



MICROFICHE N°

08220

République Tunisienne

MINISTRE DE L'AGRICULTURE

CENTRE NATIONAL DE

DOCUMENTATION AGRICOLE

TUNIS

الجمهورية التونسية  
وزارة الزراعة

المركز القومي  
للتوثيق الفلاحي  
تونس

F 1

ES 263

REPUBLIQUE TUNISIENNE  
MINISTRE DE L'AGRICULTURE  
DIRECTION DES SOLS



**irrigation et salure dans le  
périmètre irrigué de zelba-1**

M. HACHICHA et H. BEN HASSINE

**1993**

Ministère de l'Agriculture  
DIRECTION DES SOLS

IRRIGATION ET SALURE  
DANS LE PERIMETRE IRRIGUE  
DE ZELBA-I  
-----

Par M. HACHICHA et H. BEN HASSINE  
-----

Août 1991

## Irrigation et salure dans le périmètre irrigué de Zelba-I

### R E S U M E

Dans le cadre des activités de suivi et de contrôle de l'évolution des terres irriguées il a été décidé d'assurer un diagnostic périodique de l'état de la salinité du sol pour le cas du périmètre irrigué de Zelba-I.

La démarche employée a comporté les étapes suivantes: prélèvement des échantillons, établissement de corrélation  $CE_s / CE(1/5)$  et analyse de la variabilité de la salure.

Les résultats de ces prélèvements effectués lors de trois campagnes successives: septembre 88, mai 89 et septembre 89, ont permis l'identification de trois approches complémentaires de caractérisation de l'état de salinité du sol:

- L'analyse de la tendance d'évolution des profils salins sur deux axes de prélèvement coupant perpendiculairement le périmètre,

- L'analyse de la répartition spatiale de la salinité, à l'échelle bidimensionnelle, sur les trois niveaux de prélèvement,

- La recherche de relation entre salinité du sol, consommation en eau et type de culture.

Ces trois approches ont toutes mis en évidence que l'eau d'irrigation et sa gestion sont à l'origine d'une accumulation saline très prononcée dans l'horizon de surface. En effet, le nombre important de profils salins ascendants par rapport aux autres formes de profils identifiés, les vastes zones de salinité élevée apparaissant dans les cartes d'isosalinités et enfin l'existence d'une relation évidente entre salure de surface et consommation en eau d'irrigation, constituent les preuves manifestes d'une telle relation. L'explication de cette tendance de salinisation doit être attribuée à deux facteurs essentiels intervenant directement sur la gestion de l'eau d'irrigation:

- D'abord, le climat de type aride, qui tend à concentrer les sels par des mouvements ascendants vers la surface,

- Ensuite, les quantités d'eau d'irrigation sont insuffisantes pour qu'on puisse parler de fractions lessivantes.

Mais malgré ces tendances évolutives vers une salinisation de l'horizon de surface, un état inattendu de cette salinité est apparu l'hiver suivant suite aux fortes pluies enregistrées au cours de cette saison. Un entraînement considérable des sels en profondeur a été obtenu. Le sol du périmètre arrive donc à évacuer ses sels malgré une fraction fine dominante. Ceci reste vrai tant que la structure ne manifeste pas des signes apparents de dégradation par la sodification du complexe absorbant.

## S O M M A I R E

- 1- INTRODUCTION
  - 2- PRESENTATION DU PERIMETRE IRRIGUE DE ZELBA
  - 3- RAPPEL DES ETUDES ANTERIEURES
  - 4- DEMARCHE DE L'ETUDE
    - 4.1- Prélèvements des échantillons
    - 4.2- Etablissement de corrélations
  - 5- EVOLUTION DE LA SALURE DES SOLS
    - 5.1- Occupation des terres et gestion de l'eau
    - 5.2- Analyse statistique sommaire et distribution des mesures
    - 5.3- Variation verticale de la salure
    - 5.4- Répartition spatiale de la salure
    - 5.5- Répartition latérale des sels
    - 5.6- Efficacité du lessivage des sels par les eaux
  - 6- CONCLUSION
- BIBLIOGRAPHIE
- ANNEXES



Cette augmentation de la salinité de l'eau d'irrigation accroît les risques de salinisation et d'alcalinisation déjà élevés dans ces sols.

Tableau 1 Composition chimique de l'eau d'irrigation Forage Zelba-1

Date de Prélèvement	10/05/1986	11/10/1988
pH	7.9	8.1
RS g/l	4.5	5.0
SAR	14.0	16.6
ESP	16.0	19.0
Ca <sup>++</sup> mg/l	15.0	11.8
Mg <sup>++</sup> mg/l	17.0	11.7
Na <sup>+</sup> mg/l	48.0	57.0
K <sup>+</sup> mg/l	0.7	0.7
Cl <sup>-</sup> mg/l	43.2	55.0
SO <sub>4</sub> <sup>--</sup> mg/l	22.1	22.0
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> mg/l	5.0	4.0

### 3-RAPPEL DES ETUDES ANTERIEURES

Le suivi de la parcelle expérimentale entre novembre 85 et septembre 87 ( ES-248 ), a montré une nette évolution de la salure du sol. Cette salinité s'était plus ou moins stabilisée à 6 ms/cm. Elle avait une tendance à augmenter en profondeur, puis progressivement remonter vers les niveaux superficiels, mais comme les irrigations étaient suffisantes, on parvenait à maintenir une salinité acceptable, voisine de celle de l'eau d'irrigation. Cependant, chez les agriculteurs, les doses et les fréquences des irrigations étant plus faibles, les sels s'accumulaient à un niveau très proche de la surface, entraînant une salinisation des sols plus rapide et plus importante.

D'un autre côté, la prospection par conductivimétrie électromagnétique réalisée en Juin 1988 (BEN HASSINE et al. 1989) a fait ressortir pour une parcelle de 3 ha une nette évolution de la salure globale du sol pour les sous-parcelles cultivées en luzerne; celles cultivées en orge gardaient une très faible salure globale.

### 4-DEMARCHE DE L'ETUDE

La démarche employée a comporté les étapes suivantes:

- prélèvement des échantillons,
- établissement de corrélation CEs / CE(1/5),
- analyse de la variabilité de la salure.

#### 4.1- Prélèvements des échantillons:

Ils ont été effectués en septembre 1988 selon un maillage assez régulier. Pour chaque 1/2 ha correspond un point de prélèvement, soit 6 par parcelle de 3 ha (superficie de

l'unité parcellaire). Ces prélèvements ont été réalisés pour les profondeurs suivantes:

- 0-35 cm: prélèvement effectué entre 15 et 25 cm
- 35-65 cm: prélèvement effectué entre 45 et 55 cm
- 65-85 cm: prélèvement effectué entre 65 et 85 cm

Au niveau de chaque point nous avons noté aussi le type de culture existant.

#### 4.2- Etablissement de corrélations:

Pour les échantillons prélevés, nous avons déterminé simultanément la conductivité électrique sur extrait de pâte saturée [CEs] et la conductivité électrique au 1/5 [CE(1/5)]. Ainsi, nous avons:

- pour 0 - 35 cm : CE<sub>s1</sub>
- pour 45 - 55 cm : CE<sub>s2</sub>
- pour 65 - 85 cm : CE<sub>s3</sub>

Ces trois conductivités qui correspondent à trois niveaux différents ont permis de calculer une CE<sub>s</sub> moyenne (CE<sub>sM</sub>). (CHUESI, 1970) :

$$CE_{sM} = 1/4 * ( 2 * CE_{s1} + CE_{s2} + CE_{s3} )$$

Notre objectif dans cette recherche de corrélation est d'alléger les analyses et de procéder vite dans l'avenir sans que cela n'affecte la qualité de l'information.

Ces corrélations sont déterminées pour chaque niveau (régression linéaire simple) :

CE <sub>s1</sub> = -1.089 + 10.334 * CE(1/5)	r = 0.972	n = 78
CE <sub>s2</sub> = -0.075 + 7.581 * CE(1/5)	r = 0.941	n = 78
CE <sub>s3</sub> = -0.488 + 7.976 * CE(1/5)	r = 0.947	n = 78
CE <sub>sM</sub> = -0.964 + 9.641 * CE(1/5)	r = 0.959	n = 78

Les valeurs très significatives de r (comprises entre 0.941 et 0.972), nous ont permis d'estimer les CE<sub>s</sub> à partir de ces relations pour les campagnes de mesure de mai et septembre 89.

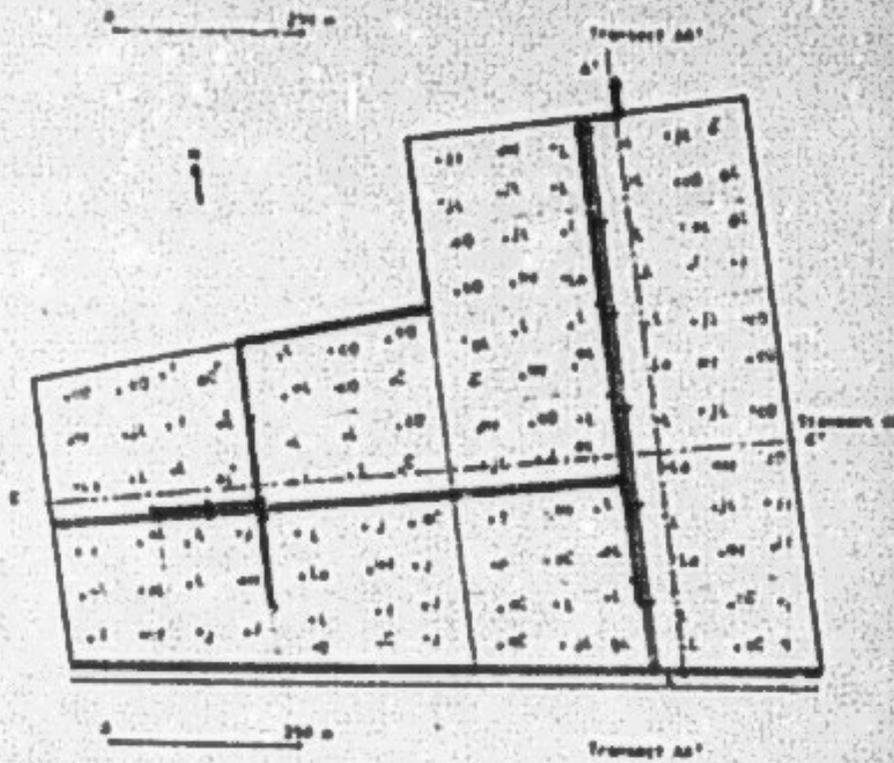
## 5-EVOLUTION DE LA SALURE DES SOLS

### 5.1-Occupation des terres et gestion de l'eau (fig.1):

Le périmètre irrigué de Zelba-I se subdivise en 20 lots alimentés chacun par une vanne d'irrigation. Prévu initialement à 36 l/s, le débit actuel varie entre 7 et 14 l/s. Le tour d'eau est variable en fonction des saisons et de la situation de la parcelle. En général, il est de 10 à 15 jours et parfois plus.

Niveau d'irrigation : ————  
 Limite des parcelles : - - - - -  
 Limit du drainage : - - - - -  
 Echelle : 1/2000  
 0 200 m

Septembre 1988



Mai 1989

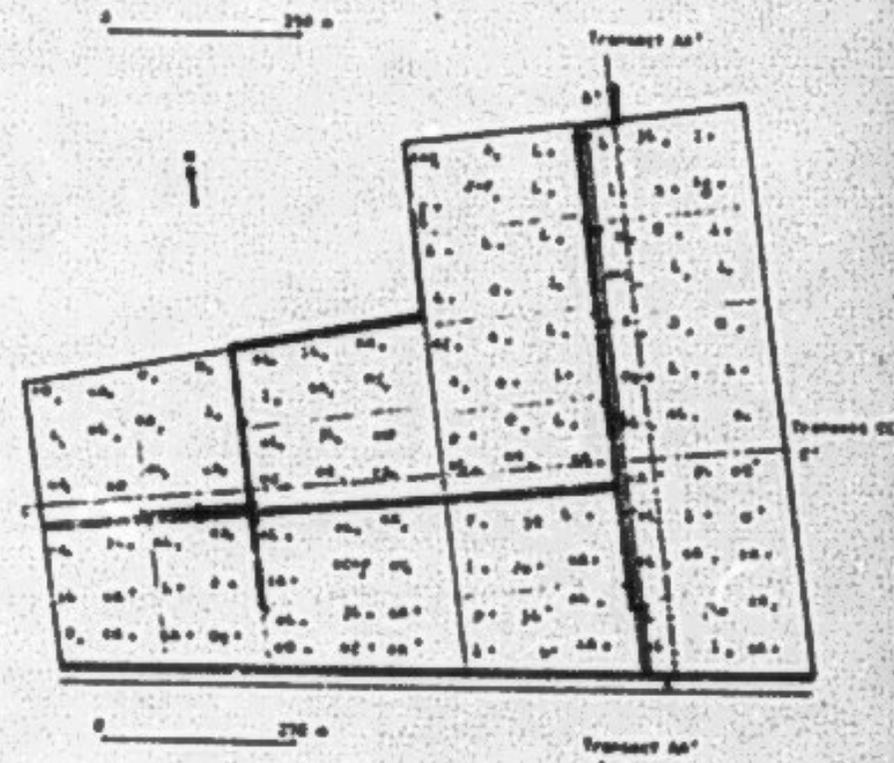
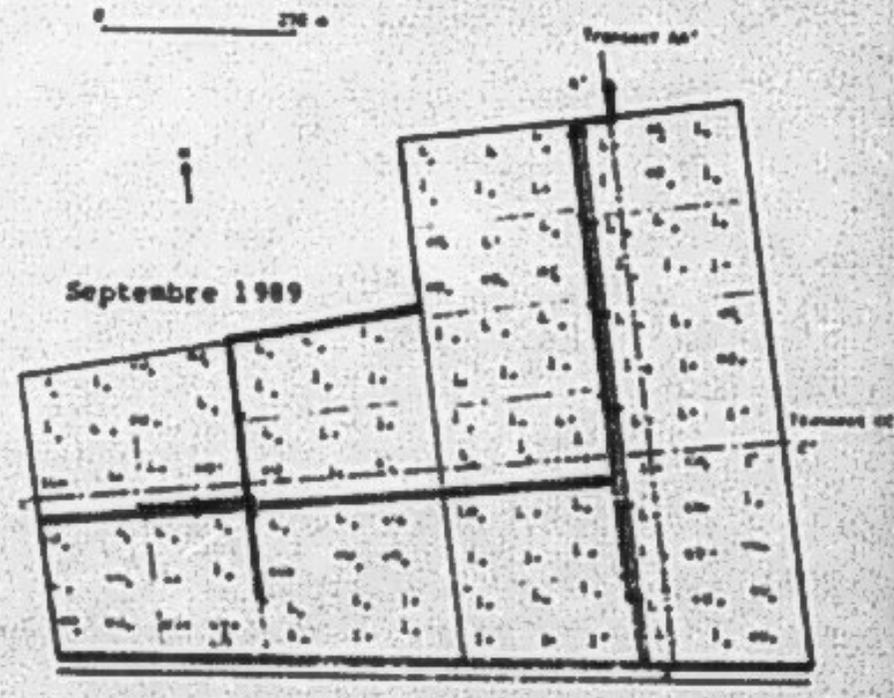


Fig.1. Occupation des terres

Septembre 1989



- Cultures
- |                         |                         |
|-------------------------|-------------------------|
| a : avoine              | aC : ancien coton       |
| al : ancienne luzerne   | B : blé                 |
| b : blette              | C : coton               |
| ca : chaume d'avoine    | Ca : culture maraîchère |
| co : chaume d'orge      | F : fève                |
| gl : gros labour        | L : luzerne             |
| la : luzerne abandonnée | l : labour              |
| J : jachère             | JL : jeune luzerne      |
| jl : jachère labourée   | NF : pois fourrager     |
| o : orge                | P : pastèque            |
| p : plant               | Op : oignon             |
| S : sorgho              | T : tomate              |

Chaque irriguant étant en possession de 3 ha, seule la moitié est irriguée chaque année, la deuxième moitié est conduite en sec orge ou jachère. C'est ainsi que sur 120 points de prélèvements, 54 correspondaient à des parcelles effectivement irriguées.

Le périmètre a été d'abord aménagé pour une fin de production fourragère, compte-tenu de la qualité médiocre des eaux. La luzerne a donc été la culture la plus suivie. Nous avons dénombré 52 sites de prélèvements occupés par la luzerne en septembre 1988. Ce chiffre a diminué pour atteindre 39 en mai 89 et 40 en septembre 89 (tableau 2).

En septembre 88, nous avons remarqué que la luzerne est suivie du coton et du maïs fourrager. Ces cultures grandes consommatrices d'eau sont pratiquées sur les parcelles situées à côté des vannes de distribution de l'eau au niveau de chaque irriguant.

Les faibles rendements enregistrés sur les autres cultures a conduit les agriculteurs à se limiter presque à la luzerne en irrigué, et à conduire des cultures en sec en hiver sur des sols presque jamais irrigués. Certaines cultures, comme le coton ont disparu après leur apparition durant les deux premières années de la mise en eau.

Tableau 2 Etat d'occupation du sol

Période de Prélèvement	Nombre de sites occupés par une culture donnée		
	Luzerne	Jachère ou Coton	Cultures diverses
Septembre 88	52	45	21
Mai 89	39	41	40
Septembre 89	40	64	6

Les cultures ont régressé considérablement en septembre 89 à la faveur d'une augmentation des sites non cultivés. Les mauvais rendements des cultures irriguées et la progression de la salinisation des sols en sont les causes. Des espèces de plantes indicatrices d'une salure excessive de sols ont fait leur apparition dans des luzernières abandonnées.

#### 5.2-Analyse statistique sommaire et distribution des mesures

L'analyse sommaire des mesures de la CE permet de constater qu'en moyenne, la salure du sol est plus forte en surface qu'en profondeur, ceci reste vrai au cours des trois campagnes de mesures. Une légère baisse est constatée en surface en mai 89. Cet état s'est stabilisé six mois plus tard. D'autre part, cet abaissement s'est accompagné d'une légère augmentation dans les autres niveaux. Les sols lessivés

en surface ce sont accumulés un peu plus en profondeur. Ils sont restés cependant dans les horizons d'activités maximum des racines, donc à effets néfastes sur le développement normal des cultures. Ces constatations ne sont toutefois que très générales, car les valeurs moyennes de CE possèdent des écarts-types et des coefficients de variation assez élevés (Tableau 3).

La distribution des mesures est plus étendue pour le niveau de surface que pour les autres niveaux, ce qui traduit une variance plus grande pour le premier.

Tableau 3 Analyse statistique sommaire des conductivités électriques

Campagne	CE	N	Moy.	Ec.-Type	Min.	Max.	C.V(%)
Septembre 88	CE1	120	7.8	4.3	0.5	26.6	58.8
	CE2	120	5.2	2.3	0.5	13.0	44.2
	CE3	120	4.1	2.0	0.8	11.5	48.8
	CEM	120	6.1	2.8	0.6	15.8	45.9
Mai 89	CE1	120	6.7	4.6	0.7	24.9	68.7
	CE2	120	5.6	2.4	1.2	10.7	42.9
	CE3	120	4.8	2.6	1.0	23.1	54.2
	CEM	120	5.9	3.1	1.0	16.0	52.5
Septembre 89	CE1	120	6.8	4.8	0.5	29.9	70.6
	CE2	120	5.6	2.7	1.0	16.9	48.2
	CE3	120	4.6	2.4	0.5	12.4	52.1
	CEM	120	6.0	3.3	0.6	20.2	55.0

### 5.3-Variation verticale de la salure

Les profils salins des divers points de prélèvement représentés selon les valeurs des trois profondeurs se répartissent comme suit:

Tableau 4 Répartition des profils salins

Campagne	Profil salin	Sept. 88	Mai 89	Sept. 89
Axe AA'	Ascendants	5	4	6
	Descendants	1	5	1
	Verticaux	5	2	2
	Divers	0	0	2
Axe CC'	Ascendants	8	10	8
	Descendants	0	2	1
	Verticaux	3	0	2
	Divers	2	2	2

Les profils salins de type "Ascendants" ont été les plus nombreux sur les deux axes de prélèvement ( cf. 5.5 ) et pour les trois campagnes. Les points de prélèvements auxquels ils correspondent, sont le plus souvent des cultures de luzerne irriguées depuis un grand nombre d'années. Avec un climat aride, et des quantités d'eau souvent insuffisantes pour assurer un lessivage complet des sels, un appel vers la surface se produit et fait que le profil salin évolue logiquement vers le type ascendant. Là où le lessivage se produit, le sol présente la même salure que celle de l'eau d'irrigation sur toute sa profondeur, et le profil salin prend l'allure verticale.

Les profils descendants se retrouvent généralement dans un sol labouré et non irrigué depuis un certain temps. Le sel s'y est déplacé progressivement en profondeur.

La salinité de l'horizon de surface est par conséquent liée à l'eau d'irrigation qui est apportée en des fréquences élevées mais en des quantités généralement insuffisantes pour lessiver les sels en profondeur (capacité de rétention en eau du sol élevée). La culture la plus consommatrice d'eau et la plus accumulatrice en sels est la luzerne.

#### 5.4-Répartition spatiale de la salure:

##### 5.4.1- Situation en septembre 88 (Fig.2):

En surface, la salinité est moyenne à forte; elle dépasse par endroits les 18 mS/cm. Le seuil critique de salinisation de 8 mS/cm est dans plusieurs zones atteint. Les parcelles irriguées, en particulier les luzernières sont plus salées. Leur disposition spatiale coïncide avec celle du réseau d'irrigation.

Entre 35 et 65 cm, la salinité des sols est comprise essentiellement entre 4 et 8 mS/cm, avec parfois des îlots de plus faible ou plus forte valeur. Le sol paraît moins salé qu'en surface.

Enfin, en profondeur (65-85 cm), la salinité est moyenne à faible. Le sol devient moins salé que le niveau précédent.

A travers cette analyse, en allant du haut du profil vers le bas, nous observons un gradient décroissant de la salinité.

L'examen de la carte de distribution des valeurs de la CEsM (Fig.5) permet de constater une similitude entre celle-ci et CEs1. Cela est un peu prévisible, car dans le calcul de la CEs Moyenne (CEsM), le niveau de surface contribue à 50 % dans le calcul de cette valeur. Comme ce niveau est nettement plus salé que les deux autres, il n'en découle qu'une légère atténuation de la valeur de la salinité de surface. La répartition spatiale est ainsi assez similaire à celle de CEs1.

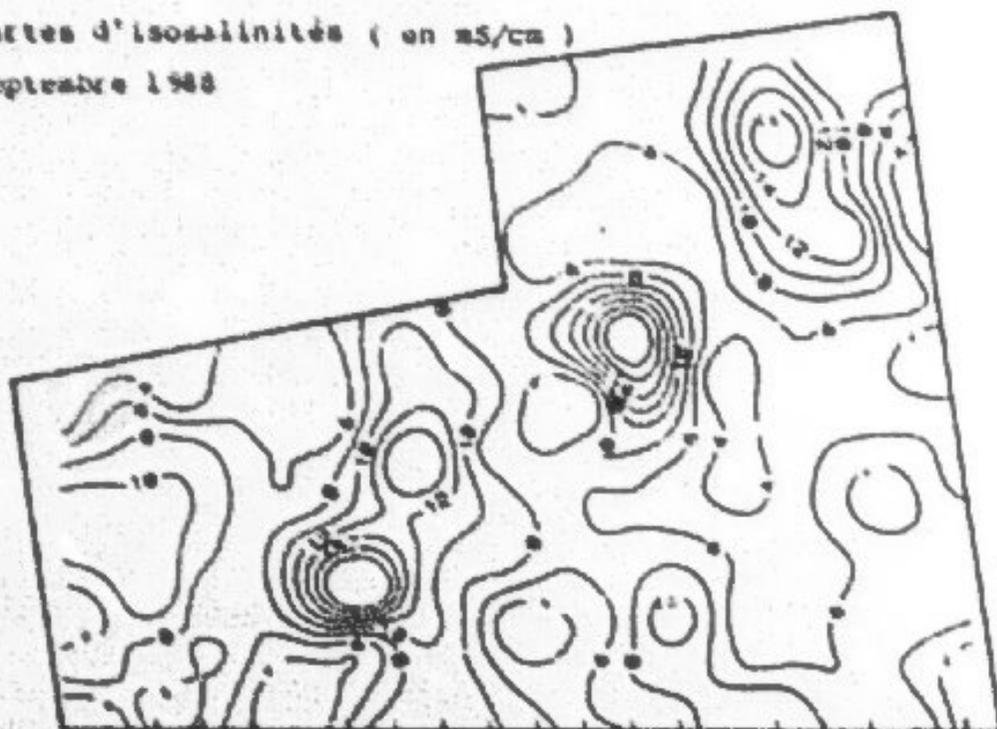
Une fois encore, on arrive ici à constater que l'effet de l'eau d'irrigation sur la salinisation des terres est net: un

Fig.2. Cartes d'isosalinités ( en  $\text{‰}$ /cm )

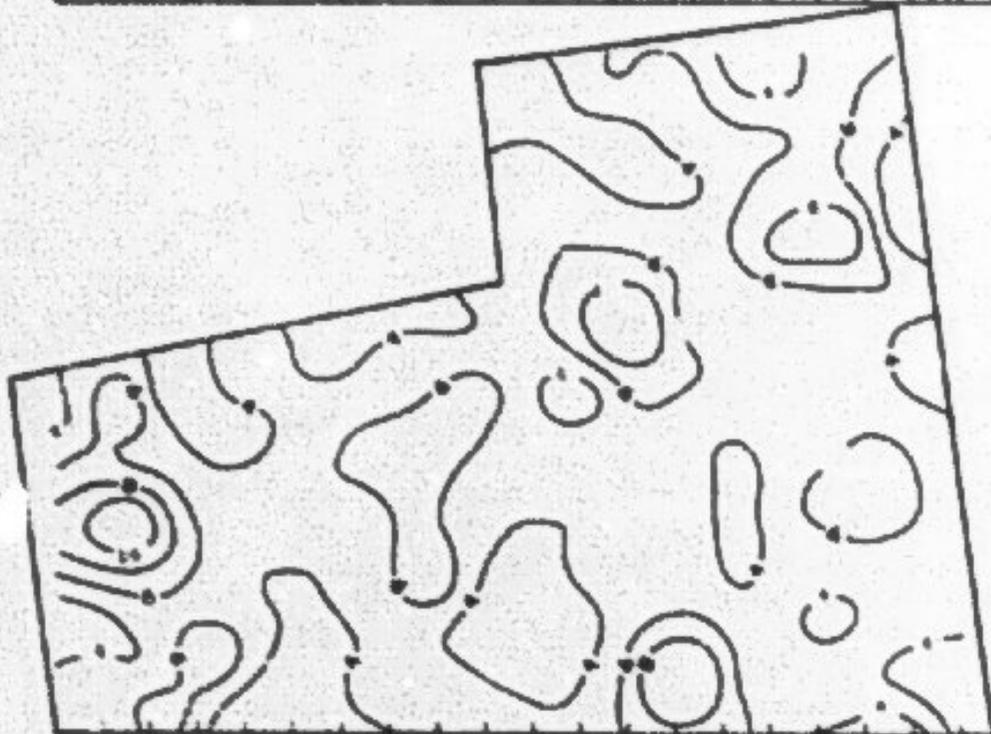
Septembre 1988

0 250 m

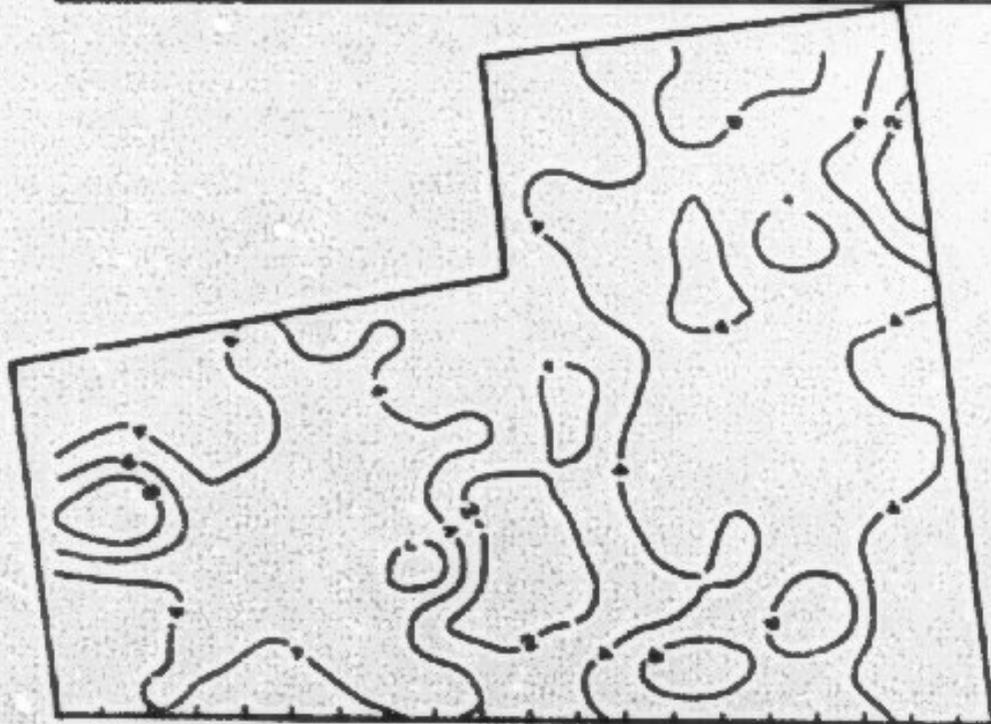
Niveau 0-35 cm



Niveau 35-65 cm



Niveau 65-85 cm



lien existe entre parcelle salée et parcelle irriguée. Ces dernières se trouvent localisées près des conduites d'irrigation et selon un axe Nord-Sud.

D'autre part, nous observons que la salure des zones affectées est plus forte au Sud du périmètre qu'au Nord, ceci s'explique par des doses d'eau plus réduites et des fréquences d'irrigations de plus en plus faibles.

5.4.2- Situation en mai 89 (Fig.3):

Par rapport à la situation précédente, nous observons une légère baisse de la salure en surface, et une repartition des zones salées légèrement différente. Les zones de forte salure en septembre 88 ne le sont plus autant en cette saison. Leur disparition s'accompagne toutefois d'une réapparition d'autres zones avoisinantes. Cela doit traduire un arrêt des irrigations dans les parcelles très salées, et une poursuite des irrigations dans les zones de salure moyenne.

Dans les niveaux moyens et profonds, l'homogénéisation de la salure du sol est assez nette. Elle augmente légèrement dans les zones faiblement salées et s'abaisse dans les endroits qui constituaient des noyaux salés. La salure se situe entre 4 et 8 mS/cm entre 35 et 65 cm et 4 et 6 en profondeur. Les parcelles situées sur l'axe Nord-Sud sont toujours les plus salées.

5.4.3- Situation en septembre 89 (Fig.4):

L'évolution de la salure est très nette aussi bien en surface qu'en profondeur. Il est évident qu'au stock de sels accumulé dès les premières années de la mise en eau se sont ajoutées d'autres quantités, conséquence du faible pouvoir lessivant des eaux pluviales et de l'insuffisance des doses d'irrigation. La salure moyenne est de l'ordre de 8 mS/cm sauf au niveau de deux plages où elle atteint les 20 mS/cm.

En 1985, avant la mise en eau, la salinité des sols était très faible, environ 1 mS/cm entre 0-35 cm, 1.5 mS/cm entre 35-65 cm et 2 mS/cm entre 65-85 cm.

Depuis la mise en eau, la situation a évolué d'une année à l'autre. Les fortes teneurs en sels par endroits ont rendu le sol peu productif. Une structure poudreuse en pseudo-sables apparaît en surface sur les bords des cuvettes irriguées et les rigoles de conduite d'eau traduisant ainsi une dégradation progressive de la structure et une sodification du complexe absorbant.

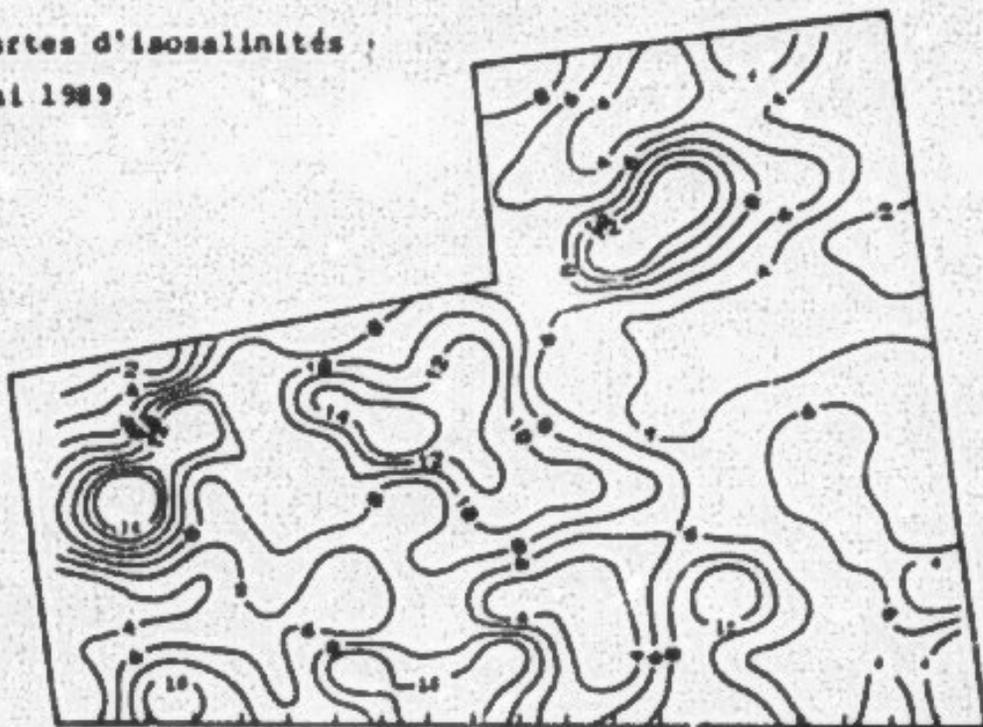
5.5-Répartition latérale des sels:

Deux transects SN et NE ont été choisis de telle manière qu'ils traversent le plus de luzernières possibles:

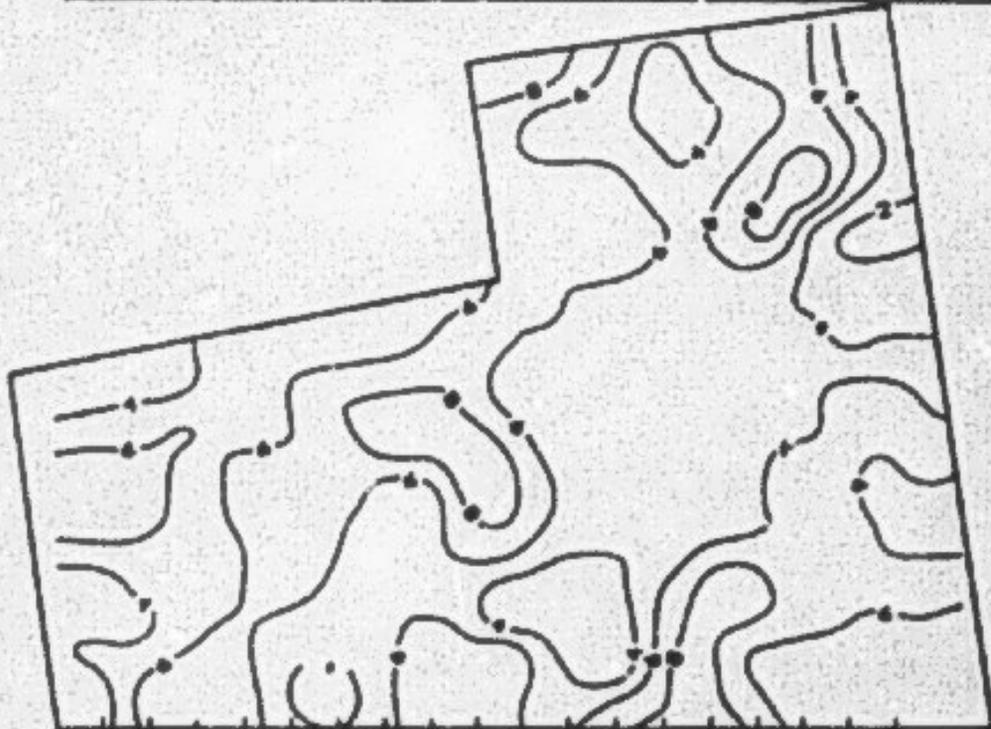
Fig. J. Cartes d'isosalinités ;  
Mai 1989

0 250 m

Niveau 0-35 cm



Niveau 35-65 cm



Niveau 65-85 cm

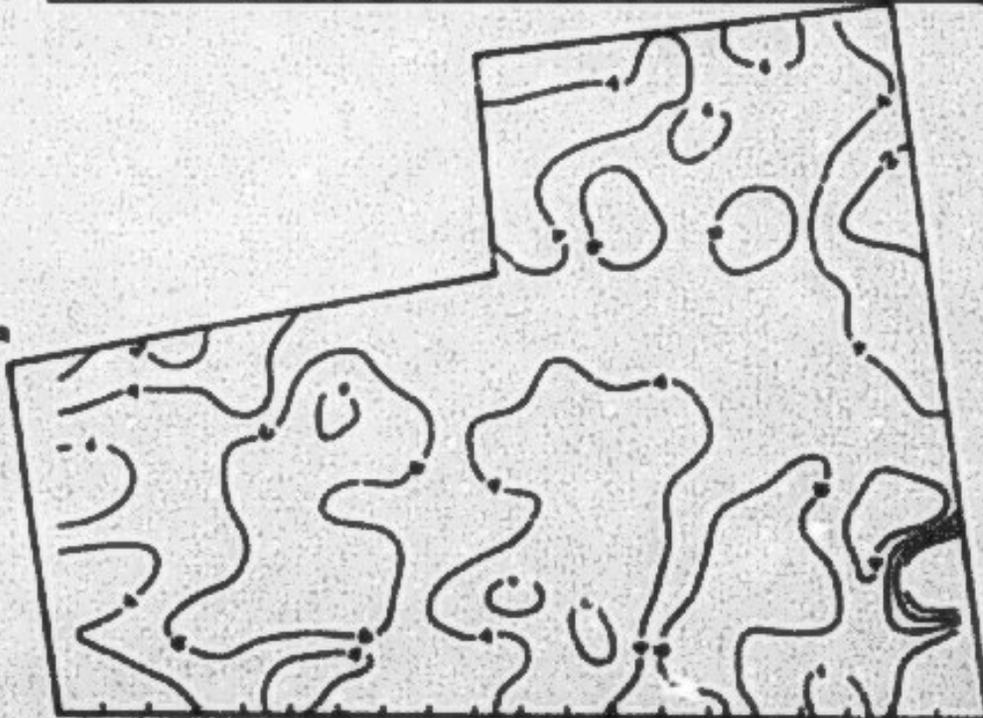
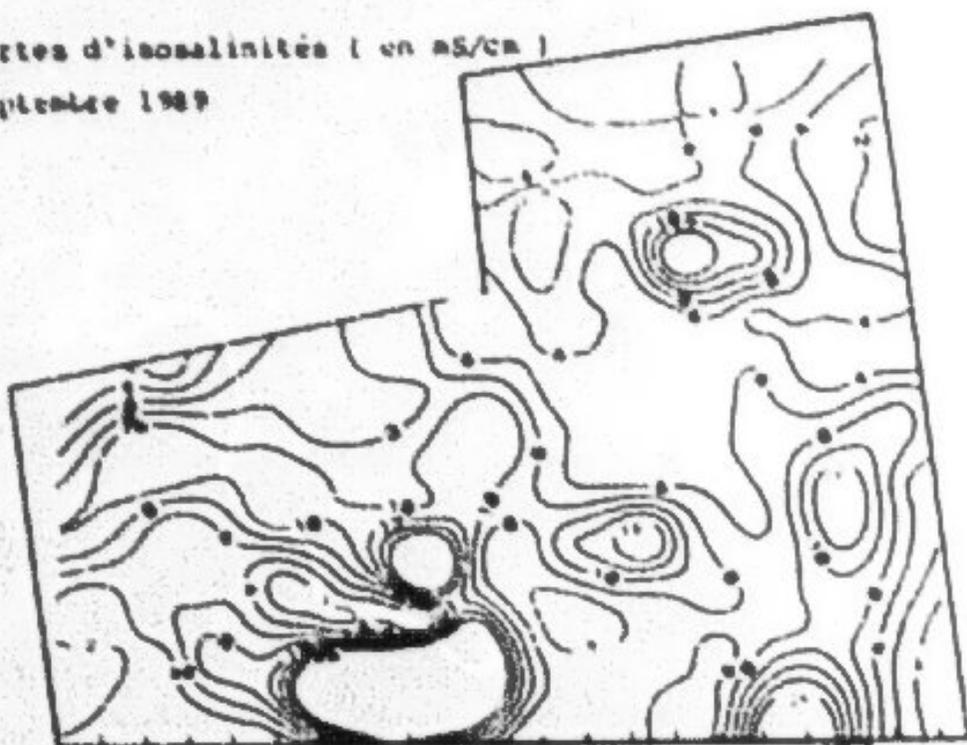


Fig.4. Cartes d'isosalinités ( en  $\text{g}/\text{cm}^3$  )

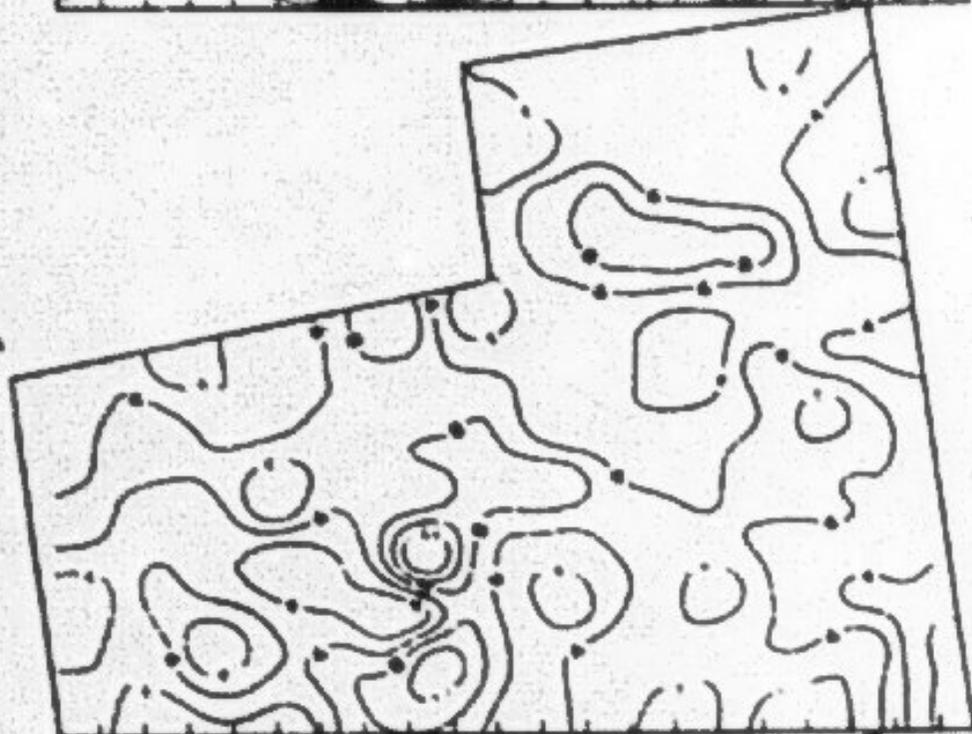
Septembre 1989

0 250 m

Niveau 0-35 cm



Niveau 35-65 cm



Niveau 65-85 cm

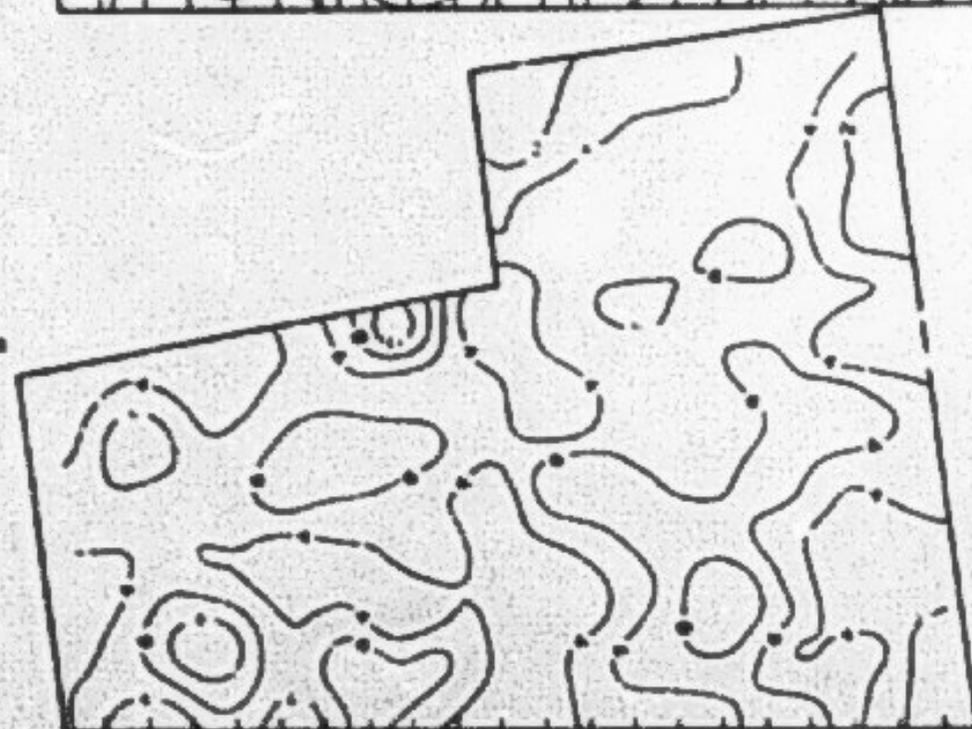
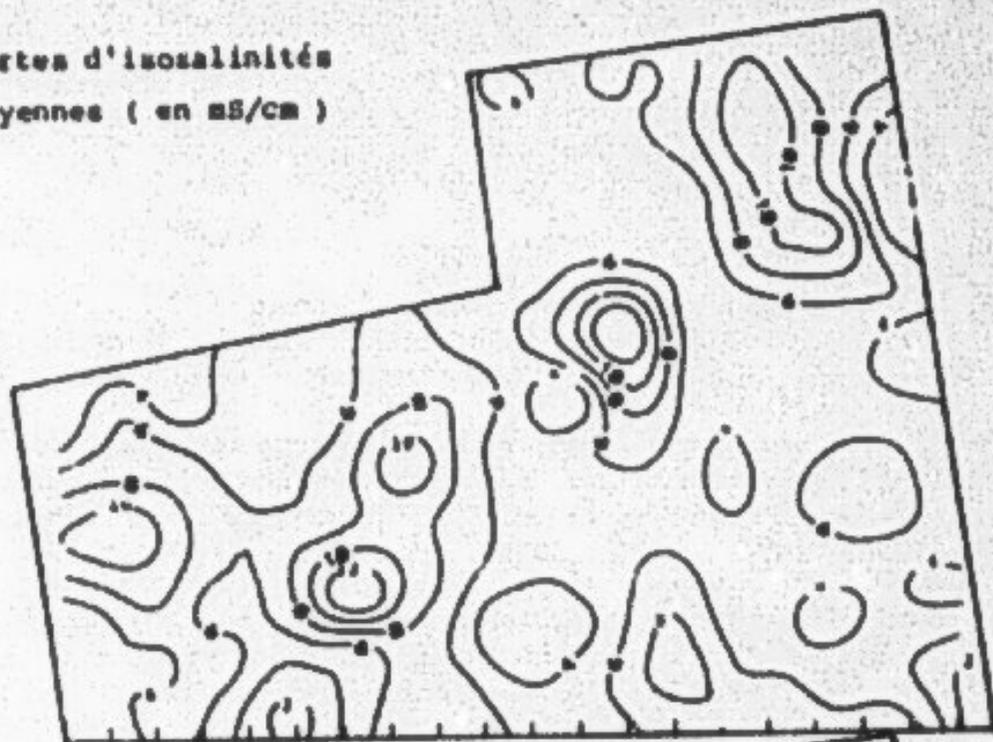


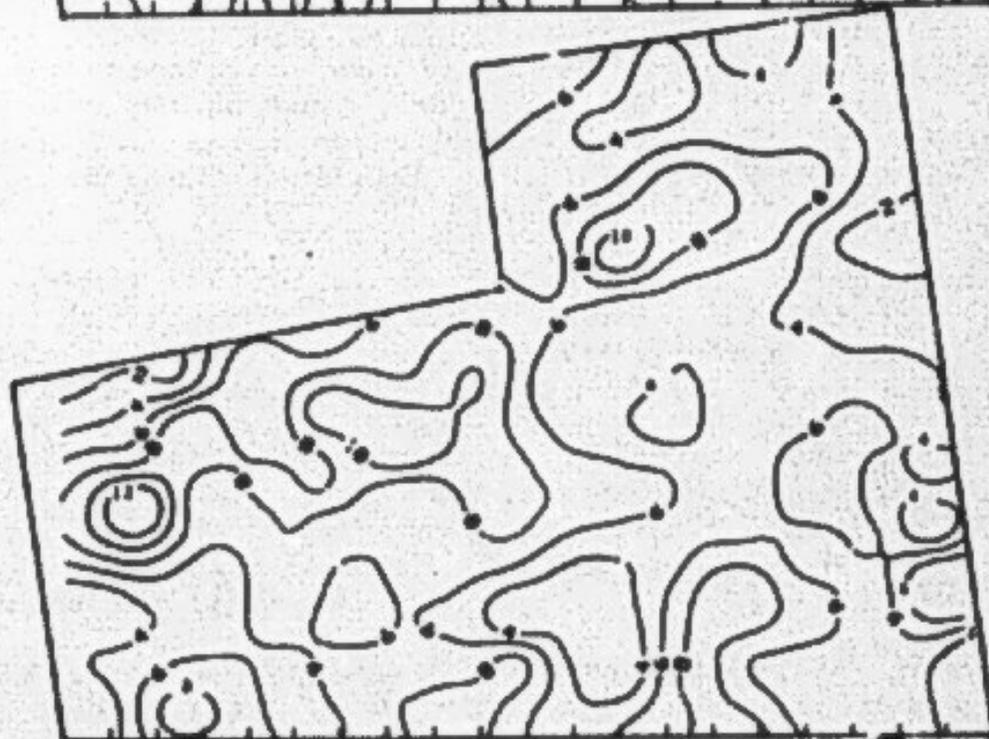
Fig.5. Cartes d'isosalinités moyennes ( en  $\text{g}/\text{cm}^3$  )

0 250 m

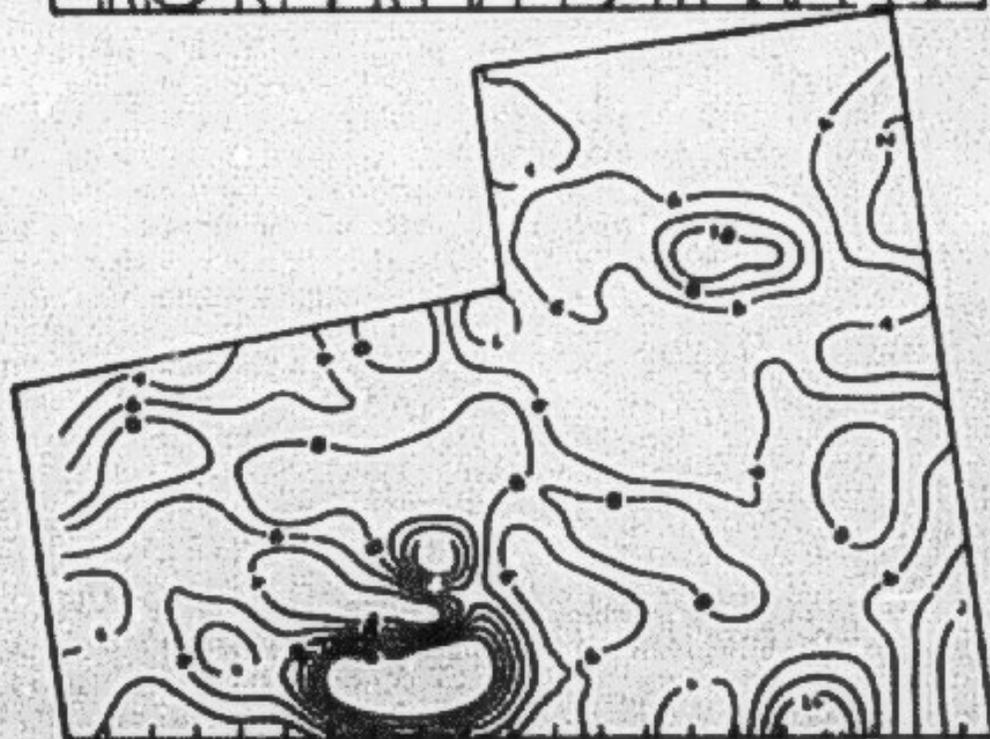
Septembre 1988



Mai 1989



Septembre 1989



### 5.5.1- Transect AA' (Fig. 6):

Long de 777 m. il traverse 6 parcelles et coupe le périmètre dans le sens Nord-Sud tout en longeant un fossé de drainage et une conduite d'eau d'irrigation.

- Situation en septembre 88: La partie Nord est plus salée. Les deux parcelles situées près de la conduite reliée directement au forage, et irriguées plus fréquemment sont plus affectées par la salinisation. Tous les sites sont irrigués depuis longtemps ou récemment. A la mise en eau en été 85, les parcelles situées près des vannes d'irrigation ont été cultivées soit en coton, soit en luzerne. Il faut dire que la salinisation rapide et excessive, prévisible des parcelles irriguées avec une eau de qualité assez mauvaise (cf. Tableau 1) a conduit les gestionnaires du périmètre à établir des plans d'assolement particuliers. Dans ces plans, ils prévoient l'introduction d'autres cultures moins consommatrices d'eau donc moins salinisantes et la pratique de cultures en sec ou carrément le labour de sol pour l'exposer à un lessivage naturel.

- Situation en mai 89: Les sites irrigués ayant été plus réduits compte-tenu de l'arrêt des irrigations au niveau de certaines parcelles, la salure du sol a, dans l'ensemble des sites, connu une chute dans les niveaux superficiels.

- Situation en septembre 89: Avec la reprise des irrigations, la salure a de nouveau progressé, toujours dans les horizons de surface qui sont plus concernés par les apports d'eaux. L'irrigation s'est arrêtée au niveau de plusieurs sites autrefois irrigués.

- Evolution de la salure au niveau de certains sites: Du Tableau 5, nous pouvons tirer les renseignements suivants quant aux conséquences sur la salinisation des modes conjoints de gestion des sols et de l'eau dans ce périmètre:

- Luzerne régulièrement irriguée: Deux cas se présentent; dans le premier, la salure a tendance à baisser. L'explication possible est que la salure, en septembre 88, résulte des stocks accumulés après trois années sèches, où le lessivage naturel n'a pu avoir lieu. Dans l'autre cas, la salure s'atténue en hiver puis remonte en été.

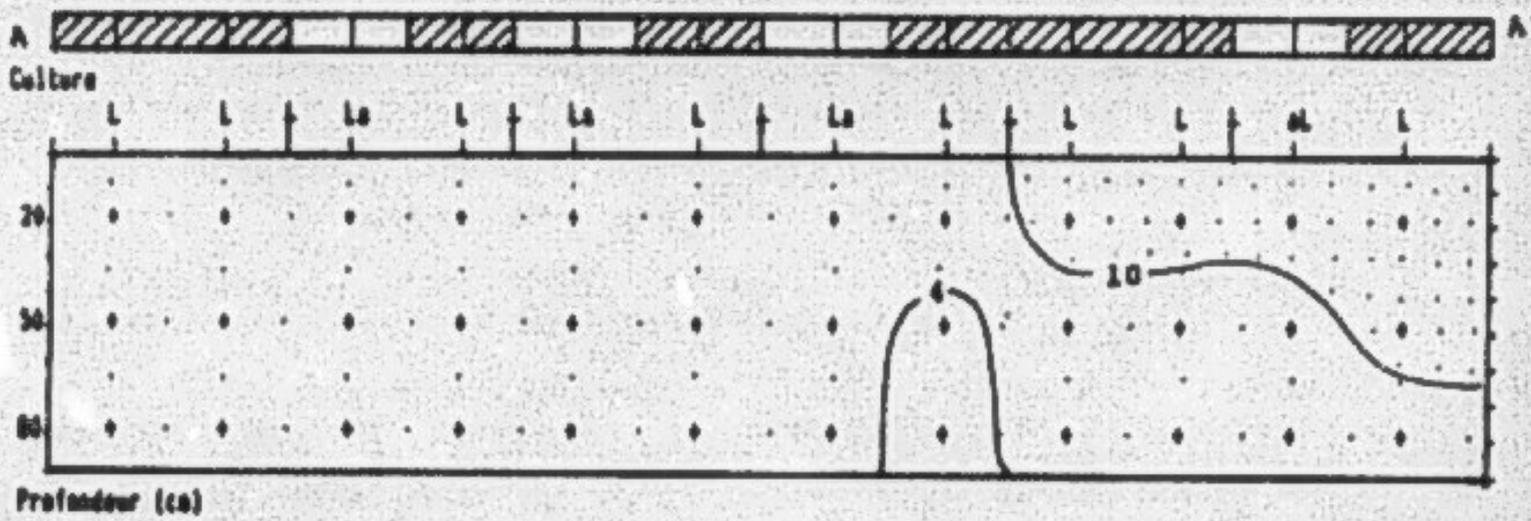
- Luzerne irriguée en été, arrêt en hiver: La salinisation du sol paraît plus grave. La solution est dans la poursuite des irrigations en hiver qui rend le lessivage par les eaux pluviales encore plus efficace. Autrement, quand ce lessivage s'effectue, il n'affecte que le niveau de surface.

- L'arrêt de l'irrigation au niveau de certaines parcelles ayant été au départ des luzernières ne s'est pas traduit par des chutes notables de la salure; le régime des eaux se limite uniquement aux pluies, celui des sels se traduit par une faible descente en hiver et une forte

# TRANSECT AA'

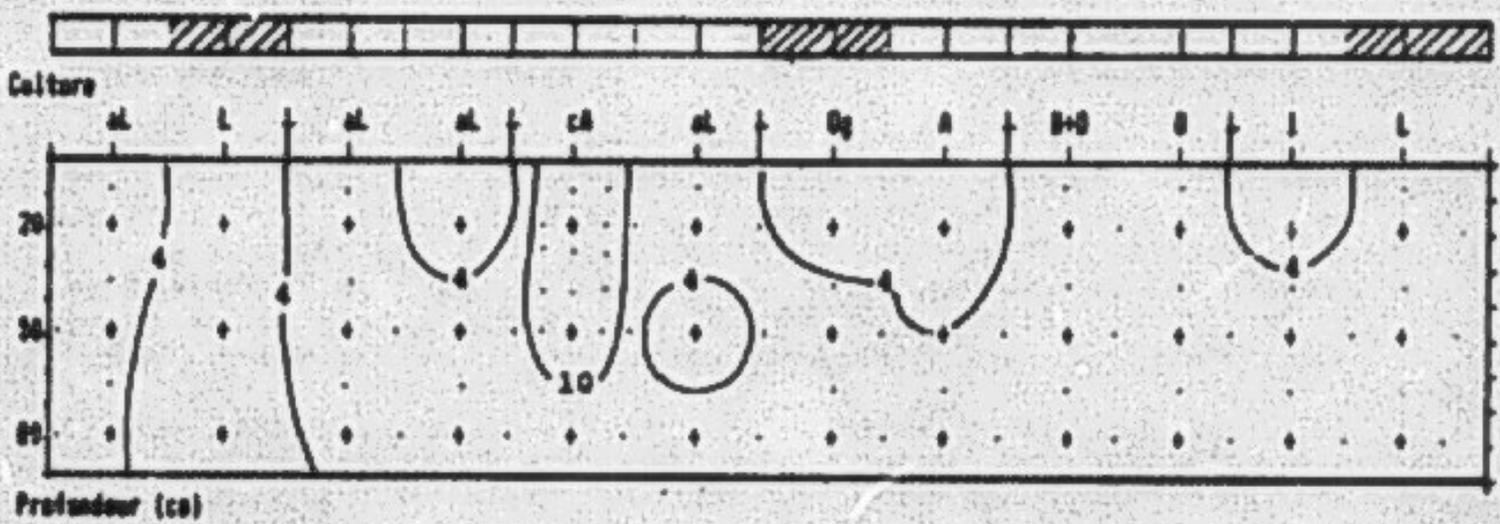
Septembre 1968

Irrigation



Mai 1969

Irrigation



Septembre 1969

Irrigation

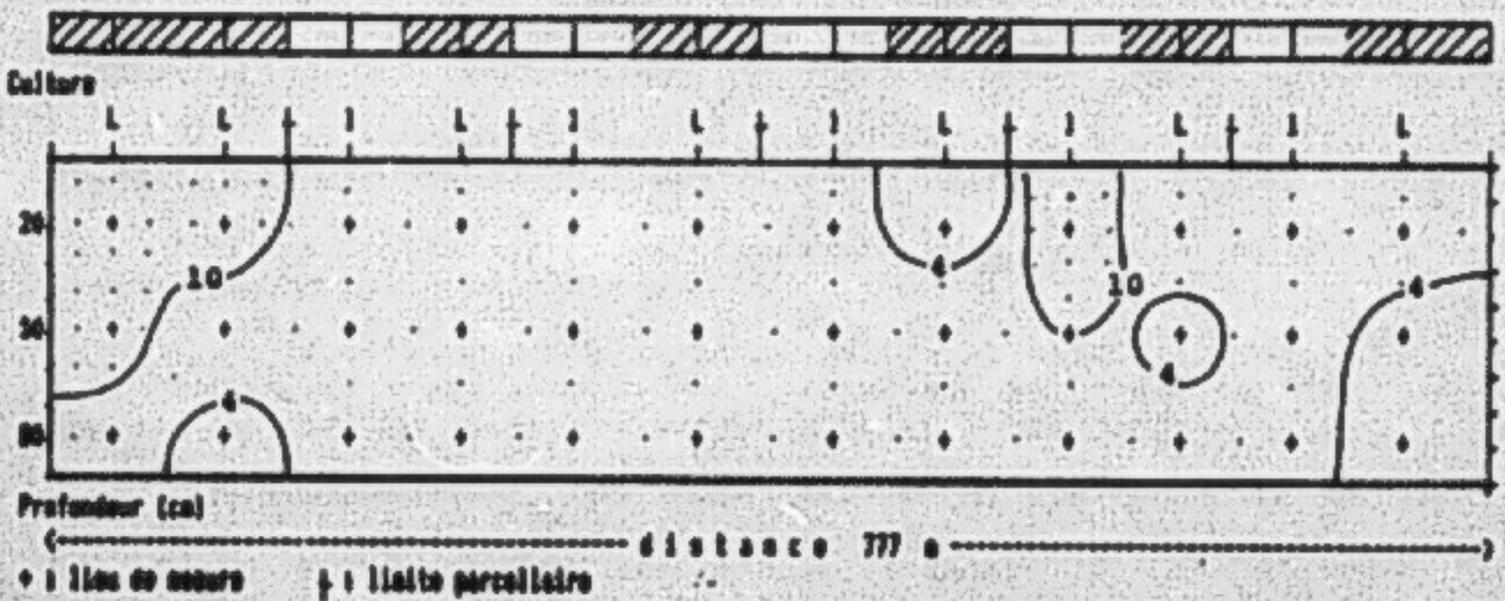


Fig.6. Variation de la salure le long du transect AA' (CEs en mS/cm)  
( les sites irrigués sont hachurés )

remontée en été, résultat d'une évaporation intense dans la région.

#### 5.5.2- Transect CC (Fig.7):

Long de 1000 m, il traverse 5 parcelles et coupe le périmètre dans le sens Nord-Est Sud-Ouest.

- Situation en septembre 88: Les parcelles sont occupées par des cultures diverses. On n'observe pas de tendance particulière, la salure est plus forte en surface; et là où il y a une parcelle irriguée, la salinité augmente.

- Situation en mai 89: La salure a connu une certaine baisse. Une homogénéisation de la salure a été réalisée par les eaux pluviales qui ont constitué à une exception près les seuls apports. L'orge et l'avoine étaient les cultures prédominantes. Les parcelles de luzerne ont été abandonnées.

- Situation en septembre 89: La reprise des irrigations a été plus timide. Le paysan reconverti en irriguant est confronté à une augmentation excessive de la salure du sol qui se traduit par des chutes de rendement et des échecs de germination et de croissance. Il procède alors à une révision de son attitude par un retour aux cultures en sec et l'arrêt des cultures fourragères irriguées.

- Evolution de la salure au niveau de certains sites: De même que précédemment, du tableau 6, nous pouvons tirer les renseignements suivants quant aux conséquences sur la salinisation des modes conjoints de gestion des sols et de l'eau dans ce périmètre:

- les sites régulièrement irrigués présentent des salures constantes; un équilibre solution du sol-eau d'irrigation s'effectue.

- l'arrêt des irrigations en hiver ne semble pas avoir d'effet très évident sur le lessivage des sels.

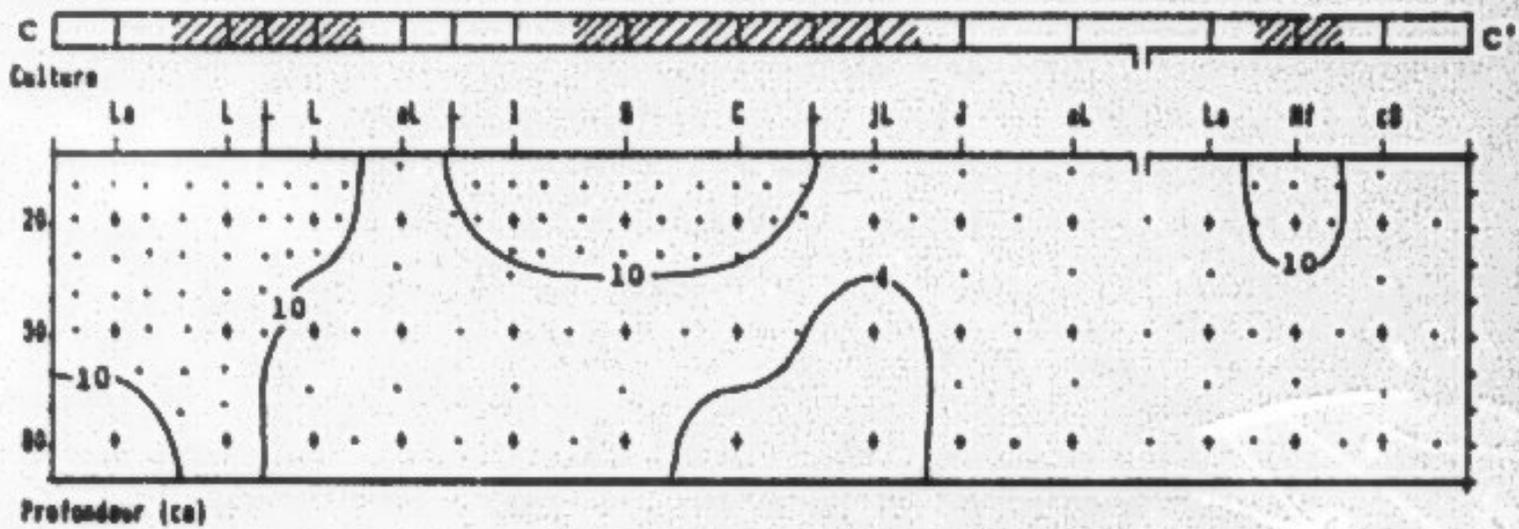
- les sites ayant été irrigués puis cultivés en sec présentent des salures élevées.

- les uniques endroits où la salure se maintient faible sont ceux qui n'ont jamais été irrigués. En fonction des apports en eau, la salinisation est plus ou moins profonde.

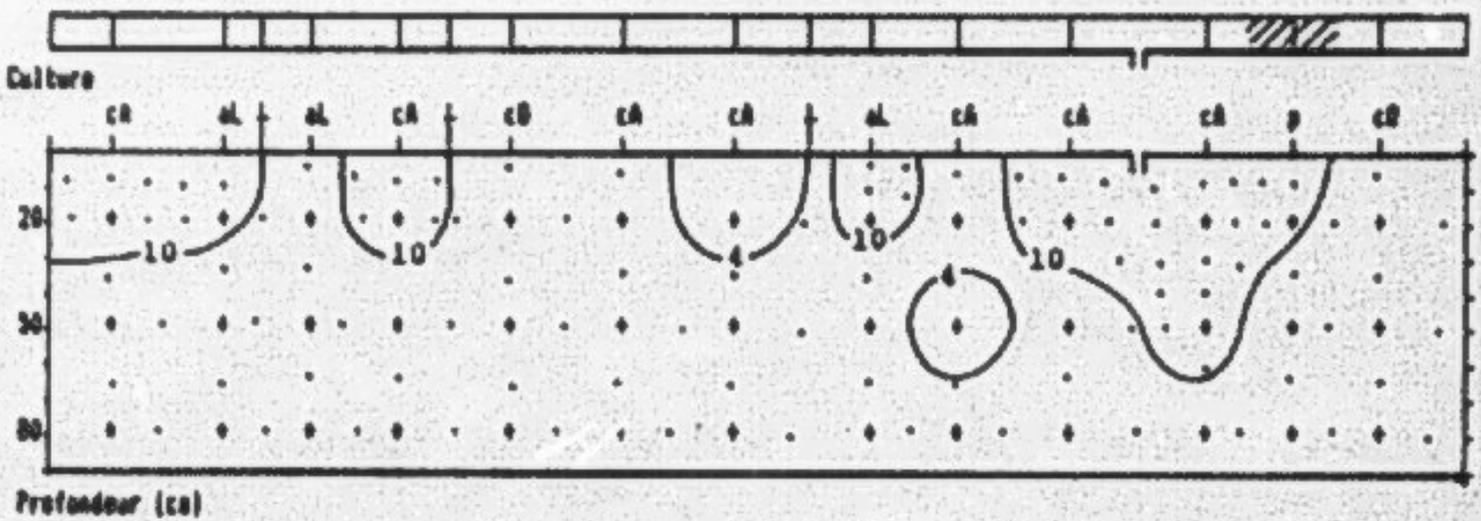
Malheureusement, nous ne parvenons pas toujours à expliquer l'évolution de la salure au niveau de chaque site vu le manque d'informations précises sur les apports d'eau et le calendrier des irrigations, sachant qu'une explication fiable de l'évolution de la salure ne peut être obtenue qu'en tenant compte de toutes les irrigations réalisées au niveau de chaque parcelle. Les renseignements recueillis au moment des prélèvements au niveau d'un site ne constituent qu'une indication, d'ailleurs, ce sont souvent des irrigations qui ne sont pas prises en compte, qui permettent d'expliquer dans certains cas les évolutions de la salure du sol.

TRANSECT CC'

Septembre 1968  
Irrigation



Mai 1969  
Irrigation



Septembre 1969  
Irrigation

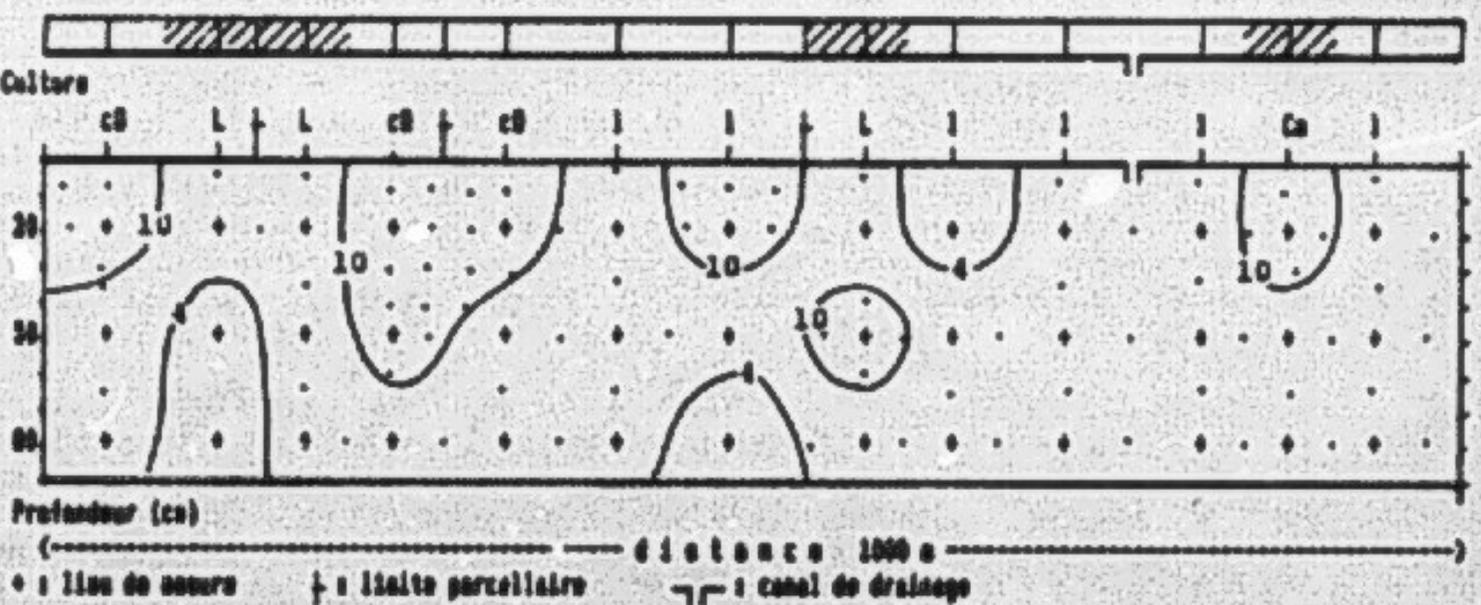


Fig.7. Variation de la salure le long du transect CC' ( CEs en mS/cm )  
( les sites irrigués sont hachurés )

Nous pouvons distinguer en fonction de la gestion de l'eau les cas suivants:

- Irrigation continue: maintien d'une salure forte en surface.

- Irrigation intermittente: Quand l'arrêt se fait en hiver, la salure baisse légèrement essentiellement en surface; quand l'irrigation n'a concerné que la première campagne puis arrêtée, la salure a tendance à augmenter en été, mais sans apport nouveau de sels elle baisse l'hiver suivant.

- Absence d'irrigation: En réalité le sol avait été irrigué, puis suite à sa salinisation et à l'insuffisance d'eau d'irrigation. Les cultures irriguées ont été délaissées par des cultures en sec ou des jachères. La salure est généralement moyenne.

5.6- Efficacité du lessivage des sels par les eaux pluviales:

Deux études ont été réalisées sur l'effet des pluies torrentielles de janvier 90 sur le lessivage des sels dans les sols du périmètre. Nous repreneons quelques aspects de ce lessivage (Hachicha, 1990).

Tableau 7 Pluie journalière des mois de décembre 89 et janvier 90 - El Jem (source DRE)

mois	Décembre 89			Janvier 1990								
Jour	1	2	3	5	6	7	9	13	22	23	24	29
Qté mm	15	71	3	7	17	4	2	15.5	80	20	60	4

Après ces pluies, le lessivage a été spectaculaire. La quantité de sels exportés en dehors du profil varie entre 906 et 3322 g/m<sup>2</sup>. Le lessivage en surface varie entre 24 et 70 %. La CE<sub>s</sub> est presque revenue à son état initial avant la mise en eau. En général, l'écart entre l'état en septembre 89 et février 90 est plus grand en surface qu'en profondeur où le lessivage reste assez réduit. L'allure initiale en dents de scie s'est homogénéisée par les eaux pluviales, se traduisant par des profils salins ayant généralement 1 mS/cm en surface, légèrement plus au milieu et seulement 2 mS/cm en profondeur rejoignant presque ainsi l'état initial de la salure dans ces sols. Malgré une texture moyenne à fine, le lessivage des sels à Zelba a été très important. Cela ne nous empêche pas de recommander une gestion adéquate de l'eau d'irrigation dans ce périmètre, car l'état qu'avaient les sols avant les pluies serait de nouveau, vite atteint. De plus, ces sols lessivés en surface s'accumulent en profondeur et pourraient remonter dans le profil.

Tableau 5 Variation de la salure en fonction de la fréquence des irrigations et de la rotation des cultures

TRANSECT AA'

Fréquence des irrigations	Rotation des cultures	Variations de la salure
1-site irrigué régulièrement	Leserue	- baisse de la salure initialement forte - baisse en hiver, puis remontée en été
2-sites irrigués à deux reprises avec interruptions en hiver	Leserue non irriguée en hiver	- remontée progressive - baisse légèrement en hiver et rejoint son état initial en été
	Leserue en été et sevoie en orge en hiver	baisse en hiver
3-sites irrigués une seule fois - en été  - en hiver	Leserue, blé-orge puis labour	salure initiale forte, baisse en hiver puis remonte en surface quand le sol est labouré et délaissé
	Leserue abandonnée, sevoie puis labour	baisse en hiver suite aux irrigations
4-sites non irrigués	Leserue abandonnée suite de labour en été	salure constante
	Leserue abandonnée, sevoie puis labour	remontée en hiver due aux années précédentes puis rejoint son état initial
	Leserue abandonnée labourée en hiver	salure forte en surface, sol labouré et délaissé; légère baisse en hiver, puis remontée en été

Tableau 6 Variation de la salure en fonction de la fréquence des irrigations et de la rotation des cultures

## TRARICHT CC'

Fréquence des irrigations	Rotation des cultures	Variation de la salure
1-site irrigué régulièrement	maïs fourrager, pinet puis culture maraîchère	conservation de la salure, forte en surface
2-sites irrigués à deux reprises avec interruption en hiver	luzerne non irriguée en hiver	- légère augmentation en hiver puis baisse. Les premières mesures ont coïncidé avec l'installation d'une luzerne. la salure n'a concerné alors que le niveau de surface - baisse de la salure en surface initialement forte
3-sites irrigués une seule fois - en été	Coton, avoine puis labour	salure forte en surface, baisse en hiver et remonte de nouveau en été
	Sorgho, avoine puis labour	salure forte, baisse en hiver
4-sites non irrigués	Orge suivi d'orge puis labour en été	salure moyenne, constante
	Luzerne abondante, avoine puis labour	remonte en hiver
	Luzerne abondante, avoine puis orge	salure moyenne puis remonte sous culture d'avoine et d'orge
	Jachère, avoine puis labour	baisse progressive de la salure
	Labour, orge puis orge	salure assez constante, forte en surface avec baisse en hiver en hiver. la salure est superficielle aux mesures

## 6-DISCUSSION GENERALE ET CONCLUSION

Les résultats des prélèvements effectués lors de trois campagnes successives: septembre 88, mai 89 et septembre 89, ont permis l'identification de trois approches complémentaires de caractérisation de l'état de salinité du sol:

- L'analyse de la tendance d'évolution des profils salins sur deux axes de prélèvement coupant perpendiculairement le périmètre,

- L'analyse de la répartition spatiale de la salinité, à l'échelle bidimensionnelle, aux trois niveaux de prélèvement,

- La recherche de relation entre salinité du sol, les apports et les consommations en eau et type de culture.

Ces trois approches ont toutes mis en évidence que l'eau d'irrigation et sa gestion sont à l'origine d'une accumulation saline très prononcée dans l'horizon de surface. En effet, le nombre important de profils salins ascendants par rapport aux autres formes de profils identifiées, les vastes zones de salinité élevée apparaissant dans les cartes d'isosalinités et enfin l'existence d'une relation évidente entre salure de surface et consommation en eau d'irrigation, constituent les preuves manifestes d'une telle relation. L'explication de cette tendance de salinisation doit être attribuée à deux facteurs essentiels intervenant directement sur la gestion de l'eau d'irrigation:

- D'abord le climat de type aride qui tend à concentrer les sels par des mouvements ascendants, suite aux appels vers la surface de l'eau retenue dans les horizons inférieurs,

- Ensuite, les quantités d'eau d'irrigation sont généralement insuffisantes pour qu'on puisse parler de fractions lessivantes dont le rôle est d'évacuer les sels en dehors de la zone racinaire et de maintenir dans cette zone une salinité tolérable par les cultures.

Mais malgré ces tendances évolutives vers une salinisation de l'horizon de surface, un état inattendu de cette salinité est apparu l'hiver suivant suite aux fortes pluies enregistrées au cours de cette saison. Un entrainement considérable des sels en profondeur a été obtenu. Le sol du périmètre arrive donc à évacuer ses sels malgré une fraction fine dominante. Ceci reste vrai tant que la structure ne manifeste pas des signes apparents de dégradation par la sodification du complexe absorbant. L'état d'évolution de l'alcalinisation mérite un suivi régulier car une dégradation de la structure aura pour conséquence une évacuation médiocre des sels et la salinisation totale du périmètre. De même pour la pérennité du périmètre, il sera utile de déterminer le lieu d'accumulation des sels en profondeur par des sondages profonds.

## BIBLIOGRAPHIE

BEN HASSINE H.; 1984 - Etude pédologique du domaine forestier de Henchir Zelba, non publié.

BEN HASSINE H., HACHICHA M., LOYER J.Y. et JOB J.O.; 1988 - La conductivimétrie électromagnétique : application au suivi de la salinité des sols des P.I. de Tunisie. Direction des Sols/ORSTOM, 14-17 pp.

HACHICHA M.; 1990 - Efficacité des pluies torrentielles dans le lessivage des sels. Séminaire ATARID-AGT sur "l'eau, le sol et l'érosion" 14/11/90, INAT.

HAMDANE A. et MAMI A.; 1977 - Contrôle des Périmètres Irrigués. Etude du drainage, de la salure et de l'alcalinité dans les P.I. de la Basse Vallée de la Mejerdah. ES- 128. Direction des Sols/OMVV Mejerdah.

KHALFALLAH S., VIELLEFON J., HACHICHA M., BEN HASSINE H. et BRANSIA M. 1988- Recherche sur les conditions d'emploi d'eau de salinité différente pour la récupération et l'irrigation des sols présentant des phénomènes de salure. Application aux périmètres irrigables. Direction des Sols/INAT.

**A N N E X E S**

**Graphiques des profils salins établis sur les  
deux axes de prélèvement au cours des trois  
campagnes de mesure**

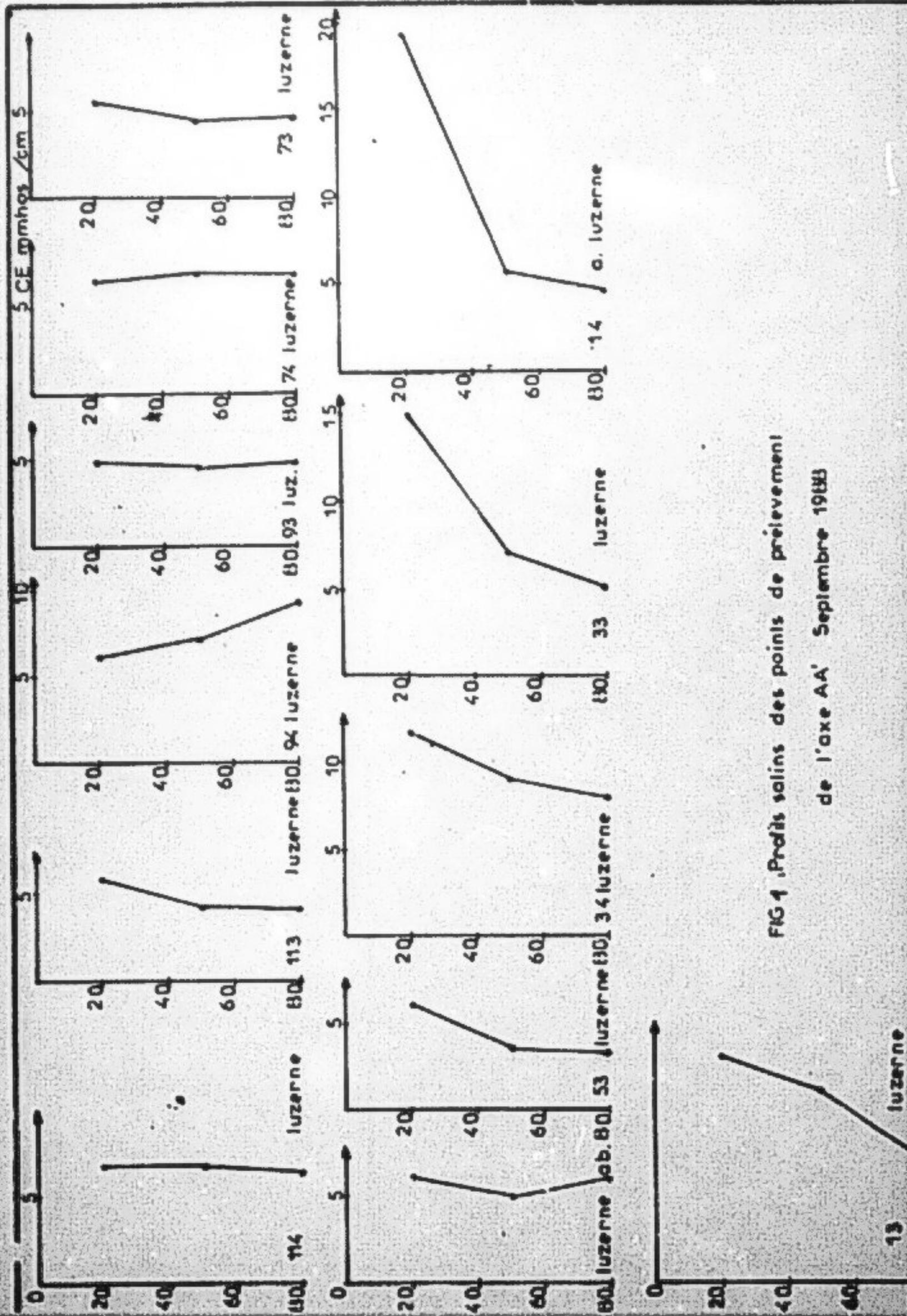


FIG 1 ,Prêts salins des points de prélevement  
de l'axe AA' Septembre 1983

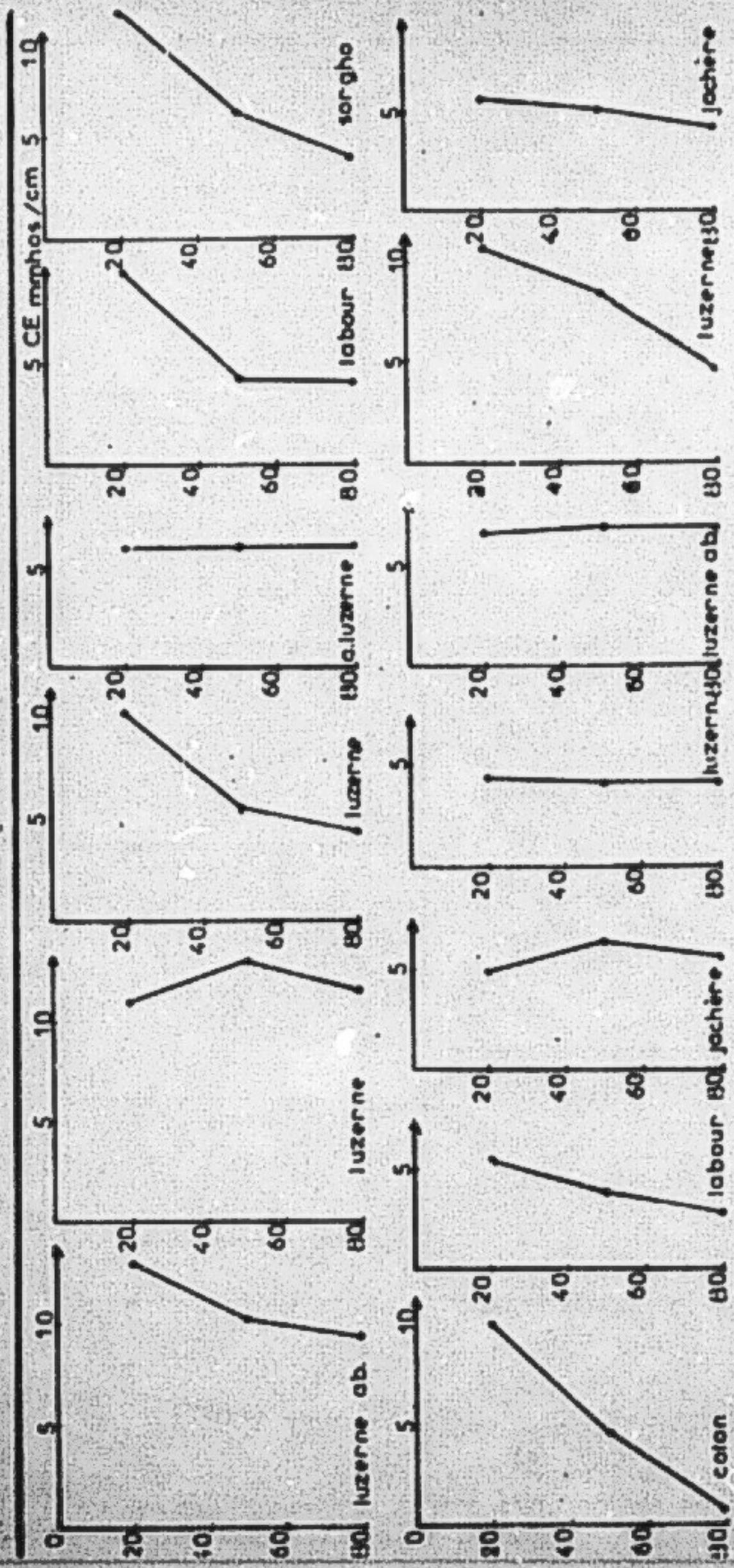


FIG. 2. Profils salins des points de prélèvement de l'axe CC' Septembre 1988

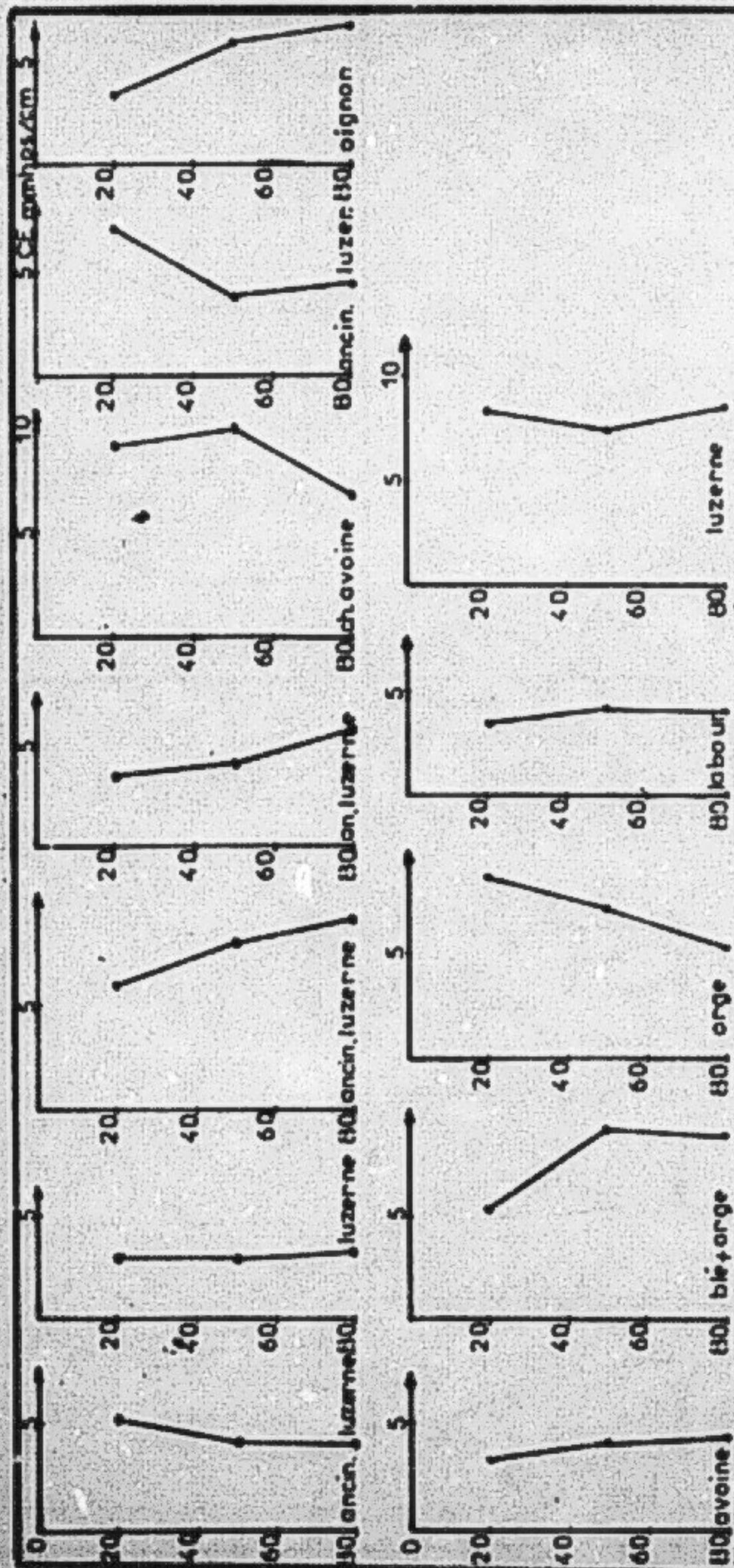


FIG 3 : Profils salins des points de prélèvement  
de l'axe AA' Mai 1989

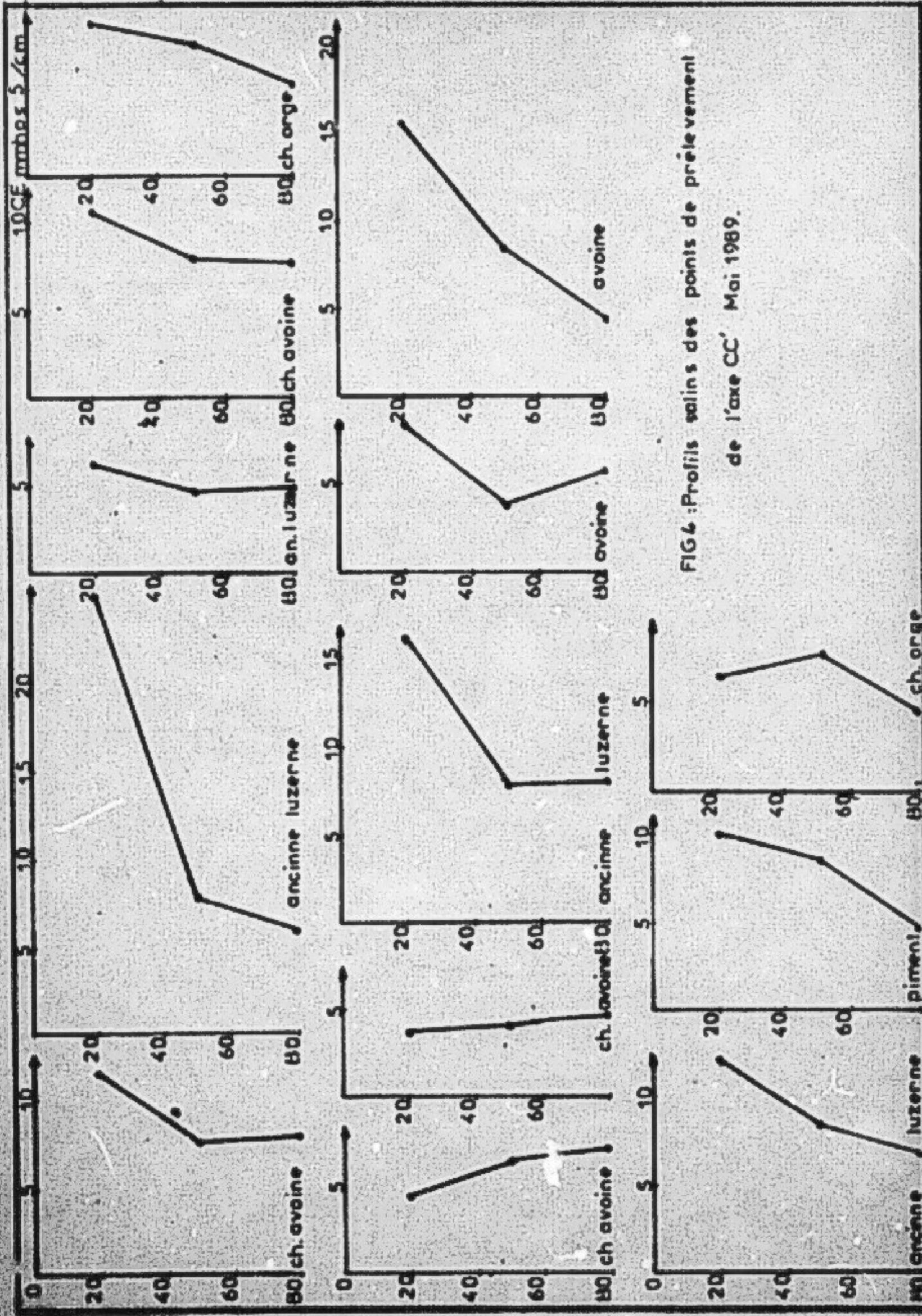


FIG. 4. Profils valins des points de prélevement de l'axe CC' Mai 1989.

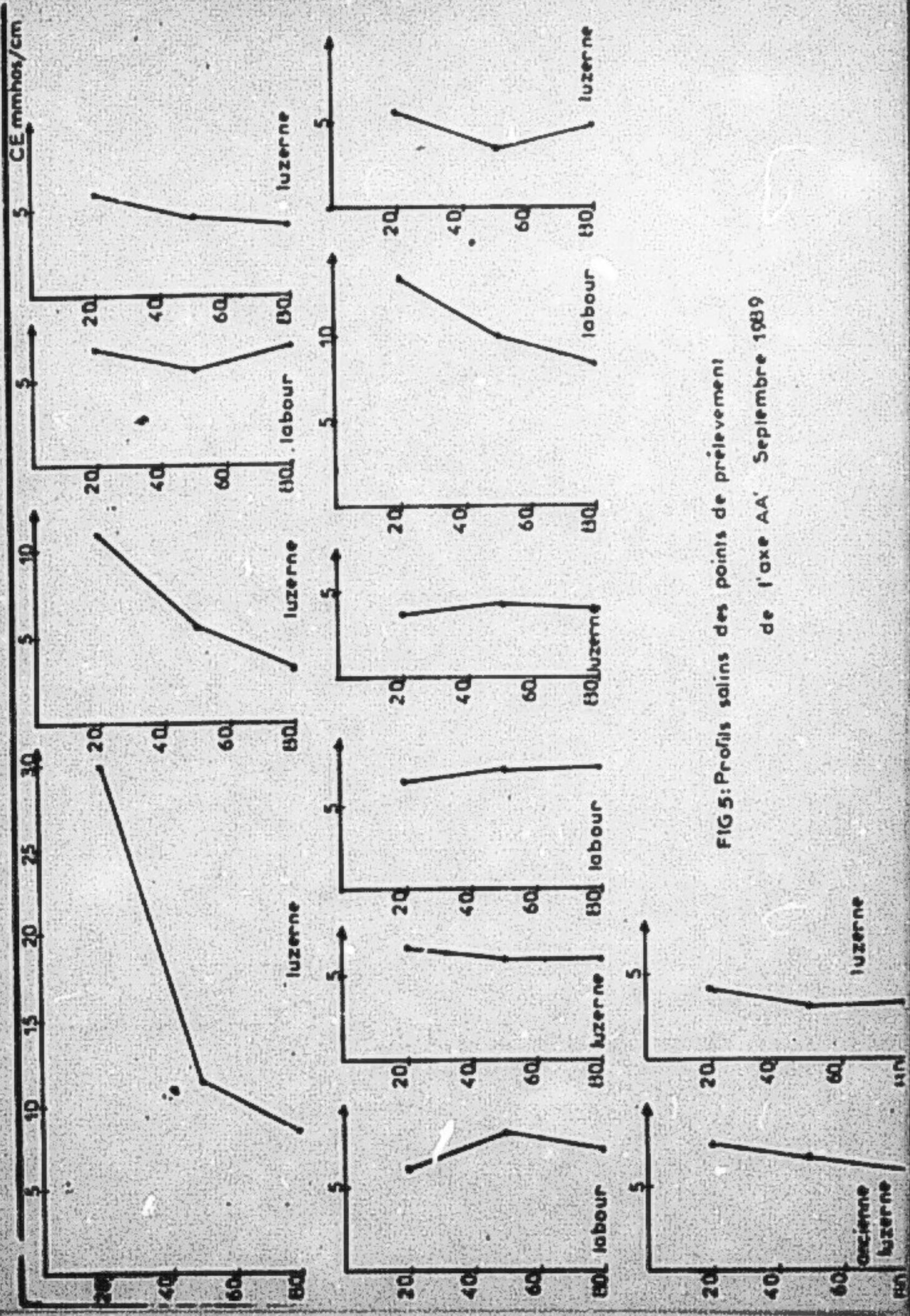


FIG 5: Profils salins des points de prélevement de l'axe AA Septembre 1989

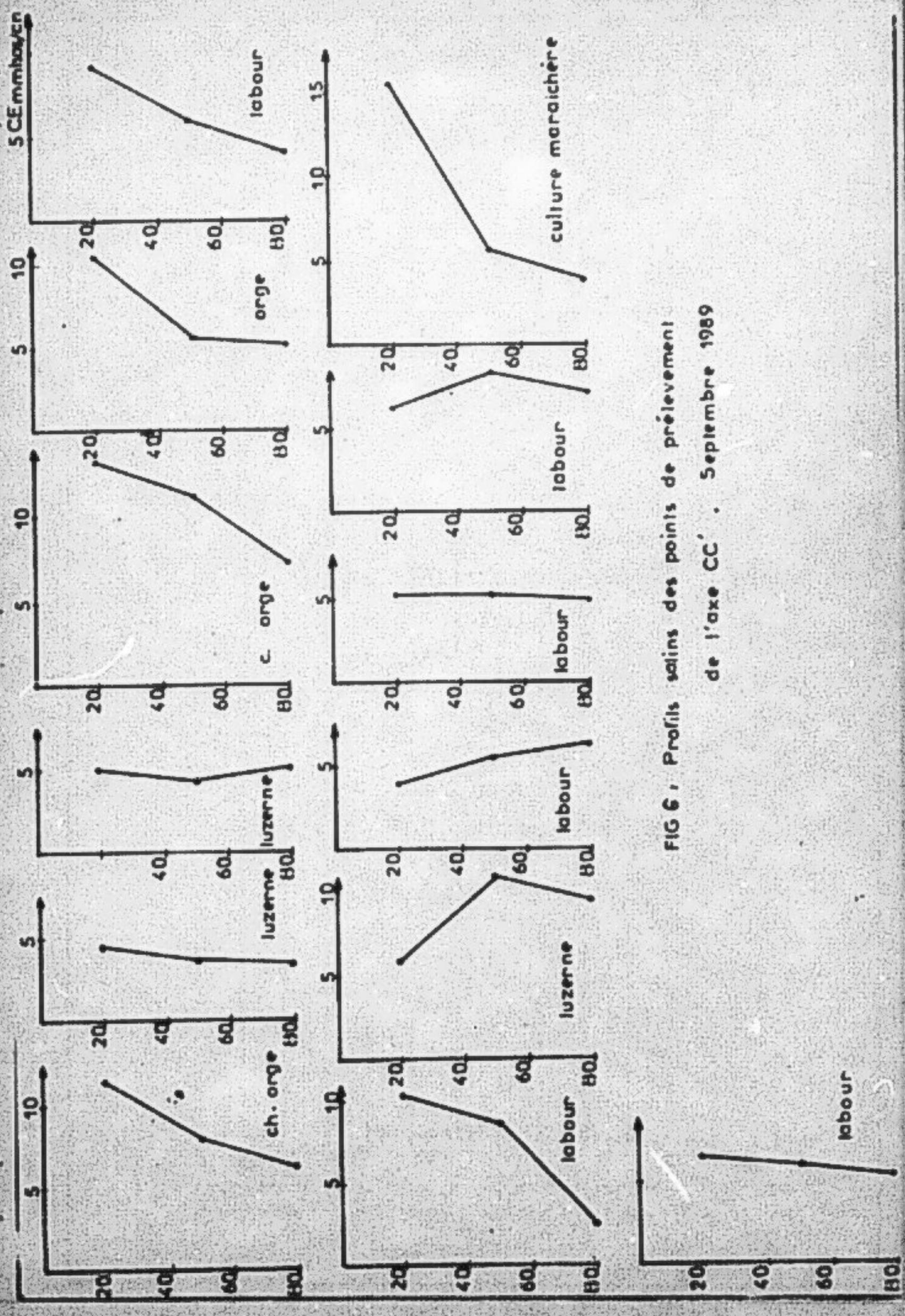


FIG 6. Profils sains des points de prélèvement de l'axe CC'. Septembre 1989

mmohs/cm

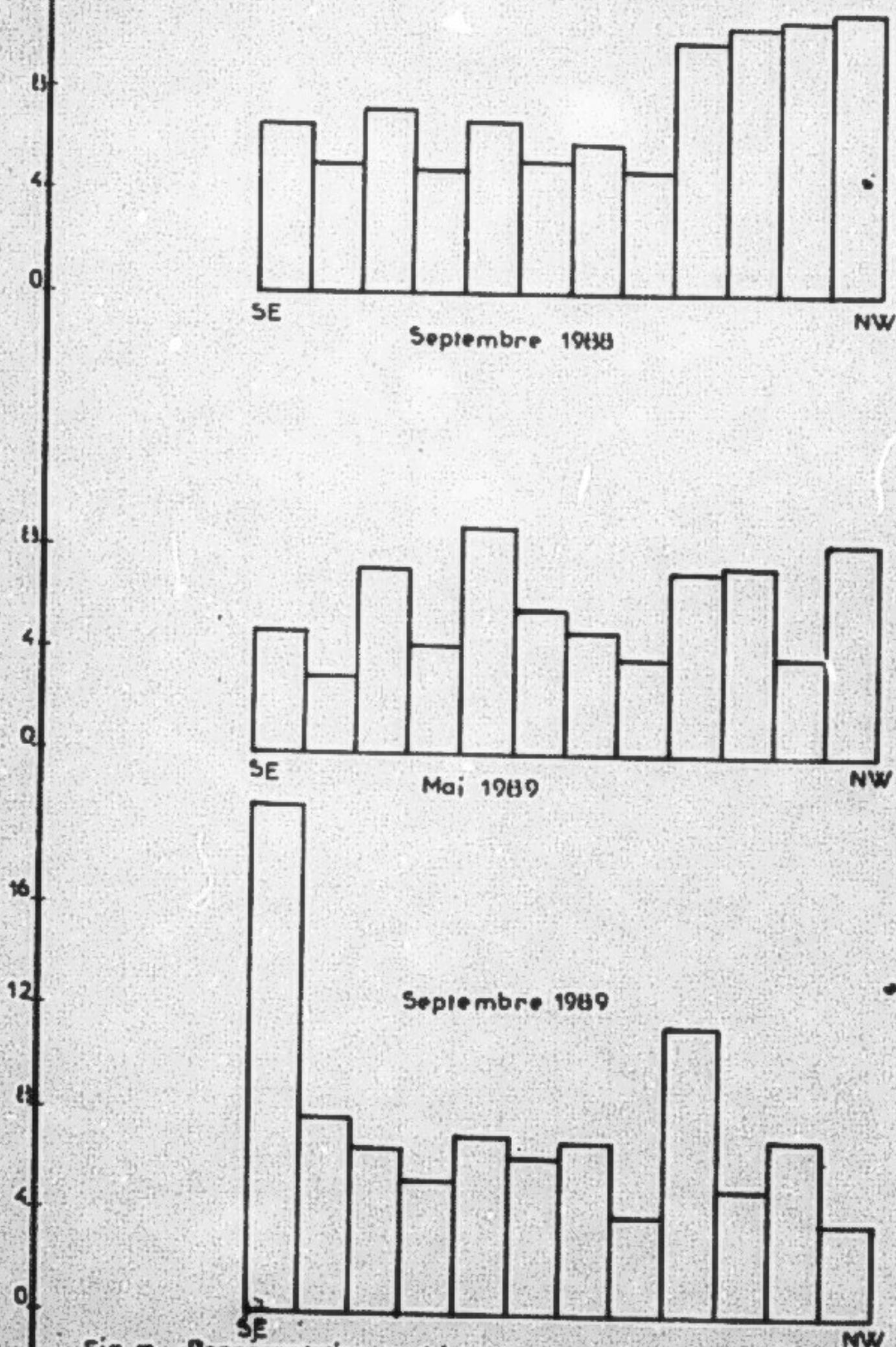


Fig 7 : Representation en histogrammes des moyennes de salinité obtenues sur les points de prélèvement disposés suivant l'axe AA'

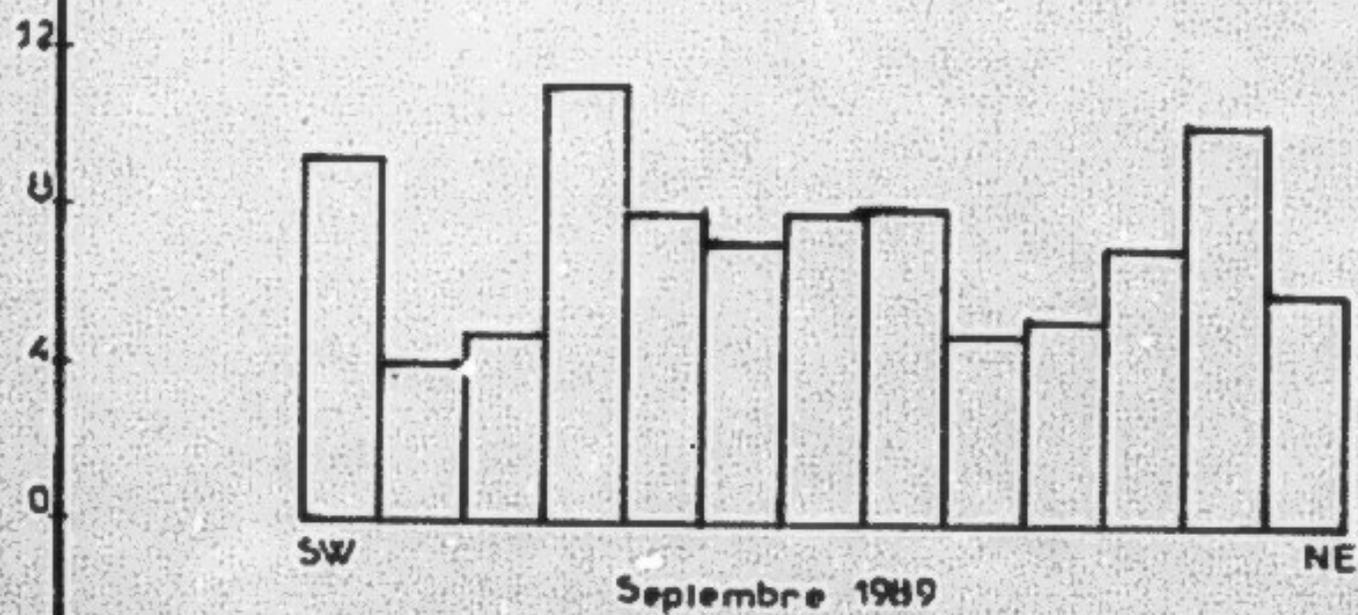
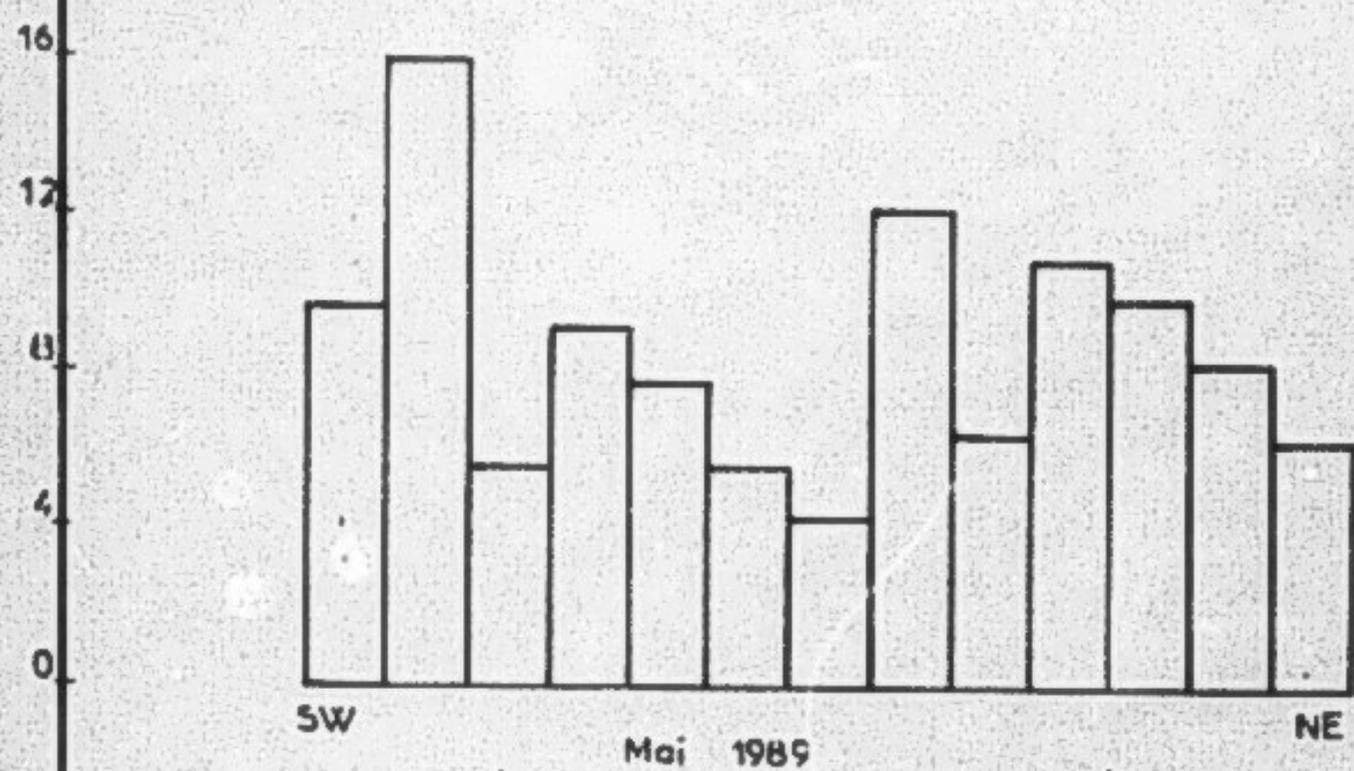
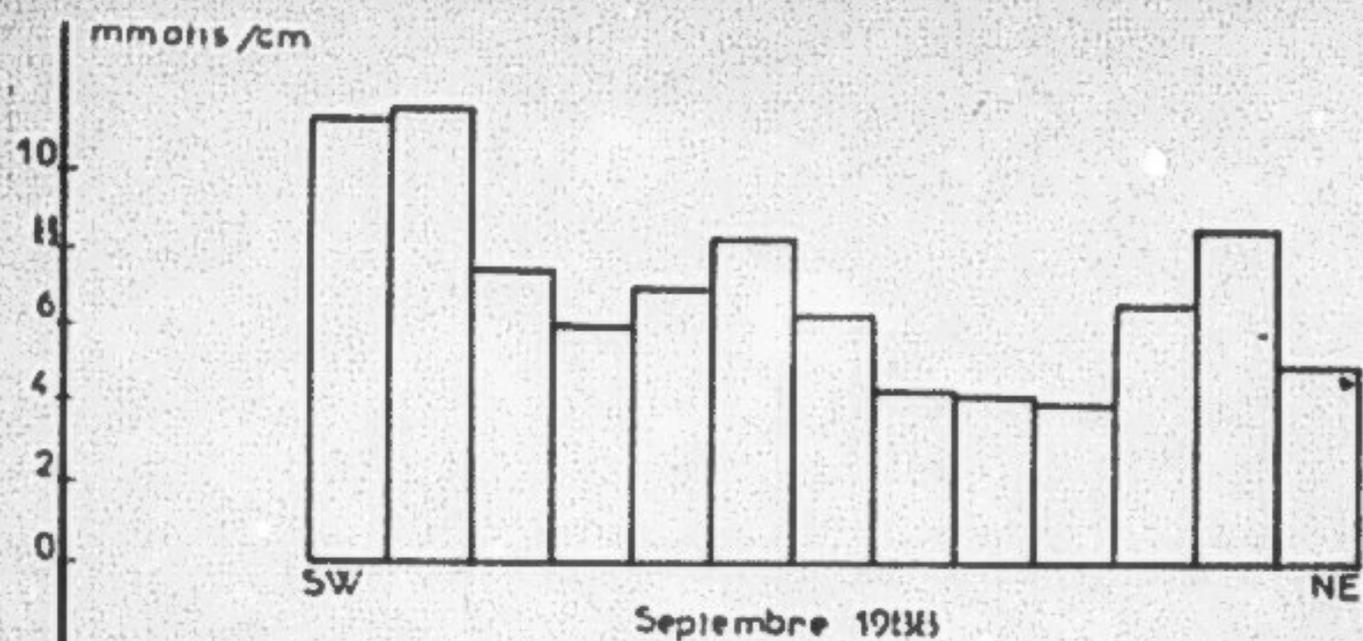


Fig 8 : Représentation en histogrammes des moyennes de salinité obtenues sur les points de prélèvement disposés suivant

l'axe CC'

---

**FIN**

**34** . . . . .

**VUES**