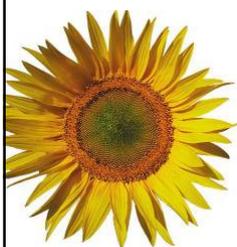


Raisonner les systèmes de culture en fonction de la disponibilité en eau

P. Debaeke, M. Willaume, P. Casadebaig, J.M. Nolot

UMR AGIR, INRA-INPT/ENSAT, Auzeville



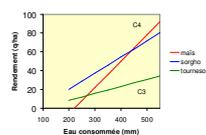
Production végétale et sécheresse
Toulouse – 6 juin 2008

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Irrigation peu limitante

Eau = facteur de production



Outils de pilotage :
satisfaire les besoins en eau

Comment irriguer ?

- doses / fréquence
- limiter le drainage

incertitude
rareté
flexibilité

Conflits d'usage – Sécheresse (CC) Marchés – Volatilité des prix

Eau = ressource limitée à gérer

Outils de simulation et
d'optimisation :

- allocation optimale de l'eau entre cultures
- stratégies d'irrigation restrictives
- systèmes de culture adaptés

Comment irriguer
en conditions
limitées ?

Quels systèmes
économiques
en eau ?

Comment adapter
la production
à la source
d'eau ?

Production végétale et sécheresse
Toulouse – 6 juin 2008

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT





Quelques conclusions de l'expertise INRA « Sécheresse et Agriculture »



2006

- « la sécheresse, ce n'est pas l'aridité »
- des marges de manoeuvre pour économiser l'eau d'irrigation
- des adaptations pour les systèmes en sec (« petites terres », cultures d'été, Sud de la France)
- le choix des espèces est un levier puissant

Production végétale et sécheresse
Toulouse – 6 juin 2008

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Les stratégies d'adaptation à la sécheresse

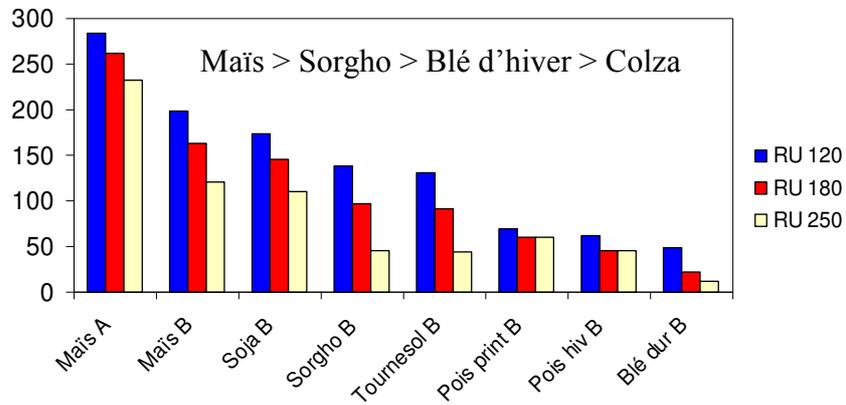
Stratégie	Leviers techniques	Compromis à gérer
Conserver l'eau au semis	Précédent, gestion interculture, travail du sol	Couverture du sol (CIPAN)
Esquiver la sécheresse	Cultures d'hiver, Var.précoces, Semis anticipé	Pb.bioagresseurs Tolérance froid
Rationner l'eau	Réduire densité + azote	Evaporation ↗ Rendement potentiel ↘
Tolérer la sécheresse	Choix de cultures et de variétés tolérantes	Marchés & prix, Offre variétale,
Atténuer la sécheresse	Irrigation (appoint)	Disponibilité de la ressource ; priorités

Production végétale et sécheresse
Toulouse – 6 juin 2008

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Besoins en eau d'irrigation (mm) de quelques cultures en sol argilo-calcaire à Toulouse (30 ans) pour 3 niveaux de réserve utile



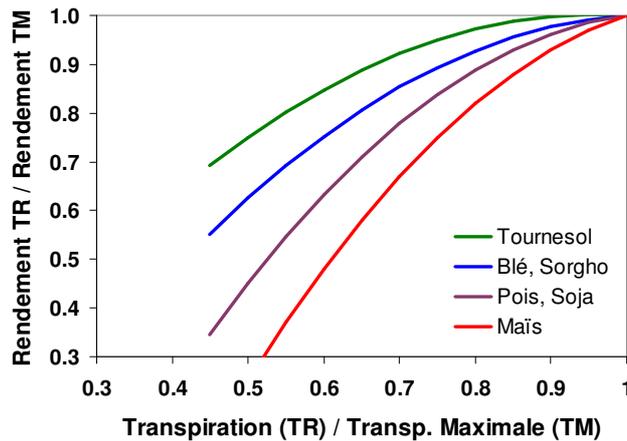
Debaeke et al., 2006

Production végétale et sécheresse
Toulouse – 6 juin 2008

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Sensibilité différentielle des cultures au défaut d'alimentation en eau

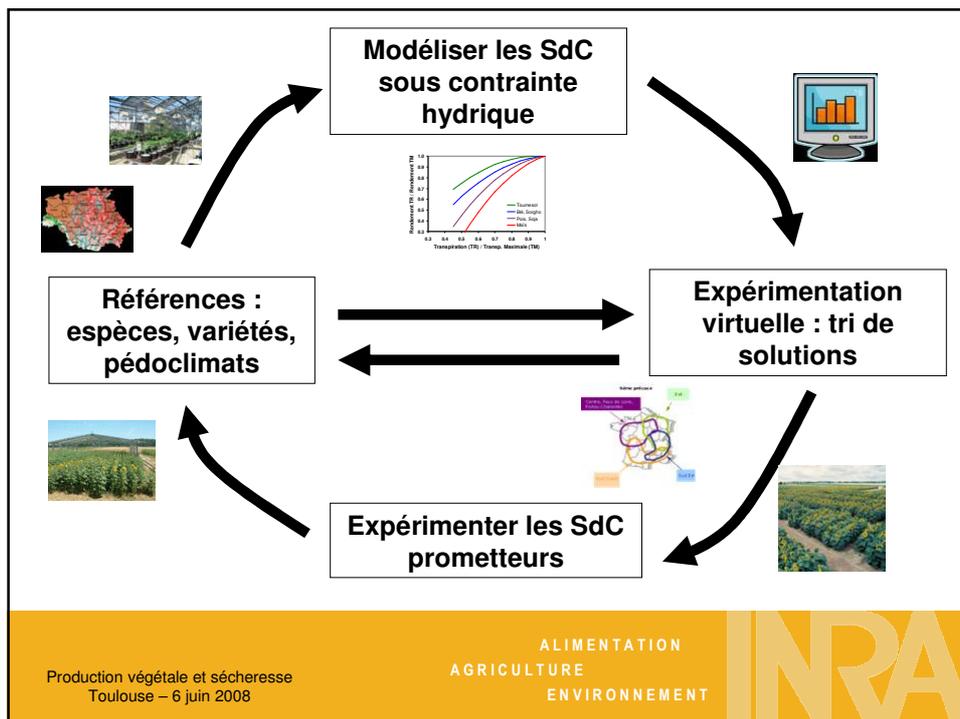


Cabelguenne et al., 1982

Production végétale et sécheresse
Toulouse – 6 juin 2008

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT





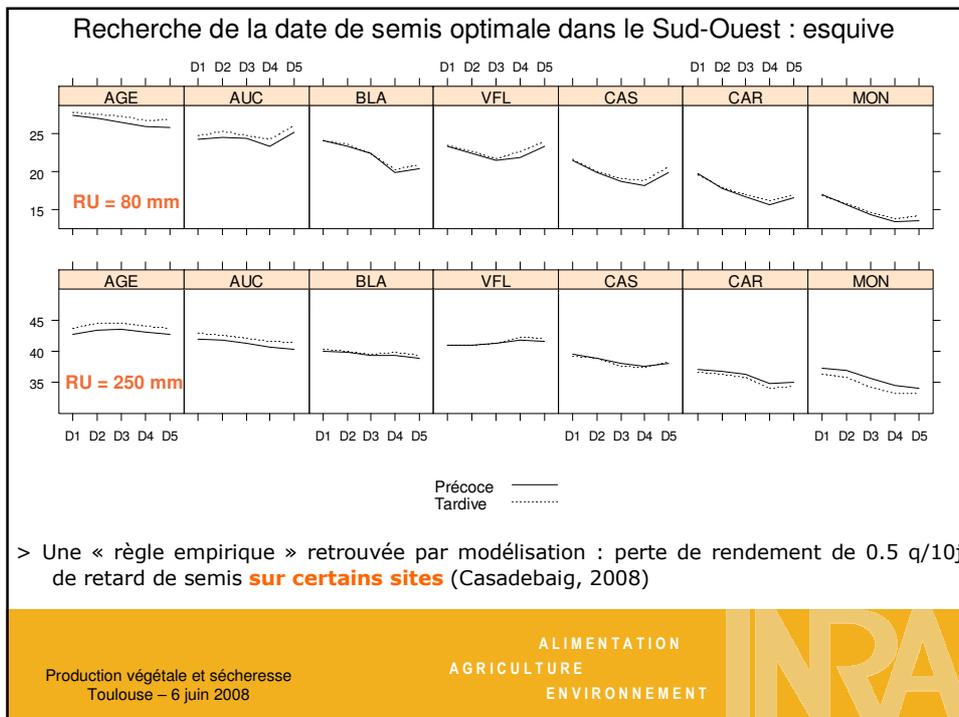
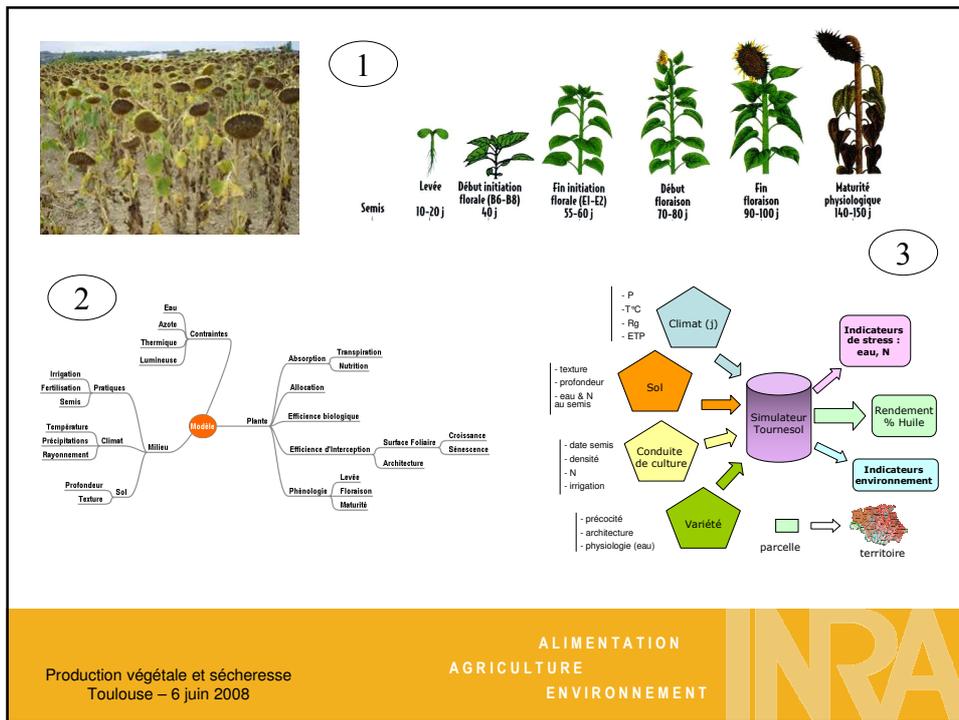
Exemple 1 : itinéraire technique
face à la contrainte hydrique, quelles stratégies agronomiques et variétales privilégier pour le tournesol ?

UMT Tournesol Cetiom-Ensai-INRA
Thèse P.Casadebaig (2008)

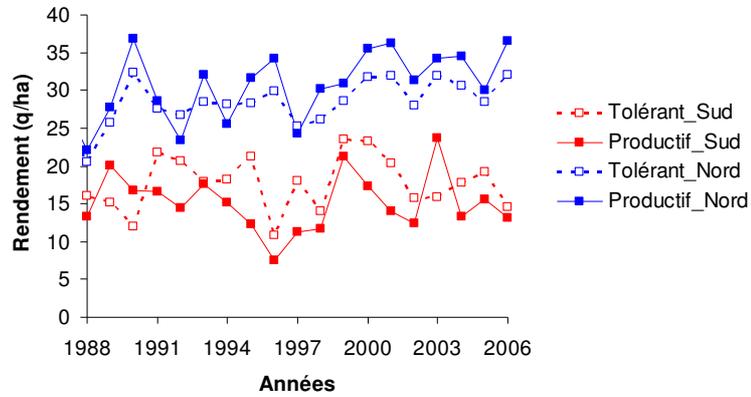
Production végétale et sécheresse
Toulouse – 6 juin 2008

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

INRA



Recherche de la meilleure variété (« tolérance » vs « productivité »)
selon la disponibilité en eau



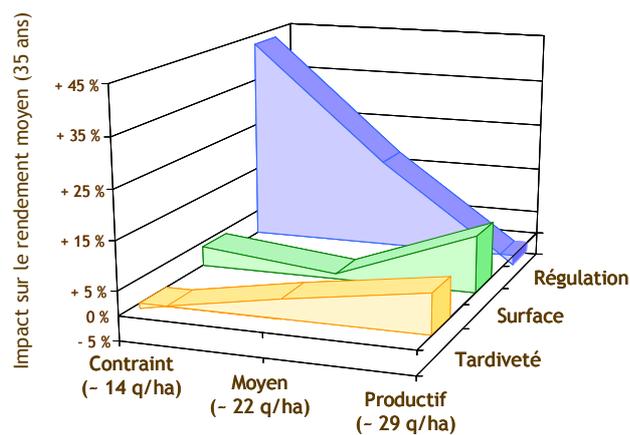
Nord : climat océanique, pluvieux, sol profond ;
Sud : climat méditerranéen, sec en été, sol superficiel

Production végétale et sécheresse
Toulouse – 6 juin 2008

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Importance des différents traits phénotypiques (phénologie, morphologie, physiologie) selon la contrainte hydrique du milieu

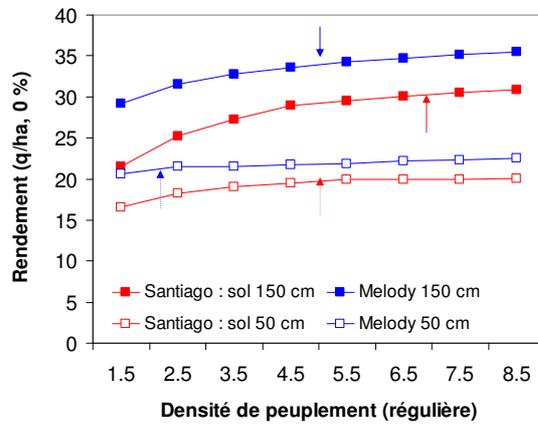


Production végétale et sécheresse
Toulouse – 6 juin 2008

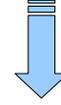
ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Adapter la conduite de culture à la variété et à la disponibilité en eau:
le choix de la densité de peuplement (rationnement)



Le modèle produit des références pour le conseil

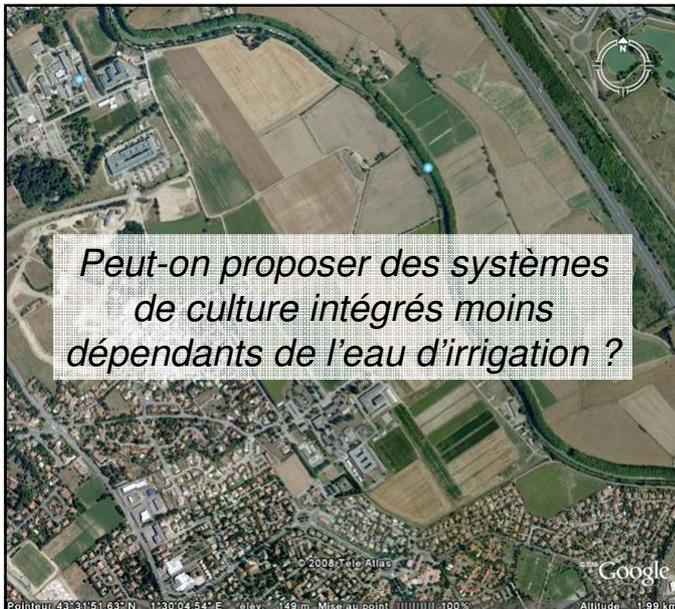


« Semer variété S plus dense que M »

« Semer – dense en sol séchant »

Production végétale et sécheresse
Toulouse – 6 juin 2008

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Peut-on proposer des systèmes de culture intégrés moins dépendants de l'eau d'irrigation ?

Exemple 2 :
système de culture

Dispositif SGCI (1995-2002)

Sol profond

33 ha
Lycée Agricole

Production végétale et sécheresse
Toulouse – 6 juin 2008

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



La parcelle expérimentale SGCI

« Expérimentation Système »

Systèmes intégrés, flexibles, rentables		
Contraintes sur le volume en eau d'irrigation		
A : 240 mm	B : 120 mm	C : sec
Choix de cultures valorisant l'irrigation : maïs, soja, pois print.	Choix de cultures économes en eau ou tolérantes à la sécheresse : sorgho, tournesol, pois hiver	
Assurer le besoin en eau sans gaspillage	Irriguer en période sensible + rationner par N et densité	Esquiver le déficit hydrique + rationner fortement par N et densité
Règles pour choisir la densité de semis, la dose N, l'apport d'eau (bilans prévisionnels)		
Expérimentation en grandes parcelles : évaluation par diagnostic, essais factoriels, modèles dynamiques eau * N		

Nolot & Debaeke (2003)

Production végétale et sécheresse
Toulouse – 6 juin 2008

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

INRA

S
O
R
G
H
O

Objectifs → Stratégies → Règles de décision

Semis précoce : « dès le 20 Avril »
Variété demi-précoce : « cv.DK 26 »

Peuplement : « 30-35 plantes/m2 »
Fertilisation N élevée et fractionnée (« 25 kg N/t de grain »)

« Si TR / TM < s_{irr} ; s_{irr} = f (stade)
0.5 ≤ s_{irr} ≤ 0.75 »

Variété précoce : « cv.DK 18 »
Peuplement : « 25-30 plantes/m2 »
Fertilisation N modérée, au semis (« 23 kg N/t de grain »)

Non disponible

Production végétale et sécheresse
Toulouse – 6 juin 2008

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

INRA

L'évaluation des systèmes de culture

- **Globale** : comparaison des résultats globaux (économiques, environnementaux...) aux objectifs assignés au système de culture
ex. rentabilité en sec et en irrigué ?

- **Agronomique** : atteinte ou non des objectifs agronomiques
----> bien-fondé des stratégies et règles de décision :
– 2 outils, le diagnostic agronomique et l'essai factoriel

ex. le rationnement permet-il de réduire le besoin en eau ?

ex. la variété choisie en sec est elle la meilleure ?

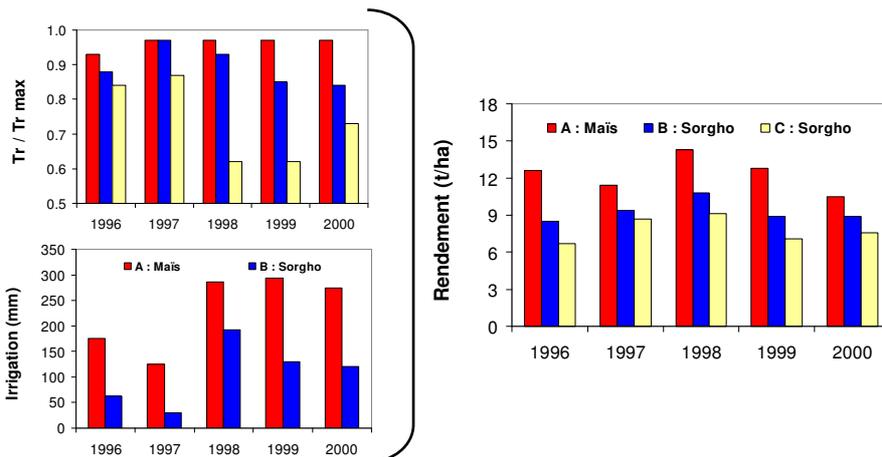
d'après Meynard et al. (1996)

Production végétale et sécheresse
Toulouse – 6 juin 2008

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Evaluation globale : maïs vs sorgho

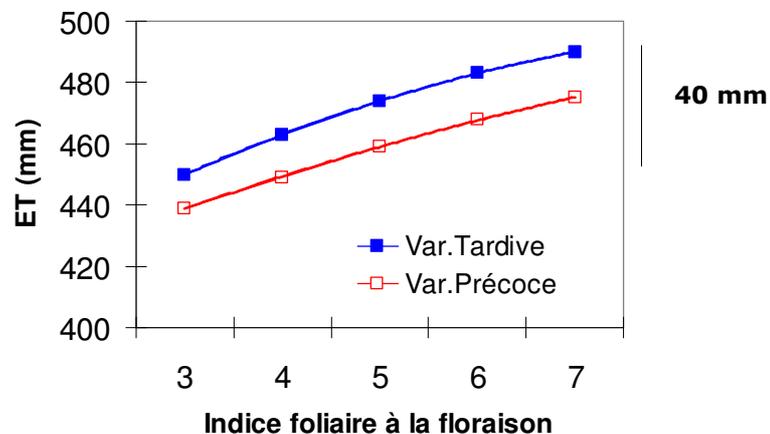


Production végétale et sécheresse
Toulouse – 6 juin 2008

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Validation de la stratégie de rationnement végétatif : sorgho



Debaeke et al. (2006)

Production végétale et sécheresse
Toulouse – 6 juin 2008

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

INRA

Exploration par simulation de 4 systèmes de culture différent par le besoin en eau

- monoculture de maïs irriguée (**100 % été**), MA
- monoculture de maïs utilisant des variétés précoces, une conduite rationnée (densité de semis, irrigation et fertilisation moindre), **100 % été**, MP
- rotation sorgho-tournesol-pois-blé dur (avec irrigation de complément), **50 % été**, B
- rotation colza-blé dur-tournesol-blé dur, non irriguée, **25 % été**, C

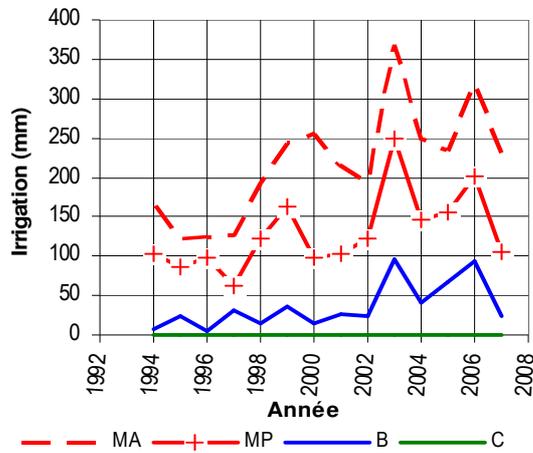
Décision d'irrigation prise sur taux de satisfaction du besoin

Production végétale et sécheresse
Toulouse – 6 juin 2008

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

INRA

Besoin annuel en irrigation par système



MA : 220 mm

MP : 130 mm

B : 35 mm

RU 175 mm

Production végétale et sécheresse
Toulouse – 6 juin 2008

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

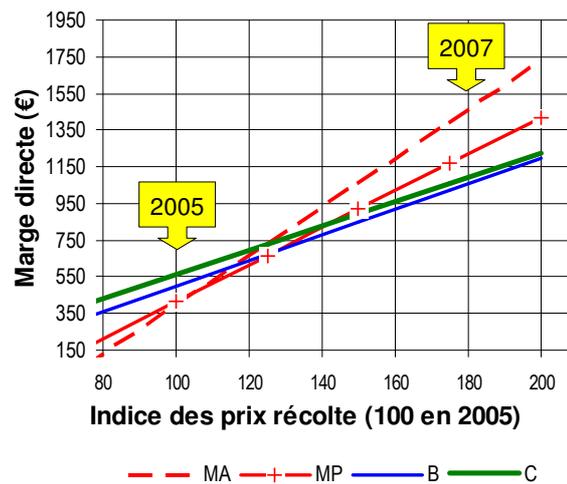


Marge directe en fonction des prix agricoles

Irrigation
0.075 € le m³

RU 105 mm

Climat
1994-2007



Production végétale et sécheresse
Toulouse – 6 juin 2008

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT



Pour conclure : perspectives de recherche

- évaluer la **flexibilité** des systèmes de culture (actuels) face au risque de sécheresse ou de pénurie d'eau d'irrigation structurelle
- concevoir et évaluer de façon **multicritère** des systèmes de culture adaptés à la raréfaction de la ressource en eau et l'augmentation de l'incertitude climatique :
 - en particulier, choix optimisé espèce, variété, conduite (règles)....

Production végétale et sécheresse
Toulouse – 6 juin 2008

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

INRA

Merci de votre attention



Production végétale et sécheresse
Toulouse – 6 juin 2008

ALIMENTATION
AGRICULTURE
ENVIRONNEMENT

INRA