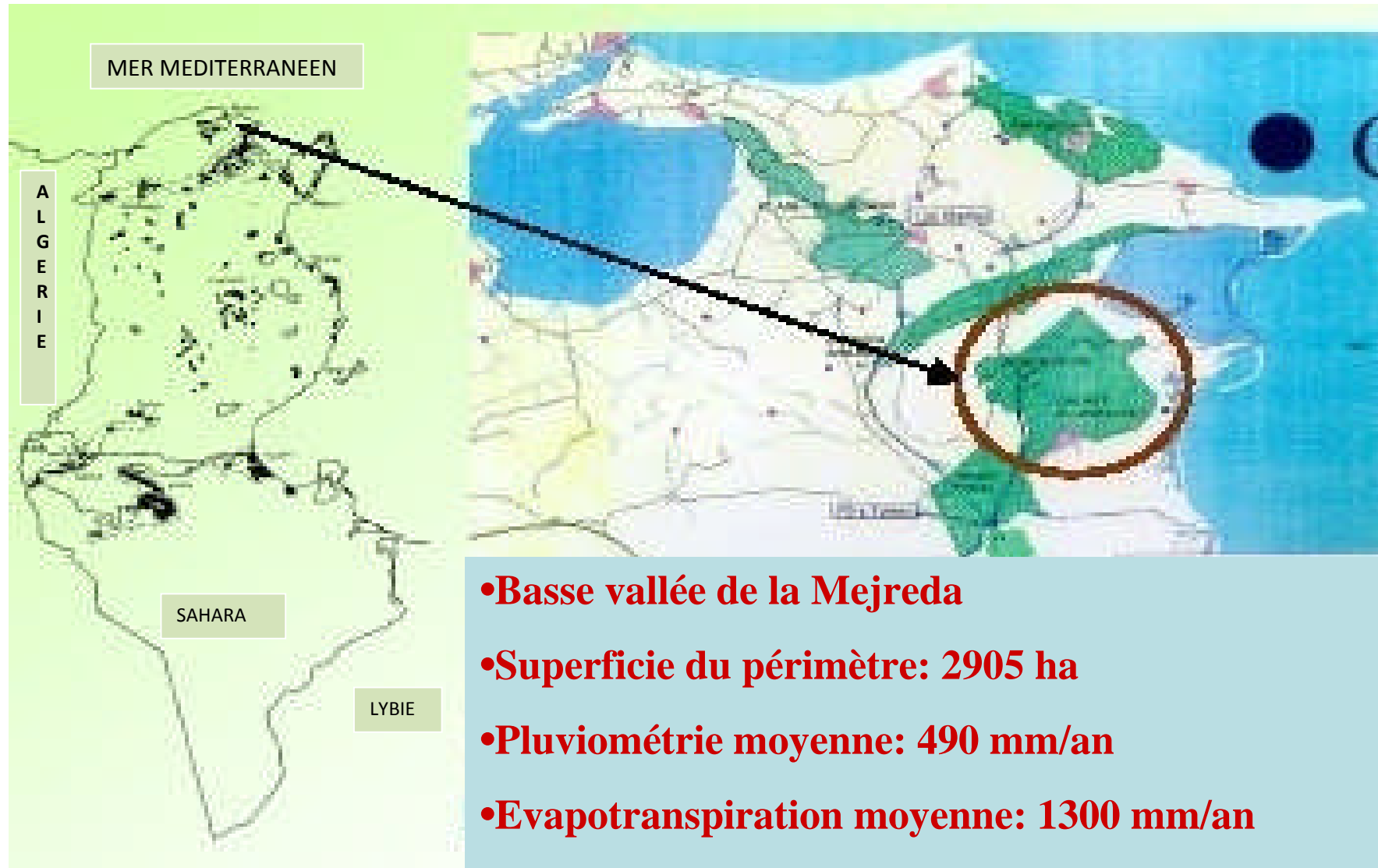




Bilans d'eau, de sel et de nitrate dans le périmètre irrigué de Kalaât Landalous

Zone d'étude



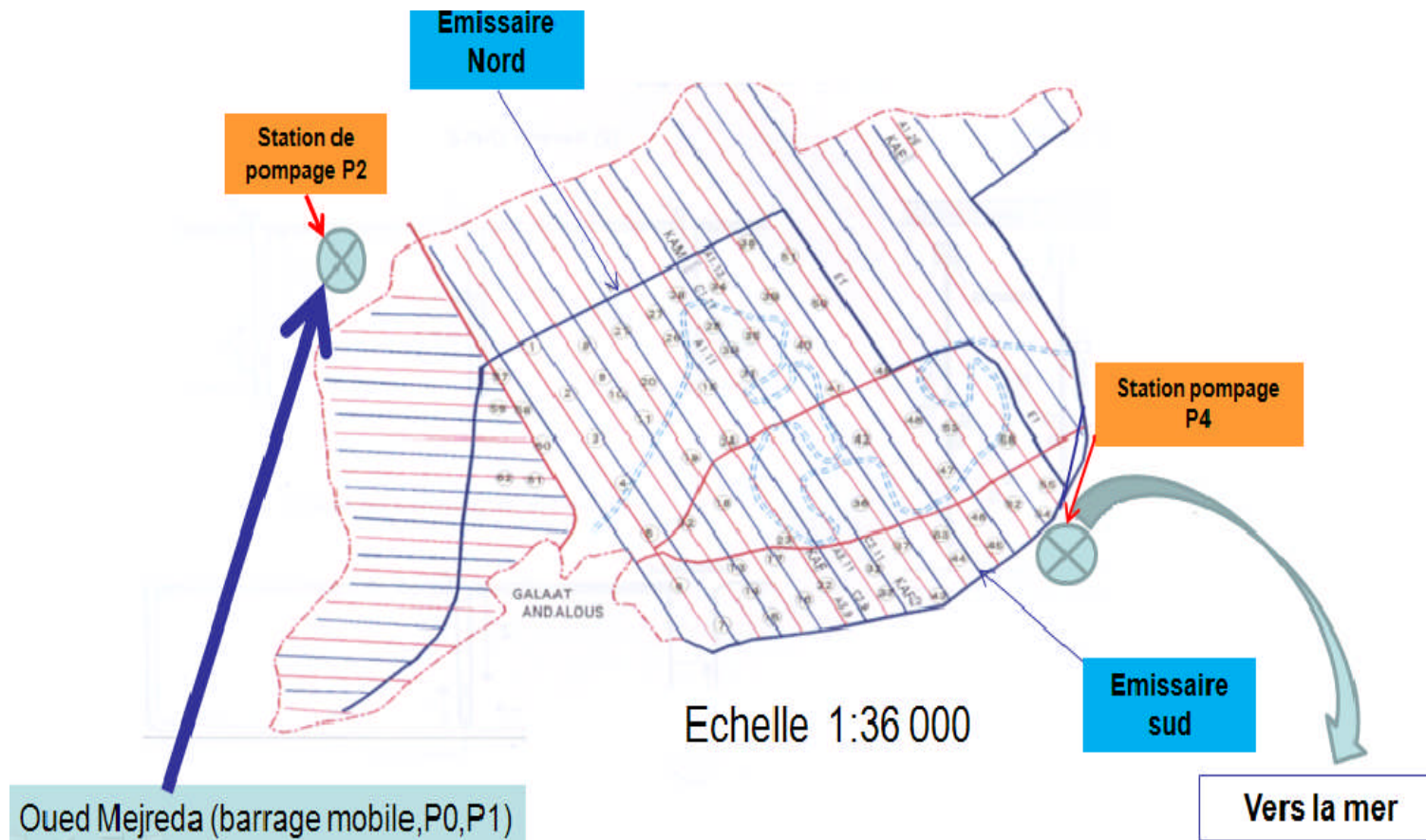
- **Basse vallée de la Mejdreda**
- **Superficie du périmètre: 2905 ha**
- **Pluviométrie moyenne: 490 mm/an**
- **Evapotranspiration moyenne: 1300 mm/an**
- **Mise en eau: 1992**

Infrastructures hydrauliques d'irrigation et drainage

Eau d'irrigation: Oued Mejreda

Drainage: drainage souterrain ($d=71\text{ mm}$, $e=40\text{ m}$, $L=170\text{ m}$, $Z\text{ moyenne}=1,6\text{ m}$)

Station de pompage P4





Vue générale de l'oued Mejerda et de la SECADNORD



Canal de Mejerda

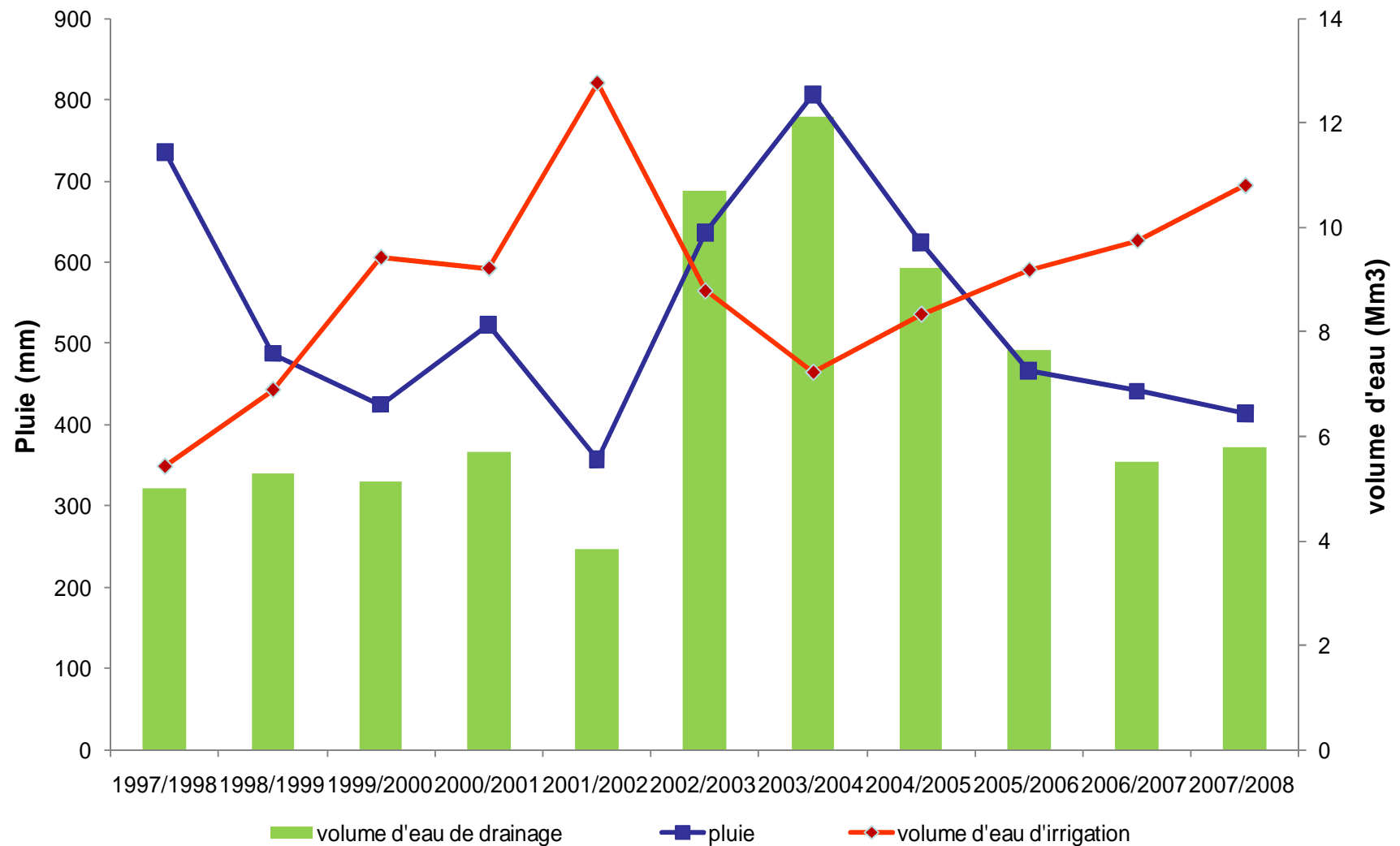


Emissaire nord

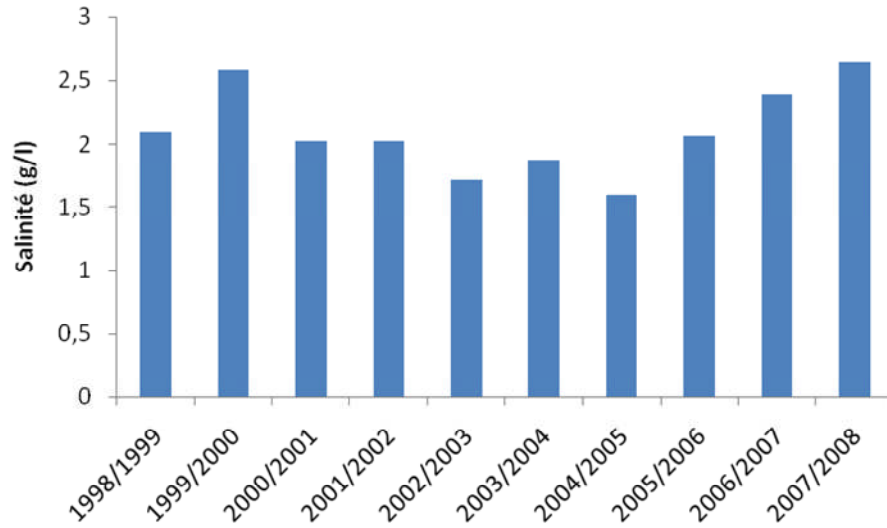


Station de pompage P4

Eaux d'irrigation et de drainage (1997-2008)

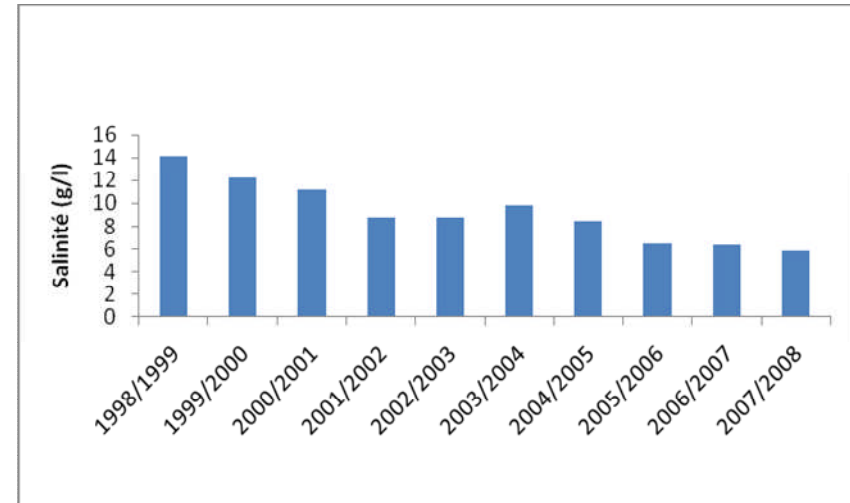


Salinité des eaux (1998-2008)



Salinité moyenne de l'eau d'irrigation

2,5 g/l

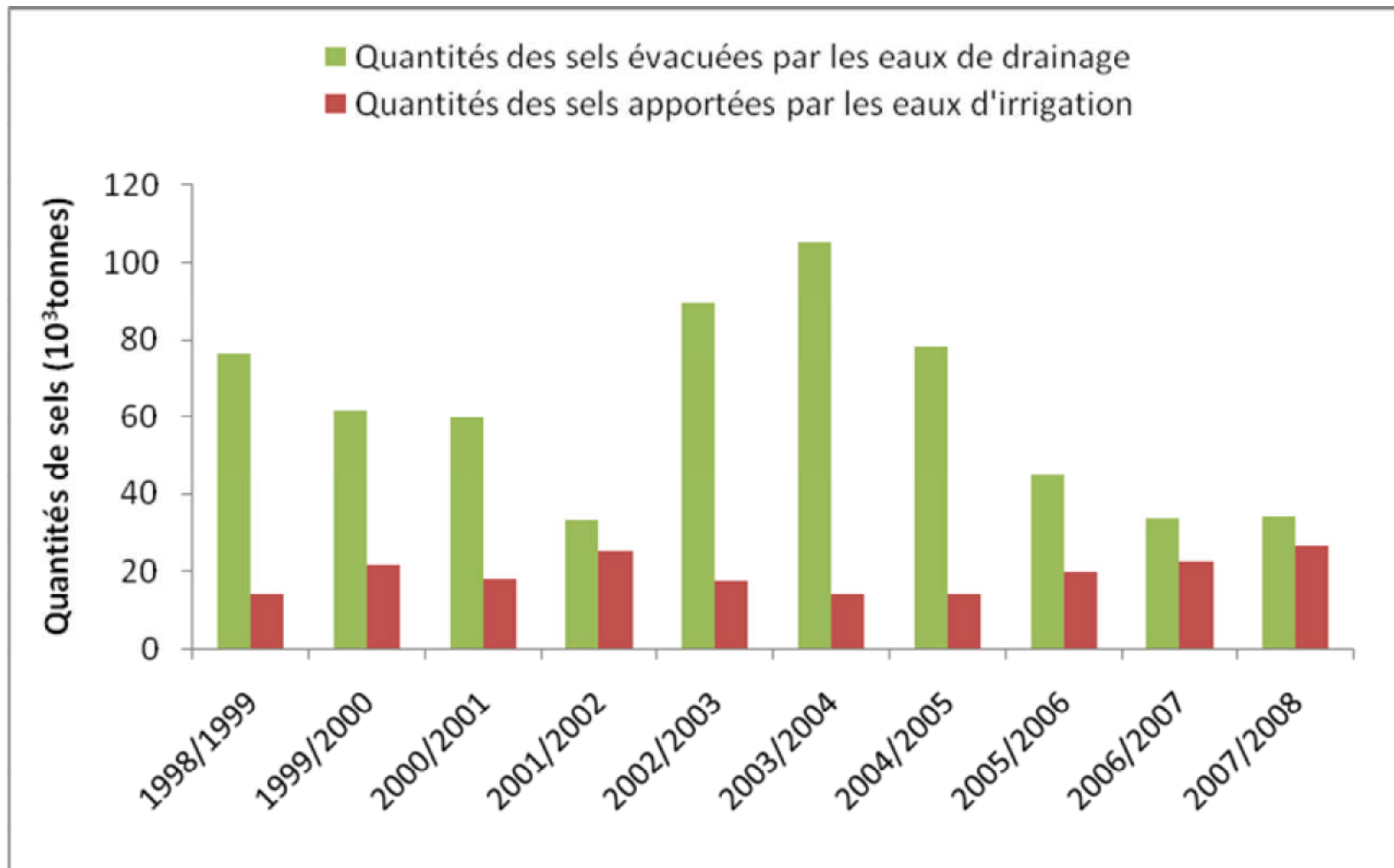


Décroissement de la salinité de l'eau de drainage

1998/1999: 14 g/l

2007/2008: 6 g/l

Quantités de sels annuelles (Irrigation et drainage)



Tendance annuelle à la désalinisation

Bilan d'eau et de sels

$$\text{Bilan d'eau : } \Delta W = P + I - D + \text{ETR} + \Delta S$$

P: pluie
I: irrigation

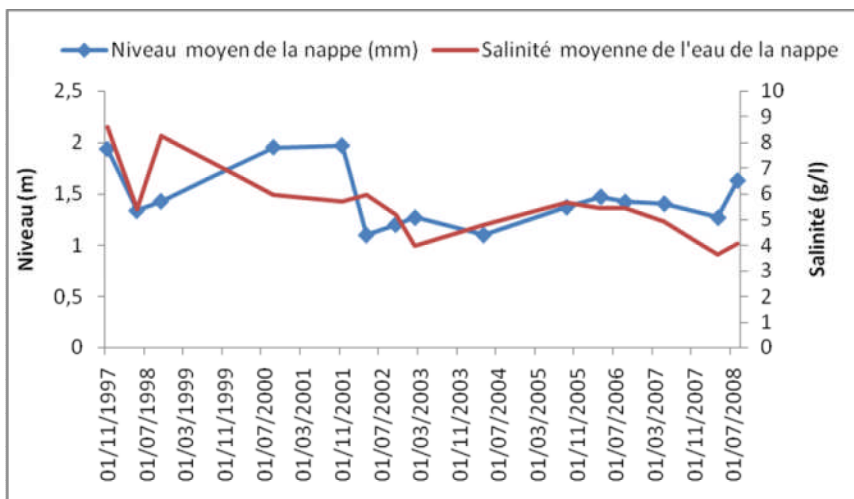
ETR: évapotranspiration réelle
D: drainage
 ΔS : variation du stock d'eau

$$\text{Bilan de sels: } M_s = C_p * P + C_i * I - D * C_d$$

C_p : salinité de l'eau de la pluie
 C_i : salinité de l'eau de l'eau d'irrigation

C_d : salinité de l'eau de drainage

Variation du niveau et de la salinité de la nappe



Niveau moyen : 1,4 m

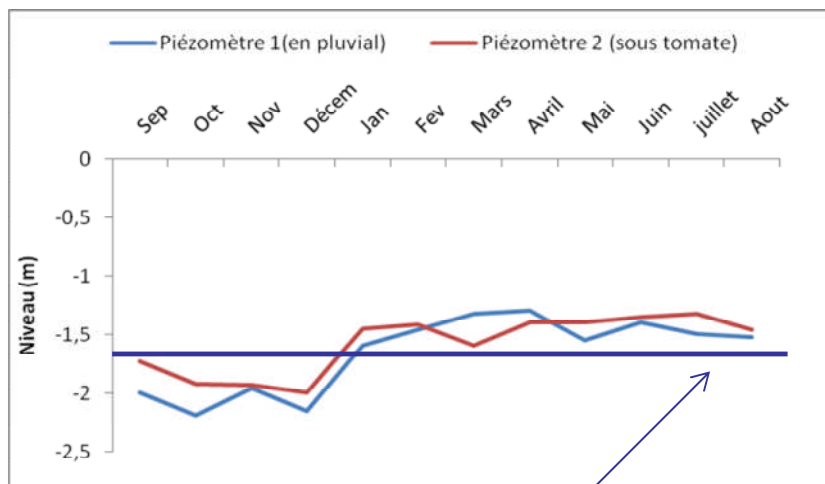
- Niveau élevé: saturation du sol et ou bouchage du réseau de drainage (Eté 2006 (80 cm))

Evolution de la salinité moyenne

- 1992 : **14 g/l**
- 1997: **8,5 g/l (CRDA)**
- 2008 : **6 g/l (puits:6 g/l)?**

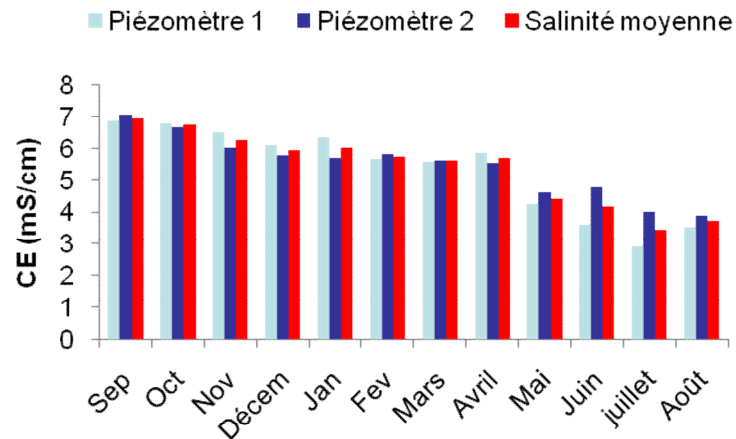
2007/2008

Niveau de la nappe



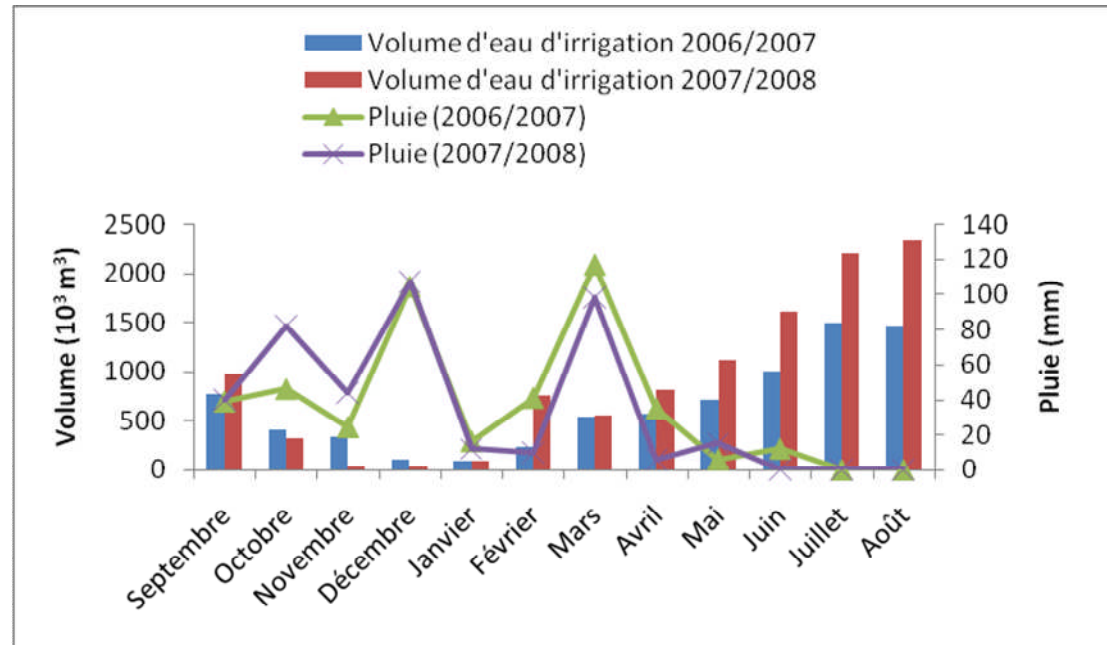
Niveau moyen de drains

Salinité l'eau de la nappe



La salinité de l'eau de la nappe est passée 6,95 dS/m à 3,45 dS/m

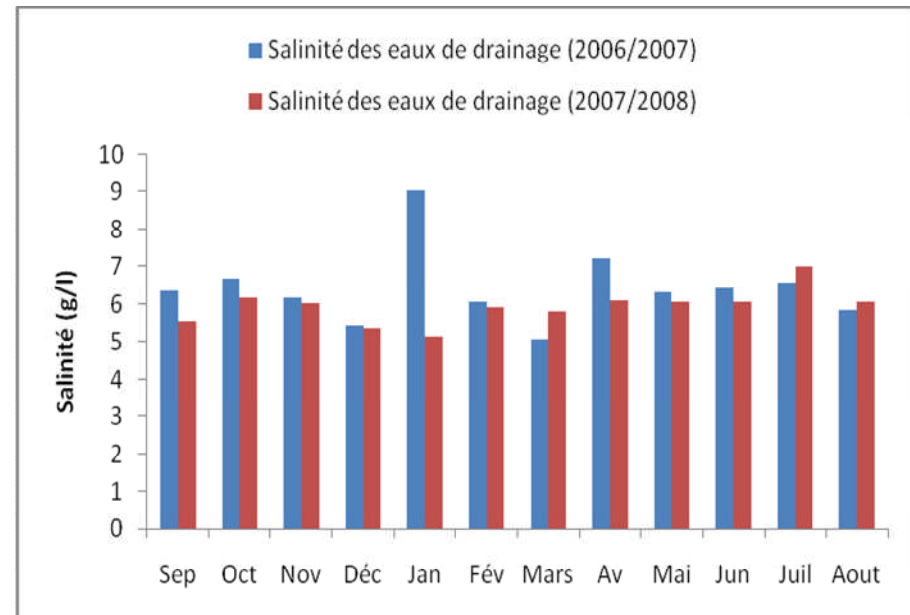
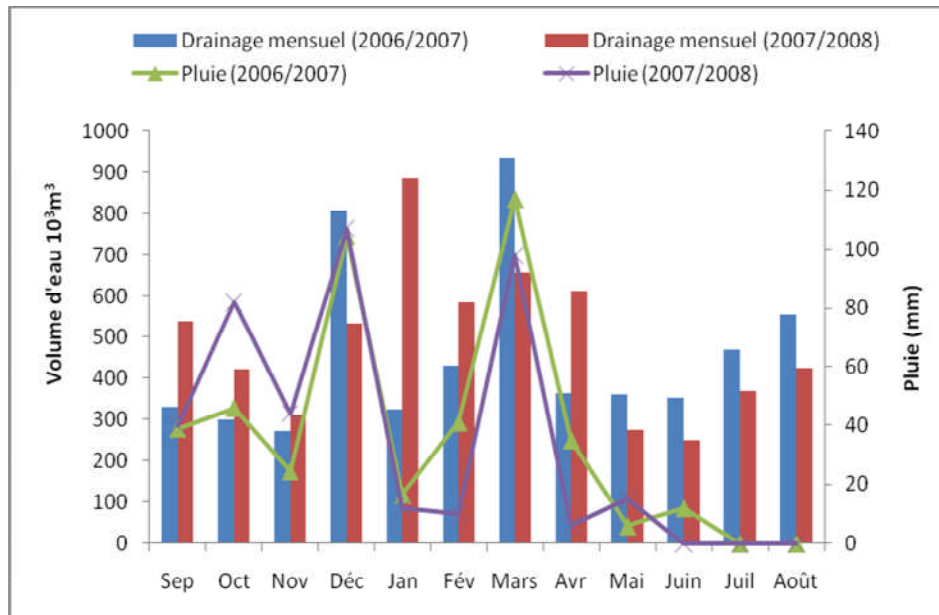
Pluie et irrigation



- Pluie (2006/2007)= 441 mm
- Pluie (2007/2008)= 414 mm

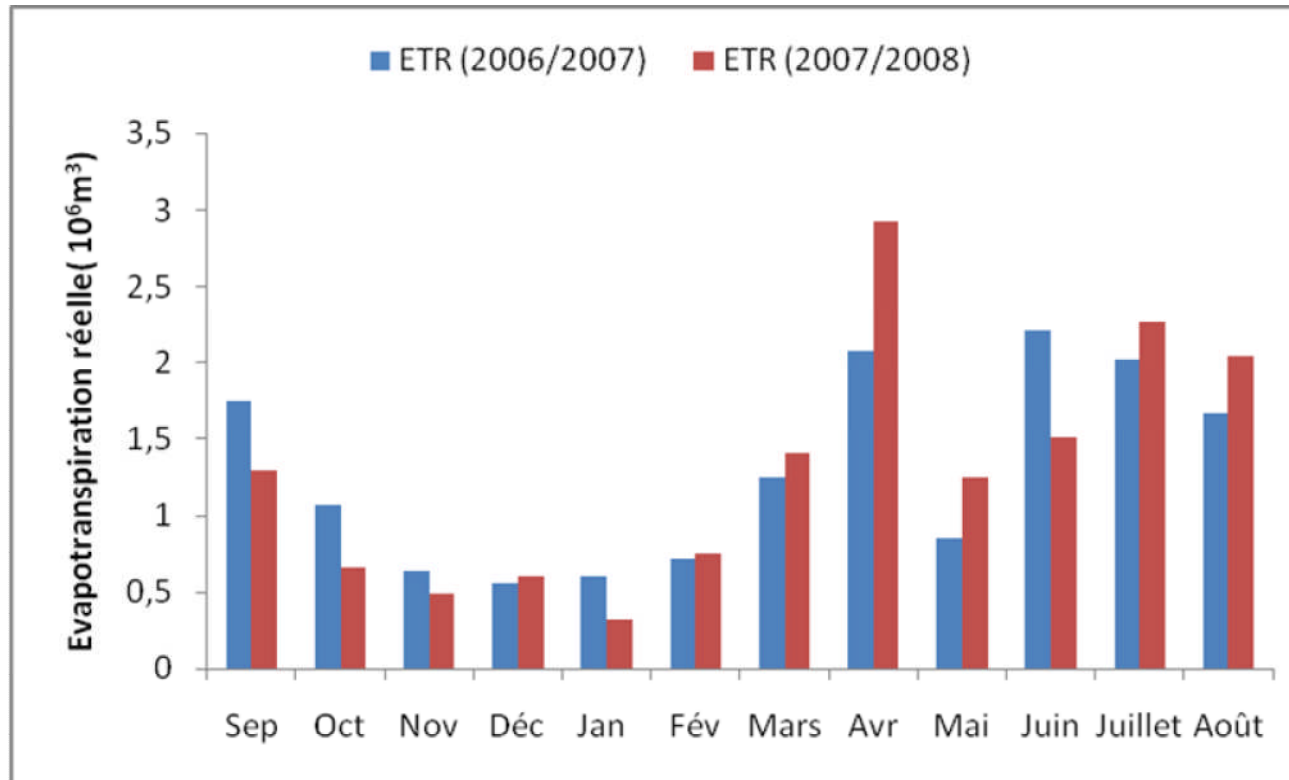
	Irrigation (10 ⁶ m ³)	Salinité moyenne (g/l)	Pluie 10 ⁶ m ³
2006/2007	9,75	2,39	12,81
2007/2008	10,8	2,64	12,02

Drainage



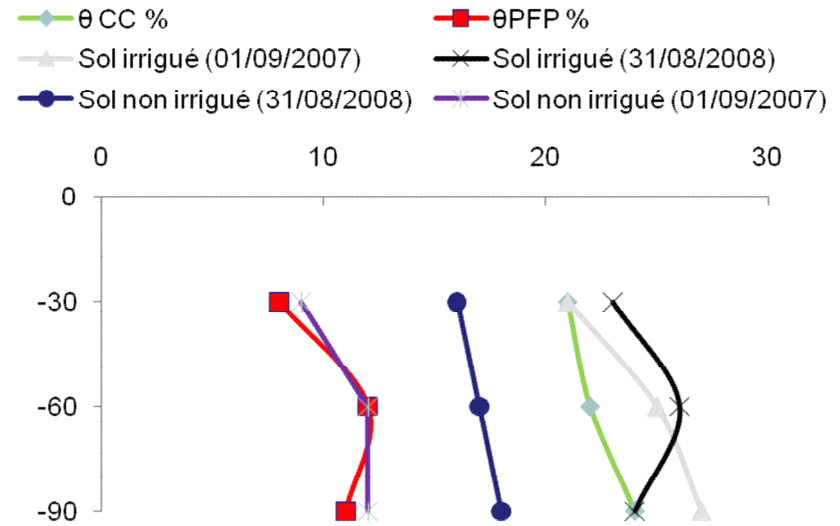
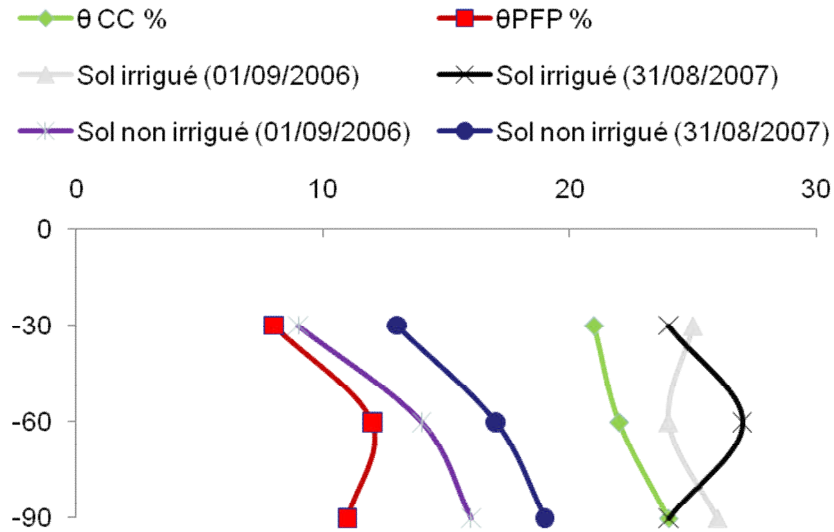
Année	Drainage 10 ⁶ m ³	Salinité de l'eau de drainage (g/l)
2006/2007	5,45 (Hiver: 3.88 – Eté: 1.57)	6,4
2007/2008	5,86 (Hiver: 4.5 – Eté: 1.36)	5,85

Evapotranspiration



Année	Evapotranspiration réelle 10 ⁶ m ³
2006/2007	15,82
2007/2008	15,62

Stock d'eau(0-90 cm)



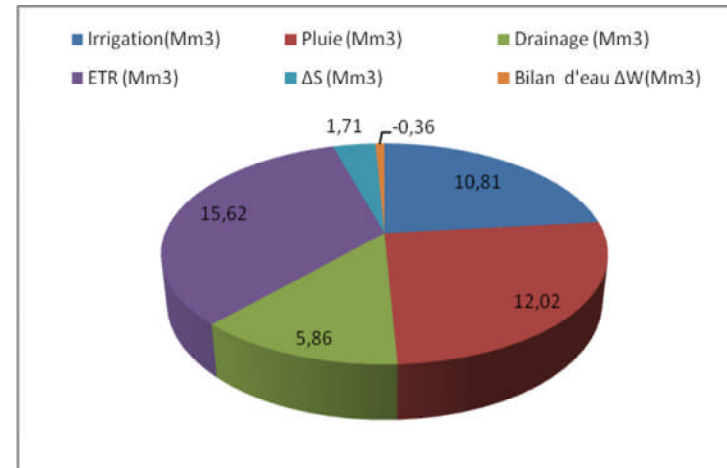
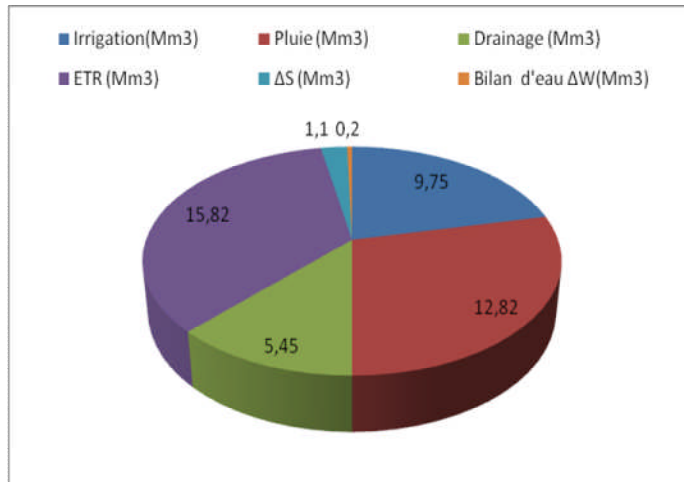
ΔS (variation du stock d'eau)
2006/2007

45 mm soit $1,1 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

ΔS (variation du stock d'eau)
2007/2008

81 mm soit $1,71 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

Bilan d'eau



2006/2007 = 0,2 Mm³ \approx 0

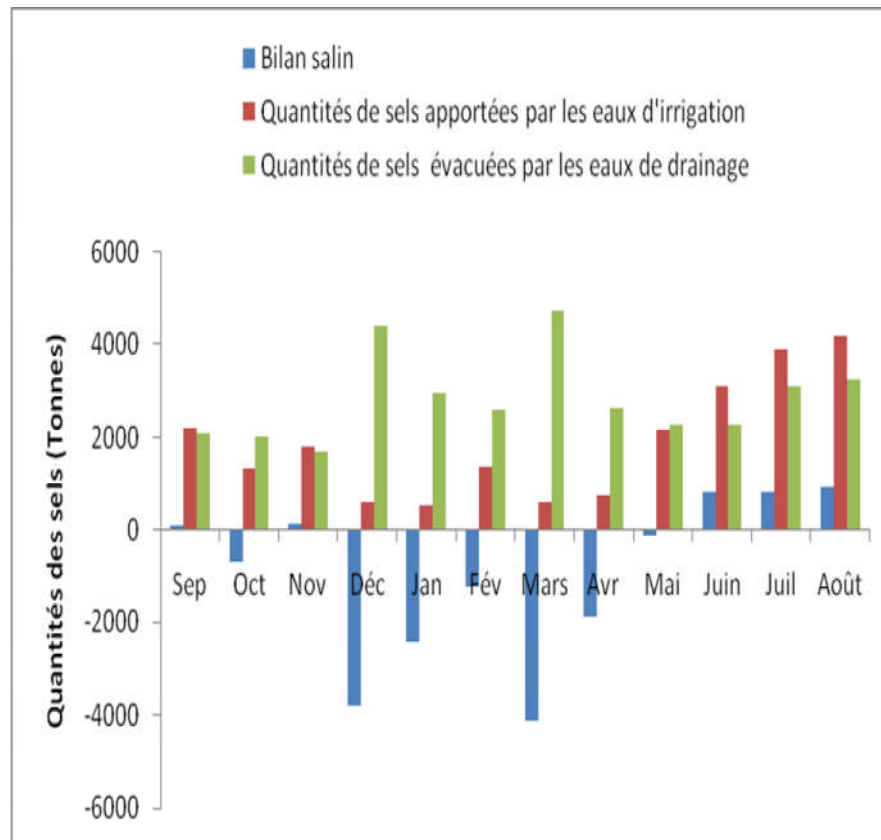
2007/2008 = -0,36 Mm³ \approx 0



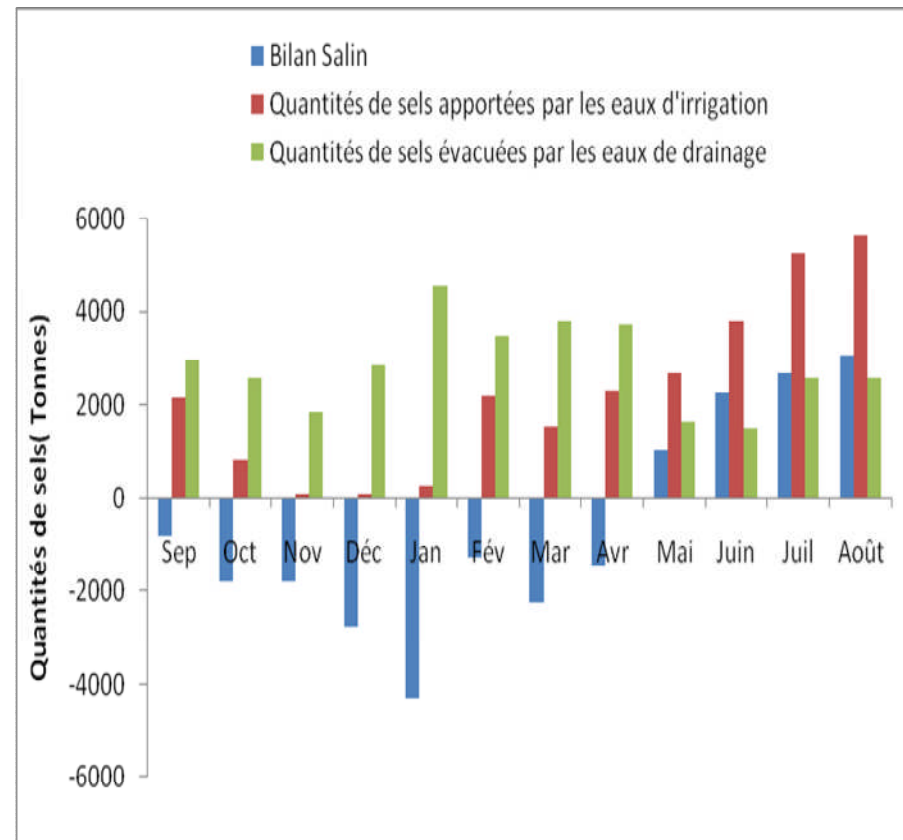
- Fluctuation du niveau de la nappe
- Ecoulement de l'eau de la nappe vers un exutoire
- Erreurs survenues lors de la mesure et de l'estimation des composantes du bilan

Bilan de sels

Bilan salin (2006/2007)

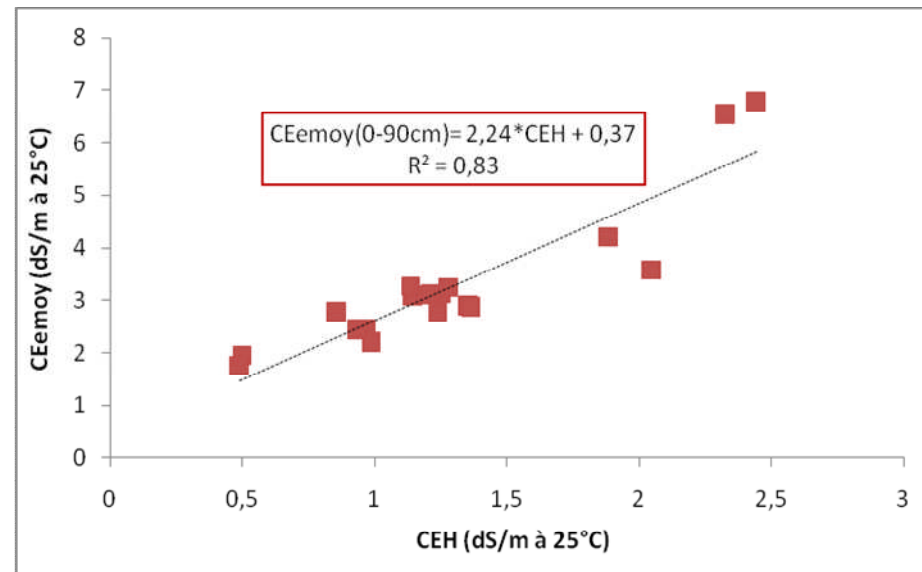


Bilan salin (2007/2008)



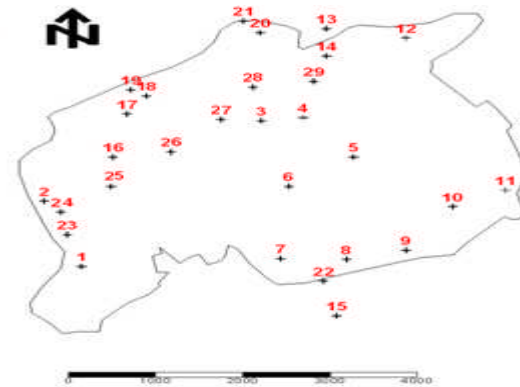
Répartition de la salinité à l'échelle de tout le périmètre

Conductivimètre : Geonics EM 38

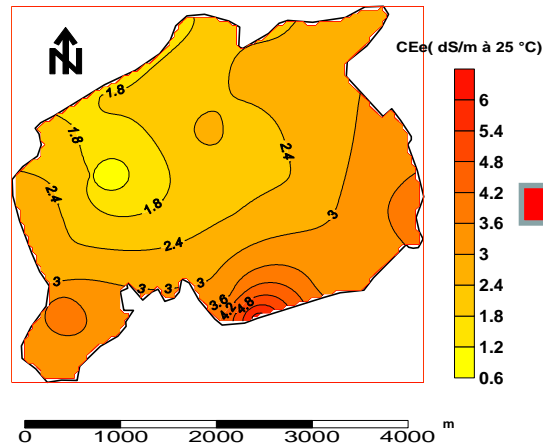


$$CE_{emoy} (90 \text{ cm}) = 2,24 * CE_H (25 \text{ }^\circ\text{C}) + 0,37$$

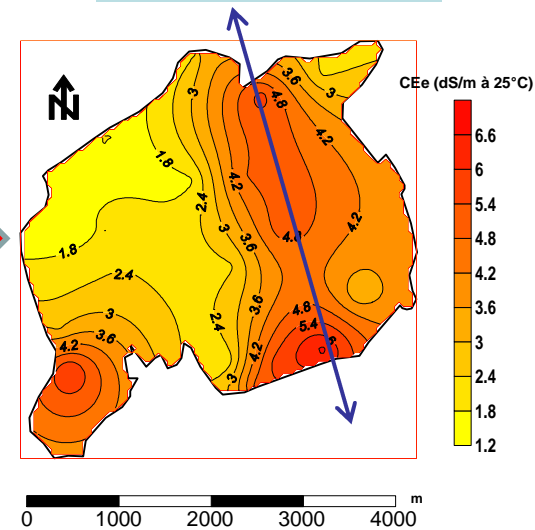
Répartition spatiale de la salinité



26 avril 2008



31 août 2008

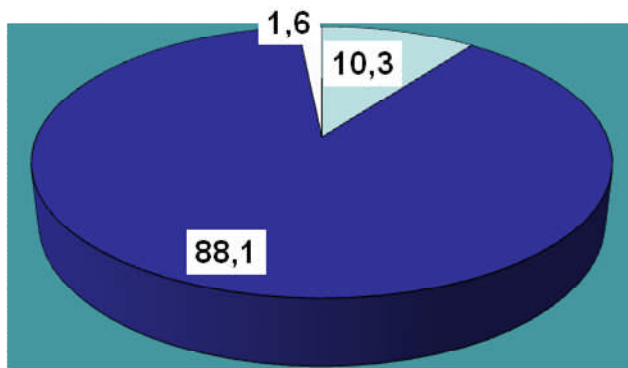


•CEe moyenne(0-1m) : 3,27 dS/m → 3,87 dS/m .

•Hors périmètre: 13 dS/m (salinité de départ)

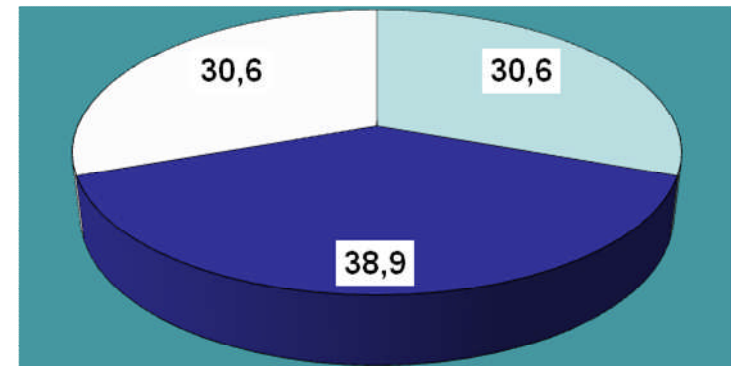
Pourcentage de la superficie en fonction de la salinité

□ CEE(dS/m) < 1,8 ■ 1,8 < CEE (dS/m) < 4,2 □ 4,2 < CEE(dS/m)



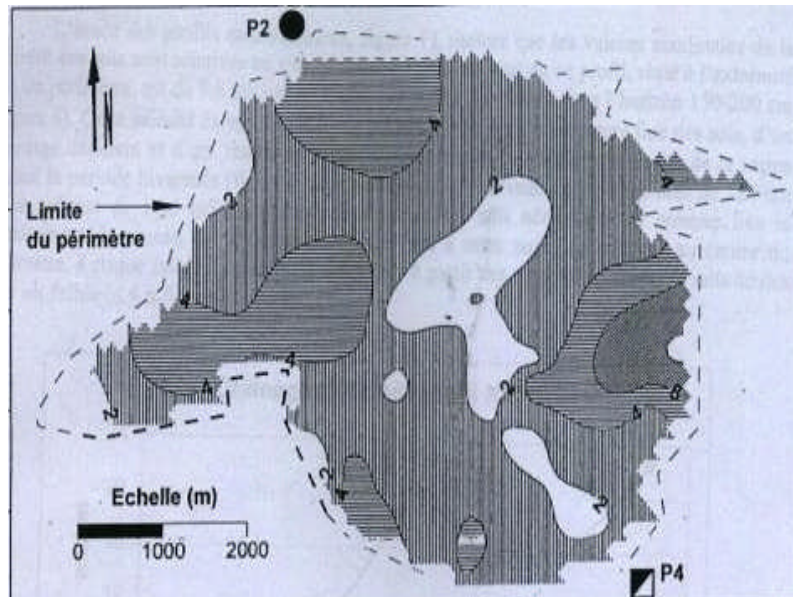
26 avril 2008

□ CEE(dS/m) < 1,8 ■ 1,8 < CEE (dS/m) < 4,2 □ 4,2 < CEE(dS/m)

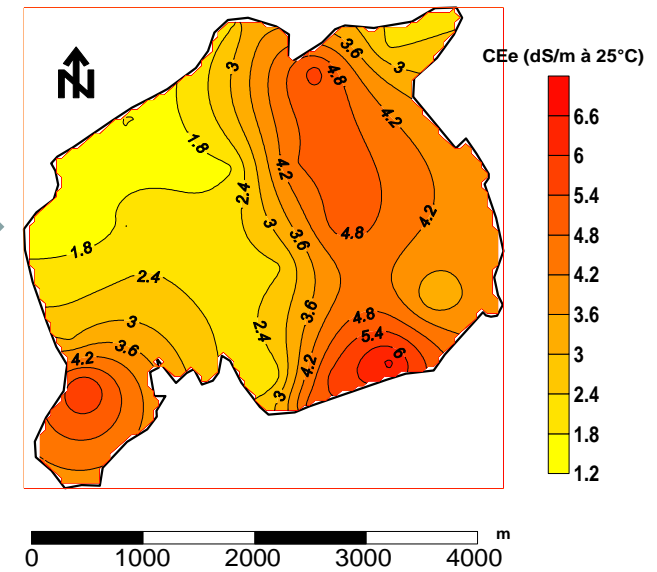


31 août 2008

Evolution de la salinité entre Octobre 1997 et Août 2008



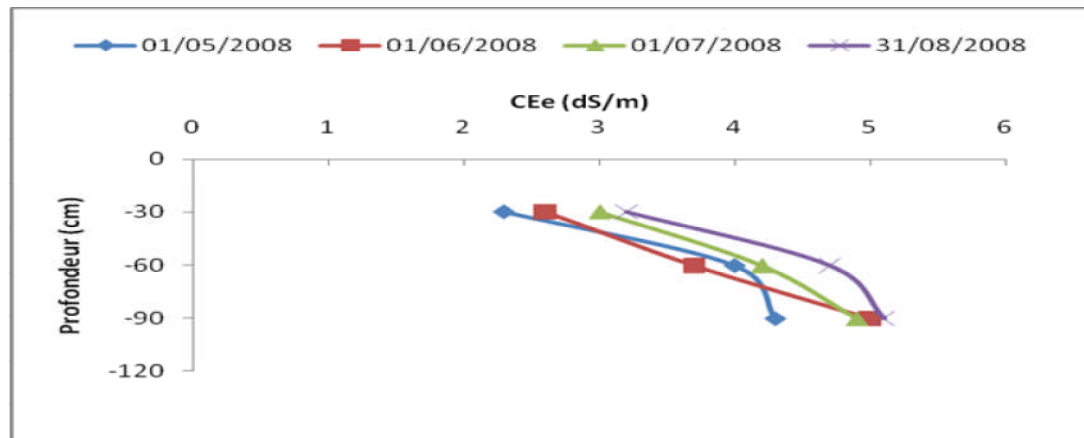
**Carte salinité de sol
(octobre; 1997)
(Bouksila et al)**



Carte salinité de sol (août 2008)

Salinité de profils du sol

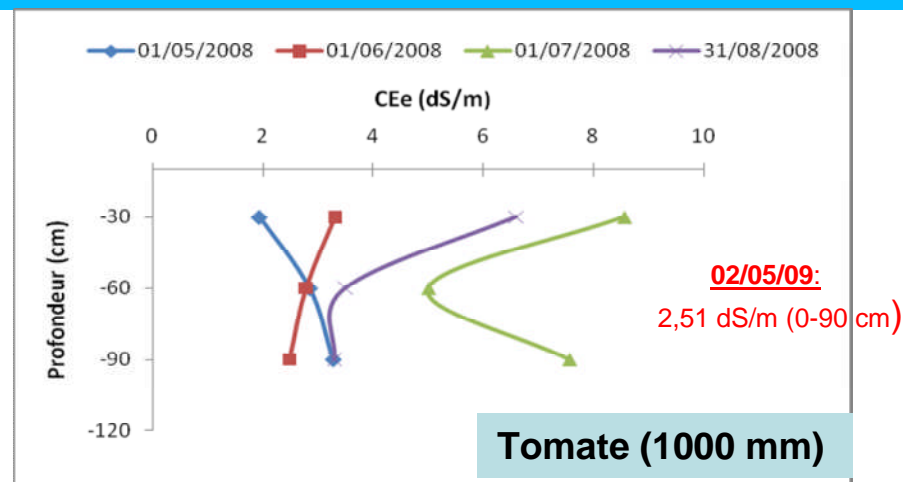
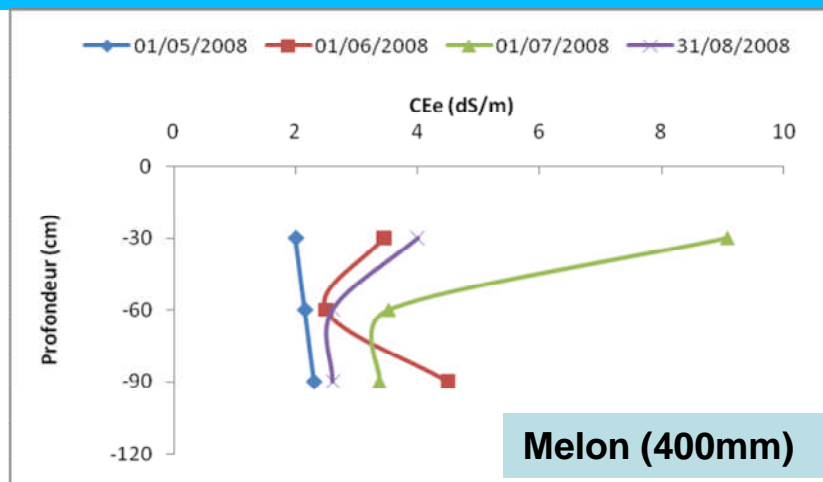
Sous parcelle en jachère



	01/05/2008	01/06/2008	01/07/2008	31/08/2008
Salinité moyenne (0-60 cm)	3,15	3,15	3,6	3,95
Salinité moyenne (60-90 cm)	4,15	4,35	4,55	4,9
Salinité moyenne(0-90 cm)	3,53	3,77	4,03	4,33

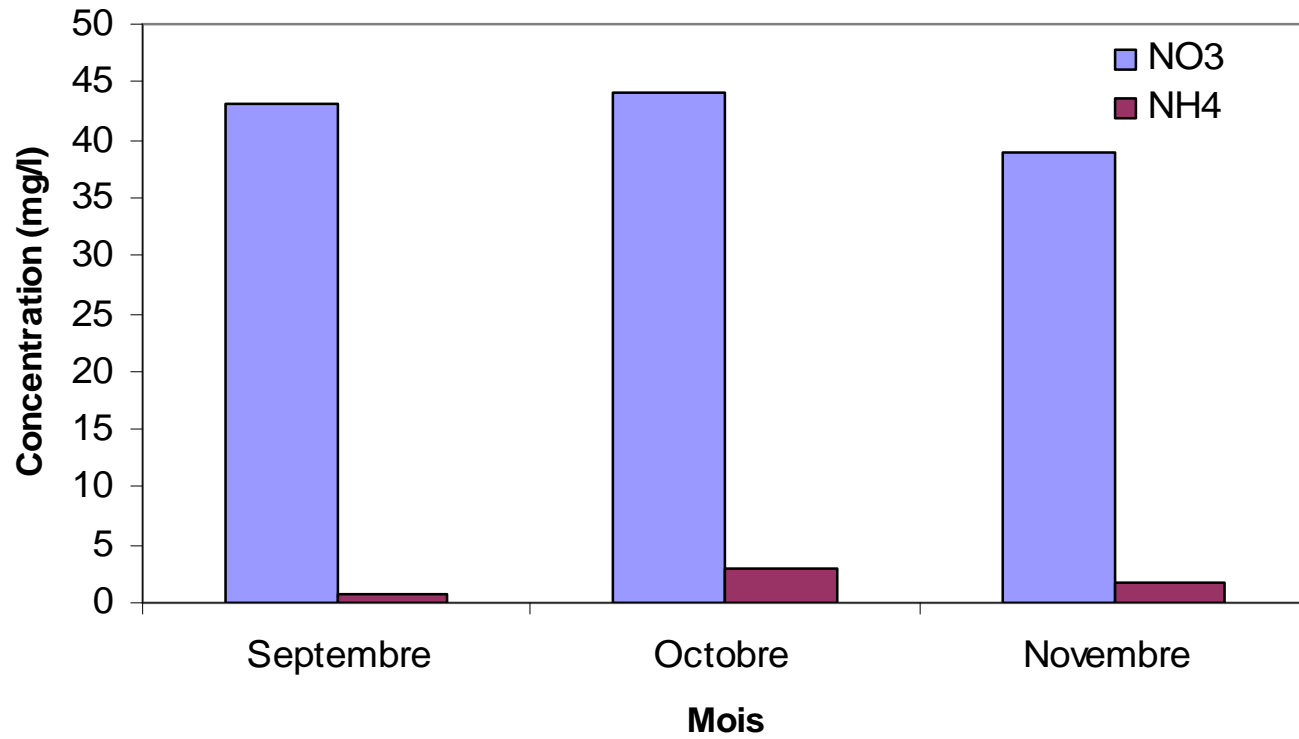
•Augmentation de la salinité du sol au cours de temps  Remontée des sels (évaporation)

Salinité dans les parcelles irriguées (Mai-août)



	Parcelle	Couche (cm)	01/05/08	01/06/08	01/07/08	31/08/08	Accumulation de sels
Quantité de sels t/ha	Jachère	0-60	9,72	10,18	10,8	11,11	1,39
		60-90	6,63	7,71	7,56	7,87	1,24
	Melon	0-60	7,37	9,39	20,94	15,58	8,21
		60-90	5,07	3,83	11,68	5,1	0,03
	Tomate	0-60	6,4	9,18	47,44	22,55	16,4
		60-90	3,55	6,94	5,16	4,02	0,47

- Importance des stocks de sels pour la couche (0-60cm): zone racinaire
- Importance de stock de sels sous tomate (importance d'apports d'eau d'irrigation 10000 m³/ha)
- Rendement faible de la tomate
- Bouchage de drains.



Variation mensuelle de nitrate et d'ammonium dans l'eau de drainage

Modélisation du bilan hydrosalin

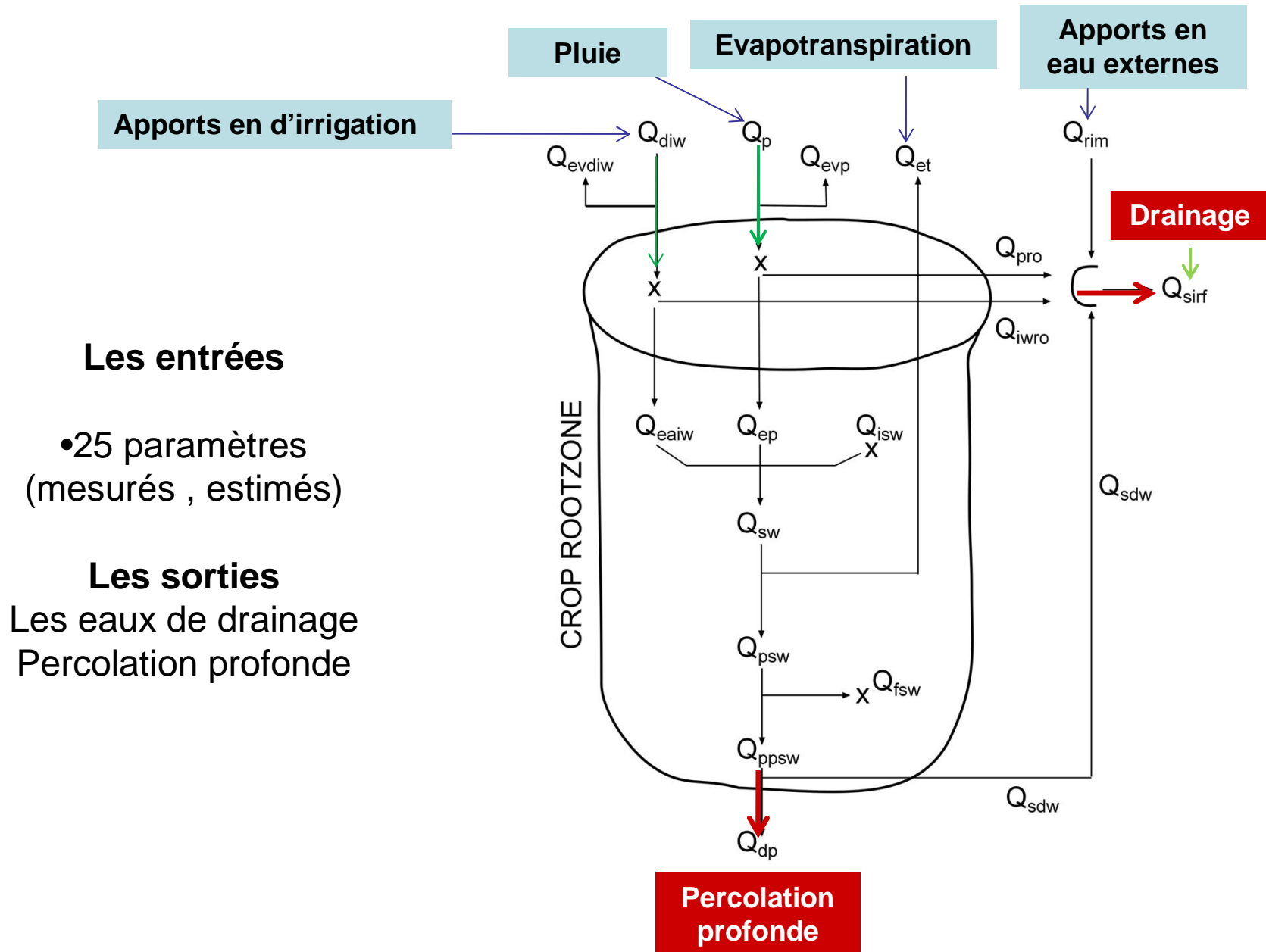
Présentation du modèle « CIRFLE »

- Basé sur les équations du bilan (eau, sel)
- Applicable pour de grands systèmes
- Applicable pour une longue période (saison d'irrigation ,année hydrologique)
- Applicable pour la zone racinaire
- Estimation du volume, de la concentration et de la quantité totale des sels dans les eaux de drainage

Objectifs

- Simulation de scénarii de gestion de l'irrigation et de contrôle de la salinité
- (calcul de la FL, WUE, IE)

Modèle Cirfle



Les entrées

- 25 paramètres (mesurés , estimés)

Les sorties

- Les eaux de drainage
- Percolation profonde

Modélisation : calage et vérification

Calage du modèle (2006/2007)			
Paramètres	Mesurés	Calculés par CIRFLE	Erreur (%)
Volume d'eau drainé Qsirf (10 ⁶ m ³)	5,4	5,2	3,7
Concentration en sels des eaux de drainage Csirf(g/l)	6,4	6,4	0
Quantité des sels des eaux de drainage Msirf (tonnes)	33 939,4	33 502,9	1,2

Vérification du modèle (2007/2008)			
Paramètres	Paramètres mesurés	Paramètres calculés par CIRFLE	Erreur (%)
Volume d'eau drainé Qsirf (10 ⁶ m ³)	5,8	5,7	2
Concentration en sels des eaux de drainage Csirf (g/l)	5,85	6,87	- 17,4
Quantité des sels des eaux de drainage Msirf (tonnes)	34 214,28	39 369,1	-15

Paramètres de l'efficacité de l'utilisation de l'eau

Année	FL: Fraction de lessivage	WUE: Efficience de l'utilisation de l'eau	IE: Efficience de l'irrigation
2006/2007	0,2	0,8	0,8
2007/2008	0,2	0,7	0,8

Scénario1: Régimes pluvieux

Année	Paramètre	Volume d'eau drainé Qsirf (10 ⁶ m ³)	Concentration en sels des eaux de drainage Csirf (g/l)	Quantité des sels des eaux de drainage Msirf (tonnes)
Année sèche 2001/2002 (P = 288 mm)	mesuré	3,94	8	31572
	calculé	4,4	9,19	40369,1
Année humide 2003/2004 (P = 800 mm)	mesuré	12,11	9,81	118799
	calculé	13,2	3,51	46247,9
Année moyenne 1998/1999 (P=487 mm)	mesuré	6,4	6,5	41955
	calculé	4	6,2	24827,7

- Pour le volume de drainage: Concordance entre valeurs mesurées et calculées pour année sèche et année humide
- Pour la salinité des eaux de drainage: Concordance entre valeurs mesurées et calculées pour l'année sèche et l'année moyenne

Scénario 2: Réduction des apports d'eau d'irrigation

- Economie de l'eau
- Utilisation efficace de l'eau d'irrigation (besoins d'irrigation, besoins de lessivage)

Paramètres	Année hydrologique 2007/2008 Pluie (414 mm)	Réduction des apports de 10%	Réduction des apports de 20%	Réduction des apports de 30%	Réduction des apports de 32%	Réduction des apports de 40%
Volume d'eau d'eau drainé (10 ⁶ m ³)	5,7	4,7	3,6	2,5	2,3	1,5
Concentration en sels des eaux de drainage Csirf (g/l)	5,85	7,16	7,56	8,214	8,427	9,49
Quantité des sels des eaux de drainage Msirf (tonnes)	34214,28	33433,6	27329,2	20901,9	19236	13868,2
Bilan de sels (tonnes)	-1423,4	-7710,5	-4398,6	-1121,1	396,3	3490,1

➔ Actuellement le périmètre est en désalinisation (jusqu'à 30%)

Risque de salinisation



Scénario 3: Dégradation de la qualité d'eau d'irrigation

Volume d'eau d'irrigation $7,35 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (-32 %), Pluie= 414 mm


Salinité de l'eau d'irrigation (g/l)	3	3,5	4	4,5
Bilan de sels (tonnes)	1254 ,7	1291	2024	2757,9



La salinisation est de plus en plus accentuée

Conclusion

A l' échelle globale

- Tendence annuelle à la désalinisation du périmètre
- Durant les deux campagnes: accumulation de sels pendant la saison d'irrigation estivale (tomate et de melon).
- Salinité moyenne est passée de 3,27 dS/m à 3,87dS/m entre 26 avril 2008 et 31 août 2008
- Pourcentage de surface ayant une salinité > 4,2 dS/m
  1,6 % (26 avril 2008) à 30,6 % (31 août 2008)
- **Zones sud plus vulnérables à la salinisation**

A l' échelle locale

- Augmentation du stock de sels (tomate: 16,4 t/ha; melon:8.21t/ha)
- Chute de rendement de la tomate (50 t/ha)
- Stock de sels importants dans la couche racinaire (0-60cm: 16.4 t/ha et 60-90cm: 0.47 t/ha pour la tomate).

Modélisation

Scénario de régimes pluvieux

- Pour le volume de drainage: Concordance entre valeurs mesurées et calculées pour année sèche et année humide
- Pour la salinité des eaux de drainage: Concordance entre valeurs mesurées et calculées pour l'année sèche et l'année moyenne

Scénario d'une réduction des apports en eau d'irrigation

- Réduction de l'apport en eau d'irrigation plus que 32% engendre une accumulation de sel
- **Scénario de dégradation de la qualité d'eau d'irrigation**
- Problème de salinisation accentué

Perspectives

- Estimation des besoins en eau des cultures et des besoins de lessivage sous une irrigation GAG pour pallier à l'augmentation de la Salinité dans la zone racinaire.
- Minimisation du volume d'eau de drainage afin d'optimiser le coût de pompage
- Entretien et opération de nettoyage des drains

*Merci pour votre
attention*



Vue générale de l'oued Mejerda et de la SECADNORD



Canal de Mejerda



Emissaire nord



Station de pompage P4

	Entrées du modèle
Area	Superficie irriguée (ha)
Qdiw	Apports d'eau d'irrigation (10 ⁶)
Eiae	Efficiencie de l'application des eaux d'irrigation
Qp	Pluie (10 ⁶ m)
prc	Coefficient de l'écoulement de l'eau de pluie
pec	Coefficient de l'évaporation de l'eau de la pluie
Qisw	Teneur en eau initiale (%)
Qfsw	Teneur en eau finale(%)
Dr	Profondeur racinaire moyenne (m)
ETc	Evapotranspiration des cultures
dpc	Coefficient de percolation profonde
Qrim	Apports en eau externes (mm)
Crim	Concentration en sels des apports en eau externes (mg/l)
Cdiw	Concentration en sels des eaux d'irrigation (mg/l)
Ciwrp	SALT PICKUP BY TAILWATER (mg/l)
Cp	Concentration en sels de l'eau de pluie(mg/l)
Cprosp	SALT PICKUP BY PREC. (mg/l)
ECe	Conductivité électrique de la pâte saturée(dS/m)
SP	Pourcentage de saturation. (%)
Db	Densité apparente (g /cm ³)
GP	Gypse de sol (%)
k	Coefficient de l'efficiencie de lessivage
a	SALT PICKUP-SALT DEPOSITION
b	SALT PICKUP-SALT DEPOSITION

Galaat landalous
calibration

Superficie irriguée

Apport d'eau d'irrigation

Efficience de l'application de l'eau

Coefficient de l'évaporation de l'eau d'irrigation

Quantité de précipitation

Concentration des flux d'eau latéraux

Salinité de l'eau d'irrigation

Evapotranspiration réelle

Coefficient de percolation profonde

Input Data for the Area | Output Data for the Area

Name calibration

Area	2905	ha	Q _{isw}	14.3	g/100 g	Db	1.5	g/cm ³
Q _{diw}	9.75	hm ³	Q _{fsw}	17.6	g/100 g	Gypsum <input checked="" type="radio"/> Yes <input type="radio"/> No 0 %		
E _{iae}	0.98		D _r	0.6	m	K	0.3	
i _{wec}	0.01	hm ³	E _{Tc}	15.82	hm ³	a (C _{sp} -C _{sd})	-95	
Q _p	12.82		d _{pc}	0.01		b (C _{sp} -C _{sd})	3800	
p _{rc}	0.07		Q _{rim}	0	hm ³			
p _{ec}	0.04		SP	49	%			
C _{diw}	2400	mg/l	C _p	30	mg/l			
C _{rim}	0	mg/l	C _{prosp}	1500	mg/l			
C _{iwrp}	0	mg/l	E _{Ce}	3.5	dS/m			

Description

Calculate | Sensitivity Analysis | New Water Type

Teneur en eau initiale

Teneur en eau finale

Densité apparente

Coefficient de l'efficiencie de lessivage

Salinité de la pluie

Salinité de l'eau enlevée par la pluie

Salinité de sol

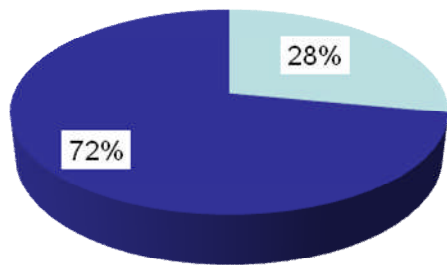
Profondeur racinaire

Pourcentage de saturation

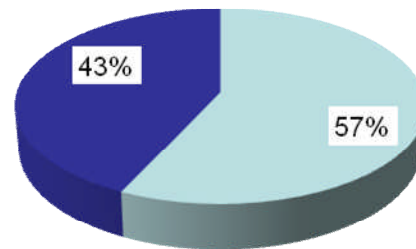
Salinité de pluie

Coefficient de l'efficiencie de lessivage

■ CEE > 3 dS/m ■ CEE < 3 dS/m



■ CEE > 3 dS/m ■ CEE < 3 dS/m



■ CEE(dS/m) < 2 ■ 2 < CEE(dS/m) < 4 ■ 4 < CEE(dS/m)

