutte à goutte mais qui conserve une surface en aspersion qui n'apparaît pas dans la base de données. Plus loin un dernier grand ensemble totalement en aspersion. Vers Grand Hazier, à l'est de la zone c'est une rampe frontale de petite dimension (3.8 ha) qui sur la légende apparaît comme inconnue.

On a noté dans ces exploitations des rendements moyens en irrigué variables (137 et 110 t/ha) conduisant à une moyenne globale de 123 t/ha. En pluvial, on a pu disposer de beaucoup plus de résultats (8 résultats moyens : 94, 95, 112, 95, 91, 106, 73, 80 t/ha) conduisant à une moyenne globale de 93 tonnes/ha. Le rapprochement de ces deux types de résultats ayant été obtenu dans des zones de production différentes ne peut être fait. Toutefois on vérifie bien sur le terrain un espoir certain d'augmentation des rendements par l'irrigation.

Il a été réalisé, toujours à partir de la base de données parcelles, un inventaire des modes de faire valoir. Leur répartition géographique a été portée sur la figure 4. Il en ressort les conclusions suivantes :

*	Faire valoir direct	=	878 hectares
*	Fermage	=	1601 hectares
*	Colonage	=	101 hectares
*	Inconnu	=	7 hectares

Soit un total de 2588 hectares couvrant la canne à sucre, mais aussi les autres cultures.

- Fig.1- ANALYSE DES SURFACES D'EXPLOITATIONS -

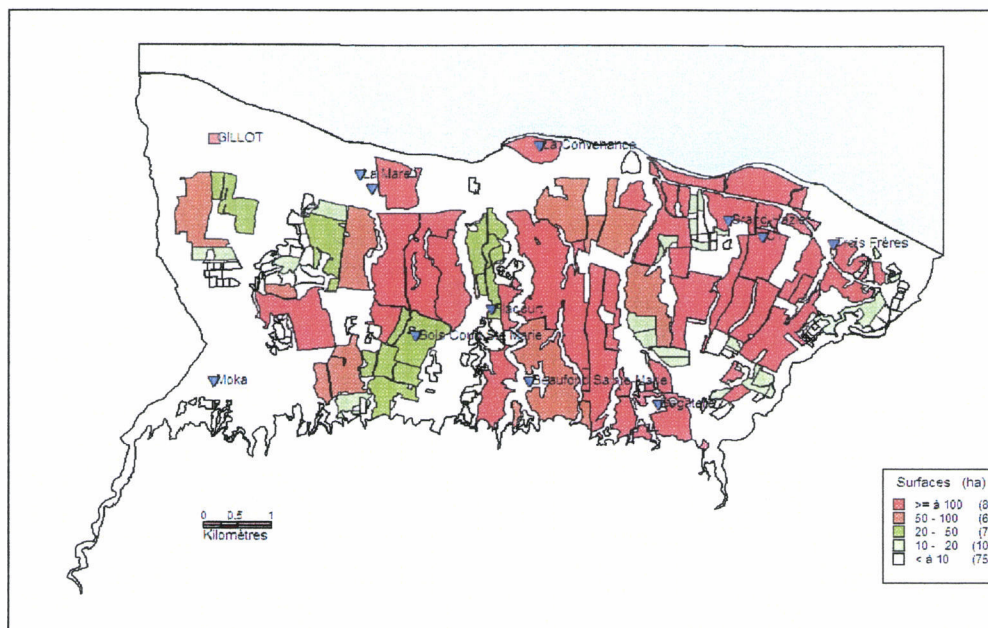


Fig. 2 - SITUATION des CULTURES dans la ZONE d'ETUDE

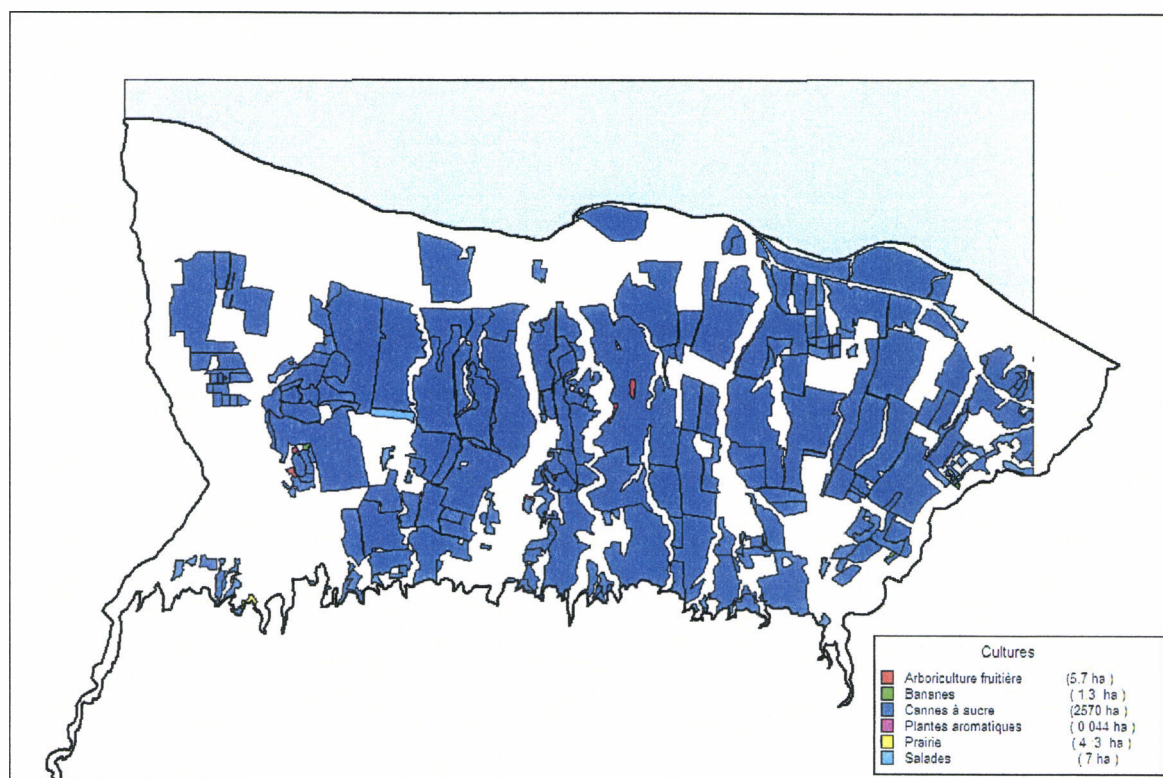


Fig.3 - SITUATION des EXPLOITATIONS IRRIGUEES

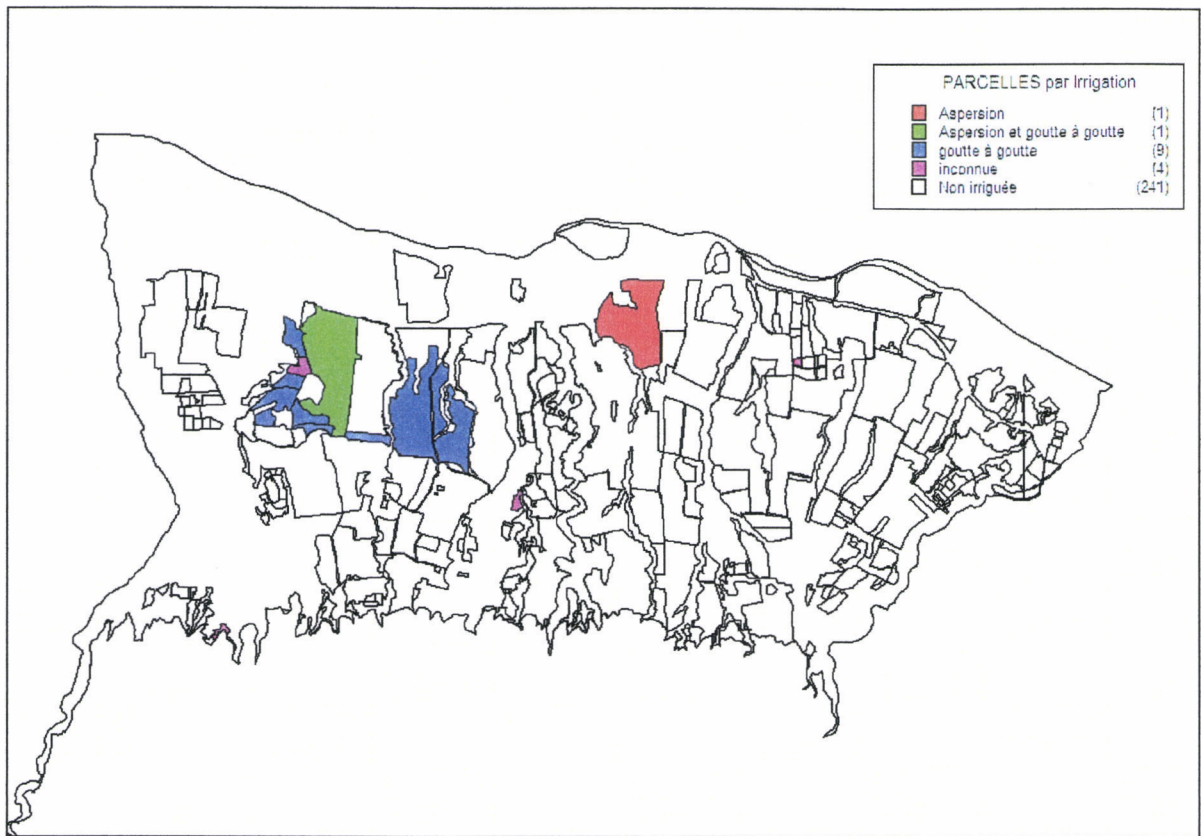
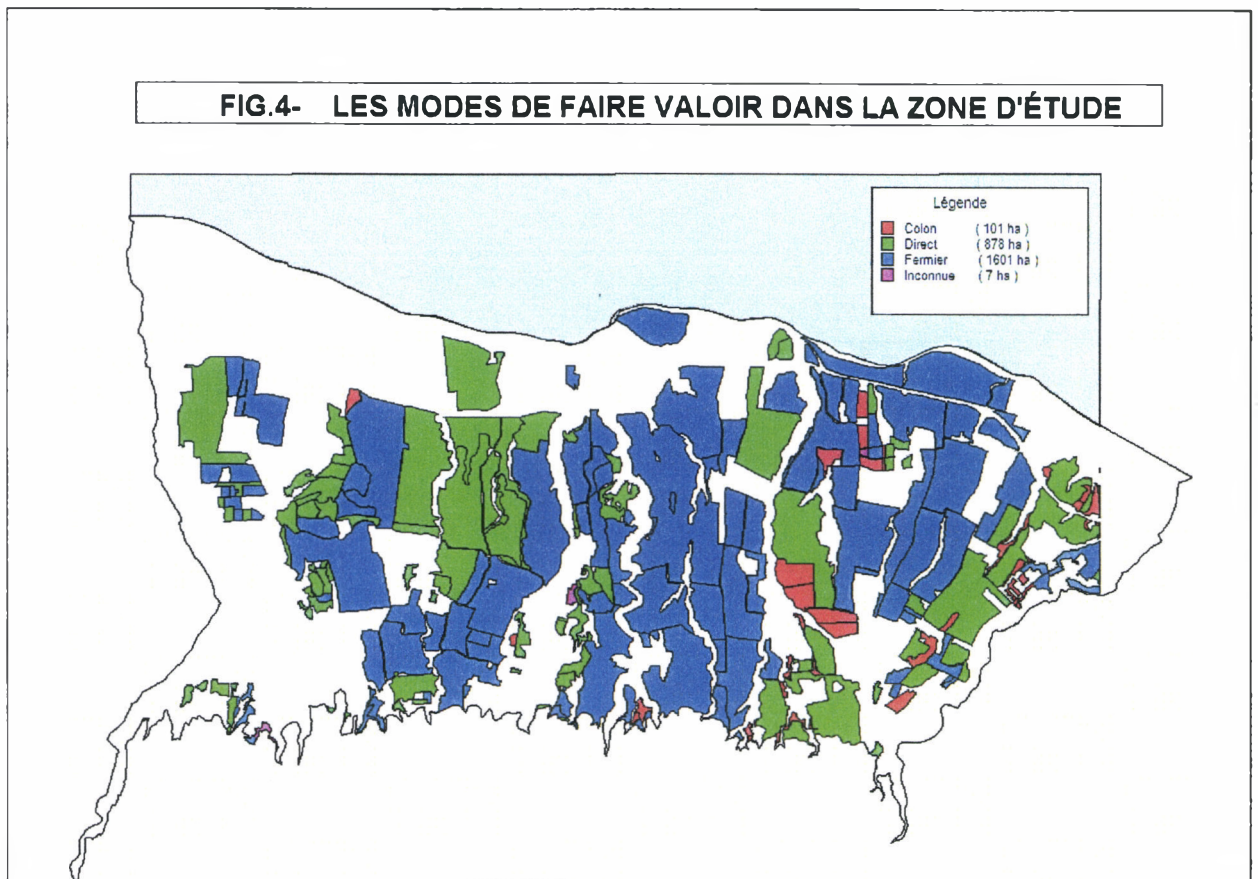


FIG.4- LES MODES DE FAIRE VALOIR DANS LA ZONE D'ÉTUDE



On remarque donc que l'essentiel des exploitations (1601 ha) est exploité en fermage. Il reste une assez importante surface (101 ha) en colonage sur d'anciennes terres de Groupe Bourbon.

A l'occasion des discussions nous avons noté, que si les exploitants se révèlent plutôt favorables à l'irrigation, ils demeurent toutefois en attente des prévisions de gains estimées dans le cadre de cette étude, mais surtout d'une évaluation des coûts engagés pour les équipements et du prix du mètre-cube d'eau qui pourrait leur être facturé. Ces différents éléments leur permettront d'apprécier le revenu supplémentaire que leur apportera l'irrigation de leurs exploitations. Par ailleurs, en ce qui concerne les techniques d'irrigation, un assez large consensus a semblé se développer pour le goutte à goutte et enfin les agriculteurs estiment que la limite de rentabilité de l'irrigation se situe aux environs de 200 mètres d'altitude.

Etude des rendements de la zone.

Il s'agit d'estimer, par les niveaux de rendements attendus, l'intérêt de la pratique de l'irrigation sur les cultures de la zone. Compte tenu de l'importance de la culture de la canne à sucre qui représente plus de 95 % de la surface cultivée, il a été convenu de ne réaliser cette étude que sur la canne à sucre. Cette approche est acceptable si on considère de plus que les besoins en eau des autres cultures seront toujours inférieurs à ceux de la canne. On ne s'est donc intéressé qu'à l'effet de l'irrigation sur cette culture sous deux aspects. Le premier concernera l'estimation des rendements de la canne irriguée et le second l'estimation des gains de rendements imputables à l'irrigation. Actuellement, une très faible minorité d'agriculteurs pratique l'irrigation ; on dispose donc de très peu de résultats. C'est pourquoi nous avons été amené à étudier les rendements par simulation à l'aide d'un modèle informatisé mis au point par le CIRAD (Mosaic). La répartition de ces rendements dans l'espace sera étudiée avec un logiciel de spatialisation (Surfer 6.01).

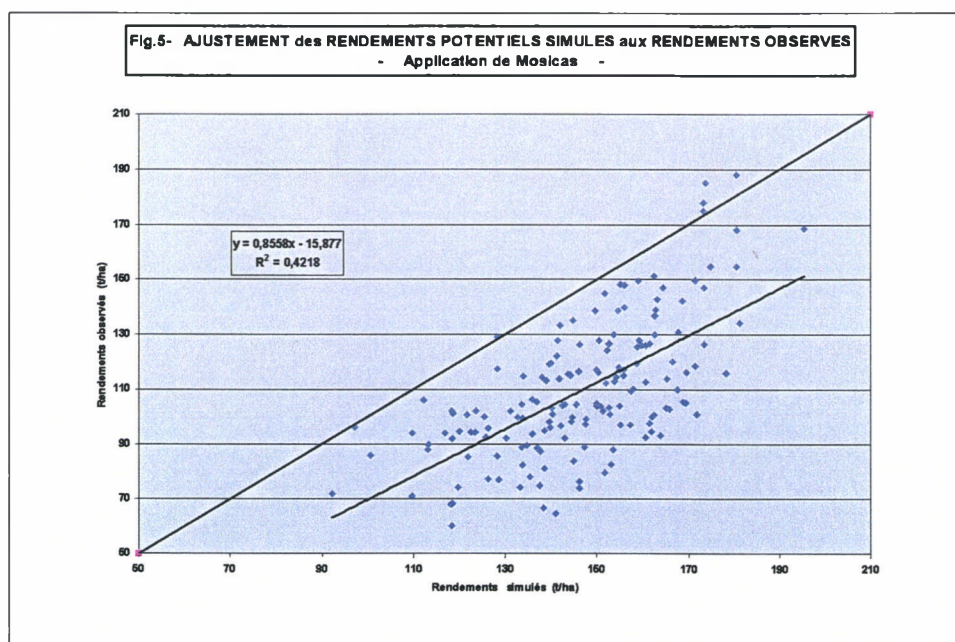
Méthodologie.

Dans un premier temps une grille de 53 points géoréférencés équidistants couvrant l'ensemble de la zone a été établie. La simulation des rendements est faite au droit de chacun de ces points. On dispose par ailleurs de 12 stations pluviométriques, mais d'une seule station météorologique complète Gillot pour le calcul de l'évapotranspiration potentielle (Eto). Une fonction linéaire établie localement liant l'altitude et l'Eto a permis de calculer ce paramètre pour chaque point de la grille.

Pour ce qui concerne la pluviométrie et avant de disposer d'une fonction statistique d'extrapolation spatiale les postes pluviométriques ont été affectés « à dire d'experts » aux divers points de la grille. Pour que tous les résultats obtenus sur chaque point de la grille soient comparables, il est nécessaire d'appliquer les simulations strictement sur les mêmes années; il faut donc avoir une plage identique d'enregistrement pour l'ensemble des pluviomètres. Après un important travail de collecte et de tri des données, on n'a pu conserver que 9 années complètes de 1992 à 2000. On note que cette période de simulation se situe totalement à l'intérieur d'un cycle d'années sèches qui a duré de 1982 à 2002 (information du CPC).

Les simulations ont été faites pour trois types de cycles début (D ; 15/07), milieu (M ; 15/09) et fin (F ; 15/11), pour des cultures pluviales et des cultures irriguées. Soit un total de 2832 simulations réalisées.

Par ailleurs puisqu'il s'agit dans le cadre de cette étude d'estimer des potentiels, les simulations de rendements de la canne irriguée ont été faites pour des irrigations idéales conduites à l'évapotranspiration maximale (Etm) satisfaisant la totalité de la demande en eau de la plante. On obtient alors un potentiel bioclimatique qui ne tient pas compte des contraintes d'exploitations. Pour se rapprocher d'un potentiel opérationnel plus proche de la réalité de terrain un ajustement avec des rendements observés a été calculé à partir des données communiquées par un certain nombre d'exploitants. Cette fonction ($y = 0,8558x - 15,877$) établie à partir de 163 couples de points a été obtenue avec un $R^2 = 0,4218$ (fig.5). Ce sont donc les résultats de Mosicas transformés par l'application de cette fonction qui seront discutés ci-dessous.

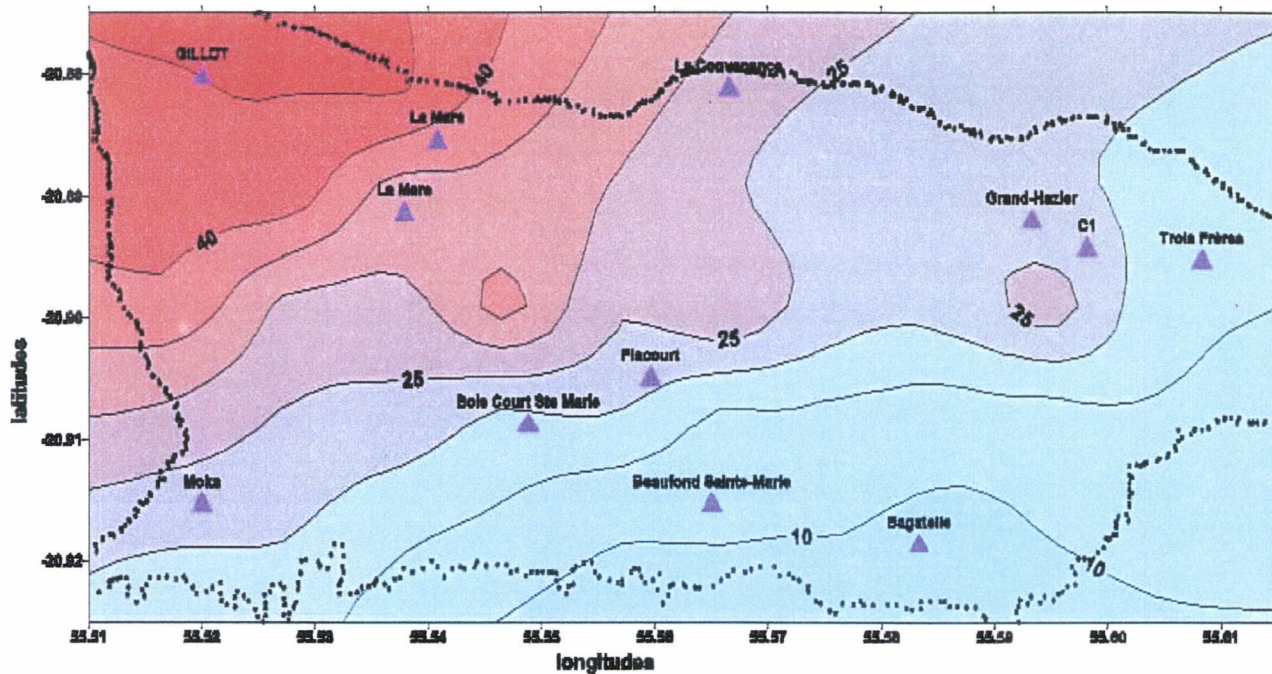


Résultats.

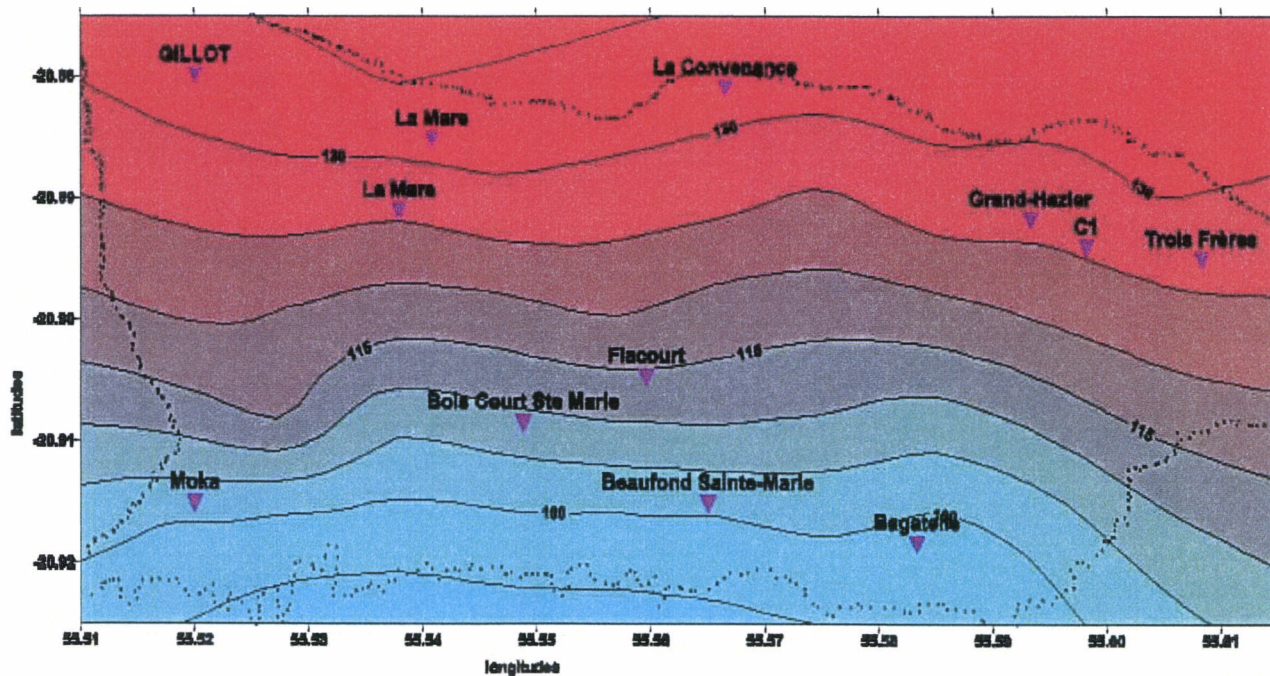
Le faible nombre d'années disponibles (9 ans) ne permet pas de faire en toute rigueur une étude statistique des résultats. On a donc travaillé sur les moyennes annuelles. Quoiqu'il en soit, c'est bien le paramètre nécessaire pour l'estimation de la rentabilité d'un aménagement sur une période (ici 9 ans).

Dans un premier temps les moyennes des trois résultats annuels (D, M, F) ont été évaluées séparément. Les résultats communiqués font donc bien référence à des rendements annuels moyennés sur trois cycles de culture. C'est la moyenne des 9 années simulées qui a été cartographiée sur les figures 6 et 7 qui représentent d'une part la spatialisation des gains de rendement attendus de l'irrigation et d'autre part celle des rendements potentiels de la culture irriguée. L'observation de ces deux cartes qui constitue d'une manière synthétique l'objectif essentiel de cette étude montre que:

1)- Des gains de rendements supérieurs à **20 tonnes/ha**, en moyenne sur l'année, peuvent être espérés, au dessus d'une diagonale Sud-ouest / Nord-est (figure 6), suivant approximativement la ligne d'isovaleur 20. Soit approximativement la moitié de la surface du périmètre de cette étude. Pour environ un tiers de la surface vers les zones de Gillot et La Mare, il apparaît nettement que des gains moyens annuels de **plus de 30 tonnes/ha** peuvent être attendus.



- FIG.6 - GAINS DE RENDEMENTS MOYENS DUS A L'IRRIGATION (T/ha) -



- Fig.7 - RENDEMENTS POTENTIELS MOYENS EN CULTURE IRRIGUEE (T/ha) -

2)- L'irrigation doit permettre en outre d'espérer des rendements supérieurs à **120 tonnes/ha**, toujours en moyenne annuelle, sur plus de la moitié de la zone (figure 7).

La moyenne globale de toute la zone dans son ensemble et pour les 9 années simulées est :

IRRIGUE	=	111 T/ha
PLUVIAL	=	90 T/ha
GAINS	=	21 T/ha

Il a bien été dit que les résultats précédemment exposés sont des moyennes annuelles correspondantes à trois cycles de cultures (D, M, F). Sous cette forme ce sont les données nécessaires aux prises de décisions. Toutefois, les exploitants pour accepter d'investir dans des systèmes d'irrigation onéreux peuvent vouloir envisager les rendements à atteindre au niveau parcellaire. Cette information bien que peu pertinente par rapport à une moyenne pluriannuelle et l'idéal étant le calcul de cette moyenne sur la durée d'amortissement du matériel, trouve son intérêt dans la représentation de l'échelle des valeurs à attendre. Comme on ne peut pas en toute rigueur établir un résultat fréquentiel sur un échantillon de neuf années d'étude, on se propose, d'afficher le nombre de cas observés dépassant une certaine valeur. Rappelons que nous avons établi les simulations sur une grille de 53 points, sur 9 années et pour trois cycles de culture ; soit 1431 estimations de gains de rendements. Ces résultats sont bien des résultats à la parcelle. Ce sont ces résultats qui sont donnés en totalité en annexe. Ces nombres de cas affichés dans les tableaux 1 et 2 ci-dessous, sont donc les cas individuels observés sur les neuf ans et sur 1431 cas soit sur tout le périmètre d'étude :

Tableau 1. Gains de rendements parcellaires obtenus en simulation.

	Gains (t/ha)	Nbre de cas	% des simulations
Gains de rendements	> 20	656	46
	> 30	378	26
	> 40	171	12
	> 50	76	5
	> 60	14	1

Tableau 2. Potentiels de rendements obtenus en simulation des cultures irriguées.

	Rendements (t/ha)	Nbre de cas	% des simulations
Culture irriguée	> 100	1034	72
	> 120	496	35
	> 130	194	14
	> 140	32	2

Précisons que les résultats du tableau précédent sont des valeurs seuils et non des classes de valeurs. En conséquence les classes supérieures sont forcément incluses dans les classes inférieures (ex : les cas >30 sont inclus dans les cas > 20, puis les cas > 40 sont inclus dans les cas > 30, et à 20, puis les cas >50 sont inclus dans les cas >20, 30 et 40, etc...). On ne peut donc pas retrouver le nombre 1431 de simulations en additionnant la colonne nombre de cas.

Le gain maximum de rendement simulé sur ces 1431 cas a été de **69 tonnes/hectare**, obtenu pour la zone de La Mare en 1993. Le maximum de rendement irrigué de **148 tonnes/hectare** sur 12 mois de culture a aussi été obtenu pour la même année sur la même zone.

Il est intéressant de signaler ici, qu'un agriculteur de la zone de Grand Hazier a conduit à une altitude d'environ 90 mètres une expérimentation en culture irriguée par goutte à goutte durant sept campagnes. Les moyennes des rendements obtenus sur ces sept récoltes sont de 124 tonnes de canne en irrigué et de 96 tonnes en pluvial ; ce qui laisse un gain de rendement au profit de l'irrigation de 28 tonnes de cannes/hectare.

Il convient de comparer ce résultat à ceux de la simulation ci-dessus qui se situent à plus de 125 tonnes pour la culture irriguée et plus de 20 tonnes pour les gains de rendements. On constate que les gains de rendements obtenus par simulation se révèlent plus faibles que ceux observés sur le terrain. Cette différence peut avoir deux explications : les périodes de cultures et de simulation qui ne sont pas les mêmes, et /ou des rendements simulés en pluvial plus élevés que sur le terrain puisque beaucoup de contraintes de la culture (maîtrise de la fertilisation, gestion de l'enherbement, etc...) ne sont pas prises en compte.

Etude des besoins en eau de la zone.

L'objectif de ce chapitre est une première estimation des volumes d'eau mobilisables au sein du périmètre de l'étude. Ces besoins en eau seront calculés à partir de la simulation des bilans hydriques de plusieurs cycles de culture. Ces valeurs étant essentiellement liées au climat, il convient de rendre ces résultats en termes fréquentiels. En matière d'irrigation ce sont les quantiles 8/10, 5/10 et 2/10 qui sont généralement calculés. Dans le cadre de cette étude on ne s'est intéressé qu'aux quantiles 8/10 et 5/10 qui sont les plus pertinents pour la caractérisation globale des besoins d'une région. La difficulté a alors résidé dans l'acquisition des données, essentiellement pluviométriques qu'il a fallu nettoyer afin de disposer d'années successives complètes. On a donc calculé les données annuelles ainsi que mensuelles qui permettent de prévoir, surtout pour les périodes d'étiage, quels seront les volumes à mobiliser.

Une autre difficulté, va résider dans la répartition irrégulière des stations météorologiques et leur nombre insuffisant dans le cadre d'une exploitation statistique des résultats par SIG. Leur représentation spatiale exigerait dans le cadre d'une étude plus fine de dimensionnement d'être réévaluée plus rigoureusement. Pour ce faire, il conviendrait de disposer d'ensembles de données plus complets et de prévoir une campagne de détermination des réserves utiles.

Méthodologie.

Les besoins en eau sont calculés par simulation du bilan hydrique quotidien à l'aide du logiciel SIMULIRRIG. Il s'agit d'un bilan hydrique classique à deux réservoirs définis sur la base du modèle FAO (Doorenbos and Kassam-1986). L'évapotranspiration potentielle a été calculée d'après la formule de Penman-Monteith (Allen et al., 1994).

Les réserves utiles prises en comptes sont extraites d'une carte établie à partir de la carte des sols de la Réunion de M.RAUNET, et extrapolées des mesures d'hydrodynamiques réalisées dans l'ouest de l'île sur les mêmes types de sols.

Les coefficients de végétation Kc sont estimés à partir d'un modèle calé sur les sommes de températures qui évalue Kc en fonction du stade de croissance et des sommes de températures. On a choisi pour caler ce modèle un Kc minimum de 0.3 à la reprise et de 1.2 à la couverture totale.

Trois hypothèses de simulation liées aux cycles de culture et aux systèmes d'irrigation ont été retenues :

- Les bilans sont réalisés pour six cycles de culture (15/7, 15/8, 15/9, 15/10, 15/11). Les résultats sont donc une moyenne de ces six cycles. Il s'agit donc bien d'un résultat au niveau de l'exploitation et non pas au niveau de la parcelle.
- Pour toutes les parcelles, un sevrage de l'irrigation de trente jours est pris en compte.
- Le bilan est calculé pour des repousses de 12 mois
- Quatre bilans ont été calculés pour quatre tours² d'eau différents : 1 jour, 4 jours, 6 jours, 8 jours.

Le détail des résultats est donné en annexe ; mais seules les fréquences de 1 et 6 jours ont été exploitées graphiquement. Ce sont en effet, vis-à-vis des systèmes d'irrigation les plus courants et les plus susceptibles d'être mis en œuvre dans la zone, les fréquences les plus pertinentes (goutte à goutte et aspersion).

Les huit stations météorologiques qui ont été utilisées sont citées dans le tableau 3 ci-dessous.

Tableau 3 : Les stations météorologiques utilisées

Stations	données	Année début	Année fin	Nb d'années
Beaufond Ste Marie	pluies	1991	2004	13
Gillot	pluies + ETP	1984	2004	20
La Mare	pluies + ETP	1994	2004	10
Moka	pluies	1991	2000	9
Bagatelle	pluies	1991	2004	13
Grand Hazier	pluies	1991	2000	9
Trois Frères	pluies	1991	2000	9
Bois Court Ste Marie	pluies	1960	1992	32

On constate une disparité des durées d'enregistrement qui va constituer une difficulté dans le rapprochement des résultats lors de leur spatialisation puisqu'ils auront été obtenus sur des échantillons de tailles différentes. La situation de ces postes météorologiques apparaît sur la carte ci-jointe (fig.8). Les postes de Flacourt, La Convenance, C1 n'ont pas été utilisés et ne sont mentionnés que pour améliorer la lecture des diverses cartes.

Les bilans hydriques sont donc évalués au droit de chacun de ces huit postes. On a ainsi établi sur chacun de ces points les besoins en eau pour une exploitation type comportant six cycles de cultures. Ensuite ces valeurs ont été spatialisées par krigeage en utilisant le logiciel Surfer 6.01. On n'a considéré pour ce faire que les quantiles 8/10 et 5/10.

² Le tour d'eau est le nombre de jours entre deux passages d'irrigation sur le même point.

• Fig.8 - SITUATION DES STATIONS METEOROLOGIQUES •



Résultats.

1]- Les besoins en eau mensuels.

L'évolution mensuelle des besoins en eau apparaît sur les figures 9 et 10. Les zones de plus basses altitudes présentent, tout à fait logiquement, les plus fortes demandes en eau ; ce sont surtout les zones vers Gillot, La Mare et en remontant au dessus de La Mare qui présentent les plus forts besoins tout au long de l'année. Les autres zones (Grand Hazier, Trois Frères, Moka) ont des niveaux de besoins essentiellement variables.

Si on s'intéresse au dimensionnement d'un réseau d'irrigation, on se cale généralement sur les besoins quinquennaux. Comme on ne sait pas quelle serait la proportion des divers systèmes d'irrigation qui serait mis en œuvre sur la zone, on peut retenir une fourchette de valeurs obtenues avec les deux fréquences d'irrigation prises comme modèle et pour le mois le plus déficitaire. Dans ces deux cas c'est la zone de LA MARE qui offre les plus forts besoins au mois de janvier avec respectivement 1220 m³/ha et 1420 m³/ha pour les fréquences de 6 et 1 jour.

2]- Les besoins en eau annuels.

Les besoins en eau annuels pour chacune des stations sont donnés en annexe. Ces résultats sont synthétisés sur les histogrammes de la figure 11. Les zones de Gillot et La Mare confirment leurs besoins nettement supérieurs à l'ensemble du périmètre ; la zone de Moka

Fig. 9

- BESOINS en EAU MENSUELS -
 année quinquennale sèche (F = 0.8)

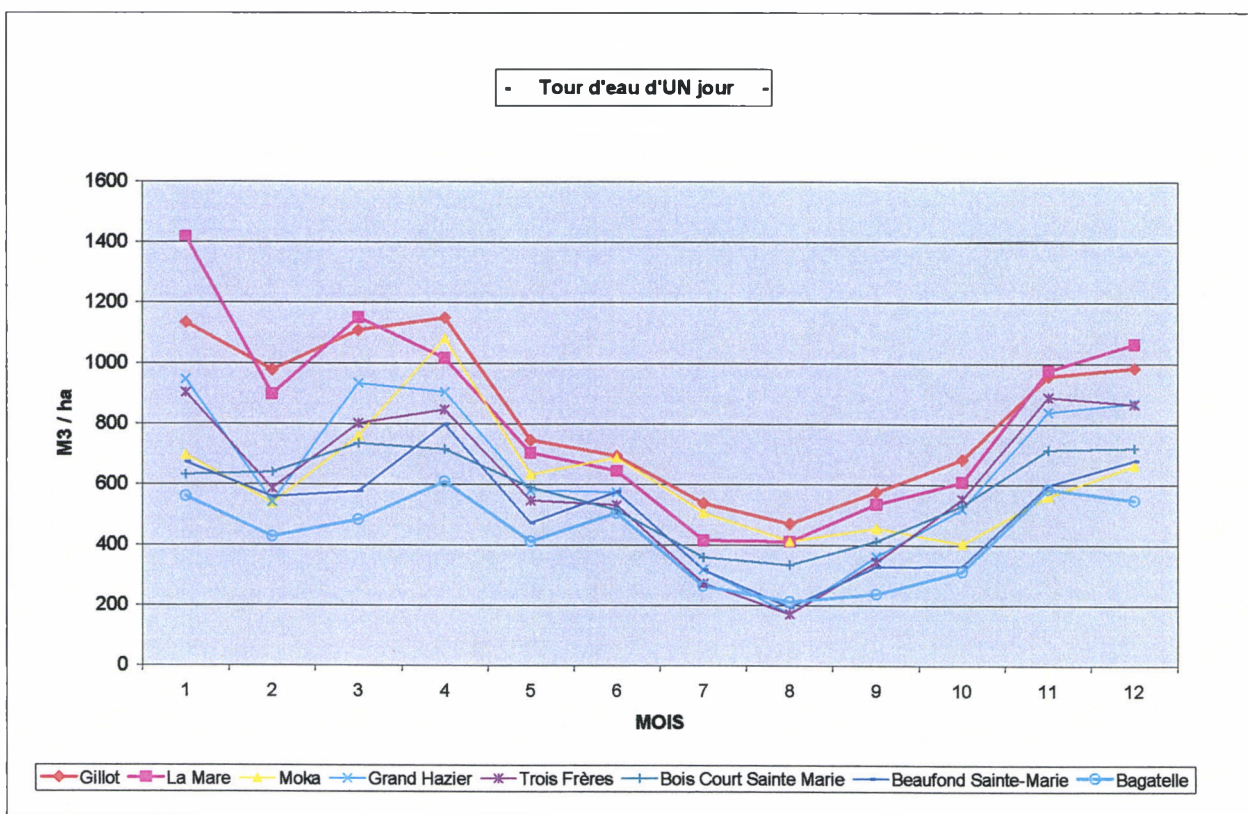
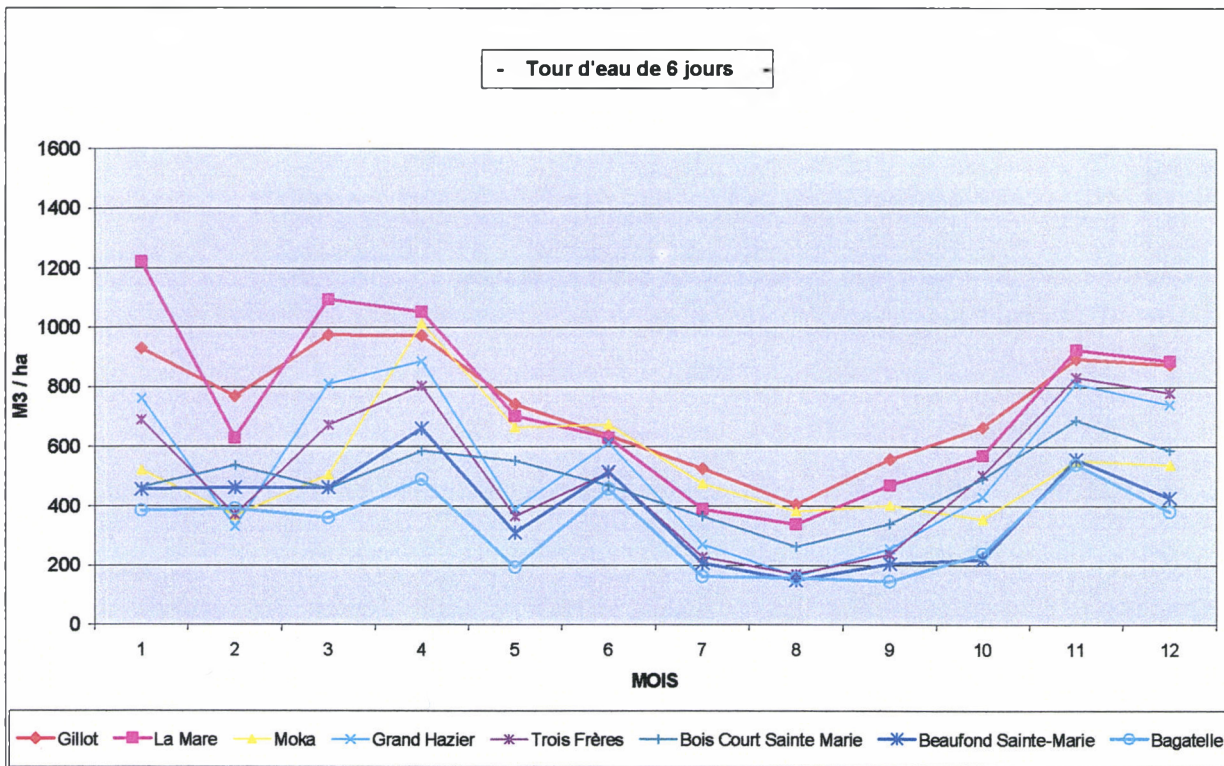
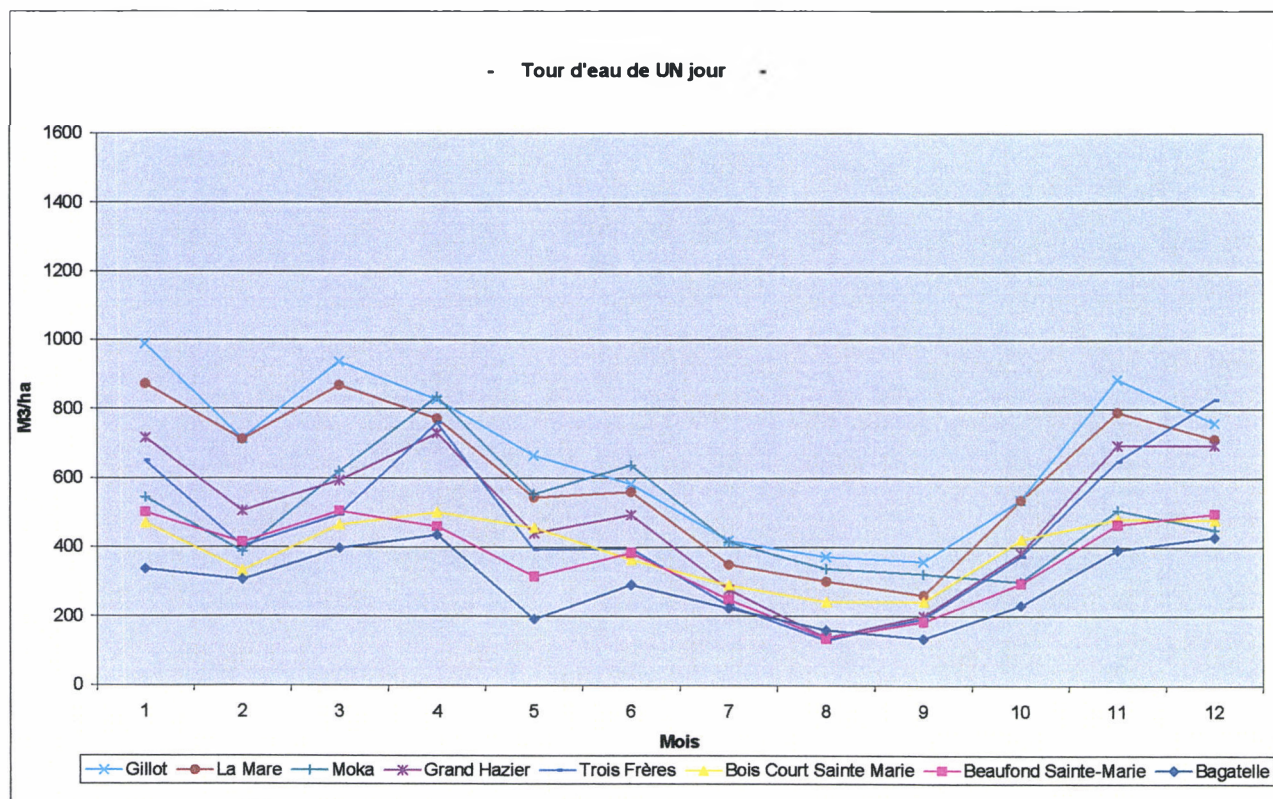
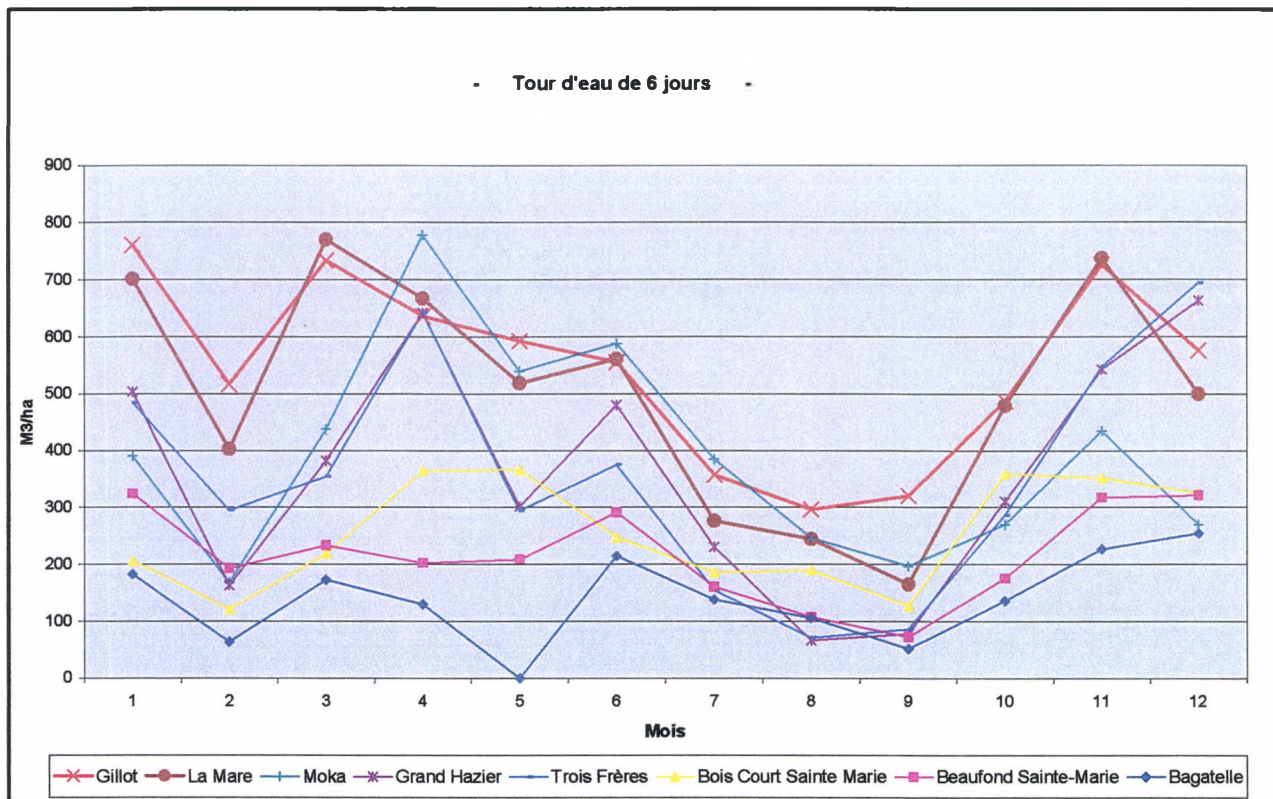
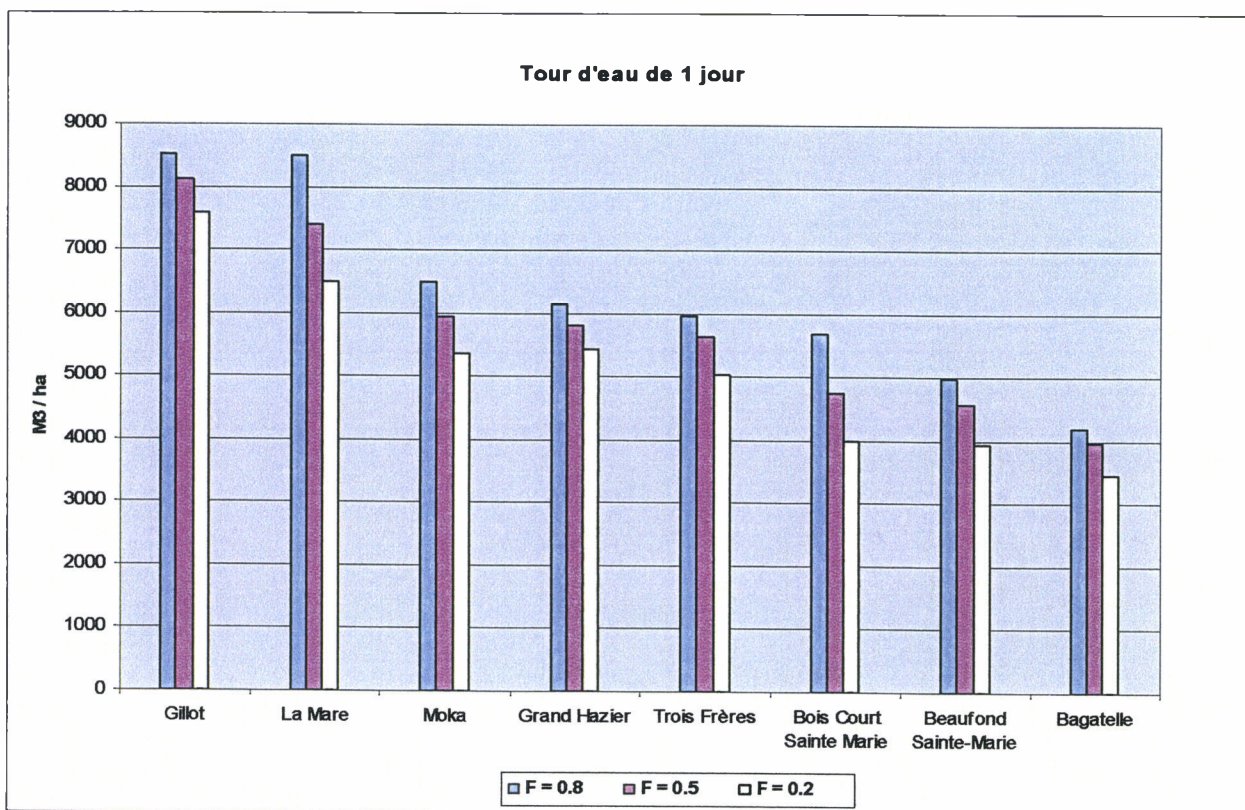
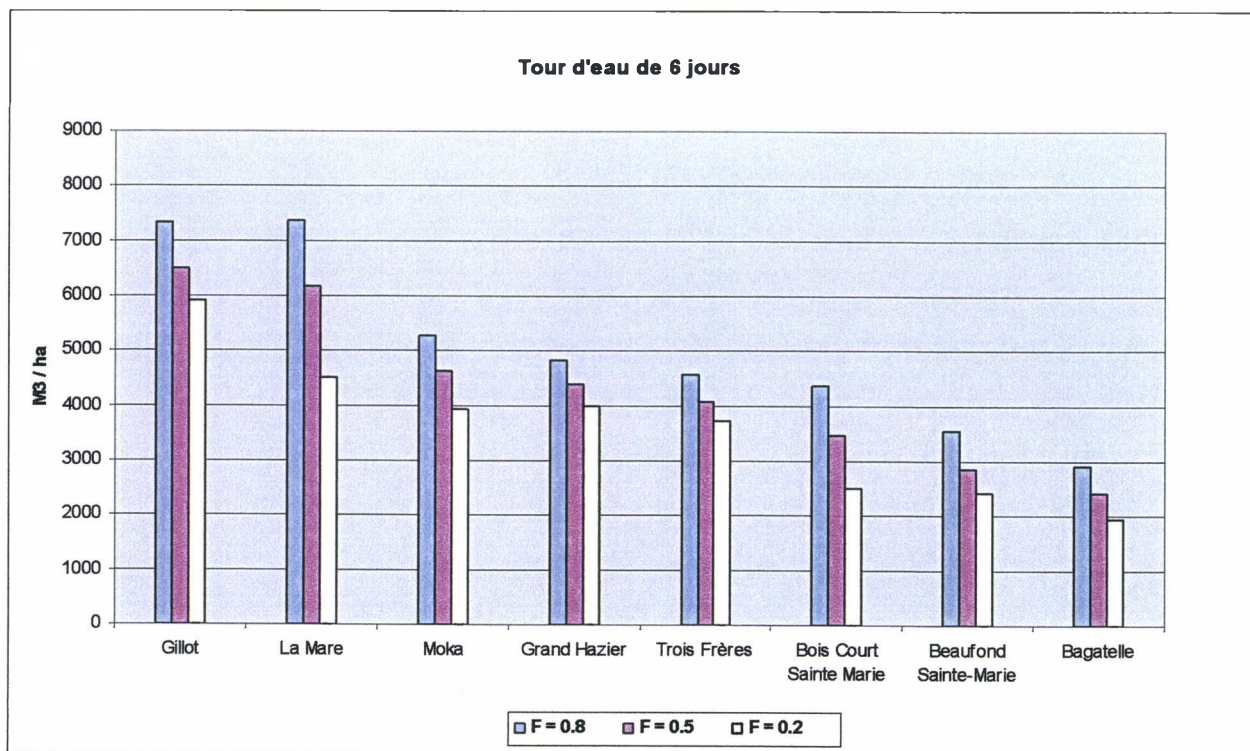


Fig.10 -

- BESOINS en EAU MENSUELS -
année médiane (F = 0.5)



- Fig.11- BESOINS en EAU ANNUELS -



bien qu'assez proche de Grand Hazier, Trois Frères, et Bois Court s'avère bien comme une zone à forte demande, intermédiaire avec les deux zones de Gillot et La Mare.

Il en ressort que sur les zones de la Mare et Gillot les besoins dépassent **7000 m³/ha** et **8000 m³/ha** en année quinquennale sèche pour les tours d'eau de 6 jours et 1 jour respectivement.

Une estimation de la demande moyenne de l'ensemble du périmètre peut être faite en prenant sur ces graphiques les lignes médianes de chaque décile :

Tableau 4- Les besoins en eau moyens du périmètre (M³/ha).

Tours d'eau	F = 0.8	F = 0.5	F = 0.2
1 jour	6000	5800	5000
6 jours	4600	4100	3800

Donc, si l'ensemble du périmètre devait être irrigué, il conviendrait de caler le volume global moyen à mobiliser sur la valeur de **6000 m³/ha**.

Les surfaces sous canne étant de 2570 hectares, il faut donc pouvoir disposer annuellement de **15 420 000 m³** d'eau (en n'oubliant pas que les simulations ont été faites avec la canne comme seule culture). Par ailleurs, au vu de la répartition des gains de rendements, on peut raisonnablement prévoir que l'effort d'équipement pour l'irrigation devrait plutôt être porté vers les zones basses du périmètre.

Ces besoins en eau ont également été spatialisés sur la figure 12. Seule l'année quinquennale sèche est représentée pour les deux fréquences d'irrigation de 6 et 1 jour. Le gradient des besoins en eau croissant depuis BAGATELLE jusqu'à GILLOT apparaît très nettement. On observe que ces besoins s'étagent de **3200** à plus de **7200 m³/ha** pour la fréquence de 6 jours et entre **4400 m³/ha** et plus de **8400 m³/ha** pour la fréquence quotidienne.

3)- Estimation des besoins bruts par secteurs.

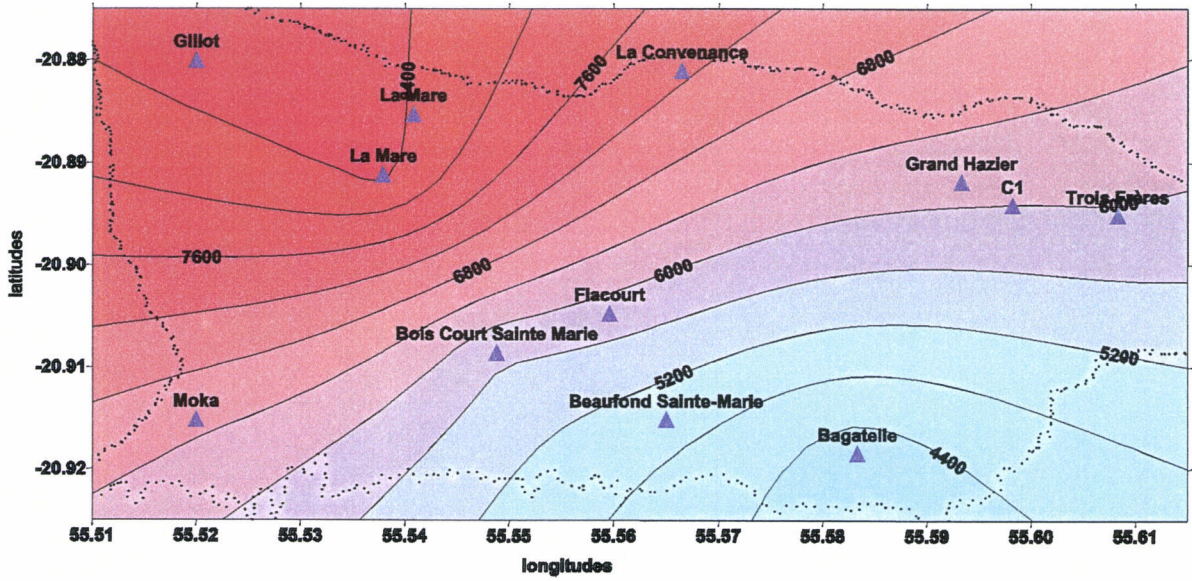
Une estimation des volumes d'eau nécessaires par secteur a également été faite par année et par mois. Ces résultats ne sont donnés que pour le quantile 8/10 et les deux fréquences d'irrigation retenues comme modèles de six et un jour. On a retenu comme définition de ces secteurs, par facilité méthodologique, les surfaces des îlots ARMES (vers.11/01). La carte (fig.13) permet de les repérer par leurs codes.

L'histogramme de la figure 14 des besoins annuels montre bien que les plus gros besoins se situent vers l'ouest du périmètre ; cependant, du fait de sa grande surface une zone à l'est présente également des besoins importants, BABAb. Les données du tableau 5 permettent de faire une estimation des besoins par îlots.

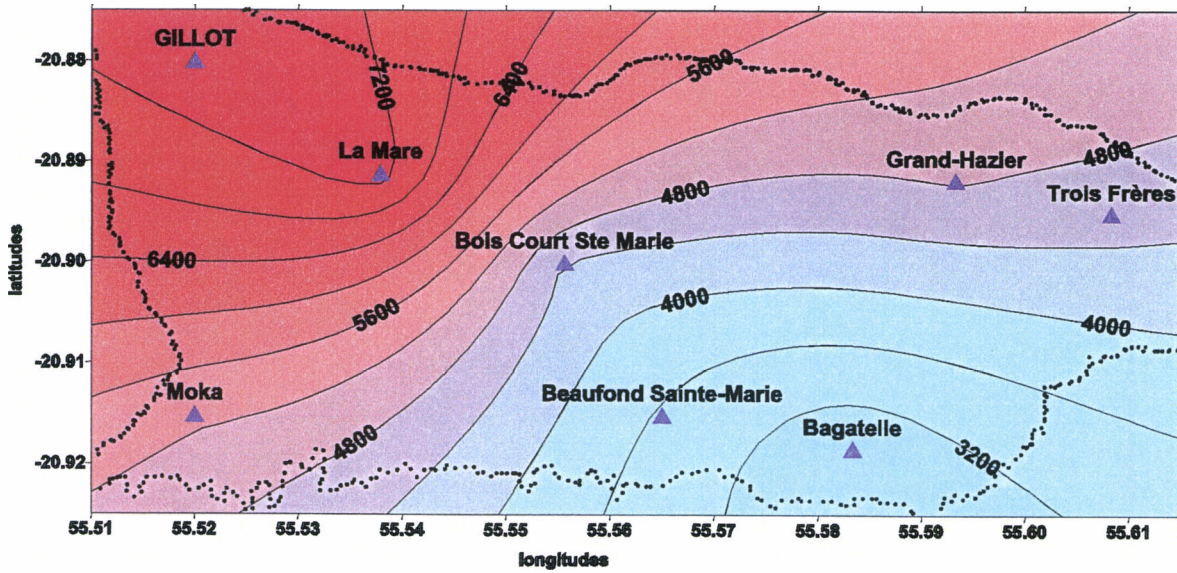
Les besoins mensuels ont été mentionnés dans les tableaux 6 et 7. Ils ont été estimés en moyennant les résultats des stations météorologiques les plus proches ; c'est à dire qu'ils ne résultent pas d'études géostatistiques du même ordre que les résultats annuels qui ont été spatialisés. Il convient de noter par ailleurs que les résultats d'une analyse fréquentielle mensuelle sont indépendants entre chacun des mois.

En effet, la valeur quinquennale sèche (8/10) d'un mois a été obtenue lors d'une année particulière. La valeur quinquennale sèche du mois suivant est une valeur associée à une autre année. Et donc pour tous les mois, sauf exception, les valeurs quinquennales sèches sont obtenues pour des années différentes. Si l'on additionnait ces valeurs on additionnerait donc des valeurs correspondant à des années différentes ; l'on créerait ainsi une année fictive où tous les mois serait au quinquennal sec.

Fig.12 - BESOINS en EAU ANNUELS
Décile 8/10



A- Tour d'eau d'UN jour



B- Tour d'eau de SIX jours

Tableau 5

BESOINS en EAU ANNUELS des ÎLOTS
quantile 8/10

codes îlots	nelle surf	Tour d'eau 1 jours		Tour d'eau 6 jours	
		m3/ha	M3	m3/ha	M3
BABAb	374	5437	2033568	4106	1535731
THABa	236	7089	1672983	5871	1385587
RESSa	220	6084	1338579	4821	1060622
BABAa	234	5437	1272339	4106	960859
SMAEd	180	5916	1064821	4603	828493
GILLa	119	8516	1013435	7364	876297
MAREa	106	8502	901189	7376	781888
SMAEa	155	4985	772660	3562	552144
SMAEc	141	4985	702871	4366	615600
BEAUb	113	6084	687543	4821	544774
FLACa	88	7089	623824	5871	516659
SMAEe	68	7329	498341	6108	415338
FLACc	97	4985	483535	3562	345535
BEAUa	64	5676	363267	4366	279421
BABAd	65	5078	330094	3740	243073
BAHAa	78	4186	326480	2914	227294
BABAc	55	4186	230210	2914	160271
SMAEb	31	7329	227185	6108	189345
FLACb	35	4931	172579	3640	127400
MOKAc	20	6493	129857	5276	105521
COBAa	11	6493	71421	5276	58037
COBAb	7	6493	45450	5276	36932
CASCa	7	5078	35549	3740	26177
MOKAb	5	6493	32464	5276	26380
MAR1a	4	5971	23884	4565	18261
BAHAc	5	4186	20928	2914	14570
MOSAa	1	5739	5739	4419	4419
BASBa	1	4985	4985	3562	3562

Conclusions

L'irrigation de la zone Nord Est de l'île permettrait de garantir, dans le secteur défini pour cette étude, une production annuelle aux alentours de **285000 tonnes de cannes**, soit un gain moyen de **54 000 tonnes**. La seule irrigation de la canne demanderait l'apport dans ce secteur d'un minimum de **15 millions de m³ d'eau** (année quinquennale sèche). Rappelons que cette étude n'a d'un commun accord, était réalisée que sur la base de la culture de la canne mais que d'autres cultures existent aussi dans la zone même si elles sont très marginales tant du point de vue des surfaces cultivées que sur le plan économique.

Le gain de production devrait permettre le maintien de ces parcelles sous culture de canne. Il assurerait un approvisionnement plus régulier de l'usine et donc une meilleure rentabilité industrielle. Tout cela conforterait la pérennisation de la filière

Cependant, beaucoup de planteurs de canne se déclarent prêts à toute diversification au dépend de la canne selon l'évolution du marché. Alors que tous les agriculteurs affichent un réel intérêt pour l'irrigation, ils restent en attente de l'évolution des prix du marché et du coût de l'irrigation qui dépendra pour une grande part du prix de mètre cube d'eau à la borne. Or la rentabilité de l'irrigation dépend de la position géographique des parcelles ; beaucoup de planteurs pourraient alors, selon la situation de leurs exploitations, en particulier vers les zones les plus hautes du périmètre (Bagatelle), juger cet investissement non ou pas assez rentable. Outre l'aspect purement technique qui vient d'être abordé dans cette étude et qui considérait exhaustivement la possibilité d'irriguer toute la zone, il conviendrait après enquête socio-économique de faire une projection en fonction surfaces susceptibles d'être effectivement équipées.

Tableau 6 - Volumes d'eau mensuels prévisibles dans chaque îlots - Mètre cubes

Tour d'eau d'UN jour		décile 8/10											
Îlots	Ha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
BABAa	234	188002	121421	173169	184133	120221	125617	66990	43629	73821	108075	180395	177902
RESSa	220	146258	129688	164666	197853	134427	132557	95423	82390	95638	103035	140494	152229
SMAEc	141	95099	78777	81498	112631	66701	81067	44945	27563	46553	46871	84188	95810
GILLa	119	151921	111692	134475	128942	86530	79744	56768	52522	66071	76932	115269	121970
MARla	4	3614	2348	3208	3385	2192	2127	1096	694	1383	2212	3555	3463
MOKAb	5	3489	2694	3806	5410	3164	3452	2534	2071	2284	2031	2809	3318
BEAUb	113	75124	66612	84578	101624	69046	68086	49013	42319	49123	52922	72163	78190
THABa	236	242039	181489	222685	204612	152881	136894	91681	88144	111838	134468	199824	210630
FLACa	88	90252	67674	83035	76296	57006	51045	34186	32867	41702	50141	74510	78540
SMAEb	31	36674	22310	32327	29799	19947	18903	11410	9067	13913	17486	28173	29952
SMAEe	68	80445	48939	70911	65366	43754	41465	25029	19889	30518	38356	61798	65701
BABAAd	65	47568	32993	41792	47302	31221	33684	17516	12565	18981	28159	47879	45925
BAHAc	5	2801	2141	2420	3045	2063	2524	1325	1066	1191	1568	2923	2737
MOKAc	20	13957	10776	15224	21639	12654	13809	10136	8285	9138	8122	11237	13271
FLACb	35	20860	18697	21346	23202	17536	17838	10948	9588	11389	14772	22748	22186
SMAEd	180	142058	106349	150295	145976	105300	97981	61252	45673	69745	94475	139945	142925
BABAc	55	30811	23554	26622	33499	22697	27759	14570	11724	13104	17244	32149	30108
BEAUa	64	40434	40970	47087	45870	37719	32936	23085	21423	26404	33957	45784	46102
BAHAa	78	43696	33404	37755	47508	32189	39367	20662	16626	18584	24455	45593	42699
CASCa	7	5123	3553	4501	5094	3362	3627	1886	1353	2044	3033	5156	4946
COBAb	7	4885	3772	5329	7574	4429	4833	3547	2900	3198	2843	3933	4645
BABAb	374	300482	194066	276775	294298	192149	200773	107069	69731	117987	172736	288324	284340
MOSAa	1	686	549	670	940	553	633	413	305	394	369	579	672
SMAEa	155	104541	86599	89590	123814	73324	89116	49408	30299	51175	51525	92547	105323
FLACc	97	65423	54194	56066	77484	45887	55769	30920	18962	32026	32245	57917	65912
COBAa	11	7676	5927	8373	11901	6960	7595	5575	4557	5026	4467	6180	7299
MAREa	106	150456	95175	122051	107832	74861	68423	44124	43697	56733	64552	103672	112854
BASBa	1	674	559	578	799	473	575	319	195	330	332	597	680

Tableau 7 Volumes d'eau mensuels prévisibles dans chaque îlots - Mètre cubes

Tour d'eau de SIX jours		décile 8/10											
Îlots	Ha	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
BABAa	234	143467	85415	144035	170215	74030	123398	51722	38343	49856	91800	170452	148251
RESSa	220	108665	99781	106242	176068	134105	125906	92369	71023	81574	93383	136875	124126
SMAEc	141	64524	65334	65320	93421	43817	72725	29303	21113	28908	31116	78816	60224
GILLa	119	128044	83330	123257	120578	86116	75427	54496	44260	61275	73660	108395	104785
MARla	4	2763	1487	2695	3215	1462	2050	914	680	950	2020	3333	3122
MOKAb	5	2614	1847	2532	5072	3329	3379	2375	1913	2012	1783	2774	2700
BEAUb	113	55814	51251	54570	90435	68881	64670	47444	36480	41899	47965	70304	63756
THABa	236	199087	137881	183532	193454	148402	129684	88951	70916	95674	125460	190643	174074
FLACa	88	74236	51413	68436	72135	55336	48357	33168	26443	35675	46782	71087	64909
SMAEb	31	30767	14910	29565	30085	16957	19259	10249	7777	11283	15542	26919	25223
SMAEe	68	67489	32705	64852	65993	37196	42246	22481	17059	24749	34092	59049	55329
BABAAd	65	34988	24825	33638	42071	18178	31514	12706	10649	12446	24218	44674	37704
BAHAc	5	1929	1960	1806	2454	969	2286	813	788	728	1201	2707	1898
MOKAc	20	10457	7386	10126	20288	13314	13515	9500	7650	8050	7134	11095	10800
FLACb	35	14889	16272	14362	18847	13075	16206	9228	7363	8481	12818	21541	16941
SMAEd	180	110500	78210	114401	132658	84888	97308	57319	38437	53579	83160	135025	119606
BABAc	55	21218	21561	19884	26991	10654	25147	8942	8666	8004	13210	29775	20881
BEAUa	64	29760	34418	29411	37518	35419	30006	23343	16842	21702	31505	44133	37859
BAHAa	78	30091	30578	28170	38278	15109	35663	12681	12290	11351	18734	42226	29613
CASCa	7	3768	2673	3623	4531	1958	3394	1368	1147	1340	2608	4811	4060
COBAb	7	3660	2585	3544	7101	4660	4730	3325	2678	2817	2497	3883	3780
BABAb	374	229302	136517	230209	272053	118321	197225	82666	61284	79684	146723	272432	236949
MOSAa	1	490	416	485	838	488	596	341	266	304	289	557	484
SMAEa	155	70931	71821	71805	102697	48168	79946	32212	23210	31778	34205	86642	66204
FLACc	97	44389	44946	44936	64268	30144	50031	20159	14525	19887	21406	54221	41431
COBAa	11	5751	4063	5569	11158	7323	7433	5225	4208	4427	3923	6102	5940
MAREa	106	129551	66854	116157	111641	74647	66799	41242	35809	50000	60522	98160	93999
BASBa	1	458	463	463	663	311	516	208	150	205	221	559	427

ANNEXES

A.I

Synthèse annuelle des résultats de simulations - Etude SOGREAH -14/04/2005

Station	Tour d'eau	Taux	Seuil	Altitude	m ³ ha ⁻¹		
					F = 0.8	F = 0.5	F = 0.2
Gillot	1	80	80	21	8531	8111	7588
Gillot	4	80	50	21	7639	6865	6201
Gillot	6	80	50	21	7351	6502	5919
Gillot	8	80	50	21	6825	5993	5451
La Mare	1	80	80	70	8502	7401	6507
La Mare	4	80	50	70	7443	6408	4744
La Mare	6	80	50	70	7376	6175	4514
La Mare	8	80	50	70	7254	5836	4286
Moka	1	80	80	250	6493	5950	5360
Moka	4	80	50	250	5376	4716	4028
Moka	6	80	50	250	5276	4640	3940
Moka	8	80	50	250	5153	4461	3769
Grand Hazier	1	80	80	75	6155	5823	5446
Grand Hazier	4	80	50	75	4973	4604	4060
Grand Hazier	6	80	50	75	4840	4408	3985
Grand Hazier	8	80	50	75	4623	4227	3876
Trois Frères	1	80	80	30	5971	5633	5026
Trois Frères	4	80	50	30	4767	4187	3735
Trois Frères	6	80	50	30	4565	4075	3740
Trois Frères	8	80	50	30	4301	3902	3520
Bois Court Sainte Marie	1	80	80	175	5676	4753	3983
Bois Court Sainte Marie	4	80	50	175	4567	3613	2603
Bois Court Sainte Marie	6	80	50	175	4366	3456	2507
Bois Court Sainte Marie	8	80	50	175	4171	3325	2428
Beaufond Sainte-Marie	1	80	80	225	4985	4584	3936
Beaufond Sainte-Marie	4	80	50	225	3726	3043	2662
Beaufond Sainte-Marie	6	80	50	225	3562	2851	2408
Beaufond Sainte-Marie	8	80	50	225	3335	2682	2260
Bagatelle	1	80	80	250	4186	3980	3463
Bagatelle	4	80	50	250	3027	2543	2130
Bagatelle	6	80	50	250	2914	2412	1951
Bagatelle	8	80	50	250	2702	2328	1808

A.II - Résultats bruts des simulations de rendements sur les 53 points de la grille.

M : Cycles de milieu de campagne simulés le 15/09

D : Cycles de début de campagne simulés le 15/07

F : Cycles de fin de campagne simulés le 15/11

Grille		Années	POTENTIELS (T/ha)			Grille		Années	POTENTIELS (T/ha)		
			IRRIGUE	PLUVIAL	Δ				IRRIGUE	PLUVIAL	Δ
ES12	M	1996	119	93	25	ES13	M	1999	128	78	50
ES12	D	1997	127	99	28	ES13	D	2000	131	86	45
ES12	F	1997	113	77	35	ES13	F	2000	120	65	55
ES12	M	1997	120	104	16	ES13	M	2000	124	89	35
ES12	D	1998	134	77	56	ES14	D	1992	140	98	41
ES12	F	1998	115	74	41	ES14	F	1992	125	69	56
ES12	M	1998	123	77	46	ES14	M	1992	128	86	42
ES12	D	1999	128	78	50	ES14	D	1993	145	80	65
ES12	F	1999	114	56	58	ES14	F	1993	123	87	36
ES12	M	1999	122	75	47	ES14	M	1993	136	92	44
ES12	D	2000	125	84	41	ES14	D	1994	144	97	46
ES12	F	2000	115	63	52	ES14	F	1994	125	88	37
ES12	M	2000	119	87	32	ES14	M	1994	136	101	35
ES13	D	1992	134	101	33	ES14	D	1995	135	80	55
ES13	F	1992	120	70	50	ES14	F	1995	123	77	47
ES13	M	1992	123	90	33	ES14	M	1995	126	88	37
ES13	D	1993	140	72	68	ES14	D	1996	136	99	36
ES13	F	1993	118	73	45	ES14	F	1996	121	63	59
ES13	M	1993	130	77	52	ES14	M	1996	129	92	37
ES13	D	1994	138	91	47	ES14	D	1997	138	118	20
ES13	F	1994	120	86	34	ES14	F	1997	123	92	31
ES13	M	1994	131	97	34	ES14	M	1997	131	126	6
ES13	D	1995	130	87	42	ES14	D	1998	144	91	53
ES13	F	1995	118	83	36	ES14	F	1998	126	69	57
ES13	M	1995	120	95	25	ES14	M	1998	134	85	49
ES13	D	1996	130	102	28	ES14	D	1999	140	82	57
ES13	F	1996	116	71	45	ES14	F	1999	125	62	63
ES13	M	1996	124	97	27	ES14	M	1999	133	83	50
ES13	D	1997	133	101	32	ES14	D	2000	137	84	53
ES13	F	1997	118	80	38	ES14	F	2000	125	72	53
ES13	M	1997	126	108	18	ES14	M	2000	129	92	38
ES13	D	1998	139	79	60	ES16	D	1992	97	92	5
ES13	F	1998	120	76	44	ES16	F	1992	85	52	33
ES13	M	1998	128	79	49	ES16	M	1992	88	76	11
ES13	D	1999	134	81	53	ES16	D	1993	101	70	31
ES13	F	1999	119	58	61	ES16	F	1993	84	65	20

Grille		Années	POTENTIELS (T/ha)			Grille		Années	POTENTIELS (T/ha)		
			IRRIGUE	PLUVIAL	Δ				IRRIGUE	PLUVIAL	Δ
ES16	M	1993	94	75	19	ES17	D	1996	101	92	8
ES16	D	1994	100	87	14	ES17	F	1996	89	57	32
ES16	F	1994	86	70	15	ES17	M	1996	96	79	17
ES16	M	1994	94	84	10	ES17	D	1997	103	99	4
ES16	D	1995	92	84	8	ES17	F	1997	91	70	21
ES16	F	1995	83	64	18	ES17	M	1997	96	96	0
ES16	M	1995	84	79	5	ES17	D	1998	110	76	33
ES16	D	1996	93	86	7	ES17	F	1998	93	69	24
ES16	F	1996	82	53	29	ES17	M	1998	100	74	26
ES16	M	1996	88	73	15	ES17	D	1999	104	75	30
ES16	D	1997	95	92	3	ES17	F	1999	92	56	37
ES16	F	1997	83	63	19	ES17	M	1999	99	71	28
ES16	M	1997	89	89	0	ES17	D	2000	102	79	23
ES16	D	1998	101	72	29	ES17	F	2000	93	59	34
ES16	F	1998	86	65	20	ES17	M	2000	96	80	16
ES16	M	1998	92	71	22	ES18	D	1992	124	116	8
ES16	D	1999	96	71	25	ES18	F	1992	110	69	41
ES16	F	1999	85	53	33	ES18	M	1992	113	97	16
ES16	M	1999	91	67	24	ES18	D	1993	129	86	43
ES16	D	2000	94	75	19	ES18	F	1993	108	83	26
ES16	F	2000	85	56	30	ES18	M	1993	120	94	27
ES16	M	2000	89	75	13	ES18	D	1994	128	108	20
ES17	D	1992	105	99	6	ES18	F	1994	111	91	20
ES17	F	1992	93	57	36	ES18	M	1994	120	106	15
ES17	M	1992	95	82	13	ES18	D	1995	119	104	16
ES17	D	1993	110	74	36	ES18	F	1995	109	86	23
ES17	F	1993	92	69	23	ES18	M	1995	111	102	9
ES17	M	1993	102	80	23	ES18	D	1996	120	109	11
ES17	D	1994	109	91	18	ES18	F	1996	106	70	37
ES17	F	1994	93	75	18	ES18	M	1996	114	95	19
ES17	M	1994	102	89	13	ES18	D	1997	122	115	8
ES17	D	1995	100	89	12	ES18	F	1997	109	85	24
ES17	F	1995	91	70	20	ES18	M	1997	116	115	0
ES17	M	1995	92	85	7	ES18	D	1998	129	88	41

			POTENTIELS (T/ha)						POTENTIELS (T/ha)		
Grille		Années	IRRIGUE	PLUVIAL	Δ	Grille		Années	IRRIGUE	PLUVIAL	Δ
ES18	F	1998	111	82	29	ES20	D	1992	136	102	35
ES18	M	1998	119	87	32	ES20	F	1992	121	71	51
ES18	D	1999	124	88	36	ES20	M	1992	125	91	34
ES18	F	1999	110	66	44	ES20	D	1993	142	72	69
ES18	M	1999	117	85	33	ES20	F	1993	120	74	46
ES18	D	2000	121	93	28	ES20	M	1993	132	78	54
ES18	F	2000	110	71	39	ES20	D	1994	140	91	48
ES18	M	2000	114	95	19	ES20	F	1994	122	87	35
ES19	D	1992	128	109	19	ES20	M	1994	133	98	35
ES19	F	1992	113	72	41	ES20	D	1995	131	88	43
ES19	M	1992	117	97	21	ES20	F	1995	120	83	36
ES19	D	1993	134	81	53	ES20	M	1995	122	96	26
ES19	F	1993	112	79	33	ES20	D	1996	131	103	29
ES19	M	1993	124	86	37	ES20	F	1996	118	72	46
ES19	D	1994	132	102	30	ES20	M	1996	126	98	28
ES19	F	1994	115	93	21	ES20	D	1997	135	102	33
ES19	M	1994	124	105	19	ES20	F	1997	120	81	39
ES19	D	1995	123	97	26	ES20	M	1997	128	109	19
ES19	F	1995	112	90	23	ES20	D	1998	141	79	61
ES19	M	1995	114	105	10	ES20	F	1998	121	77	45
ES19	D	1996	124	111	13	ES20	M	1998	131	80	51
ES19	F	1996	111	74	37	ES20	D	1999	136	81	54
ES19	M	1996	118	102	16	ES20	F	1999	121	59	62
ES19	D	1997	126	113	13	ES20	M	1999	129	78	51
ES19	F	1997	112	87	25	ES20	D	2000	133	87	46
ES19	M	1997	119	116	3	ES20	F	2000	122	66	56
ES19	D	1998	132	86	47	ES20	M	2000	126	90	36
ES19	F	1998	114	82	32	ES21	D	1992	141	99	42
ES19	M	1998	122	87	36	ES21	F	1992	126	69	56
ES19	D	1999	128	92	36	ES21	M	1992	129	87	43
ES19	F	1999	114	61	52	ES21	D	1993	146	81	66
ES19	M	1999	121	84	37	ES21	F	1993	124	87	37
ES19	D	2000	125	98	27	ES21	M	1993	137	92	44
ES19	F	2000	114	70	45	ES21	D	1994	145	98	47
ES19	M	2000	118	97	21	ES21	F	1994	126	89	38

			POTENTIELS (T/ha)						POTENTIELS (T/ha)		
Grille		Années	IRRIGUE	PLUVIAL	Δ	Grille		Années	IRRIGUE	PLUVIAL	Δ
ES21	M	1994	137	102	35	ES23	F	1997	78	61	17
ES21	D	1995	136	81	56	ES23	M	1997	83	83	0
ES21	F	1995	124	77	47	ES23	D	1998	95	71	23
ES21	M	1995	127	89	38	ES23	F	1998	81	70	11
ES21	D	1996	137	100	37	ES23	M	1998	86	74	12
ES21	F	1996	122	63	59	ES23	D	1999	90	72	18
ES21	M	1996	130	92	38	ES23	F	1999	80	56	24
ES21	D	1997	139	119	20	ES23	M	1999	85	68	17
ES21	F	1997	124	93	31	ES23	D	2000	88	78	10
ES21	M	1997	132	127	6	ES23	F	2000	80	60	20
ES21	D	1998	145	91	54	ES23	M	2000	83	78	5
ES21	F	1998	127	69	57	ES24	D	1992	104	100	4
ES21	M	1998	135	85	50	ES24	F	1992	92	61	32
ES21	D	1999	141	83	58	ES24	M	1992	95	85	9
ES21	F	1999	126	62	64	ES24	D	1993	109	76	33
ES21	M	1999	134	83	51	ES24	F	1993	91	74	18
ES21	D	2000	138	84	54	ES24	M	1993	102	83	18
ES21	F	2000	126	73	54	ES24	D	1994	108	93	15
ES21	M	2000	130	92	38	ES24	F	1994	93	79	14
ES23	D	1992	90	88	2	ES24	M	1994	101	92	9
ES23	F	1992	80	54	26	ES24	D	1995	100	89	10
ES23	M	1992	82	77	6	ES24	F	1995	90	74	16
ES23	D	1993	95	71	24	ES24	M	1995	91	89	2
ES23	F	1993	80	67	12	ES24	D	1996	100	94	6
ES23	M	1993	89	77	12	ES24	F	1996	88	63	25
ES23	D	1994	94	84	9	ES24	M	1996	95	85	10
ES23	F	1994	80	71	9	ES24	D	1997	102	99	3
ES23	M	1994	88	82	5	ES24	F	1997	90	70	20
ES23	D	1995	86	81	5	ES24	M	1997	96	96	0
ES23	F	1995	78	65	13	ES24	D	1998	109	79	30
ES23	M	1995	79	78	1	ES24	F	1998	92	75	17
ES23	D	1996	87	84	3	ES24	M	1998	100	80	20
ES23	F	1996	77	57	20	ES24	D	1999	103	79	25
ES23	M	1996	82	76	7	ES24	F	1999	92	61	31
ES23	D	1997	88	87	2	ES24	M	1999	98	75	23

			POTENTIELS (T/ha)						POTENTIELS (T/ha)		
Grille		Années	IRRIGUE	PLUVIAL	Δ	Grille		Années	IRRIGUE	PLUVIAL	Δ
ES24	D	2000	102	83	18	ES26	M	1993	121	85	36
ES24	F	2000	92	65	27	ES26	D	1994	129	101	29
ES24	M	2000	95	85	10	ES26	F	1994	112	92	20
ES25	D	1992	114	106	8	ES26	M	1994	122	104	18
ES25	F	1992	101	62	39	ES26	D	1995	121	96	25
ES25	M	1992	104	89	15	ES26	F	1995	110	88	22
ES25	D	1993	119	77	41	ES26	M	1995	112	103	9
ES25	F	1993	99	73	26	ES26	D	1996	121	109	12
ES25	M	1993	110	83	27	ES26	F	1996	108	72	36
ES25	D	1994	118	95	23	ES26	M	1996	116	100	16
ES25	F	1994	101	80	21	ES26	D	1997	124	112	12
ES25	M	1994	110	94	16	ES26	F	1997	110	85	25
ES25	D	1995	109	93	16	ES26	M	1997	117	114	2
ES25	F	1995	98	76	22	ES26	D	1998	130	85	45
ES25	M	1995	100	92	9	ES26	F	1998	112	81	31
ES25	D	1996	109	98	11	ES26	M	1998	120	86	34
ES25	F	1996	97	63	34	ES26	D	1999	125	91	34
ES25	M	1996	104	85	19	ES26	F	1999	111	60	51
ES25	D	1997	112	105	7	ES26	M	1999	119	83	36
ES25	F	1997	99	76	23	ES26	D	2000	122	97	25
ES25	M	1997	105	104	1	ES26	F	2000	111	68	43
ES25	D	1998	119	80	39	ES26	M	2000	115	95	20
ES25	F	1998	101	73	28	ES27	D	1992	135	112	23
ES25	M	1998	108	78	30	ES27	F	1992	120	76	44
ES25	D	1999	113	79	34	ES27	M	1992	123	100	23
ES25	F	1999	101	59	42	ES27	D	1993	140	83	57
ES25	M	1999	106	75	32	ES27	F	1993	118	83	36
ES25	D	2000	111	83	27	ES27	M	1993	130	89	41
ES25	F	2000	101	64	37	ES27	D	1994	138	105	33
ES25	M	2000	104	86	19	ES27	F	1994	120	96	24
ES26	D	1992	125	108	18	ES27	M	1994	131	109	22
ES26	F	1992	111	71	40	ES27	D	1995	130	101	29
ES26	M	1992	114	95	19	ES27	F	1995	118	94	25
ES26	D	1993	131	79	51	ES27	M	1995	120	109	12
ES26	F	1993	109	78	32	ES27	D	1996	130	114	16

			POTENTIELS (T/ha)						POTENTIELS (T/ha)		
Grille		Années	IRRIGUE	PLUVIAL	Δ	Grille		Années	IRRIGUE	PLUVIAL	Δ
ES27	F	1996	116	77	39	ES28	D	1999	143	83	59
ES27	M	1996	124	106	18	ES28	F	1999	128	63	65
ES27	D	1997	133	117	17	ES28	M	1999	136	84	52
ES27	F	1997	118	91	27	ES28	D	2000	140	85	55
ES27	M	1997	126	121	5	ES28	F	2000	128	74	55
ES27	D	1998	139	88	52	ES28	M	2000	132	93	40
ES27	F	1998	120	85	35	ES30	D	1992	87	86	1
ES27	M	1998	129	89	40	ES30	F	1992	78	55	23
ES27	D	1999	134	95	40	ES30	M	1992	79	76	3
ES27	F	1999	119	64	55	ES30	D	1993	92	71	21
ES27	M	1999	128	87	41	ES30	F	1993	77	67	10
ES27	D	2000	132	101	30	ES30	M	1993	85	76	9
ES27	F	2000	120	72	48	ES30	D	1994	90	83	8
ES27	M	2000	124	100	24	ES30	F	1994	77	69	8
ES28	D	1992	143	100	43	ES30	M	1994	85	81	4
ES28	F	1992	128	70	58	ES30	D	1995	83	79	4
ES28	M	1992	131	87	44	ES30	F	1995	75	64	11
ES28	D	1993	148	81	67	ES30	M	1995	76	76	0
ES28	F	1993	126	88	38	ES30	D	1996	84	82	2
ES28	M	1993	139	93	46	ES30	F	1996	74	56	18
ES28	D	1994	147	99	48	ES30	M	1996	79	74	5
ES28	F	1994	129	90	39	ES30	D	1997	85	84	1
ES28	M	1994	139	103	36	ES30	F	1997	76	62	14
ES28	D	1995	138	81	57	ES30	M	1997	81	81	0
ES28	F	1995	127	78	49	ES30	D	1998	92	71	21
ES28	M	1995	129	89	39	ES30	F	1998	78	70	7
ES28	D	1996	139	101	38	ES30	M	1998	84	74	9
ES28	F	1996	124	64	61	ES30	D	1999	86	73	14
ES28	M	1996	133	94	39	ES30	F	1999	77	58	20
ES28	D	1997	141	121	21	ES30	M	1999	82	69	13
ES28	F	1997	126	95	32	ES30	D	2000	84	78	7
ES28	M	1997	134	128	6	ES30	F	2000	78	61	17
ES28	D	1998	148	92	55	ES30	M	2000	80	77	2
ES28	F	1998	129	70	59	ES31	D	1992	106	102	3
ES28	M	1998	137	86	51	ES31	F	1992	93	65	28

			POTENTIELS (T/ha)						POTENTIELS (T/ha)		
Grille		Années	IRRIGUE	PLUVIAL	Δ	Grille		Années	IRRIGUE	PLUVIAL	Δ
ES27	F	1996	116	77	39	ES28	D	1999	143	83	59
ES27	M	1996	124	106	18	ES28	F	1999	128	63	65
ES27	D	1997	133	117	17	ES28	M	1999	136	84	52
ES27	F	1997	118	91	27	ES28	D	2000	140	85	55
ES27	M	1997	126	121	5	ES28	F	2000	128	74	55
ES27	D	1998	139	88	52	ES28	M	2000	132	93	40
ES27	F	1998	120	85	35	ES30	D	1992	87	86	1
ES27	M	1998	129	89	40	ES30	F	1992	78	55	23
ES27	D	1999	134	95	40	ES30	M	1992	79	76	3
ES27	F	1999	119	64	55	ES30	D	1993	92	71	21
ES27	M	1999	128	87	41	ES30	F	1993	77	67	10
ES27	D	2000	132	101	30	ES30	M	1993	85	76	9
ES27	F	2000	120	72	48	ES30	D	1994	90	83	8
ES27	M	2000	124	100	24	ES30	F	1994	77	69	8
ES28	D	1992	143	100	43	ES30	M	1994	85	81	4
ES28	F	1992	128	70	58	ES30	D	1995	83	79	4
ES28	M	1992	131	87	44	ES30	F	1995	75	64	11
ES28	D	1993	148	81	67	ES30	M	1995	76	76	0
ES28	F	1993	126	88	38	ES30	D	1996	84	82	2
ES28	M	1993	139	93	46	ES30	F	1996	74	56	18
ES28	D	1994	147	99	48	ES30	M	1996	79	74	5
ES28	F	1994	129	90	39	ES30	D	1997	85	84	1
ES28	M	1994	139	103	36	ES30	F	1997	76	62	14
ES28	D	1995	138	81	57	ES30	M	1997	81	81	0
ES28	F	1995	127	78	49	ES30	D	1998	92	71	21
ES28	M	1995	129	89	39	ES30	F	1998	78	70	7
ES28	D	1996	139	101	38	ES30	M	1998	84	74	9
ES28	F	1996	124	64	61	ES30	D	1999	86	73	14
ES28	M	1996	133	94	39	ES30	F	1999	77	58	20
ES28	D	1997	141	121	21	ES30	M	1999	82	69	13
ES28	F	1997	126	95	32	ES30	D	2000	84	78	7
ES28	M	1997	134	128	6	ES30	F	2000	78	61	17
ES28	D	1998	148	92	55	ES30	M	2000	80	77	2
ES28	F	1998	129	70	59	ES31	D	1992	106	102	3
ES28	M	1998	137	86	51	ES31	F	1992	93	65	28

			POTENTIELS (T/ha)						POTENTIELS (T/ha)		
Grille		Années	IRRIGUE	PLUVIAL	Δ	Grille		Années	IRRIGUE	PLUVIAL	Δ
ES31	M	1992	96	90	6	ES32	F	1995	102	85	17
ES31	D	1993	110	80	30	ES32	M	1995	103	99	4
ES31	F	1993	92	78	14	ES32	D	1996	112	104	8
ES31	M	1993	103	87	16	ES32	F	1996	99	73	26
ES31	D	1994	109	96	13	ES32	M	1996	106	96	10
ES31	F	1994	94	82	12	ES32	D	1997	115	109	6
ES31	M	1994	102	95	8	ES32	F	1997	101	79	22
ES31	D	1995	101	91	10	ES32	M	1997	108	108	0
ES31	F	1995	91	77	14	ES32	D	1998	121	87	34
ES31	M	1995	93	91	2	ES32	F	1998	104	87	17
ES31	D	1996	101	97	5	ES32	M	1998	111	89	22
ES31	F	1996	90	68	22	ES32	D	1999	116	89	27
ES31	M	1996	96	88	8	ES32	F	1999	103	69	34
ES31	D	1997	104	100	3	ES32	M	1999	110	85	24
ES31	F	1997	91	72	19	ES32	D	2000	114	93	21
ES31	M	1997	97	97	0	ES32	F	2000	103	74	29
ES31	D	1998	110	82	28	ES32	M	2000	107	97	10
ES31	F	1998	93	81	12	ES33	D	1992	126	98	29
ES31	M	1998	101	84	16	ES33	F	1992	112	67	45
ES31	D	1999	105	84	21	ES33	M	1992	115	87	28
ES31	F	1999	93	65	27	ES33	D	1993	132	69	62
ES31	M	1999	99	80	19	ES33	F	1993	110	70	40
ES31	D	2000	103	88	14	ES33	M	1993	122	75	48
ES31	F	2000	93	71	23	ES33	D	1994	130	87	43
ES31	M	2000	96	91	6	ES33	F	1994	113	82	31
ES32	D	1992	117	112	4	ES33	M	1994	123	93	30
ES32	F	1992	103	70	33	ES33	D	1995	122	84	37
ES32	M	1992	106	97	9	ES33	F	1995	111	79	32
ES32	D	1993	121	83	39	ES33	M	1995	113	91	21
ES32	F	1993	101	82	20	ES33	D	1996	122	98	24
ES32	M	1993	113	92	21	ES33	F	1996	109	68	41
ES32	D	1994	120	100	20	ES33	M	1996	117	92	24
ES32	F	1994	103	88	15	ES33	D	1997	125	98	27
ES32	M	1994	113	101	11	ES33	F	1997	111	76	34
ES32	D	1995	112	96	15	ES33	M	1997	118	103	15

Grille		Années	POTENTIELS (T/ha)			Grille		Années	POTENTIELS (T/ha)		
			IRRIGUE	PLUVIAL	Δ				IRRIGUE	PLUVIAL	Δ
ES33	D	1998	131	76	55	ES34	M	2000	126	101	25
ES33	F	1998	113	73	40	ES37	D	1992	88	87	1
ES33	M	1998	121	76	44	ES37	F	1992	79	60	18
ES33	D	1999	126	78	48	ES37	M	1992	81	80	1
ES33	F	1999	112	56	56	ES37	D	1993	93	75	18
ES33	M	1999	119	74	46	ES37	F	1993	78	70	8
ES33	D	2000	123	83	40	ES37	M	1993	87	78	8
ES33	F	2000	112	61	51	ES37	D	1994	92	85	6
ES33	M	2000	116	85	31	ES37	F	1994	78	70	8
ES34	D	1992	137	113	24	ES37	M	1994	86	82	4
ES34	F	1992	122	77	45	ES37	D	1995	84	80	4
ES34	M	1992	125	101	25	ES37	F	1995	76	67	9
ES34	D	1993	142	84	58	ES37	M	1995	77	76	1
ES34	F	1993	120	84	37	ES37	D	1996	85	83	1
ES34	M	1993	133	90	43	ES37	F	1996	75	60	15
ES34	D	1994	140	106	34	ES37	M	1996	81	77	4
ES34	F	1994	122	97	25	ES37	D	1997	86	85	1
ES34	M	1994	133	110	23	ES37	F	1997	76	69	7
ES34	D	1995	132	102	30	ES37	M	1997	81	81	0
ES34	F	1995	120	95	26	ES37	D	1998	93	75	18
ES34	M	1995	123	110	13	ES37	F	1998	78	73	6
ES34	D	1996	132	116	17	ES37	M	1998	84	78	7
ES34	F	1996	118	78	40	ES37	D	1999	87	78	9
ES34	M	1996	126	107	19	ES37	F	1999	78	64	14
ES34	D	1997	135	118	18	ES37	M	1999	83	74	8
ES34	F	1997	120	92	28	ES37	D	2000	86	81	4
ES34	M	1997	128	123	5	ES37	F	2000	79	68	11
ES34	D	1998	141	88	53	ES37	M	2000	81	80	1
ES34	F	1998	123	86	37	ES38	D	1992	106	103	2
ES34	M	1998	131	90	41	ES38	F	1992	93	71	22
ES34	D	1999	136	96	41	ES38	M	1992	96	94	2
ES34	F	1999	121	65	57	ES38	D	1993	110	84	26
ES34	M	1999	130	88	42	ES38	F	1993	92	81	11
ES34	D	2000	134	102	32	ES38	M	1993	103	89	13
ES34	F	2000	122	73	49	ES38	D	1994	109	98	11

			POTENTIELS (T/ha)						POTENTIELS (T/ha)		
Grille		Années	IRRIGUE	PLUVIAL	Δ	Grille		Années	IRRIGUE	PLUVIAL	Δ
ES38	F	1994	94	83	11	ES39	D	1997	116	107	9
ES38	M	1994	102	96	6	ES39	F	1997	102	84	18
ES38	D	1995	101	92	9	ES39	M	1997	109	107	2
ES38	F	1995	91	80	11	ES39	D	1998	122	86	36
ES38	M	1995	93	90	2	ES39	F	1998	104	88	16
ES38	D	1996	101	98	3	ES39	M	1998	112	91	22
ES38	F	1996	90	72	18	ES39	D	1999	117	88	29
ES38	M	1996	96	91	5	ES39	F	1999	104	69	35
ES38	D	1997	103	100	3	ES39	M	1999	111	86	25
ES38	F	1997	91	80	11	ES39	D	2000	115	93	22
ES38	M	1997	97	97	0	ES39	F	2000	104	76	27
ES38	D	1998	110	85	25	ES39	M	2000	108	97	11
ES38	F	1998	93	84	9	ES40	D	1992	129	115	14
ES38	M	1998	101	88	13	ES40	F	1992	115	77	38
ES38	D	1999	105	91	13	ES40	M	1992	118	103	15
ES38	F	1999	93	73	19	ES40	D	1993	134	85	50
ES38	M	1999	99	86	13	ES40	F	1993	112	83	30
ES38	D	2000	103	93	9	ES40	M	1993	125	92	33
ES38	F	2000	93	78	16	ES40	D	1994	133	105	27
ES38	M	2000	96	94	2	ES40	F	1994	115	97	18
ES39	D	1992	118	111	7	ES40	M	1994	125	110	15
ES39	F	1992	104	74	30	ES40	D	1995	124	98	26
ES39	M	1992	107	99	8	ES40	F	1995	113	91	22
ES39	D	1993	123	83	40	ES40	M	1995	115	106	9
ES39	F	1993	102	82	20	ES40	D	1996	125	111	13
ES39	M	1993	114	91	23	ES40	F	1996	111	76	35
ES39	D	1994	121	96	25	ES40	M	1996	119	104	15
ES39	F	1994	104	84	21	ES40	D	1997	127	115	12
ES39	M	1994	114	99	15	ES40	F	1997	113	89	24
ES39	D	1995	113	92	21	ES40	M	1997	120	119	1
ES39	F	1995	103	84	18	ES40	D	1998	134	88	45
ES39	M	1995	104	96	8	ES40	F	1998	115	87	28
ES39	D	1996	113	103	10	ES40	M	1998	123	91	32
ES39	F	1996	100	76	24	ES40	D	1999	128	97	31
ES39	M	1996	107	96	11	ES40	F	1999	114	69	46

			POTENTIELS (T/ha)						POTENTIELS (T/ha)		
Grille		Années	IRRIGUE	PLUVIAL	Δ	Grille		Années	IRRIGUE	PLUVIAL	Δ
ES40	M	1999	122	91	31	ES44	F	1993	80	72	8
ES40	D	2000	126	101	25	ES44	M	1993	89	80	9
ES40	F	2000	115	79	36	ES44	D	1994	95	87	7
ES40	M	2000	119	105	14	ES44	F	1994	81	73	8
ES41	D	1992	136	117	19	ES44	M	1994	88	84	4
ES41	F	1992	121	79	41	ES44	D	1995	87	82	5
ES41	M	1992	124	105	19	ES44	F	1995	78	69	9
ES41	D	1993	141	86	55	ES44	M	1995	79	79	1
ES41	F	1993	119	85	34	ES44	D	1996	87	86	1
ES41	M	1993	131	93	38	ES44	F	1996	78	63	15
ES41	D	1994	139	108	31	ES44	M	1996	83	79	4
ES41	F	1994	121	100	22	ES44	D	1997	89	88	2
ES41	M	1994	132	113	19	ES44	F	1997	79	71	8
ES41	D	1995	131	102	29	ES44	M	1997	84	84	0
ES41	F	1995	119	95	24	ES44	D	1998	95	76	19
ES41	M	1995	121	110	11	ES44	F	1998	81	75	6
ES41	D	1996	131	115	16	ES44	M	1998	87	79	7
ES41	F	1996	117	79	38	ES44	D	1999	90	81	10
ES41	M	1996	125	108	17	ES44	F	1999	80	66	15
ES41	D	1997	134	119	15	ES44	M	1999	85	76	9
ES41	F	1997	119	94	26	ES44	D	2000	88	83	5
ES41	M	1997	127	124	3	ES44	F	2000	81	70	11
ES41	D	1998	140	90	51	ES44	M	2000	83	82	1
ES41	F	1998	121	88	33	ES45	D	1992	106	103	3
ES41	M	1998	130	93	37	ES45	F	1992	94	71	22
ES41	D	1999	135	99	37	ES45	M	1992	96	94	2
ES41	F	1999	120	69	52	ES45	D	1993	110	84	26
ES41	M	1999	129	92	37	ES45	F	1993	92	82	11
ES41	D	2000	133	103	29	ES45	M	1993	103	89	13
ES41	F	2000	121	79	42	ES45	D	1994	109	99	11
ES41	M	2000	125	107	19	ES45	F	1994	94	83	11
ES44	D	1992	91	90	1	ES45	M	1994	103	96	6
ES44	F	1992	81	62	19	ES45	D	1995	101	92	9
ES44	M	1992	83	82	1	ES45	F	1995	91	80	11
ES44	D	1993	96	77	19	ES45	M	1995	93	91	2

			POTENTIELS (T/ha)						POTENTIELS (T/ha)		
Grille		Années	IRRIGUE	PLUVIAL	Δ	Grille		Années	IRRIGUE	PLUVIAL	Δ
ES45	D	1996	101	98	3	ES46	M	1998	113	96	17
ES45	F	1996	90	73	18	ES46	D	1999	118	101	17
ES45	M	1996	96	91	5	ES46	F	1999	105	81	24
ES45	D	1997	104	100	3	ES46	M	1999	112	96	16
ES45	F	1997	91	80	11	ES46	D	2000	116	101	15
ES45	M	1997	97	97	0	ES46	F	2000	105	85	20
ES45	D	1998	110	85	25	ES46	M	2000	109	104	5
ES45	F	1998	93	84	9	ES47	D	1992	126	109	17
ES45	M	1998	101	88	13	ES47	F	1992	111	73	38
ES45	D	1999	105	91	13	ES47	M	1992	114	98	16
ES45	F	1999	93	73	20	ES47	D	1993	131	76	55
ES45	M	1999	99	86	13	ES47	F	1993	110	76	33
ES45	D	2000	103	93	9	ES47	M	1993	122	83	39
ES45	F	2000	94	78	16	ES47	D	1994	129	91	38
ES45	M	2000	96	94	3	ES47	F	1994	112	86	26
ES46	D	1992	119	115	4	ES47	M	1994	122	98	24
ES46	F	1992	105	79	25	ES47	D	1995	121	85	36
ES46	M	1992	108	104	4	ES47	F	1995	110	80	30
ES46	D	1993	124	91	33	ES47	M	1995	112	93	19
ES46	F	1993	103	90	13	ES47	D	1996	121	99	22
ES46	M	1993	115	99	16	ES47	F	1996	108	72	37
ES46	D	1994	122	108	15	ES47	M	1996	116	95	21
ES46	F	1994	106	91	14	ES47	D	1997	124	105	19
ES46	M	1994	115	107	8	ES47	F	1997	110	85	25
ES46	D	1995	114	99	15	ES47	M	1997	117	112	5
ES46	F	1995	104	90	13	ES47	D	1998	130	83	48
ES46	M	1995	105	101	4	ES47	F	1998	112	81	31
ES46	D	1996	114	108	6	ES47	M	1998	120	85	35
ES46	F	1996	101	81	20	ES47	D	1999	125	86	39
ES46	M	1996	108	102	7	ES47	F	1999	111	67	44
ES46	D	1997	117	111	6	ES47	M	1999	119	85	34
ES46	F	1997	103	90	13	ES47	D	2000	122	87	35
ES46	M	1997	110	110	1	ES47	F	2000	111	73	38
ES46	D	1998	123	93	30	ES47	M	2000	115	95	20
ES46	F	1998	106	94	12	ES48	D	1992	135	122	13

			POTENTIELS (T/ha)						POTENTIELS (T/ha)		
Grille		Années	IRRIGUE	PLUVIAL	Δ	Grille		Années	IRRIGUE	PLUVIAL	Δ
ES48	F	1992	120	82	38	ES49	D	1995	135	104	31
ES48	M	1992	124	110	13	ES49	F	1995	123	98	25
ES48	D	1993	140	90	51	ES49	M	1995	126	114	12
ES48	F	1993	118	88	30	ES49	D	1996	136	118	18
ES48	M	1993	130	97	33	ES49	F	1996	122	83	38
ES48	D	1994	138	110	28	ES49	M	1996	129	112	17
ES48	F	1994	121	102	19	ES49	D	1997	138	122	16
ES48	M	1994	131	116	15	ES49	F	1997	123	98	25
ES48	D	1995	130	102	28	ES49	M	1997	131	129	3
ES48	F	1995	119	95	23	ES49	D	1998	144	93	51
ES48	M	1995	120	111	10	ES49	F	1998	126	95	31
ES48	D	1996	130	115	15	ES49	M	1998	134	99	35
ES48	F	1996	117	81	36	ES49	D	1999	140	106	34
ES48	M	1996	124	109	16	ES49	F	1999	125	79	47
ES48	D	1997	133	119	14	ES49	M	1999	133	101	32
ES48	F	1997	118	94	24	ES49	D	2000	137	107	30
ES48	M	1997	126	124	2	ES49	F	2000	125	88	38
ES48	D	1998	139	92	48	ES49	M	2000	129	114	15
ES48	F	1998	120	92	28	ES51	D	1992	95	94	1
ES48	M	1998	129	97	32	ES51	F	1992	84	65	19
ES48	D	1999	135	105	29	ES51	M	1992	86	85	1
ES48	F	1999	120	77	42	ES51	D	1993	99	79	20
ES48	M	1999	128	100	28	ES51	F	1993	83	75	8
ES48	D	2000	132	105	27	ES51	M	1993	92	82	10
ES48	F	2000	121	86	35	ES51	D	1994	98	91	7
ES48	M	2000	125	111	13	ES51	F	1994	84	76	8
ES49	D	1992	140	124	16	ES51	M	1994	92	88	4
ES49	F	1992	125	85	40	ES51	D	1995	90	85	5
ES49	M	1992	128	113	16	ES51	F	1995	81	72	10
ES49	D	1993	145	91	54	ES51	M	1995	83	82	1
ES49	F	1993	123	91	32	ES51	D	1996	91	89	2
ES49	M	1993	136	99	37	ES51	F	1996	81	64	16
ES49	D	1994	144	112	31	ES51	M	1996	86	81	5
ES49	F	1994	125	105	21	ES51	D	1997	92	91	2
ES49	M	1994	136	119	17	ES51	F	1997	81	72	9

Grille		Années	POTENTIELS (T/ha)			Grille		Années	POTENTIELS (T/ha)		
			IRRIGUE	PLUVIAL	Δ				IRRIGUE	PLUVIAL	Δ
ES48	F	1992	120	82	38	ES49	D	1995	135	104	31
ES48	M	1992	124	110	13	ES49	F	1995	123	98	25
ES48	D	1993	140	90	51	ES49	M	1995	126	114	12
ES48	F	1993	118	88	30	ES49	D	1996	136	118	18
ES48	M	1993	130	97	33	ES49	F	1996	122	83	38
ES48	D	1994	138	110	28	ES49	M	1996	129	112	17
ES48	F	1994	121	102	19	ES49	D	1997	138	122	16
ES48	M	1994	131	116	15	ES49	F	1997	123	98	25
ES48	D	1995	130	102	28	ES49	M	1997	131	129	3
ES48	F	1995	119	95	23	ES49	D	1998	144	93	51
ES48	M	1995	120	111	10	ES49	F	1998	126	95	31
ES48	D	1996	130	115	15	ES49	M	1998	134	99	35
ES48	F	1996	117	81	36	ES49	D	1999	140	106	34
ES48	M	1996	124	109	16	ES49	F	1999	125	79	47
ES48	D	1997	133	119	14	ES49	M	1999	133	101	32
ES48	F	1997	118	94	24	ES49	D	2000	137	107	30
ES48	M	1997	126	124	2	ES49	F	2000	125	88	38
ES48	D	1998	139	92	48	ES49	M	2000	129	114	15
ES48	F	1998	120	92	28	ES51	D	1992	95	94	1
ES48	M	1998	129	97	32	ES51	F	1992	84	65	19
ES48	D	1999	135	105	29	ES51	M	1992	86	85	1
ES48	F	1999	120	77	42	ES51	D	1993	99	79	20
ES48	M	1999	128	100	28	ES51	F	1993	83	75	8
ES48	D	2000	132	105	27	ES51	M	1993	92	82	10
ES48	F	2000	121	86	35	ES51	D	1994	98	91	7
ES48	M	2000	125	111	13	ES51	F	1994	84	76	8
ES49	D	1992	140	124	16	ES51	M	1994	92	88	4
ES49	F	1992	125	85	40	ES51	D	1995	90	85	5
ES49	M	1992	128	113	16	ES51	F	1995	81	72	10
ES49	D	1993	145	91	54	ES51	M	1995	83	82	1
ES49	F	1993	123	91	32	ES51	D	1996	91	89	2
ES49	M	1993	136	99	37	ES51	F	1996	81	64	16
ES49	D	1994	144	112	31	ES51	M	1996	86	81	5
ES49	F	1994	125	105	21	ES51	D	1997	92	91	2
ES49	M	1994	136	119	17	ES51	F	1997	81	72	9

			POTENTIELS (T/ha)						POTENTIELS (T/ha)		
Grille		Années	IRRIGUE	PLUVIAL	Δ	Grille		Années	IRRIGUE	PLUVIAL	Δ
ES51	M	1997	87	87	0	ES52	F	2000	95	82	13
ES51	D	1998	99	77	22	ES52	M	2000	98	96	2
ES51	F	1998	84	77	7	ES53	D	1992	117	114	4
ES51	M	1998	91	81	10	ES53	F	1992	104	79	25
ES51	D	1999	94	87	7	ES53	M	1992	107	103	3
ES51	F	1999	84	71	12	ES53	D	1993	123	91	32
ES51	M	1999	89	82	7	ES53	F	1993	102	89	13
ES51	D	2000	92	88	4	ES53	M	1993	114	98	16
ES51	F	2000	84	74	9	ES53	D	1994	121	107	14
ES51	M	2000	87	86	1	ES53	F	1994	104	91	14
ES52	D	1992	108	106	2	ES53	M	1994	114	106	8
ES52	F	1992	95	73	22	ES53	D	1995	113	98	14
ES52	M	1992	98	96	1	ES53	F	1995	103	89	13
ES52	D	1993	113	86	26	ES53	M	1995	104	99	4
ES52	F	1993	94	84	10	ES53	D	1996	113	107	6
ES52	M	1993	105	91	14	ES53	F	1996	100	80	20
ES52	D	1994	112	101	10	ES53	M	1996	107	101	7
ES52	F	1994	96	85	11	ES53	D	1997	115	110	6
ES52	M	1994	104	99	6	ES53	F	1997	102	89	13
ES52	D	1995	103	93	10	ES53	M	1997	108	108	1
ES52	F	1995	93	81	11	ES53	D	1998	122	92	30
ES52	M	1995	95	92	2	ES53	F	1998	104	93	11
ES52	D	1996	104	100	4	ES53	M	1998	112	95	17
ES52	F	1996	92	73	18	ES53	D	1999	117	100	17
ES52	M	1996	98	92	6	ES53	F	1999	104	80	24
ES52	D	1997	106	102	3	ES53	M	1999	111	95	15
ES52	F	1997	93	81	12	ES53	D	2000	114	100	14
ES52	M	1997	99	99	0	ES53	F	2000	104	84	20
ES52	D	1998	112	85	27	ES53	M	2000	108	103	4
ES52	F	1998	95	86	9	ES54	D	1992	125	116	9
ES52	M	1998	103	88	14	ES54	F	1992	110	77	33
ES52	D	1999	107	97	10	ES54	M	1992	114	104	10
ES52	F	1999	95	78	17	ES54	D	1993	130	85	45
ES52	M	1999	101	91	10	ES54	F	1993	109	83	26
ES52	D	2000	105	97	7	ES54	M	1993	121	93	28

			POTENTIELS (T/ha)						POTENTIELS (T/ha)		
Grille		Années	IRRIGUE	PLUVIAL	Δ	Grille		Années	IRRIGUE	PLUVIAL	Δ
ES54	D	1994	129	101	27	ES55	M	1996	122	108	14
ES54	F	1994	112	93	19	ES55	D	1997	131	117	14
ES54	M	1994	121	107	14	ES55	F	1997	116	93	23
ES54	D	1995	120	91	29	ES55	M	1997	124	122	2
ES54	F	1995	110	86	24	ES55	D	1998	137	94	43
ES54	M	1995	111	100	12	ES55	F	1998	118	96	22
ES54	D	1996	121	104	16	ES55	M	1998	126	100	26
ES54	F	1996	108	75	32	ES55	D	1999	131	111	20
ES54	M	1996	115	99	16	ES55	F	1999	117	88	29
ES54	D	1997	123	109	14	ES55	M	1999	125	108	16
ES54	F	1997	109	86	23	ES55	D	2000	129	104	25
ES54	M	1997	116	114	2	ES55	F	2000	118	88	30
ES54	D	1998	129	88	41	ES55	M	2000	122	112	10
ES54	F	1998	111	88	23	ES58	D	1992	97	97	1
ES54	M	1998	119	93	26	ES58	F	1992	86	67	19
ES54	D	1999	124	100	24	ES58	M	1992	88	88	1
ES54	F	1999	111	79	32	ES58	D	1993	102	82	20
ES54	M	1999	118	98	20	ES58	F	1993	85	77	8
ES54	D	2000	122	94	28	ES58	M	1993	95	84	11
ES54	F	2000	111	79	32	ES58	D	1994	101	94	8
ES54	M	2000	115	102	13	ES58	F	1994	86	78	8
ES55	D	1992	132	124	8	ES58	M	1994	95	90	4
ES55	F	1992	118	84	34	ES58	D	1995	93	85	7
ES55	M	1992	121	112	9	ES58	F	1995	83	73	10
ES55	D	1993	138	93	44	ES58	M	1995	85	84	2
ES55	F	1993	116	91	25	ES58	D	1996	94	91	2
ES55	M	1993	128	102	26	ES58	F	1996	83	65	17
ES55	D	1994	136	112	24	ES58	M	1996	89	83	5
ES55	F	1994	118	102	16	ES58	D	1997	95	92	4
ES55	M	1994	129	118	11	ES58	F	1997	84	74	10
ES55	D	1995	127	100	27	ES58	M	1997	89	89	0
ES55	F	1995	116	94	22	ES58	D	1998	102	77	25
ES55	M	1995	118	109	9	ES58	F	1998	86	79	7
ES55	D	1996	128	113	14	ES58	M	1998	93	81	12
ES55	F	1996	114	82	32	ES58	D	1999	97	92	5

			POTENTIELS (T/ha)						POTENTIELS (T/ha)		
Grille		Années	IRRIGUE	PLUVIAL	Δ	Grille		Années	IRRIGUE	PLUVIAL	Δ
ES58	F	1999	86	76	10	ES60	D	1993	120	91	29
ES58	M	1999	91	87	4	ES60	F	1993	100	89	11
ES58	D	2000	95	90	5	ES60	M	1993	112	96	15
ES58	F	2000	86	78	8	ES60	D	1994	119	107	12
ES58	M	2000	89	88	1	ES60	F	1994	102	91	11
ES59	D	1992	106	105	1	ES60	M	1994	111	105	6
ES59	F	1992	93	73	21	ES60	D	1995	110	96	14
ES59	M	1992	96	95	1	ES60	F	1995	100	87	12
ES59	D	1993	110	86	24	ES60	M	1995	101	98	4
ES59	F	1993	92	83	10	ES60	D	1996	111	106	5
ES59	M	1993	103	89	13	ES60	F	1996	98	77	21
ES59	D	1994	109	100	9	ES60	M	1996	105	98	7
ES59	F	1994	94	84	9	ES60	D	1997	113	106	7
ES59	M	1994	102	97	5	ES60	F	1997	100	87	12
ES59	D	1995	101	90	10	ES60	M	1997	106	106	1
ES59	F	1995	91	80	11	ES60	D	1998	120	87	32
ES59	M	1995	93	90	3	ES60	F	1998	102	92	11
ES59	D	1996	101	98	3	ES60	M	1998	109	91	18
ES59	F	1996	90	71	19	ES60	D	1999	114	106	8
ES59	M	1996	96	90	6	ES60	F	1999	102	87	15
ES59	D	1997	104	98	5	ES60	M	1999	108	101	7
ES59	F	1997	91	80	11	ES60	D	2000	112	104	9
ES59	M	1997	97	97	0	ES60	F	2000	102	90	12
ES59	D	1998	110	81	29	ES60	M	2000	106	102	3
ES59	F	1998	93	84	9	ES61	D	1992	126	118	8
ES59	M	1998	101	86	15	ES61	F	1992	112	82	30
ES59	D	1999	105	99	6	ES61	M	1992	115	107	8
ES59	F	1999	93	80	12	ES61	D	1993	132	91	40
ES59	M	1999	99	93	6	ES61	F	1993	110	88	22
ES59	D	2000	103	97	6	ES61	M	1993	122	100	22
ES59	F	2000	93	84	10	ES61	D	1994	130	104	26
ES59	M	2000	96	94	2	ES61	F	1994	113	94	19
ES60	D	1992	115	114	1	ES61	M	1994	123	110	13
ES60	F	1992	102	79	23	ES61	D	1995	122	89	33
ES60	M	1992	105	103	2	ES61	F	1995	111	84	27

			POTENTIELS (T/ha)						POTENTIELS (T/ha)		
Grille		Années	IRRIGUE	PLUVIAL	Δ	Grille		Années	IRRIGUE	PLUVIAL	Δ
ES61	M	1995	113	97	15	ES62	F	1998	122	101	21
ES61	D	1996	122	104	18	ES62	M	1998	131	107	24
ES61	F	1996	109	78	31	ES62	D	1999	136	118	18
ES61	M	1996	117	101	16	ES62	F	1999	121	95	26
ES61	D	1997	125	110	15	ES62	M	1999	130	116	14
ES61	F	1997	111	90	21	ES62	D	2000	133	105	28
ES61	M	1997	118	115	2	ES62	F	2000	122	93	29
ES61	D	1998	131	92	39	ES62	M	2000	126	115	11
ES61	F	1998	113	91	21	ES65	D	1992	100	99	1
ES61	M	1998	121	99	22	ES65	F	1992	88	69	19
ES61	D	1999	126	106	20	ES65	M	1992	91	90	1
ES61	F	1999	112	85	27	ES65	D	1993	105	83	21
ES61	M	1999	119	104	16	ES65	F	1993	87	78	9
ES61	D	2000	123	94	29	ES65	M	1993	97	85	11
ES61	F	2000	112	82	30	ES65	D	1994	103	95	8
ES61	M	2000	116	103	13	ES65	F	1994	88	80	8
ES62	D	1992	136	129	7	ES65	M	1994	97	92	5
ES62	F	1992	122	90	31	ES65	D	1995	95	87	8
ES62	M	1992	125	118	7	ES65	F	1995	86	76	10
ES62	D	1993	142	101	41	ES65	M	1995	87	85	2
ES62	F	1993	120	98	22	ES65	D	1996	96	93	3
ES62	M	1993	132	111	21	ES65	F	1996	85	67	18
ES62	D	1994	140	116	24	ES65	M	1996	91	85	6
ES62	F	1994	122	105	17	ES65	D	1997	98	94	4
ES62	M	1994	133	122	11	ES65	F	1997	86	76	10
ES62	D	1995	132	99	32	ES65	M	1997	92	92	0
ES62	F	1995	120	95	26	ES65	D	1998	104	78	26
ES62	M	1995	122	109	13	ES65	F	1998	88	81	8
ES62	D	1996	132	115	17	ES65	M	1998	95	82	13
ES62	F	1996	118	86	32	ES65	D	1999	99	94	5
ES62	M	1996	126	112	14	ES65	F	1999	88	77	11
ES62	D	1997	135	119	16	ES65	M	1999	93	89	5
ES62	F	1997	120	97	22	ES65	D	2000	97	92	5
ES62	M	1997	128	125	2	ES65	F	2000	88	79	9
ES62	D	1998	141	98	43	ES65	M	2000	91	90	2

			POTENTIELS (T/ha)						POTENTIELS (T/ha)		
Grille		Années	IRRIGUE	PLUVIAL	Δ	Grille		Années	IRRIGUE	PLUVIAL	Δ
ES66	D	1992	109	108	1	ES67	M	1994	116	109	7
ES66	F	1992	97	75	21	ES67	D	1995	114	98	16
ES66	M	1992	99	98	1	ES67	F	1995	104	91	13
ES66	D	1993	114	88	26	ES67	M	1995	106	101	5
ES66	F	1993	95	85	10	ES67	D	1996	115	109	6
ES66	M	1993	106	92	14	ES67	F	1996	102	80	22
ES66	D	1994	113	103	10	ES67	M	1996	109	101	8
ES66	F	1994	97	87	10	ES67	D	1997	117	109	8
ES66	M	1994	106	100	6	ES67	F	1997	104	91	13
ES66	D	1995	104	93	12	ES67	M	1997	111	110	1
ES66	F	1995	94	83	12	ES67	D	1998	124	90	34
ES66	M	1995	96	93	3	ES67	F	1998	106	95	11
ES66	D	1996	105	101	4	ES67	M	1998	114	94	20
ES66	F	1996	93	73	20	ES67	D	1999	119	110	9
ES66	M	1996	99	93	7	ES67	F	1999	105	89	16
ES66	D	1997	107	101	6	ES67	M	1999	113	105	8
ES66	F	1997	94	83	11	ES67	D	2000	116	106	10
ES66	M	1997	101	101	0	ES67	F	2000	105	92	14
ES66	D	1998	114	84	30	ES67	M	2000	109	105	4
ES66	F	1998	97	87	10	ES68	D	1992	129	115	14
ES66	M	1998	104	88	16	ES68	F	1992	115	82	33
ES66	D	1999	109	102	7	ES68	M	1992	118	105	14
ES66	F	1999	96	83	13	ES68	D	1993	135	87	48
ES66	M	1999	102	96	6	ES68	F	1993	113	84	28
ES66	D	2000	106	99	7	ES68	M	1993	125	95	30
ES66	F	2000	97	86	11	ES68	D	1994	133	96	37
ES66	M	2000	100	97	3	ES68	F	1994	116	89	27
ES67	D	1992	119	117	2	ES68	M	1994	125	103	22
ES67	F	1992	105	81	24	ES68	D	1995	124	82	42
ES67	M	1992	108	106	2	ES68	F	1995	113	79	34
ES67	D	1993	124	94	31	ES68	M	1995	115	90	25
ES67	F	1993	104	92	12	ES68	D	1996	125	99	26
ES67	M	1993	115	99	16	ES68	F	1996	112	77	34
ES67	D	1994	123	110	13	ES68	M	1996	119	98	21
ES67	F	1994	106	94	12	ES68	D	1997	127	107	21

			POTENTIELS (T/ha)						POTENTIELS (T/ha)		
Grille		Années	IRRIGUE	PLUVIAL	Δ	Grille		Années	IRRIGUE	PLUVIAL	Δ
ES68	F	1997	113	91	22	ES69	D	2000	132	104	28
ES68	M	1997	120	115	5	ES69	F	2000	121	92	29
ES68	D	1998	134	90	44	ES69	M	2000	125	114	11
ES68	F	1998	115	86	29	ES72	D	1992	105	104	1
ES68	M	1998	123	95	29	ES72	F	1992	93	72	20
ES68	D	1999	129	96	32	ES72	M	1992	95	94	1
ES68	F	1999	115	78	37	ES72	D	1993	109	86	24
ES68	M	1999	122	96	26	ES72	F	1993	91	82	9
ES68	D	2000	126	88	38	ES72	M	1993	102	89	13
ES68	F	2000	115	81	34	ES72	D	1994	108	99	9
ES68	M	2000	119	99	20	ES72	F	1994	93	84	9
ES69	D	1992	135	128	7	ES72	M	1994	101	96	5
ES69	F	1992	120	89	31	ES72	D	1995	100	90	10
ES69	M	1992	124	117	7	ES72	F	1995	90	79	11
ES69	D	1993	140	100	40	ES72	M	1995	91	89	2
ES69	F	1993	118	97	21	ES72	D	1996	100	97	3
ES69	M	1993	130	110	20	ES72	F	1996	88	70	19
ES69	D	1994	138	115	23	ES72	M	1996	95	89	6
ES69	F	1994	121	104	17	ES72	D	1997	102	98	5
ES69	M	1994	131	121	10	ES72	F	1997	90	79	11
ES69	D	1995	130	99	32	ES72	M	1997	96	96	0
ES69	F	1995	119	94	25	ES72	D	1998	109	81	28
ES69	M	1995	120	108	12	ES72	F	1998	92	84	9
ES69	D	1996	130	114	17	ES72	M	1998	100	85	15
ES69	F	1996	117	85	31	ES72	D	1999	104	98	6
ES69	M	1996	124	110	14	ES72	F	1999	92	80	12
ES69	D	1997	133	118	15	ES72	M	1999	98	93	5
ES69	F	1997	118	96	22	ES72	D	2000	102	96	6
ES69	M	1997	126	124	2	ES72	F	2000	93	83	10
ES69	D	1998	139	98	42	ES72	M	2000	95	93	2
ES69	F	1998	120	100	20	ES73	D	1992	116	115	1
ES69	M	1998	129	106	23	ES73	F	1992	102	80	23
ES69	D	1999	135	118	17	ES73	M	1992	106	104	2
ES69	F	1999	120	94	25	ES73	D	1993	121	92	29
ES69	M	1999	128	115	13	ES73	F	1993	101	90	11

			POTENTIELS (T/ha)						POTENTIELS (T/ha)		
Grille		Années	IRRIGUE	PLUVIAL	Δ	Grille		Années	IRRIGUE	PLUVIAL	Δ
ES73	M	1993	113	97	16	ES74	F	1996	107	83	24
ES73	D	1994	120	108	12	ES74	M	1996	114	106	8
ES73	F	1994	103	92	11	ES74	D	1997	123	114	9
ES73	M	1994	112	106	7	ES74	F	1997	109	94	15
ES73	D	1995	111	97	15	ES74	M	1997	116	115	1
ES73	F	1995	101	89	12	ES74	D	1998	129	94	35
ES73	M	1995	102	98	4	ES74	F	1998	111	98	13
ES73	D	1996	112	107	5	ES74	M	1998	119	98	21
ES73	F	1996	99	78	21	ES74	D	1999	124	115	10
ES73	M	1996	106	99	7	ES74	F	1999	110	91	19
ES73	D	1997	114	106	8	ES74	M	1999	118	110	8
ES73	F	1997	101	88	12	ES74	D	2000	121	108	14
ES73	M	1997	107	106	1	ES74	F	2000	110	92	19
ES73	D	1998	121	88	33	ES74	M	2000	114	109	5
ES73	F	1998	103	92	11	ES75	D	1992	132	125	7
ES73	M	1998	110	92	18	ES75	F	1992	117	86	30
ES73	D	1999	115	107	8	ES75	M	1992	120	113	7
ES73	F	1999	103	87	15	ES75	D	1993	137	99	38
ES73	M	1999	109	101	7	ES75	F	1993	115	99	16
ES73	D	2000	113	104	9	ES75	M	1993	127	109	18
ES73	F	2000	103	90	12	ES75	D	1994	135	115	20
ES73	M	2000	106	103	3	ES75	F	1994	117	103	14
ES74	D	1992	125	122	3	ES75	M	1994	128	121	7
ES74	F	1992	110	84	26	ES75	D	1995	126	99	27
ES74	M	1992	113	110	3	ES75	F	1995	115	93	23
ES74	D	1993	130	96	34	ES75	M	1995	117	109	8
ES74	F	1993	109	94	14	ES75	D	1996	127	112	15
ES74	M	1993	121	104	17	ES75	F	1996	114	81	33
ES74	D	1994	128	113	15	ES75	M	1996	121	109	12
ES74	F	1994	111	97	14	ES75	D	1997	129	118	12
ES74	M	1994	121	114	7	ES75	F	1997	115	100	15
ES74	D	1995	120	100	20	ES75	M	1997	122	122	0
ES74	F	1995	109	94	15	ES75	D	1998	136	104	32
ES74	M	1995	111	105	6	ES75	F	1998	117	101	16
ES74	D	1996	120	112	8	ES75	M	1998	125	107	18

			POTENTIELS (T/ha)		
Grille		Années	IRRIGUE	PLUVIAL	Δ
ES75	D	1999	131	117	14
ES75	F	1999	116	99	17
ES75	M	1999	124	119	5
ES75	D	2000	128	112	17
ES75	F	2000	117	95	22
ES75	M	2000	121	117	4
ES76	D	1992	138	130	9
ES76	F	1992	123	91	32
ES76	M	1992	127	118	8
ES76	D	1993	144	102	42
ES76	F	1993	122	103	18
ES76	M	1993	134	113	21
ES76	D	1994	142	119	23
ES76	F	1994	124	108	16
ES76	M	1994	135	126	9
ES76	D	1995	133	103	30
ES76	F	1995	122	97	25
ES76	M	1995	124	114	10
ES76	D	1996	134	116	18
ES76	F	1996	120	85	35
ES76	M	1996	128	114	13
ES76	D	1997	137	123	14
ES76	F	1997	122	105	17
ES76	M	1997	130	129	1
ES76	D	1998	143	108	35
ES76	F	1998	124	107	17
ES76	M	1998	133	112	21
ES76	D	1999	138	121	17
ES76	F	1999	123	104	19
ES76	M	1999	131	124	7
ES76	D	2000	135	116	20
ES76	F	2000	124	100	24
ES76	M	2000	128	123	5

A.III

Principe et fonctionnement de l'outil SIMULIRRIG

Le principe de base du modèle consiste à estimer, pour chaque jour d'une série climatique, un état des réserves hydriques dans le sol d'une exploitation fictive composée d'une ou plusieurs parcelles, situées dans un endroit représentatif des données météo disponibles. Chaque parcelle de l'exploitation est subdivisée en sous-parcelles dont le nombre correspond au tour d'eau retenu.

L'état journalier des réserves est estimé grâce à un modèle simple de simulation du bilan hydrique. Un bilan de l'état des réserves effectué en fin de journée, prenant en compte tous les apports (irrigation, pluie) et les pertes (ETR, drainage), va donner l'état des réserves au début du jour suivant. Chaque parcelle de l'exploitation peut avoir des dates de plantations différentes. Sur chaque exploitation, on effectue des simulations de besoins journaliers en irrigation, pour toutes les années disponibles. Ces mêmes calculs sont répétés sur chaque poste météo.

Module de simulation du bilan hydrique et calcul des déficits

Le bilan hydrique retenu est inspiré du modèle de bilan hydrique contenu dans Irricane (Combres et Kamieniarz, 1992). Il fait partie d'une famille de modèles simples, de type réservoir, avec un réservoir principal variant avec la profondeur de la couche explorée par les racines (Chopart et Siband, 1988, Chopart et Vauclin, 1990). Toutefois, par simplification, on estime ici que la profondeur du système racinaire de la canne est fixe. Le modèle fonctionne à un pas de temps de 1 jour.

Les principales variables d'entrée sont : la capacité de stockage du sol (RU max), une fonction d'évolution de la part biologique de l'évapotranspiration maximale (Kc) et des variables climatiques (pluie ETP, température). Celles-ci sont issues d'une base de données provenant principalement de la base Cirad Réunion, mais aussi, pour partie de la base de données de Météo-France à la Réunion, dans le cadre d'une mise à disposition gracieuse pour cette étude. Les doses d'irrigations appliquées sont calculées par le modèle lui-même.

Parmi les variables d'entrée, il y a également celles liées au dispositif d'irrigation et aux choix simulant ceux d'un agriculteur : l'efficacité du matériel, le seuil de remplissage, le taux maximum de remplissage. Les variables de sortie du module de bilan hydrique sont le niveau de déficit hydrique du jour j et donc les besoins estimés en irrigation pour combler ce déficit jusqu'au seuil de remplissage.

Les principales variables de sortie de Simulirrig sont :

- les cumuls des volumes d'eau (m³/ha, par décade) requis pour assurer l'alimentation de l'exploitation fictive.
- les débits fictifs continus de la décade au niveau de la borne principale à l'entrée de l'exploitation fictive en l/s/ha. Ces valeurs sont tirées du cumul décadaire et par unité de surface, du volume appelé sur l'exploitation. Ces débits décadaires serviront à déterminer les débits de pointe, correspondant à ceux de la décade de la série climatique où ils sont les plus grands.

A.IV

Description du Modèle MOSICAS et de la plateforme de simulation SIMULEX

Mosicas

Mosicas est un modèle informatique (fortran) de simulation de la croissance et de la qualité de la canne à sucre conçu par le Cirad à partir d'observations en conditions climatiques et culturales (cycles, irrigation, variétés,..) contrastées.

Ce modèle biophysique de type thermoradiatif, dynamique, à pas de temps journalier comprend un module de croissance relié à un bilan hydrique (au choix : monocouche ou multicouche de type Ceres). Le module de croissance est basé sur l'interception du rayonnement, sa conversion en biomasse puis la conversion de cette dernière en ses différentes composantes que sont les tiges (rendement) et le sucre (qualité). Il prend en compte dans ces processus les stress thermiques et hydriques.

Ce modèle nécessite les entrées suivantes :

- Plante : paramètres tels que température seuil et vitesse de croissance, tolérance au stress hydrique,...
- Sol : Caractéristiques monocouche (Réserve utile, fraction difficilement utilisable) ou multicouches (humidités caractéristiques par couche)
- Climat journalier : Pluies, ETP, Températures mini et maxi, Rayonnement,
- Paramètres culturaux :
 - Cycle(Vierge ou No de repousse), Variété, Date de plantation ou coupe précédente, date de Récolte.
 - Irrigation : Potentiel (satisfaction à l'ETM), Pluvial, Irrigation réelle (fichier journalier), Irrigation conduite par le modèle suivant des critères définis par l'utilisateur.

Ce modèle restitue à des pas de temps spécifiés par l'utilisateur et suivant les stades :

- Le rendement, la richesse, la biomasse produite
- Des caractéristiques végétales telles que l'indice foliaire, le Kc, le tallage, l'élongation, l'apparition des feuilles
- L'eau nécessaire au couvert (ETM), réellement utilisée (ETR) et le drainage
- Les humidités par couche et/ou stocks d'eau du sol
- Des caractéristiques bioclimatiques : taux de satisfaction hydrique du sol (Stock/RU), pour la croissance, pour l'accumulation de biomasse, ...

Ce modèle comporte des routines d'étude de sensibilité et de calage des paramètres plantes et sols (RU, fraction disponible). Il permet aussi des études de sensibilité à des paramètres culturaux : fréquence d'irrigation, seuils de déclenchement, période de sevrage,....

Climats :

Les parcelles de canne étant souvent éloignées des pluviomètres et stations météo complètes, le modèle permet à l'utilisateur d'utiliser 1 à 3 stations complètes et 1 à 6 stations pluviométriques. Le modèle réalise les interpolations à partir des poids relatifs de chaque station données par l'utilisateur ou calculés par la plateforme de simulation.

Les gradients d'altitude (Température, Rayonnement et ETP) peuvent pris en compte.

Domaine de validité.

Le modèle est calé et validé pour des repousses de R570 sur des cycles inférieurs à 14 mois en conditions d'alimentations hydriques contrastées. Les observations actuelles sur stations doivent permettre d'y inclure les cannes plantées, les cycles longs, l'écartement et d'autres variétés. Les résultats sont donnés pour des conditions d'alimentation minérales optimum sans enherbement ni maladies.

Simulex

Simulex est une plateforme de simulation (VisualBasic) conçue par le Cirad et permettant

- de gérer les données d'entrées de Mosaic,
- de choisir des options de simulations (modèle, traitements, fréquence de sortie, sensibilité ou calage, types d'alimentation hydrique voir entrées plus haut)
- de lancer ces simulations,
- de visualiser rapidement les résultats/sorties de simulation.

Les entrées sont réunies dans une seule base de données de type Access. Cette base comprenant des tables correspondant aux différents types d'entrée, climat, sol, paramètres plante, parcelles (localisation, sol, climat liés), traitements, irrigations,

Applications

- Estimations de production et de qualité.

Diagnostic agronomique sur exploitations : Marges d'améliorations en pluvial ou irrigué, facteurs limitants, classification parcellaire (potentialités et marges)

- Cartographie et zonage

Rendements potentiels et pluviaux, potentialités de l'irrigation, indicateurs de croissance et développement, stress, quantités d'eau nécessaires ou utilisées, drainage, indices bioclimatiques.

- Optimisations de stratégies

- Cycles * Dates de coupe

- Irrigation : les différentes options d'alimentation hydrique utilisées avec la routine de sensibilité permettent de tester en pluri annuel les effets de nombreuses stratégies d'irrigations

Mosaic est un outil de diagnostic et d'aide à la décision à priori ou posteriori. Il n'est pas conçu pour être un outil de gestion en temps réel.

RE