

CN0101342

I.S.R.A.
DRSAEA
Service de Bioclimatologie

I.R.A.T. / C.I.R.A.D.
Direction des Ressources
Naturelles

CARACTERISATION FREQUENTIELLE
DE L'ALIMENTATION HYDRIQUE DE L'ARACHIDE AU SENEGAL

ZONAGE AGROCLIMATIQUE (PERIODE 1968'4987).

Eric VANDERCHMITT
Ingénieur Agronome

Programme CLISOP
Montpellier
Août 1989

ETUDE FINANCEE PAR LE PROGRAMME E.S.P.A.C.E.

MINISTERE DE LA COOPERATION FRANCAISE

SOMMAIRE

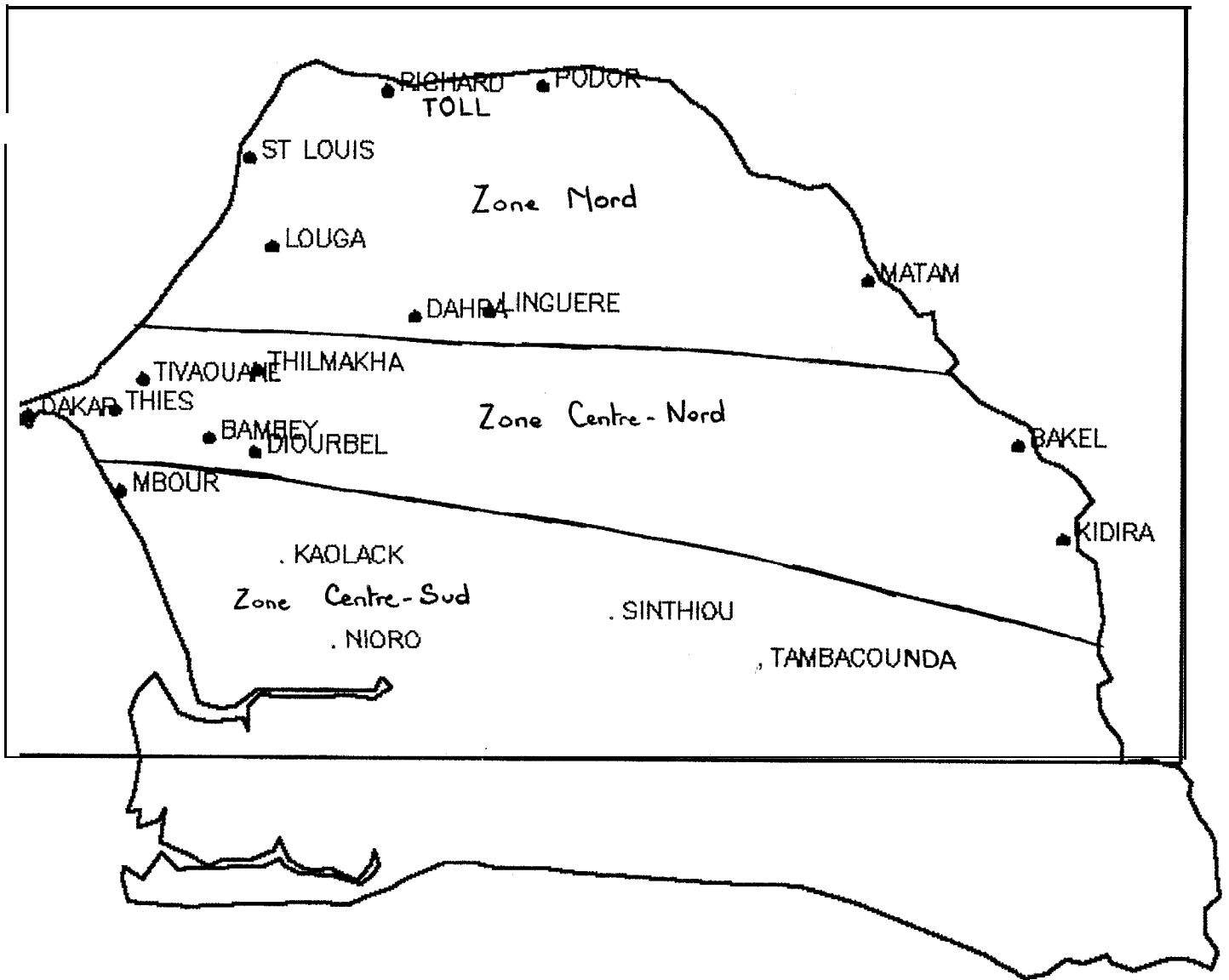
INTRODUCTION	1
I METHODE	2
II LES ENTREES DU MODELE	2
1/ Les contraintes climatiques	2
2/ Les caractéristiques du sol	3
3/ Les caractéristiques de la plante	3
Simulation des Kc en fonction du temps	3
Extrapolation à d'autres stations	5
4/ La contrainte temporelle.	6
Résultats	6
III LES RESULTATS	8
1/ Analyse fréquentielle	8
2/ Enracinement maximal	9
3/ Cycle optimal	9
CONCLUSION	11
BIBLIOGRAPHIE	
ANNEXES	

L'objectif de ce travail est de réaliser un support bioclimatique pour le sélectionneur d'arachide. Il vise à déterminer le cycle optimal de l'arachide vis à vis des contraintes hydriques.

Pour chaque station **étudiée** du Sénégal, le modèle de simulation du bilan hydrique est utilisé avec des conditions climatiques moyennes et pour des **durées** de cycle d'arachide différentes. Les données de sortie du modèle permettent de définir le cycle optimum pour la station en question. La **répétition** de ce travail pour plusieurs stations réparties sur le Sénégal a permis ensuite de **cartographier** ces cycles et de tracer les isocycles.

Carte n° 1

STATIONS ETUDIEES POUR LA PERIODE
1968 - 1987



I METHODE

Le **modèle** de simulation du bilan hydrique utilisé est celui développé par **l'IRAT** (F.FOREST). La version préconisée pour le zonage (BIPZON), dotée d'une analyse fréquentielle a été retenue car elle est plus intéressante dans l'interprétation des résultats. Ce logiciel nous a donc permis de réaliser des simulations plusieurs années consécutives. Sur les 20 stations étudiées (cf carte n°1), la majorité a été simulée sur la période 1968-1987 soit 20 ans (cf Annexe n°1).

Pour une station donnée, les **entrées** du modèle sont:

- * les contraintes climatiques:
 - . pluviométrie (fichier journalier pluriannuel)
 - . évaporation Bac classe A (fichier décadaire moyen pluriannuel)
- * les caractéristiques du sol:
 - . réserve utile
 - . seuil et taux de ruissellement
- * les caractéristiques de la plante:
 - . **profondeur** d'enracinement
 - . longueur du cycle
 - . durée des phases de la culture
 - . coefficients cultureux
- * la contrainte temporelle:
 - . date de semis

Pour chaque station, les contraintes climatiques ainsi que les caractéristiques du sol **sont** fixées. La contrainte temporelle est également fixée, quelque soit le cycle **considéré**. En revanche, les caractéristiques de la plante évoluent avec la longueur du **cyle**.

La recherche du cycle optimal est basée sur l'évolution d'un indice hydrique. Lorsque ce dernier est maximal, le cycle est supposé optimal.

II LES ENTREES DU MODELE

1/ Les contraintes climatiques:

Les fichiers pluviométriques existent déjà et les données d'évaporation d'un Bac classe A (Ev bac) existent aussi sur les stations principales. Pour les stations non pourvues d'un Bac classe A, c'est l'évaporation de la station **équipée** la plus proche qui est choisie (cf Annexe n°1).

exemple: Diourbel: Ev bac de Bambey

TABLEAU N°1

Durée des 4 phases physiologiques de l'arachide (en-jours)
d'après J.L. KHALFAOUI

<u>Phases</u> <u>du Cycle</u> l e	<u>Dévelop-</u> <u>pe-ment</u> n	<u>Floraison</u> o p h	<u>Formation</u> o r e	<u>Maturation</u>
40	12	11	11	6
45	14	12	12	7
50	16	13	13	8
55	17	15	15	8
60	19	16	16	9
65	21	17	17	10
70	22	18	18	12
75	24	19	19	13
80	26	20	20	14
85	27	21	21	16
90	30	21	21	18
95	31	22	22	20
100	32	23	23	22
105	34	23	23	25
110	37	23	23	27
115	38	24	24	29
120	40	24	24	32

2/ Les caractéristiques du sol:

La réserve utile moyenne des sols (RU) est connue approximativement sur l'ensemble du Sénégal (cf Annexe n°2). Elle est utilisée pour le calcul de la réserve utile maximale (RUM), entrée du modèle.

Le ruissellement est négligé dans toute l'étude. Au cours du déroulement du logiciel, aucune réponse n'est fournie aux questions se rapportant à cette donnée (seuil et taux de ruissellement).

3/ Les caractéristiques de la plante:

La variabilité spatiale de l'enracinement n'est hélas **pas connue**. Il en va de même pour l'évolution de l'enracinement avec la durée du cycle. Pour remédier à cette lacune, trois profondeurs d'enracinement maximal ($z_r = 100, 150$ et 200cm) ont été choisies. Chaque profondeur sera testée dans toute simulation afin de déceler un éventuel effet de l'enracinement et, par **conséquent**, de la réserve utile maximale (RUM) puisque:

$$RUM = RU * z_r$$

En accord avec Mr J.L. KHALFAOUI (IRHO, Bambey, Sénégal), la durée des cycles étudiés s'étale de 40 à 120 jours avec un **pas** de 5 jours. Certaines durées sont **hypothétiques** mais indispensables dans les simulations, principalement en zone Nord.

La simulation détaillant 4 phases dans le déroulement de la culture, il a fallu déterminer leur **durée** pour les **différents** cycles. Ces valeurs sont indiquées dans le Tableau n°1.

Le coefficient cultural de la plante (K_c) est le rapport entre consommation maximale de celle-ci (ETM) **et une référence** (ici E_v bac). Ce rapport **évolue** naturellement au cours du cycle de la culture. Cependant, le coefficient cultural n'a été déterminé expérimentalement que pour trois durées de cycles différentes (90, 105 et 120 jours) et dans un même lieu (Bambey). Or, nous travaillons sur des cycles plus courts mais aussi dans d'autres stations réparties un peu partout dans le Sénégal. Nous avons donc eu recours à une modélisation des K_c en fonction du temps pour chaque cycle et chaque station.

Simulation des K_c en fonction du temps

L'observation du Tableau n°2 ainsi que des 3 courbes de K_c en fonction du temps (Graphique n°1) nous a conduit à décomposer cette simulation en 4 étapes successives:

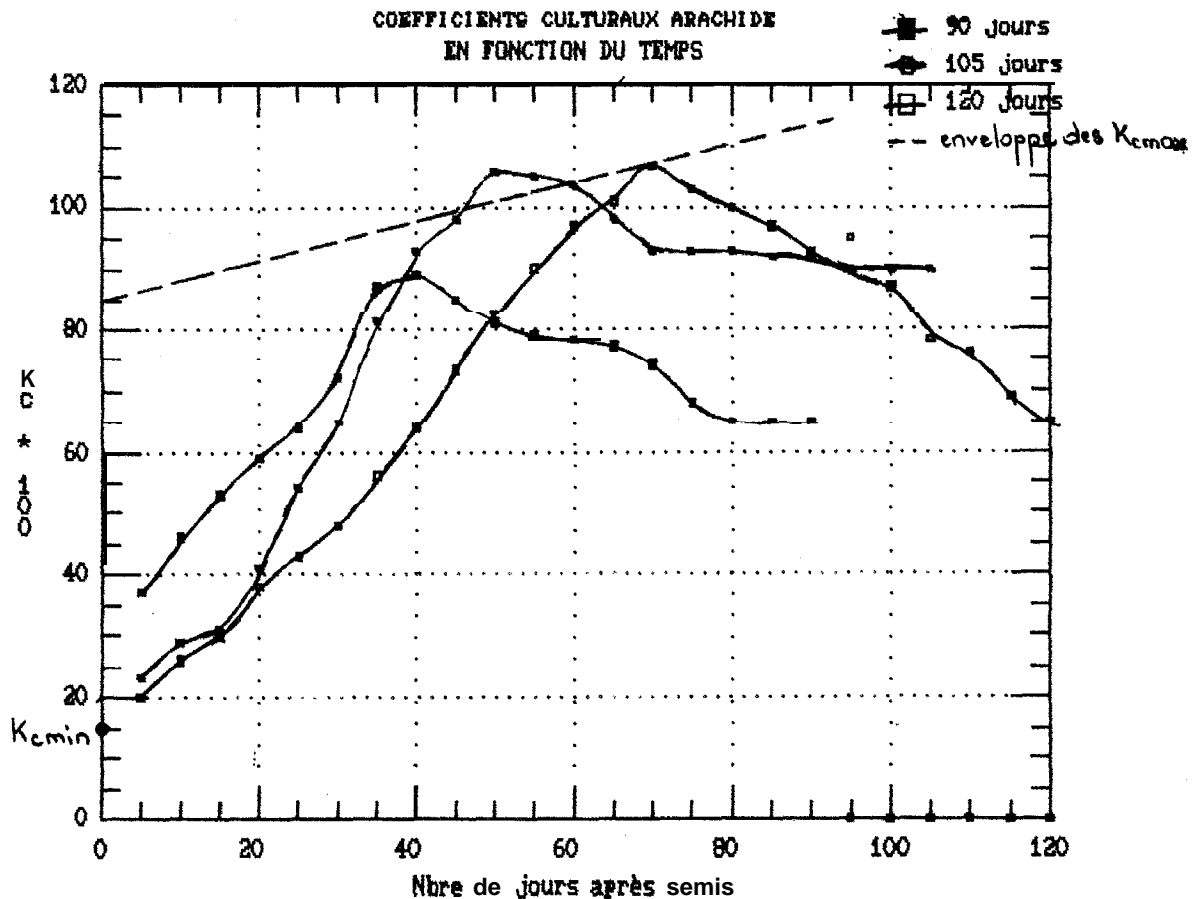
TABLEAU N°2

Coefficients culturaux déterminés expérimentalement à Bambeï
(C.DANCETTE) exprimés en 10^{-2} unité

Cycles Temps	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120
5							37			23			20
10							46			29			26
15							53			31			30
20							59			41			38
25							64			54			43
30							72			65			48
35							87			81			56
40							89			93			64
45							85			98			73
50							81			106			83
55							79			105			90
60							78			104			97
65							77			98			101
70							74			93			107
75							68			93			103
80							65			93			100
85							65			92			97
90							65			92			93
95										90			95
100										90			87
105										90			78
110													76
115													69
120													65

Graphique n°1

COEFFICIENTS CULTURAUX ARACHIDE
EN FONCTION DU TEMPS



1- Détermination du temps pour lequel Kc est maximal (tmax):

L'enveloppe des valeurs de Kc maximal apparait **légèrement** exponentielle sur le Tableau n°2. La régression obtenue s'écrit:

$$t_{max} = \exp (2.22 + 0.0164 * C)$$

où C = durée du cycle en jours
tmax en jours

2- Détermination de Kc maximal (Kcmax):

Sur le Graphique n°1, l'enveloppe des Kcmax n'apparait pas linéaire. Cependant, pour plus de simplicité dans le modèle, nous l'avons choisi linéaire, passant par le Kc maximal de l'arachide 120 jours et entre les deux maxima de 90 et 105 jours. La régression obtenue s'écrit:

$$K_{cmax} = 0.85 + 0.00375 * t_{max}$$

3- Détermination de la partie de la courbe avant le maximum:

Sur le Graphique n°1, cette première partie de la courbe apparait relativement linéaire pour les 3 cycles. On supposera que la droite commence toujours à **Kc=0.15=Kcmin** (t=0) quelquesoit la durée du cycle considéré, et se termine au Kcmax à tmax soit:

$$\begin{aligned} \forall t < t_{max} \quad K_c &= a_1 * t + b_1 \\ \text{or, nous avons: } 0.15 &= a_1 * 0 + b_1 \\ &\text{et } K_{cmax} = a_1 * t_{max} + b_1 \end{aligned}$$

$$\text{soit } \forall t < t_{max} \quad K_c = [(K_{cmax} - 0.15) / t_{max}] * t + 0.15$$

4- Détermination de la partie de la courbe après le maximum:

Les 3 courbes du Graphique n°1, après le maximum, apparaissent linéaires et surtout ont une pente quasiment identique quelquesoit la durée du cycle, égale à -0.0063. Ainsi:

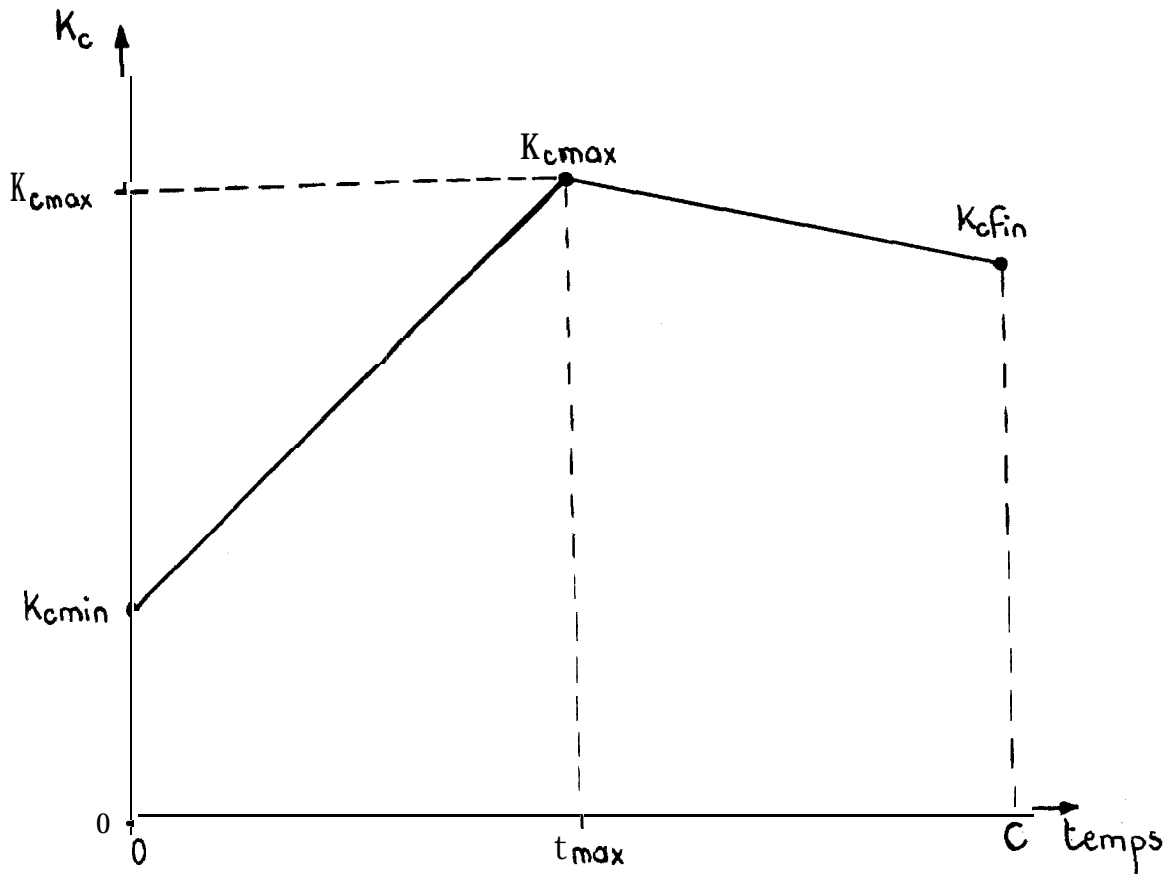
$$\begin{aligned} \forall t > t_{max} \quad K_c &= a_2 * t + b_2 \\ \text{or, nous avons: } a_2 &= -0.0063 \\ &\text{et } K_{cmax} = a_2 * t_{max} + b_2 \end{aligned}$$

$$\text{soit } \forall t > t_{max} \quad K_c = -0.0063 * t + (K_{cmax} + 0.0063 * t_{max})$$

Cette simulation se base sur des coefficients cultureux déterminés expérimentalement à Bambey (C.DANCETTE). Elle n'est donc valable que pour la station de Bambey même. Or, l'évolution des Kc au cours du temps n'est pas la même dans les autres stations en raison principalement de caractéristiques pédologiques différentes (fertilité).

Graphique n°2

Modèle d'évolution du K_c en fonction du temps



$C = \text{durée du cycle}$

Extrapolation de la simulation à d'autres stations

Dans cette variabilité des coefficients culturaux selon les stations, on constate toutefois une certaine logique liée à la latitude. J.P. FRETEAUD a démontré que cette corrélation existe, toutes cultures confondues et qu'elle est linéaire. Etant donné que nous travaillons sur arachide, nous ne garderons **que l'évolution** relative de cette corrélation (pente de la droite), à savoir:

$$\begin{aligned} K_{cmin} &= z_1 - 0.076 * lat && (a) \\ K_{cmax} &= z_2 - 0.068 * lat && (b) \\ K_{cfin} &= z_3 - 0.070 * lat && (c) \end{aligned}$$

où lat = latitude en degrés décimaux
K_{cmin}, K_{cmax}, K_{cfin} : voir Graphique n°2

Il suffit donc d'étalonner ces droites à Bambey pour qu'elles soient valables dans n'importe quelle autre station.

* K_{cmin} est supposé indépendant du cycle:

$$\begin{aligned} \text{A Bambey (16°42' = 16.7°): } K_{cmin} &= 0.15 = z_1 - 0.076 * lat \\ \Rightarrow z_1 &= 1.27 \end{aligned}$$

* K_{cmax} dépend du cycle:

$$\begin{aligned} K_{cmax} \text{ Bambey} &= z_2 - 0.068 * lat \\ \Rightarrow z_2 &= K_{cmax} \text{ Bambey} + 1.14 \end{aligned}$$

* K_{cfin} dépend du cycle:

$$\begin{aligned} -0.0063 * C + (K_{cmax} + 0.063 * t_{max}) &= z_3 - 0.070 * lat \\ \Rightarrow z_3 &= K_{cmax} + 0.063 * (t_{max} - C) + 1.17 \end{aligned}$$

où c = durée du cycle en jours

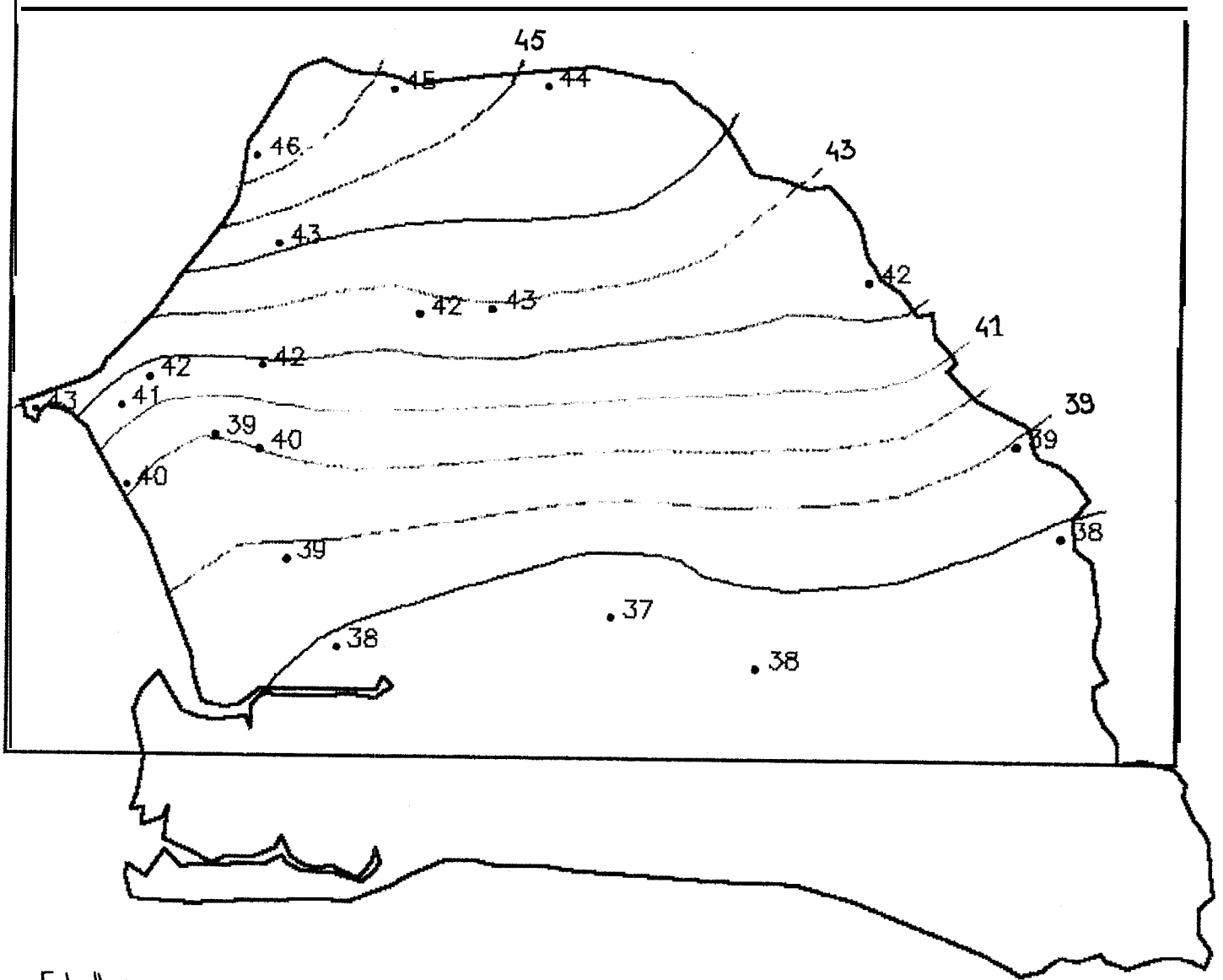
z₁, z₂, z₃ étant donc connus, on calcule aisément K_{cmin}, K_{cmax}, K_{cfin} grâce aux équations (a), (b) et (c) pour n'importe quelle station. Avec le modèle d'évolution de K_c en fonction du temps, proposé au Graphique n°2, nous obtenons les équations suivantes:

$$\begin{aligned} \forall t < t_{max} \quad K_c &= K_{cmin} + (K_{cmax} - K_{cmin}) / t_{max} * t \\ \forall t > t_{max} \quad K_c &= (K_{cfin} - (K_{cmax} - K_{cfin}) / (t_{max} - C) * C) + \\ &\quad + (K_{cmax} - K_{cfin}) / (t_{max} - C) * t \\ \text{soit } K_c &= (K_{cmax} - K_{cfin}) / (t_{max} - C) * (t - C) + K_{cfin} \end{aligned}$$

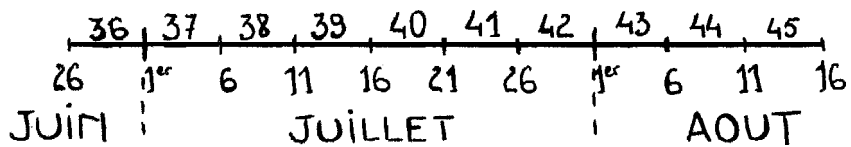
En résumé, l'évolution des coefficients culturaux au cours du temps est déterminée à partir de la longueur du cycle de l'arachide étudiée et de la latitude de la station choisie. Un programme écrit en langage BASIC nous a permis en fonction des deux entrées du modèle (cycle et latitude) d'obtenir les valeurs de K_c tous les 5 jours sur tout le cycle (cf Annexe n°3).

Carte n°2

PENTADE DE SEMIS DE L'ARACHIDE
PERIODE 1968-1987



Echelle:



Remarque:

Résultats pour une fréquence de 5 années / 10
- un enracinement maximal de 150 cm.

4/ La contrainte temporelle:

Pour chaque station, l'intérêt de l'étude est de connaître, pour une date de semis donnée, quel est le cycle le mieux adapté d'un point de vue hydrique. C'est pour cette raison que la date de semis est fixée pour tous les cycles **étudiés** dans une même station. Maintenant, il reste à savoir quelle est la date de semis moyenne admise pour chaque station.

Il est impossible d'appliquer le critère de F.FOREST s'appuyant sur les seuils de pluie nécessaires au déclenchement de la culture. En effet, ceux-ci sont variables au cours de l'hivernage (cf Annexe n°4). Or, le logiciel BIPZON ne peut utiliser qu'un seul seuil de pluie pour le semis alors qu'il travaille sur plusieurs années.

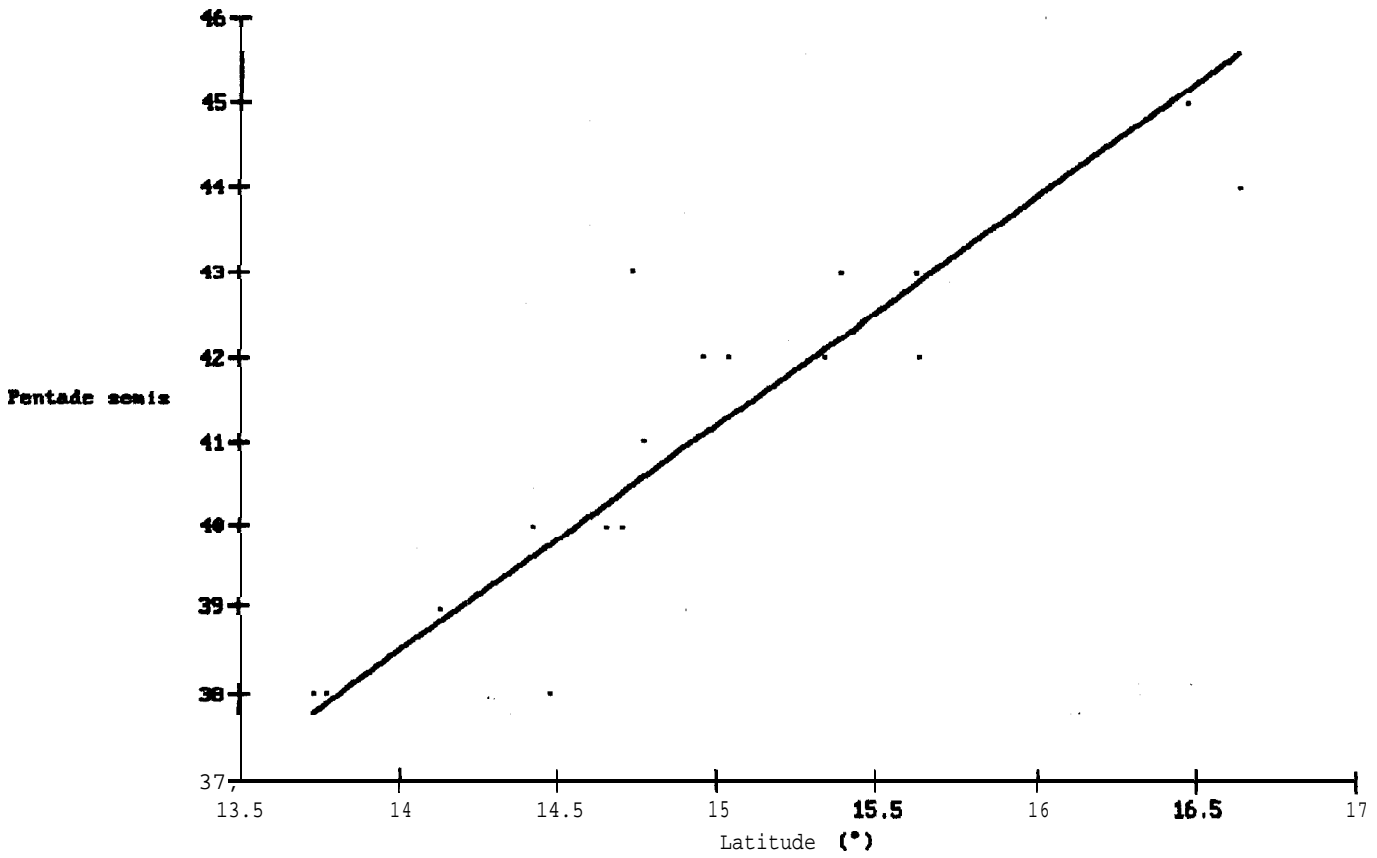
Cette impossibilité nous a conduit à déterminer la date de semis grâce au programme de zonage BIPZON lui-même en simulant plusieurs dates de semis et en choisissant celle qui répond le mieux aux critères hydriques. Naturellement, pour cette **étude**, une longueur de cycle **ainsi qu'une** profondeur racinaire sont nécessaires. J.L. **KHALFAOUI** a déjà déterminé sur la période 1970-1986 la longueur du cycle satisfaite dans 80 % des **années** sur plusieurs stations au Sénégal (cf Annexe n°5). Nous avons donc utilisé ce zonage comme référence. En ce qui concerne l'enracinement maximal, nous avons gardé les trois profondeurs définies **précédemment** afin d'observer d'éventuelles différences. La gamme de dates de semis s'étale sur 2 mois autour de la date **supposée**, avec un pas de 5 jours.

Résultats

Le choix de la date de semis a été effectué **sur les** résultats d'analyse fréquentielle des coefficients de satisfaction (ks) pour une fréquence moyenne de 5 **années** sur **10**, significative d'une année ni trop sèche, ni trop pluvieuse. Le critère de décision est double. Il est basé sur une satisfaction maximale des besoins en eau lors de la phase la plus sensible ainsi que sur tout le cycle. C'est donc le produit (ks phase sensible * ks cycle) maximal qui donne la date de semis (ks phase sensible = min (ks **F11**, ks **FL2**)). Les résultats sont regroupés en Annexe n°6 pour quatre stations représentatives.

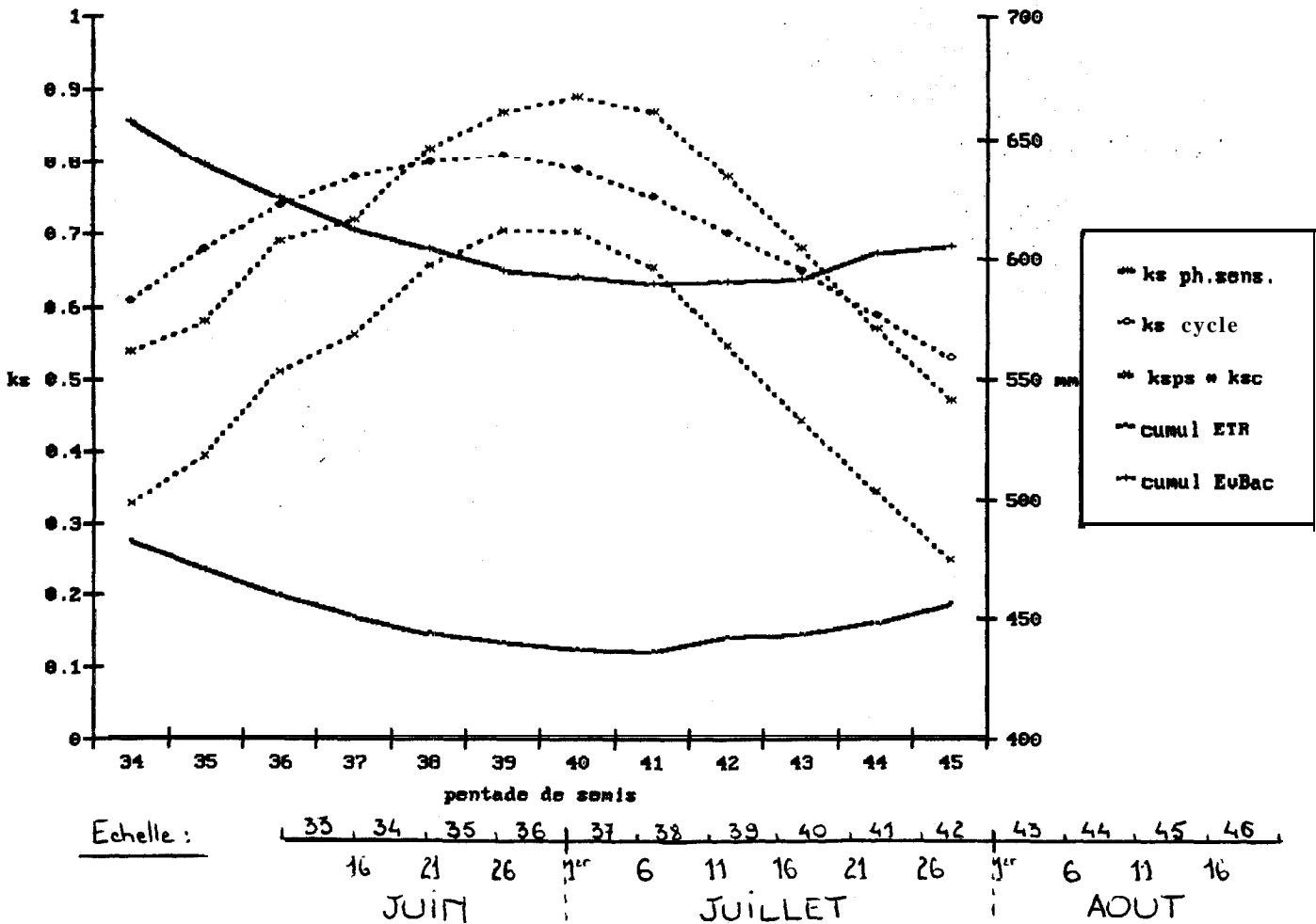
Graphique n°3

Corrélation Date de semis de l'arachide / Latitude



Graphique n°4

Evolution des indices hydriques avec la date de semis



L'enracinement joue peu sur la date de semis optimale vis à vis des erreurs dues au modèle. Cependant, la tendance est toujours au retard de la date de semis pour un enracinement plus profond. En effet, une profondeur d'enracinement plus grande implique un réservoir sol plus important. Or, il est inutile de prendre le risque de remplir ce dernier trop tôt (**sécheresses** futures éventuelles) car, en fin de cycle, la plante pourra encore puiser dans le réservoir sol encore conséquent. Néanmoins, cette tendance ne se remarque pas en zone Nord en bordure du fleuve **Sénégal**. C'est alors la faible pluviométrie qui est limitante et qui empêche cet éventuel retard au semis même si le réservoir est plus important.

La carte **n°2** donne les dates de semis dans chaque station pour un enracinement moyen. On remarque nettement **l'étagement** de ces dates: 2ème pentade de Juillet à Nioro du Rîp à 3ème pentade **d'Août** à Richard **Toll**. On note également la tendance à un semis plus tardif en bordure **d'océan**.

Il est apparu intéressant de relier la date de semis à la latitude (cf Graphique **n°3**). La corrélation est assez bonne (**r=0.89**), ce qui permet de déterminer la date de semis pour la période 1968-1987 uniquement à **partir** des coordonnées géographiques du lieu considéré, selon l'équation:

$$\text{Pentade de semis} = 1 + 2.7 * \text{lat}$$

où lat = latitude (**°decimaux**)

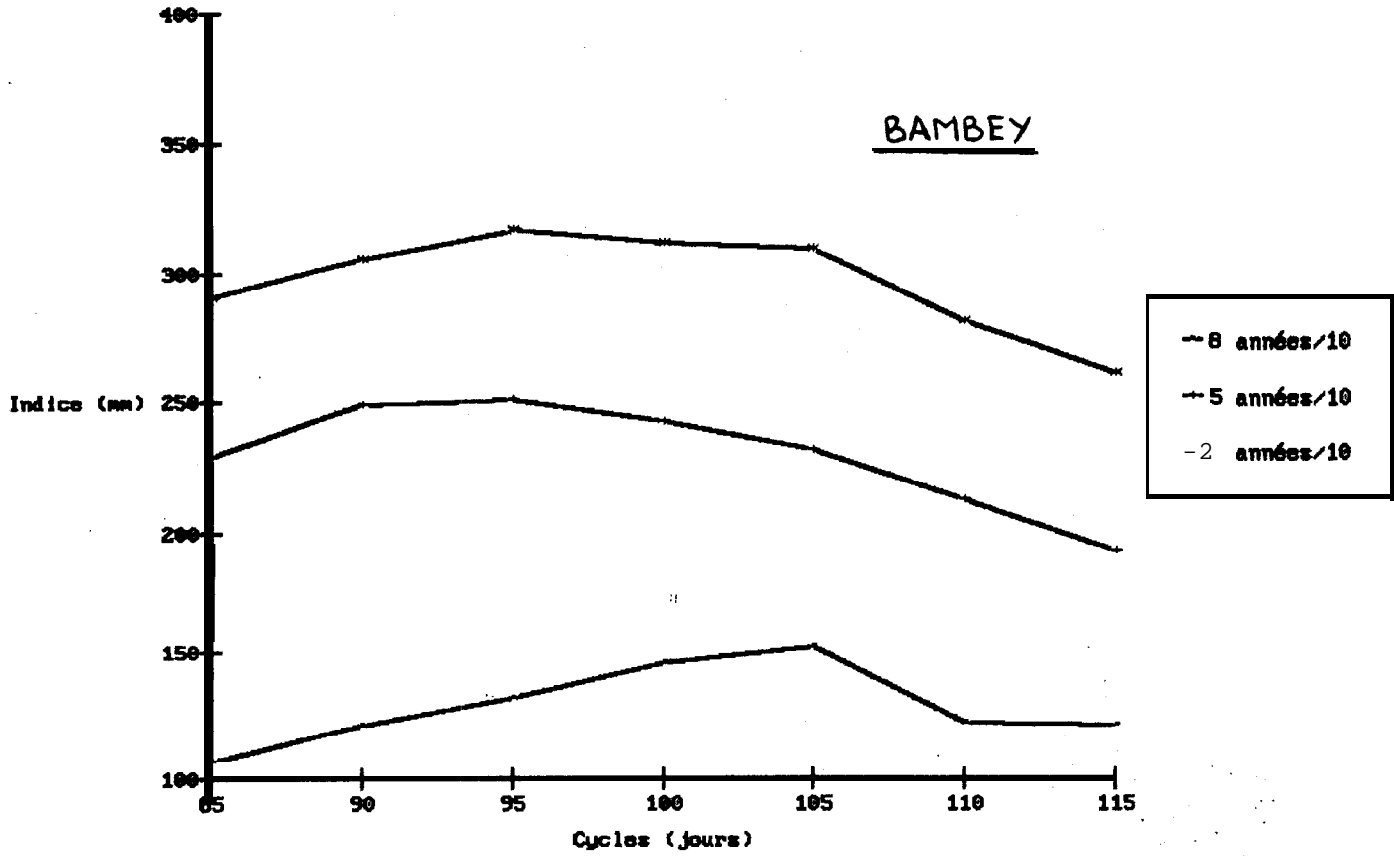
Cette étude a donné d'autres résultats intéressants. En effet, les taux de satisfaction de la phase sensible et du cycle passent par un maximum légèrement **différent** de celui de leur produit. En revanche, **l'ETR** cycle passe par un minimum, lui aussi légèrement décalé. L'exemple moyen de Bambey est représenté au Graphique **n°4**.

En fait, ce minimum de consommation sur tout le cycle doit correspondre au minimum de demande climatique cumulé sur la même durée car, pour une station donnée, **l'ETR** dépend fortement de ce terme. En effet, le cumul de l'évaporation du Bac classe A pour la même **durée** à partir de dates différentes passe également **par** le même minimum (cf Graphique **n°4**).

Toutes les entrées du modèle ayant été clairement définies et déterminées, examinons maintenant l'objectif lui-même de l'étude.

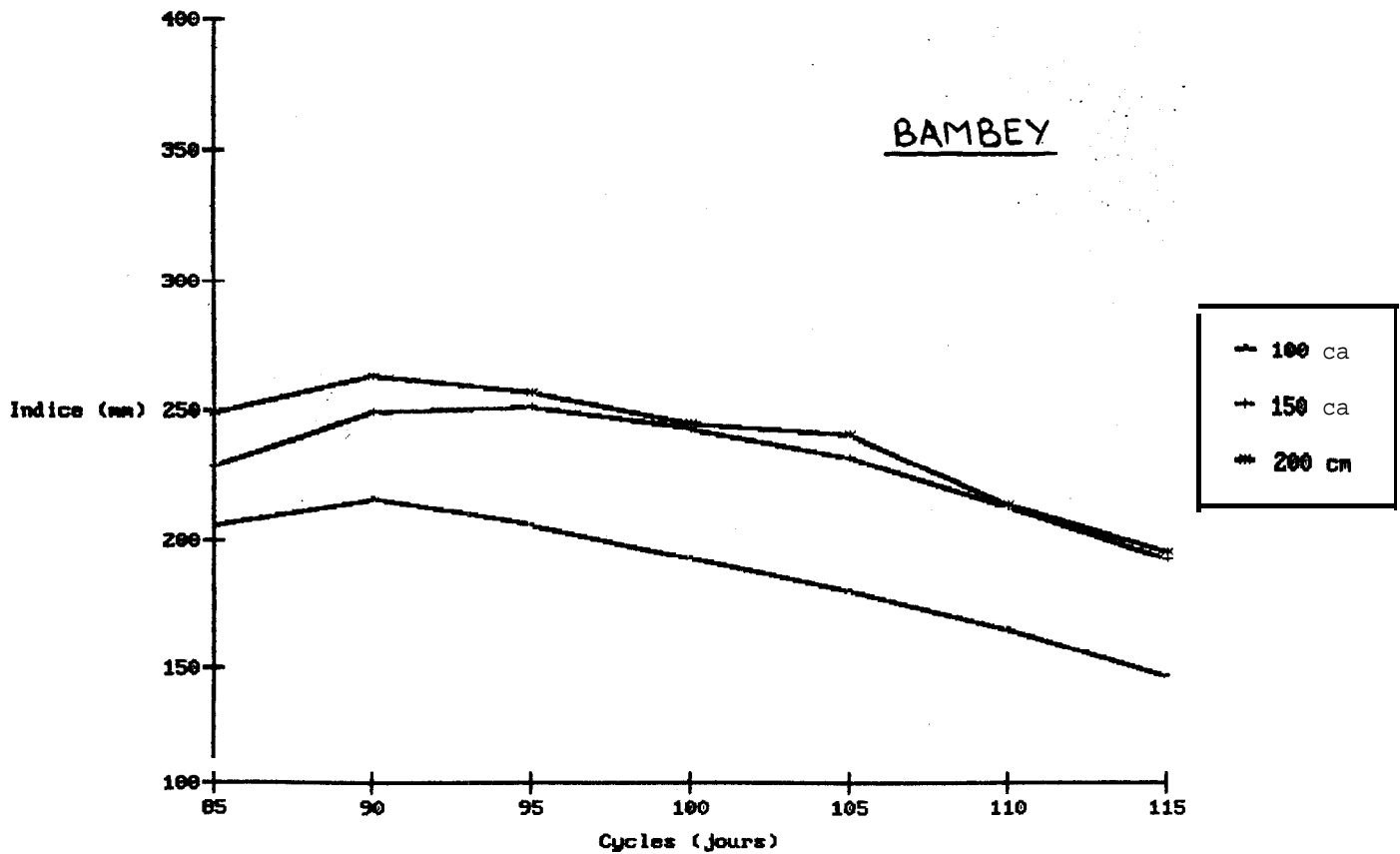
Graphique n° 5

Evolution de l'indice hydrique avec la fréquence de l'analyse



Graphique n° 6

Evolution de l'indice hydrique avec l'enracinement maximal



III LES RESULTATS

Les 20 stations étudiées ont été réparties en 3 zones: Nord, Centre-Nord et Centre-Sud (cf carte n°1 au 1). Pour chaque station, des simulations ont été réalisées pour chaque profondeur d'enracinement maximale (donc chaque RUM), correspondant à une date de semis, et pour une gamme de durées de cycle assez large entourant la durée optimale supposée (cf Annexe n°1). Etant donné le volume imposant de résultats, il a été choisi d'effectuer l'étude sur 4 stations représentatives: Nioro du Rip, Bambey, Louga et Podor et de confirmer éventuellement certains résultats sur d'autres stations.

Trois indices ont été plus particulièrement analysés:

- * coefficient satisfaction phase Formation Gynophores
 - * produit ks phase sensible * ks cycle
 - * produit ETR cycle * ks phase sensible * ks'cycle
- où ks phase sensible = min (ks F11, ks F12).

Le premier indice n'est pas assez variable avec les cycles pour pouvoir définir précisément le cycle optimal de l'arachide. Le second offre très souvent des cycles optimaux trop courts. L'idée a alors été émise de pondérer cet indice par la consommation de la culture sur tout le cycle. Ce dernier indice, homogène à une consommation hydrique, semble se révéler le meilleur au niveau du zonage de l'arachide au Sénégal. Les résultats se trouvent rassemblés en Annexe n°7.

1/ Analyse frésuentielle:

Pour un enracinement moyen (zr=150cm), la comparaison a été réalisée pour les 3 fréquences: 2 années/10, 5 années/10 et 8 années/10. Les résultats sont variables mais ne permettent pas de tracer une évolution particulière du cycle optimal pour les différentes fréquences. Cependant, plus l'année est sèche (probabilité 8 années/10) et plus la consommation en eau ainsi que la satisfaction des besoins en eau sont faibles. L'indice choisi varie de:

385 à 305 pour Nioro du Rip

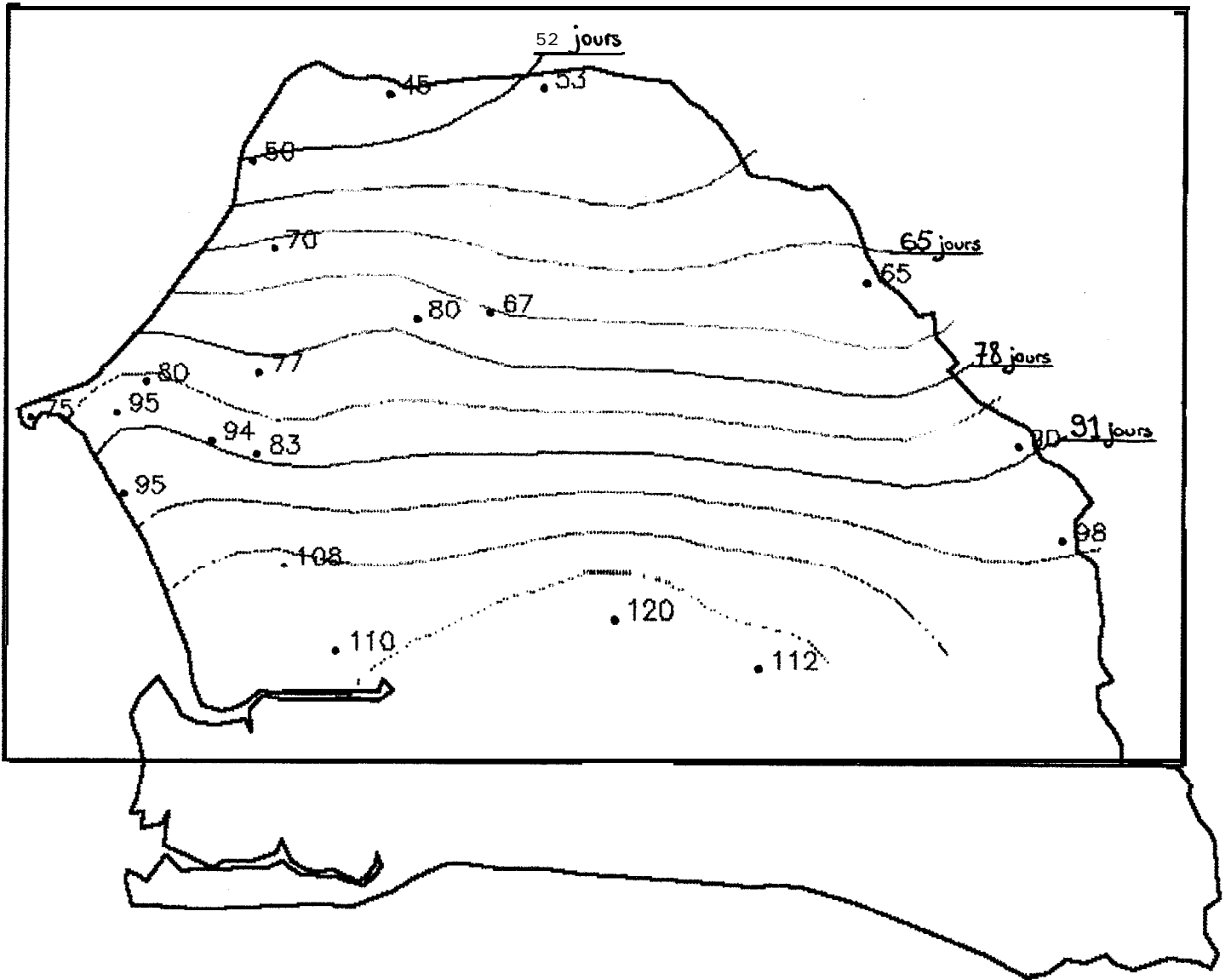
320 à 160 pour Bambey

170 à 30 pour Louga

40 à 2.5 pour Podor, suivant que l'on se situe en année pluvieuse (2 années/10) ou en année sèche (8 années/10). Cette décroissance de l'indice évolue de 25 % au Sud à 1500 % au Nord. Le passage année pluvieuse à année sèche est ainsi bien plus marqué dans le Nord que dans le Sud du pays. L'exemple moyen de Bambey est représenté au Graphique n°5.

Carte n°3

DUREE DU CYCLE DE L'ARACHIDE (jours)
PERIODE 1968— 1987



Remarque : L'interpolation dans le Sud du pays n'est pas très bonne en raison du manque de points étudiés dans cette zone.
Remarque identique pour les cartes n° 4 et 5 et les Annexes n° 9, 10, 11 et 12.

2/ Enracinement maximal:

Dans 50 % des années, les trois enracinements proposés (**zr=100**, 150 et 200 cm) ont été comparés. Les résultats **révèlent** que l'enracinement ne joue pas **ou peu** sur le choix du cycle optimal. En revanche, et comme pour l'analyse **fréquentielle** ci-dessus, l'enracinement a une influence sur la consommation en eau ainsi que la satisfaction des besoins en eau: celles-ci augmentent avec un enracinement plus profond. L'indice utilise varie de:

310 à 370 pour Nioro du Rip

215 à 265 pour Bambey

65 à 85 pour Louga

12 à 15 pour Podor, pour un enracinement maximal variant de 100 à 200 cm. Cette croissance de **20 à 30%** est relativement **homogène** sur tout le pays. L'exemple moyen de Bambey est représenté au Graphique **n°6**.

3/ Cycle optimal:

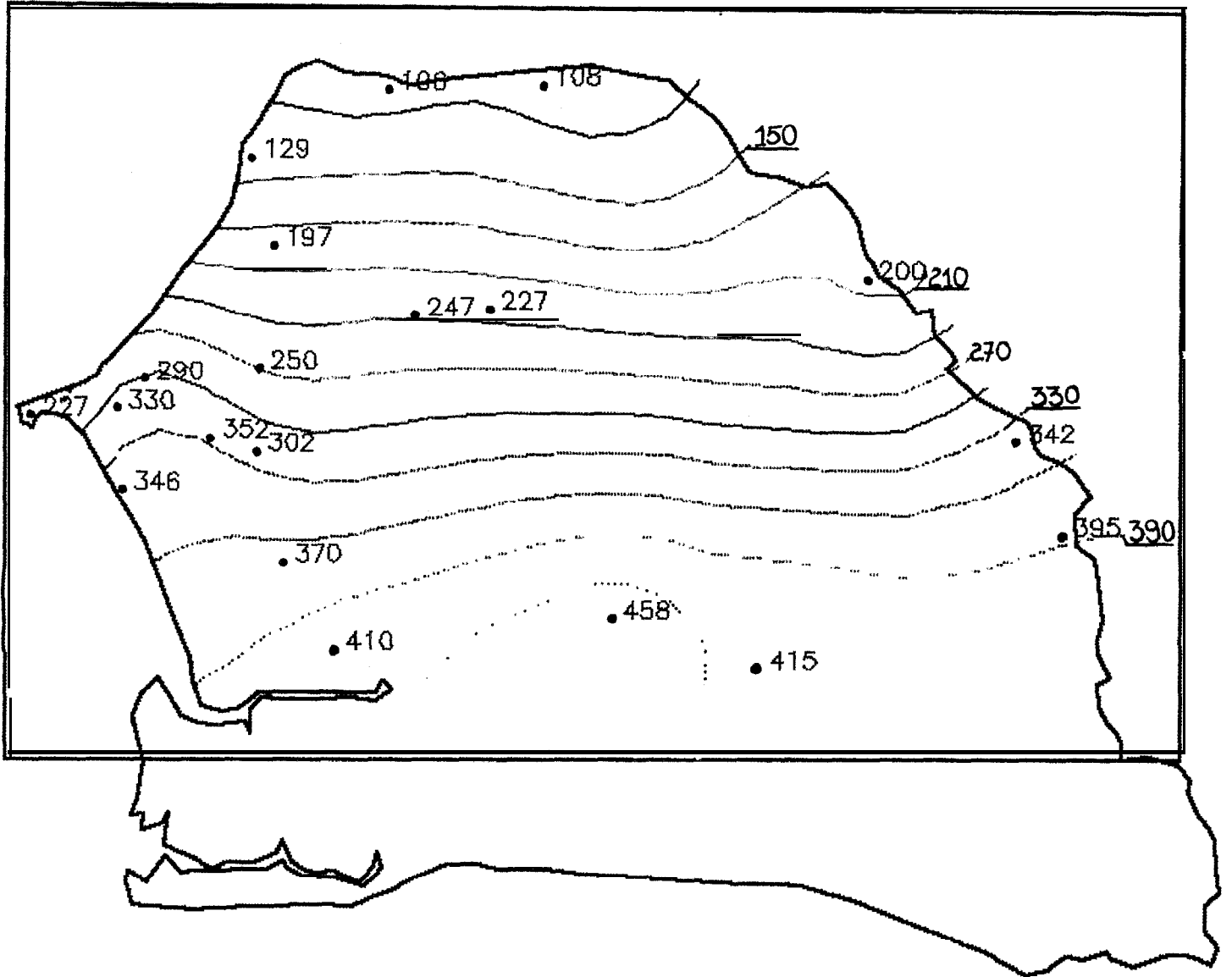
Grâce aux deux études précédentes, le **cycle optimal** de l'arachide **a pu** être déterminé plus facilement dans chaque station pour une fréquence **5 années/10** et pour une profondeur racinaire maximale de 150 cm. En Annexe **n°8** sont regroupés les tableaux correspondant aux 4 stations suivies. Dans ces tableaux sont rassemblés tous les coefficients de satisfaction des différentes phases de la culture, les indices hydriques **étudiés** et l'**ETR** cumulée sur le cycle. Les cycles optimaux de l'arachide correspondant au maximum de l'indice ETR cycle * ks phase sensible * ks cycle ont été reportés sur la carte **n°3**. Ils ont permis de tracer des isocycles sur tout le pays. Les cycles **s'étagent** de 45 jours au Nord (Richard Toll) à 110 jours au Sud (Nioro du Rip). Comme pour les dates de semis, la zone côtière offre une particularité: les cycles y sont plus courts **que** vers l'intérieur des terres.

Les cycles optimaux ainsi définis, il a été possible de **réaliser** des cartes **d'ETR** cycle (carte **n°4**), de ks cycle (carte **n°5**) et de coefficients de satisfaction de toutes les phases du cycle (Annexes **n°9,10,11** et 12) correspondant. La consommation réelle totale sur le cycle varie de 106 à 458 **mm du Nord au Sud et la** satisfaction cycle de 0.39 à 0.91. Comme ci-dessus, on note bien le fléchissement des isoconsommations et isosatisfactions en bordure **d'océan**.

Ensuite, il est apparu intéressant de relier ces variables à la latitude **car toutes** les courbes de même indice sont sensiblement parallèles à la latitude. Tout d'abord, la corrélation entre durée du cycle de l'arachide et latitude est **très** bonne: $r=-0.95$. Ainsi, sur la période 1968-1987, il est aisé de connaître le cycle optimal de la culture uniquement par **les coordonnées géographiques du lieu** considéré. L'équation de la régression est:

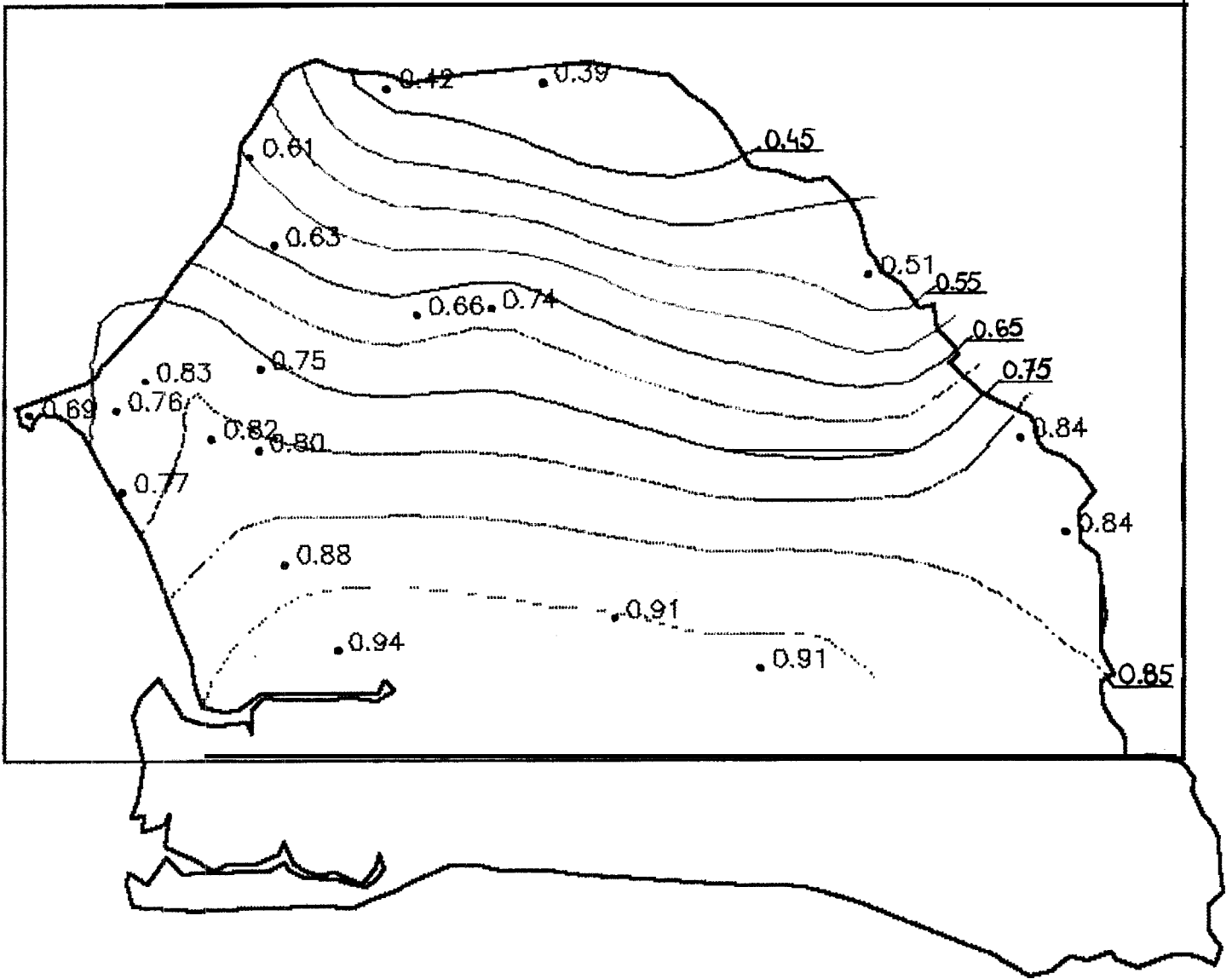
Carte n°4

ETR cycle (mm)
PERIODE 1968-1987



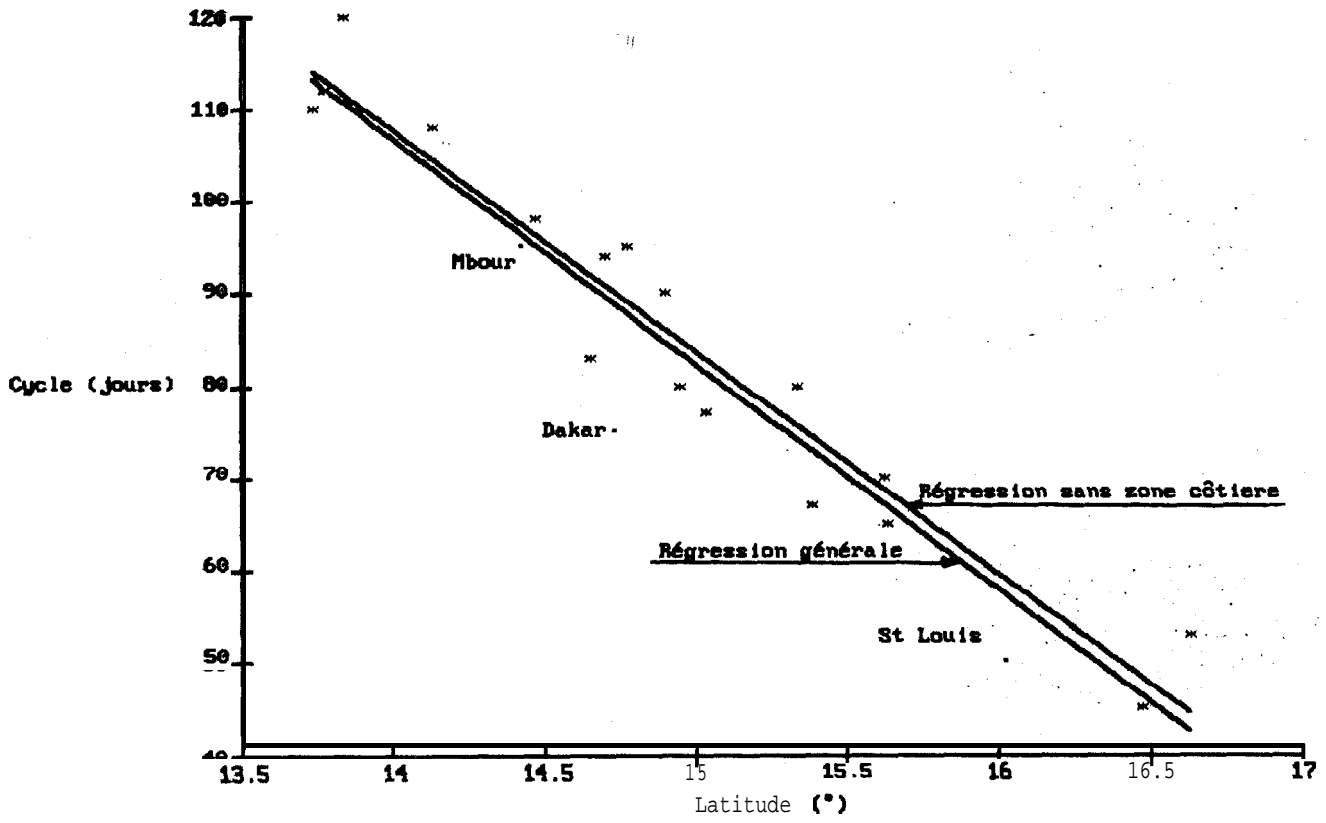
Carte n° 5

ETR / ETM cycle
PERIODE 1968-1987



Graphique n° 8

Corrélation Durée du cycle d'arachide / Latitude



$$\text{Cycle (jours)} = 448 - 24.4 * \text{latitude}(\text{°décimaux})$$

(cf Graphique n°8, Régression générale)

On obtient de même de très **bonnes** corrélations entre la consommation sur tout le cycle et la latitude:

$$\text{ETR cycle (mm)} = 2081 - 120 * \text{latitude}(\text{°décimaux}) \quad r = -0.95$$

(cf Annexe n°13)

et entre la satisfaction des besoins en eau sur tout le cycle et la latitude:

$$\text{ks cycle} = 3.35 - 0.175 * \text{latitude}(\text{°décimaux}) \quad r = -0.93$$

(cf Annexe n°14)

Cette dernière est moins satisfaisante que les précédentes à cause du fléchissement des valeurs en bordure du fleuve Sénégal.

D'autre part, nous savons **que** la bordure d'océan influe sur les 3 composantes ci-dessus **étudiées**. La corrélation pourrait donc être améliorée si l'on ne tenait pas compte de cette zone côtière. En effet, en supprimant les stations: Mbour, Dakar et Saint-Louis, le coefficient de corrélation devient $r = -0.97$. Toutefois, la droite de régression n'évolue guère (cf Graphique n°8).

En dehors de cette étude, il est également apparu que les consommations réelles et les satisfactions des besoins en eau sont très peu différentes suivant les durées de cycle dans le Centre-Sud du **Sénégal** alors qu'elles le sont beaucoup dans le Nord. En effet, la satisfaction étant toujours bonne en zone Centre-Sud, il importe peu d'un point de vue hydrique que la variété utilisée soit de cycle 120, 105 voir 90 jours. **Néanmoins**, les critères agronomiques et économiques viennent bien évidemment moduler ce résultat par la suite. En revanche, en zone Nord, il est préférable de se **référer** au cycle optimal obtenu car la satisfaction est souvent mauvaise et variable selon les cycles.

Il convient ici d'ajouter qu'il paraît irréaliste de lancer certaines cultures de cycle très courts en zone Nord. La ligne s'étendant du Nord de Louga à Matam apparaît comme une limite de la culture d'arachide au Sénégal. Elle correspond à des cycles dont la **durée** est inférieure à 60-65 jours dont la satisfaction des besoins en eau est inférieure à **0.5-0.6** et enfin dont la consommation totale cumulée est inférieure à 200 mm. D'après ces résultats, même si une telle culture d'arachide est créée et réussit à s'implanter, le rendement final restera toujours trop faible et ne sera donc pas d'un grand intérêt pour une telle culture de rente.

L'étude du zonage de la durée du cycle de l'arachide au Sénégal est apparue assez complexe dans son élaboration mais aussi très riche en informations.

Elle a été réalisée grâce au logiciel BIPZON (IRAT). Pour la réalisation de ce zonage, il a été nécessaire de déterminer préalablement **l'évolution** du coefficient **cultural** avec le temps selon les cycles étudiés (modélisation) ainsi que la date de semis optimale pour chaque station. Ensuite, le meilleur indice hydrique pour le choix du cycle optimal s'est révélé être le produit des deux coefficients de satisfaction Phase sensible et Cycle, pondéré par la consommation en eau totale sur le cycle. Ainsi, des cartes de cycles optimaux d'arachide mais aussi **d'ETR** cycle et de satisfaction sur le cycle correspondant ont pu être réalisées.

Toutes les variables étudiées sont fortement, liées à la latitude. Les résultats indiquent également que la profondeur racinaire maximale (a fortiori la réserve utile maximale) et la pluviosité de l'année jouent non pas sur le cycle optimal obtenu mais sur la satisfaction et la consommation hydrique de la culture.

Il est à noter la faiblesse des durées de cycle et des indices hydriques dans la zone Nord proche du Fleuve. Une étude agronomique et économique serait alors nécessaire afin de rendre compte si de telles cultures à cycle très court sont vraiment intéressantes à développer.

Il serait souhaitable de réaliser les mêmes simulations sur une période plus longue, par exemple 1940-1987. Ceci ne serait possible que sur quelques stations seulement mais permettrait peut-être d'observer **plus** de différences au niveau des cycles optimaux entre années pluvieuses et années sèches.

Ensuite, une étude complémentaire à celle qui vient d'être effectuée serait de déterminer plus précisément la date de semis pour tous les cycles dans chaque station et de noter leur évolution avec la profondeur racinaire maximale ainsi qu'avec la pluviosité de l'année.

Enfin, il serait sans doute très intéressant d'élargir cette étude à d'autres pays de l'Afrique de l'Ouest mais aussi à d'autres cultures employées dans ces **pays**.

BIBLIOGRAPHIE

- * **DANCETTE** C. "Agroclimatologie et adaptation variétale de l'arachide au Sénégal", ISRA DRSAEA, 1984.
 - * **DANCETTE** C. "Méthode pratique d'estimation des besoins en eau des principales cultures pluviales du Sénégal", **ISRA CNRA** Bambey, 1981.
 - * **DANCETTE** C. et **FOREST** F. "Alimentation en eau de l'arachide en zone tropicale semi-aride", Agrometeorology of Groundnut, ICRISAT, 1985.
 - * **DANCETTE** C. "Besoins en eau du mil au **Sénégal**. Adaptation en zone semi-aride tropicale", L'agronomie tropicale 38 - 4.
 - * **FOREST** F. "Simulation du bilan hydrique des cultures pluviales. Présentation et utilisation du logiciel **BIP**", IRAT CIRAD Groupe Eau, 1984.
 - * **FRETEAUD** J.P., **LIDON** B., **MARLET** S. "La **détermination** des coefficients culturaux en zone **Soudano** Sahélienne. Proposition d'une méthode **générale** et pratique", IRAT Division Economie et Valorisation de l'Eau, 1984.
 - * **KHALFAOUI** J.L. "Approche de l'**amélioration** génétique de l'adaptation à la sécheresse des **espèces** cultivées en zone semi-aride. Application au cas de l'arachide destinée à la région sèche du Sénégal", Thèse de Docteur en Science, 1988.
 - * **KHALFAOUI** J.L. et **ANNEROSE** D. "Création variétale d'arachide adaptée aux contraintes pluviométriques des zones semi-arides", Agrometeorology of Groundnut, ICRISAT, 1985.
 - * **NDIAYE** M. "Adaptation du mil aux conditions climatiques récentes du Sénégal", Mémoire de fin d'études, 1988.
 - * **VANDERCHMITT** E. "Besoins en eau du Maïs et de l'arachide à Nioro du **Rip**", **ISRA CNRA** Bambey, 1988.
 - * **VANDERCHMITT** E. "Analyse fréquentielle des pluies sur 25 stations principales au Sénégal", ISRA CNRA Bambey, 1988.
-

ANNEXE N°1

Zone Centre-Nord

* Bambey (14°42):

- . Pluies: 1968-1987
- . Evbac : Bambey (moyenne 1969-1987)
- . RU=80mm/m RUM= 80mm Date semis (95j): 7/3^e pent
=120mm 7/3^e pent
=160mm 7/4^e pent
- . Cycles Qstudiés: 85,90,95,100,105,110,115 jours

* Tivaouane (14°57):

- . Pluies: 1968-1987
- . Evbac : Bambey (moyenne 1969-1987)
- . RU=80mm/m RUM= 80mm Date semis (85j): 7/5^e pent
=120mm 7/6^e pent
=160mm 7/6^e pent
- . Cycles : 50,55,60,65,70,75,80,85,90,95,100,105 jours

* Thies (14°46):

- . Pluies: 1968-1987
- . Evbac : Bambey (moyenne 1969-1987)
- . RU=80mm/m RUM= 80mm Date semis (90j): 7/5^e pent
=120mm 7/5^e pent
=160mm 7/5^e pent
- . Cycles: 60,65,70,75,80,85,90,95,100,105,110 jours

* Dakar (14°44):

- . Pluies: 1968-1987
- . Evbac : Bambey (moyenne 1969-1987)
- . RU=80mm/m RUM= 80mm Date semis (80j): 7/6^e pent
=120mm 8/1^e pent
=160mm 8/1^e pent
- . Cycles: 45,50,55,60,65,70,75,80,85,90 jours

* Thilmakha (15°02):

- . Pluies: 1972-1987
- . Evbac : Bambey (moyenne 1969-1987)
- . RU=70mm/m RUM= 70mm Date semis (80j): 7/6^e pent
=105mm 7/6^e pent
=140mm 7/6^e pent
- . Cycles: 40,45,50,55,60,65,70,75,80,85,90,95,100,105 j

ANNEXE N°1 (SUITE)

* Diourbel (14°39):

. Pluies: 1973-1987
. Evbac : Bambey (moyenne 1969-1987)
. RU=80mm/m RUM= 80mm Date semis (95j): 7/3^e pent
 =120mm 7/4^e pent
 =160mm 7/4^e pent
. Cycles: 65,70,75,80,85,90,95,100,105 jours

* Kidira (14°28):

. Pluies: 1968-1987
. Evbac : Bambey (moyenne 1969-1987)
. RU=80mm/m RUM= 80mm Date semis (100j): 7/1^e pent
 =120mm 7/2^e pent
 =160mm 7/2^e pent
. Cycles: 50,55,60,65,70,75,80,85,90,95,100,105 jours

* Bakel (14°54):

. Pluies: 1968-1987
. Evbac : Bambey (moyenne 1969-1987)
. RU=80mm/m RUM= 80mm Date semis (90j): 7/2^e pent
 =120mm 7/3^e pent
 =160mm 7/3^e pent
. Cycles: 80,85,90,95,100,105,110 jours

Zone Centre-Sud

* Nioro du Rip (13°44):

. Pluies: 1968-1987
. Evbac : Nioro (moyenne 1976-1987)
. RU=100mm/m RUM=100mm Date semis (105j): 7/2^e pent
 =150mm 7/2^e pent
 =200mm 7/2^e pent
. Cycles étudiés: 90,95,100,105,110,115,120 jours

* Mbour (14°25):

. Pluies: 1968-1987
. Evbac : Nioro (moyenne 1976-1987)
. RU=80mm/m RUM= 80mm Date semis (90j): 7/3^e pent
 =120mm 7/4^e pent
 =160mm 7/4^e pent
. Cycles: 70,75,80,85,90,95,100,105,110 jours

ANNEXE N°1 (SUITE)

* Sinthiou (13°50):

- . Pluies: 1964-1987
- . Evbac : Nioro (moyenne 1976-1987)
- . RU=100mm/m RUM=100mm Date semis (105j): 7/1^e pent
- =150mm 7/1^e pent
- =200mm 7/2^e pent
- . Cycles: 95,100,105,110,115,120 jours

* Kaolack (14°08):

- . Pluies: 1968-1987
- . Evbac : Nioro (moyenne 1976-1987)
- . RU=100mm/m RUM=100mm Date semis (100j): 7/2^e pent
- =150mm 7/3^e pent
- =200mm 7/4^e pent
- . Cycles: 80,85,90,95,100,105,110 jours

* Tambacounda (13°46):

- . Pluies: 1968-1987
- . Evbac : Nioro (moyenne 1976-1987)
- . RU=100mm/m RUM=100mm Date semis (105j): 7/1^e pent
- =150mm 7/2^e pent
- =200mm 7/3^e pent
- . Cycles: 90,95,100,105,110,115,120 jours

Zone Nord

* Matam (15°38):

- . Pluies: 1968-1987
- . Evbac : Fanaye (moyenne 1982-1987)
- . RU=50mm/m RUM= 50mm Date semis (70j): 7/6^e pent
- = 75mm 7/6^e pent
- =100mm 7/6^e pent
- . Cycles étudiés: 40,45,50,55,60,65,70,75,80,85 jours

* Podor (16°38):

- . Pluies: 1968-1987
 - . Evbac : Fanaye (moyenne 1982-1987)
 - . RU=50mm/m RUM= 50mm Date semis (50j): 8/2^e pent
 - = 75mm 8/2^e pent
 - =100mm 8/2^e pent
 - . Cycles: 40,45,50,55,60,65,70 jours
-

ANNEXE N°1 (SUITE)

* Saint-Louis (16°01):

. Pluies: 1968-1987
 . Evbac : Louga (moyenne 1980-1987)
 . RU=50mm/m RUM= 50mm Date semis (50j): 8/4^e pent
 = 75mm 8/4^e pent
 =100mm 8/4^e pent
 . Cycles: 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70 jours

* Richard Toll (16°28):

. Pluies: 1968-1987
 . Evbac : Fanaye (moyenne 1982-1987)
 . RU=50mm/m RUM= 50mm Date semis (50j): 8/3^e pent
 = 75mm 8/3^e pent
 =100mm 8/3^e pent
 . Cycles : 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70 jours

* Louga (15°37):

. Pluies: 1968-1987
 . Evbac : Louga (moyenne 1980-1987)
 . RU=70mm/m RUM= 70mm Date semis (70j): 7/6^e pent
 =105mm 8/1^e pent
 =140mm 8/2^e pent
 . Cycles: 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80 jours

* Linguere (15°23):

. Pluies: 1968-1987
 . Evbac : Louga (moyenne 1980-1987)
 . RU=70mm/m RUM= 70mm Date semis (70j): 7/5^e pent
 =105mm 8/1^e pent
 =140mm 8/1^e pent
 . Cycles: 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95 jours

* Dahra (15°20):

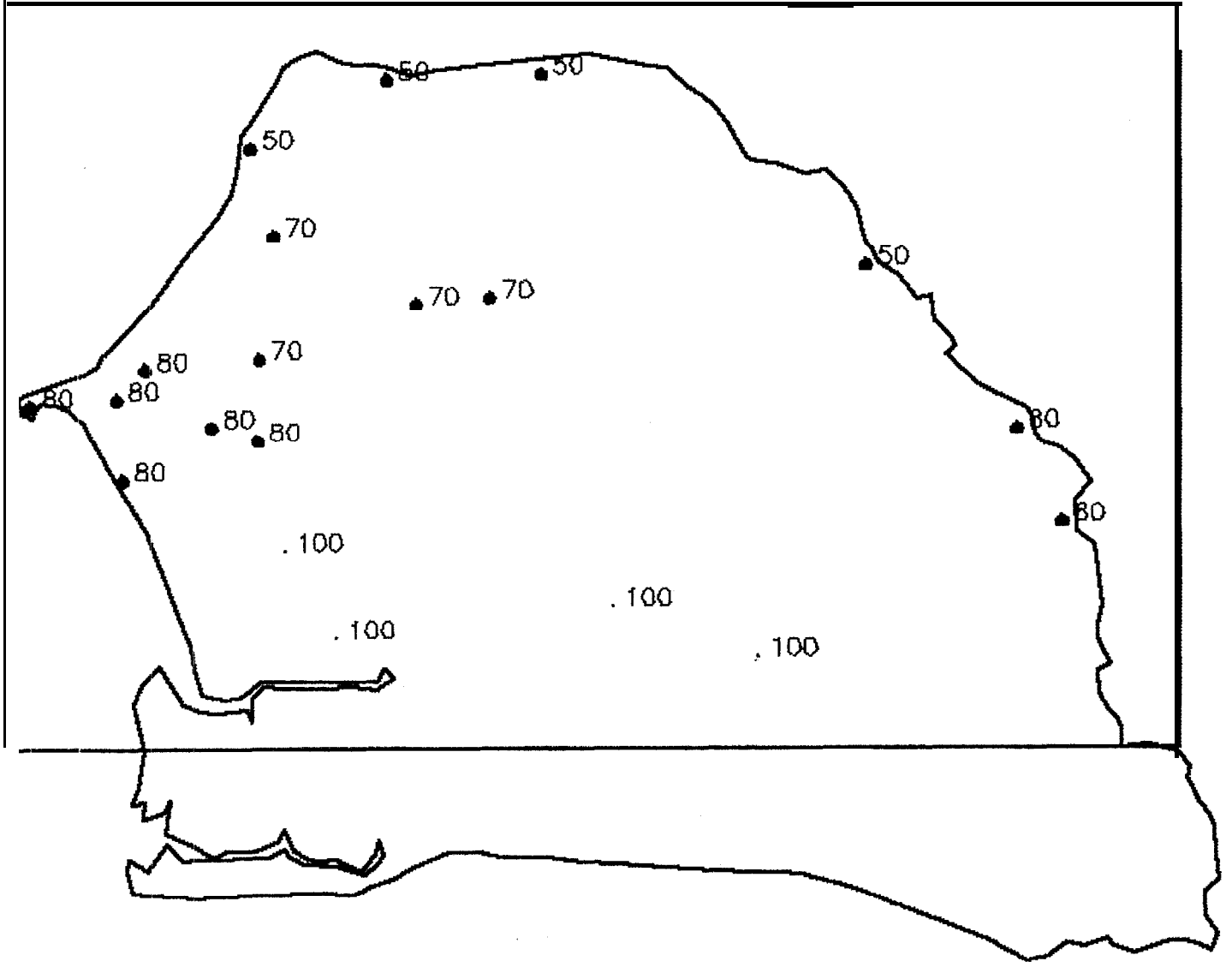
. Pluies: 1968-1987
 . Evbac : Louga (moyenne 1980-1987)
 . RU=70mm/m RUM= 70mm Date semis (80j): 7/6^e pent
 =105mm 7/6^e pent
 =140mm 7/6^e pent
 . Cycles: 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100 jours

Remarque: La date de semis est exprimée, pour une arachide dont la **durée** du cycle est inscrit entre parenthèses, sous la forme du mois et de la pentade dans ce mois.

exemple: 7/6^epent = 6ème pentade de Juillet = 26-31 Juillet

Annexe n°2

RESERVE UTILE (mm/m)
PERIODE 1968 - 1987



ANNEXE N° 3

EVOLUTION DES Kc AVEC LA DUREE DU CYCLE ET LA LATITUDE

Les valeurs de coefficients culturaux sont exprimés en 10^{-2} unité.

Zone Centre-Sud

Nioro du Rip

Cycles	90	95	100	105	110	115	120 ^d
5	33	32	32	31	30	30	29
10	43	42	41	40	39'	38	37
15	54	52	50	48	47	45	44
20	64	62	59	57	55	53	51
25	75	71	68	65	63	60	58
30	85	81	77	74	71	68	65
35	96	91	87	83	79	75	72
40	106	101	96	91	87	83	79
45	104	107	105	100	95	91	87
50	101	104	108	108	103	98	94
60	97	101	105	109	111	106	101
65	91 94	98 95	98 102	102 106	107 110	112 113	108
70	88	92	95	99	104	109	114
75	85	88	92	96	101	105	111
80	82	85	89	93	97	102	107
85	79	82	86	90	94	99	104
90	76	79	83	87	91	96	101
95		76	80	84	88	93	98
100			76	81	85	90	95
105				77	82	87	92
110					79	83	89
115						80	86
120							82

ANNEXE N°3 (SUITE)

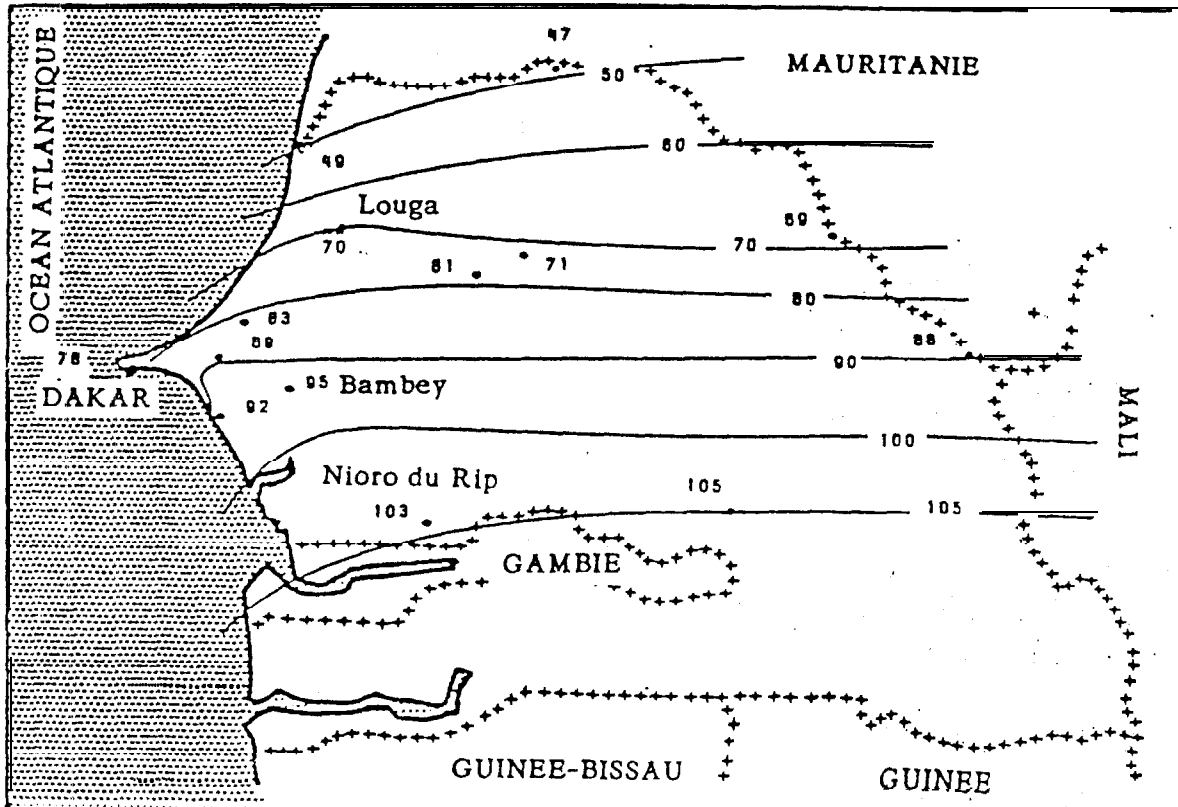
Zone Centre-Nord

Bambev

T e m p s	85	90	95	100	105	110	115
5	26	26	25	24	24	23	23
10	38	36	35	33	32	31	30
15	49	47	45	43	41	39	38
20	60	57	55	52	50	48	46
25	72	68	64	61	58	56	53
30	83	78	74	70	67	64	61
35	94	89	84	80	76	72	68
40	97	90	81	80	84	80	76
					93	88	84
50	91	94	97	101	102	96	91
55	88	91	94	-98	102	104	99
60	84	88	91	95	99	103	107
65	81	85	88	92	96	100	105
70	78	81	85	89	93	97	102
75					90		99
80	75 72	78 75	82 79	82 85	86	91 94	96
85	69	72	75	79	83	88	92
90		69	72	76	80	85	89
95			69	73	77	81	86
100				70	74	78	83
105					71	75	80
110						72	77
115							74

Annexe n° 5

Carre des longueurs de cycle satisfaites dans au moins 80 % des années de la période 1970-1986 dans la zone semi-aride du SENEGAL (jours).



(d'après J.L. KHALFAOUI)

Annexe n° 4

Pluviométrie minimale de la pluie de **semis** en fonction de
la région et de la date (d'après FOREST et al., 1982).

Sites	Périodes de semis	Pluie de semis (mm)
LOUGA	1 ^{er} au 15 Juin 16 au 30 Juin 1 ^{er} au 20 Juillet Au-delà du 20 Juil 1^{er}	≥ 60 ≥ 30 ≥ 20 ≥ 15
BAMBEY	1^{er} au 15 Juin 16 Juin au 15 Juillet Au-delà du 15 Juillet	a 40 ≥ 20 ≥ 15
MORO du RIP	1 ^{er} au 10 Juin 11 Juin au 10 Juillet Au-delà du 10 Juillet	≥ 40 ≥ 20 ≥ 15

ANNEXE N°6

EVOLUTION DE LA DATE DE SEMIS OPTIMALE AVEC L'ENRACINEMENT ET LA LATITUDE

Les résultats donnés dans les tableaux ci-dessous pour une fréquence 5 années / 10 sont les valeurs du produit des coefficients de satisfaction des besoins en eau à la phase sensible et sur tout le cycle exprimé en 10^{-4} unité, pour les trois profondeurs d'enracinement (zr en cm) choisies et pour des dates de semis **différentes**. Celles-ci sont inscrites sous la forme "**mois/pentade** dans le mois".

exemple: 7/6 = 6ème pentade de Juillet = 26-31 Juillet

Zone Centre-Sud

Nioro du Rip

Semis zr	6/1	6/2	6/3	6/4	6/5	6/6	7/1	7/2	7/3	7/4	7/5	7/6
100	3808	5402	6557	7553	7826	8096	8188	8190	7917	7452	6850	6248
150	3864	5767	6640	7644	7912	8277	8554	8649	8463	8184	7760	7452
200	3864	5402	6640	7644	7912	8277	8648	8742	8742	8554	8260	7998

Zone Centre-Nord

Bambev

Semis zr	6/4	6/5	6/6	7/1	7/2	7/3	7/4	7/5	7/6	8/1	8/2	8/3
100	3294	3618	4899	5400	6000	6364	6035	5427	4209	2915	2350	1748
150	3294	3944	5106	5616	6560	7047	7031	6525	5460	4420	3450	2491
200	3348	4002	5106	5616	6560	7047	7209	6952	6375	5180	4350	3538

ANNEXE N°6 (SUITE)

Zone Nord

Louqa

Semis zr	7/1	7/2	7/3	7/4	7/5	7/6	8/1	8/2	8/3	8/4	8/5	8/6
100	1584	2400	2538	2907	3074	3540	3249	3410	2392	1575	820	490
150	1584	2400	3135	3078	3534	3782	4221	4200	3540	2585	2208	1452
200	1584	2400	3135	3078	3534	3782	4221	4402	3540	2970	2208	1584

Podor

Semis zr	7/1	7/2	7/3	7/4	7/5	7/6	8/1	8/2	8/3	8/4	8/5	8/6
100	69	528	690	726	735	720	1036	1260	910	918	561	288
150	69	528	690	726	770	740	1036	1443	1240	9725	561	435
200	69	528	690	726	770	740	1036	1443	1240	972	561	435

ANNEXE N° 7

EVOLUTION DE L'INDICE HYDRIQUE CHOISI

L'indice hydrique choisi et utilisé dans toute l'étude est le produit ks cycle * ks phase sensible pondéré par l'ETR sur tout le cycle (mm). Les tableaux suivants donnent l'évolution de cet indice avec:

- * la durée du cycle de l'arachide
- * la réserve en eau maximale du sol (RUM en mm) correspondant à un enracinement maximal de la culture (zr en cm)
- * la fréquence de l'analyse (fréquence):
 - 8 années / 10 ==> année **sèche**
 - 5 années / 10 ==> année **moyenne**
 - 2 années / 10 ==> année **pluvieuse**

Zone Centre-Sud

Nioro du Rip

Cycles			90	95	100	105	110	115	120
zr	RUM	fréquence							
100	100	8 ans/10	206	219	236	258	263	243	216
		5 ans/10	293	302	315	313	300	283	257
		2 ans/10	312	329	339	357	358	349	328
150	150	8 ans/10	254	268	285	293	303	300	288
		5 ans/10	302	319	325	342	347	337	325
		2 ans/10	312	329	346	364	378	381	377
200	200	8 ans/10	259	277	291	303	317	318	321
		5 ans/10	302	319	336	346	362	361	357
		2 ans/10	319	336	346	364	386	389	403

ANNEXE N°7 (SUITE)

Zone Centre-Nord

Bambey

Cycles			85	90	95	100	105	110	115
zr	RUM	fréquence							
100	80	8 ans/10	91	99	105	110	113	103	105
		5 ans/10	206	216	206	193	180	165	147
		2 ans/10	267	280	287	273	258	225	204
150	120	8 ans/10	107	121	132	146	152	122	121
		5 ans/10	229	249	251	243	232	213	193
		2 ans/10	291	306	317	312	310	282	262
200	160	8 ans/10	128	111	119	129	128	130	127
		5 ans/10	249	263	257	245	241	214	196
		2 ans/10	311	323	320	316	295	271	259

ANNEXE N°7 (SUITE)

Zone Nord

Louqa

Cycles			50	55	60	65	70	75	80
zr	RUM	fréquence							
100	70	8 ans/10			20	23	23	28	23
		5 ans/10			56	59	66	63	61
		2 ans/10			114	126	139	142	122
150	105	8 ans/10			30	22	28	27	20
		5 ans/10			79	77	83	79	51
		2 ans/10			140	151	162	171	145
200	140	8 ans/10	32	28	27	24	25	23	10
		5 ans/10	69	77	79	79	85	80	41
		2 ans/10	145	151	148	152	159	172	153

Podor

Cycles			40	45	50	55	60	65	70
zr	RUM	fréquence							
100	50	8 ans/10	0	0	0	1	1	1	1
		5 ans/10	8	10	12	12	10	8	7
		2 ans/10	27	28	22	28	29	29	29
150	75	8 ans/10	0	0	0	3	2	2	1
		5 ans/10	8	10	15	15	14	9	8
		2 ans/10	32	30	29	29	32	37	40
200	100	8 ans/10	0	0	0	3	2	1	1
		5 ans/10	8	10	15	15	14	9	8
		2 ans/10	32	30	29	34	43	43	45

ANNEXE N°8

LES INDICES HYDRIQUES EN FONCTION DES DUREES DE CYCLES

Les résultats donnés ci-dessous sont:

* des coefficients de satisfaction des besoins en eau (ks = ETR/ETM), exprimés en 10^{-2} unité.

* un produit de coefficients de satisfaction où ks phase sensible est le minimum des 2 ks: **F11** ou **F12**, exprimé en 10^{-4} unité.

* le produit ci-dessus **pondéré** par la consommation sur tout le cycle (ETR cycle), exprime en mm.

* l'ETR cycle exprimée en mm.

Zone Centre-Sud

Nioro du Rip

Cycles	90	95	100	105	110	115	120
Indices							
ks IDV	96	97	97	98	98	98	98
ks F11	94	94	94	95	95	95	95
ks F12	94	94	93	93	93	93	93
ks Mat	95	94	93	91	89	88	76
ks cycle	94	94	93	93	91	87	83
ks cycle*ks ph.sens.	8836	8836	8649	8649	8463	8091	7719
ETRC * ksc * ksps	302	319	325	342	347	337	325
ETR cycle	342	361	376	395	410	417	421

Zone Centre-Nord

Bambey

Cycles	85	90	95	100	105	110	115
Indices							
ks IDV	76	81	83		86	89	90
ks F11	83	87	87	88	90	92	93
ks F12	91	90	90	89	88	87	86
ks Mat	91	83	77	75	64	50	46
ks cycle	84	83	81	77	73	68	63
ks cycle*ks ph.sens.	6972	7221	7047	6776	6424	5916	5418
ETRC * ksc * ksps	229	249	251	243	232	213	193
ETR cycle	328	345	356	359	361	360	355

ANNEXE N°8 (SUITE)

Zone Nord

Lousa

Indices	Cycles	60	65	70	75	80
ks IDV		96	97	92	93	87
ks F11		63	65	67	69	71
ks F12		70	69	68	67	46
ks Mat		82	48	48	46	23
ks cycle		68	64	63	59	55
ks cycle*ks ph.sens.		4284	4160	4221	3953	2530
ETRC * ksc * ksps		79	77	83	79	51
ETR cycle		184	185	197	200	202

Podor

Indices	Cycles	40	45	50	55	60	65	70
ks IDV		58	59	46	47	48	45	47
ks F11		35	34	37		38	39	41
ks F12		30	30	37	34	33	23	2 3
ks Mat		31	31	18	12	12	13	13
ks cycle		35	37	39	39	36	33	30
ks cycle*ks ph.sens.		1050	1110	1443	1326	1188	759	690
ETRC * ksc * ksps		8	10	15	15	14	9	8
ETR cycle		76	90	104	113	118	119	113

ANNEXE N°8

LES INDICES HYDRIQUES EN FONCTION DES DUREES DE CYCLES

Les résultats donnés ci-dessous sont:

- * des coefficients de satisfaction des besoins en eau (ks = ETR/ETM), exprimés en 10^{-2} unité.
- * un produit de coefficients de satisfaction où ks phase sensible est le minimum des 2 ks: **F11** ou **F12**, exprimé en 10^{-4} unité.
- * le produit ci-dessus pondéré par la consommation sur tout le cycle (ETR cycle), exprime en mm.
- * **1'ETR** cycle exprimée en mm.

Zone Centre-Sud

Nioro du Rio

Indices	Cycles	90	95	100	105	110	115	120
ks IDV		96	97	97	98	98	98	98
ks F11		94	94	94	95	95	95	95
ks F12		94	94	93	93	93	93	93
ks Mat		95	94	93	91	89	88	76
ks cycle		94	94	93	93	91	87	83
ks cycle*ks ph.sens.		8836	8836	8649	8649	8463	8091	7719
ETRC * ksc * ksps		302	319	325	342	347	337	325
ETR cycle		342	361	376	395	410	417	421

Zone Centre-Nord

Bambey

Indices	Cycles	85	90	95	100	105	110	115
ks IDV		76	81	83	85	86	89	90
ks F11		83	87	87	88	90	92	93
ks F12		91	90	90	89	88	87	86
ks Mat		91	83	77	75	64	50	46
ks cycle		84	83	81	77	73	68	63
ks cycle*ks ph.sens.		6972	7221	7047	6776	6424	5916	5418
ETRC * ksc * ksps		229	249	251	243	232	213	193
ETR cycle		328	345	356	359	361	360	355

ANNEXE N°8 (SUITE)

Zone Nord

Louga

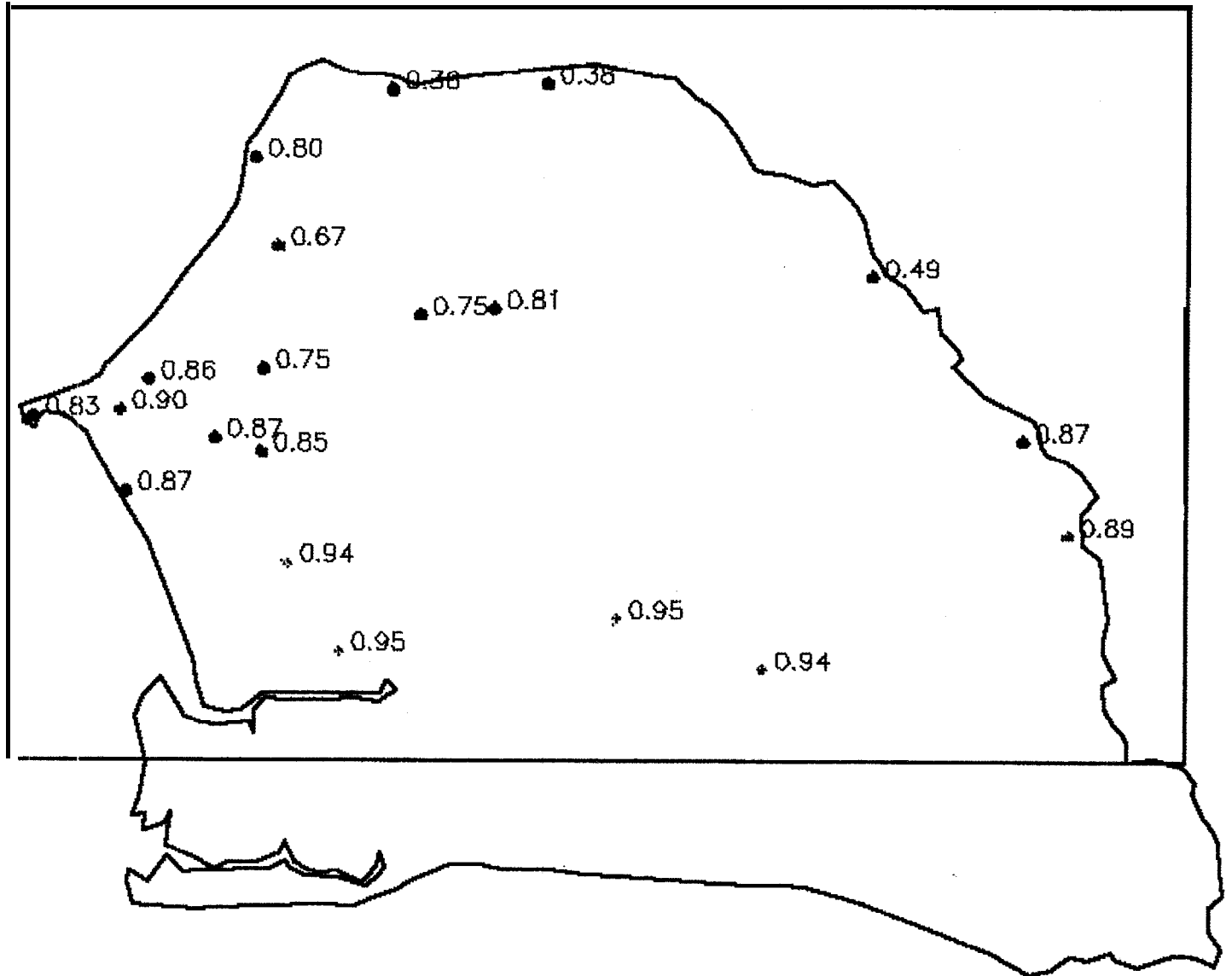
Indices	Cycles	60	65	70	75	80
ks IDV		96	97	92	93	87
ks F11		63	65	67	69	71
ks F12		70	69	68	67	46
ks Mat		82	48	48	46	23
ks cycle		68	64	63	59	55
ks cycle*ks ph.sens.		4284	4160	4221	3953	2530
ETRC * ksc * ksps		79	77	83	79	51
ETR cycle		184	185	197	200	202

Podor

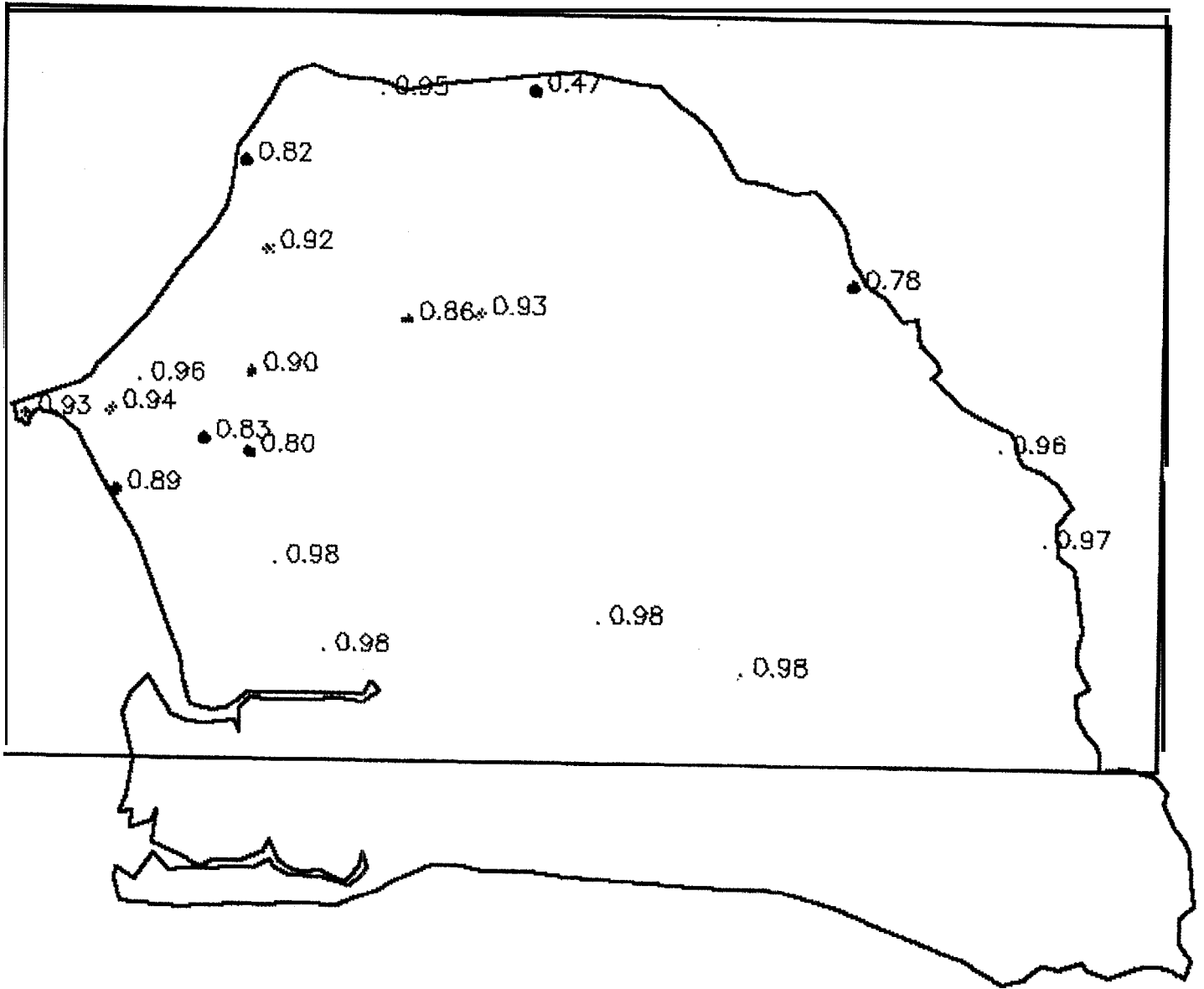
Indices	Cycles	40	45	50	55	60	65,	70
ks IDV		58	59	46	47	48	45	47
ks F11		35	34	37	39	38	39	41
ks F12		31	30	37	34	33	23	23
ks Mat		35	31	18	12	12	13	13
ks cycle			37	39	39	36	33	30
ks cycle*ks ph.sens.		1050	1110	1443	1326	1188	759	690
ETRC * ksc * ksps		8	10	15	15	14	9	8
ETR cycle		76	90	104	113	118	119	113

Annexe n° 10

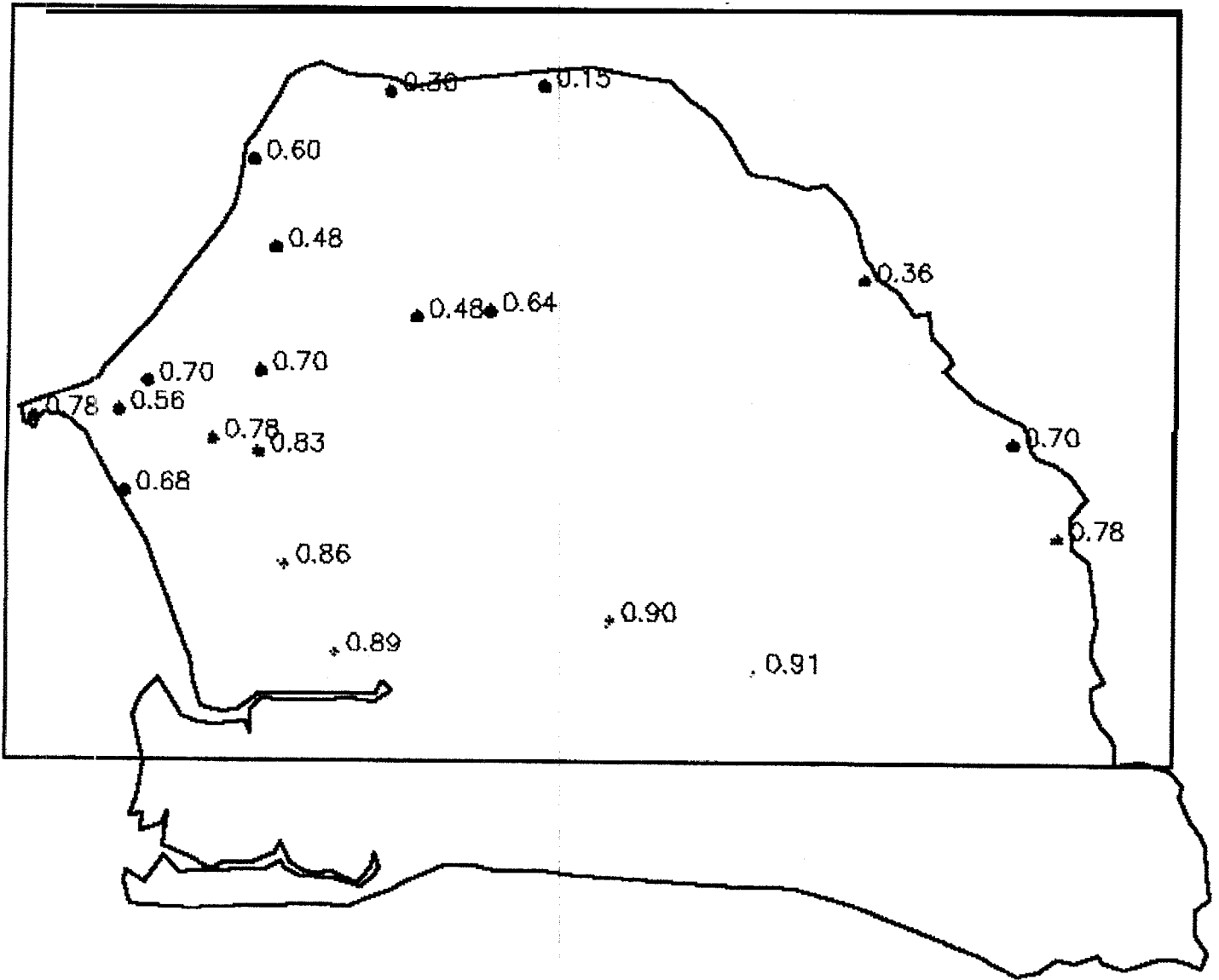
ETR/ETM Phase Floraison
PERIODE 1968-1987



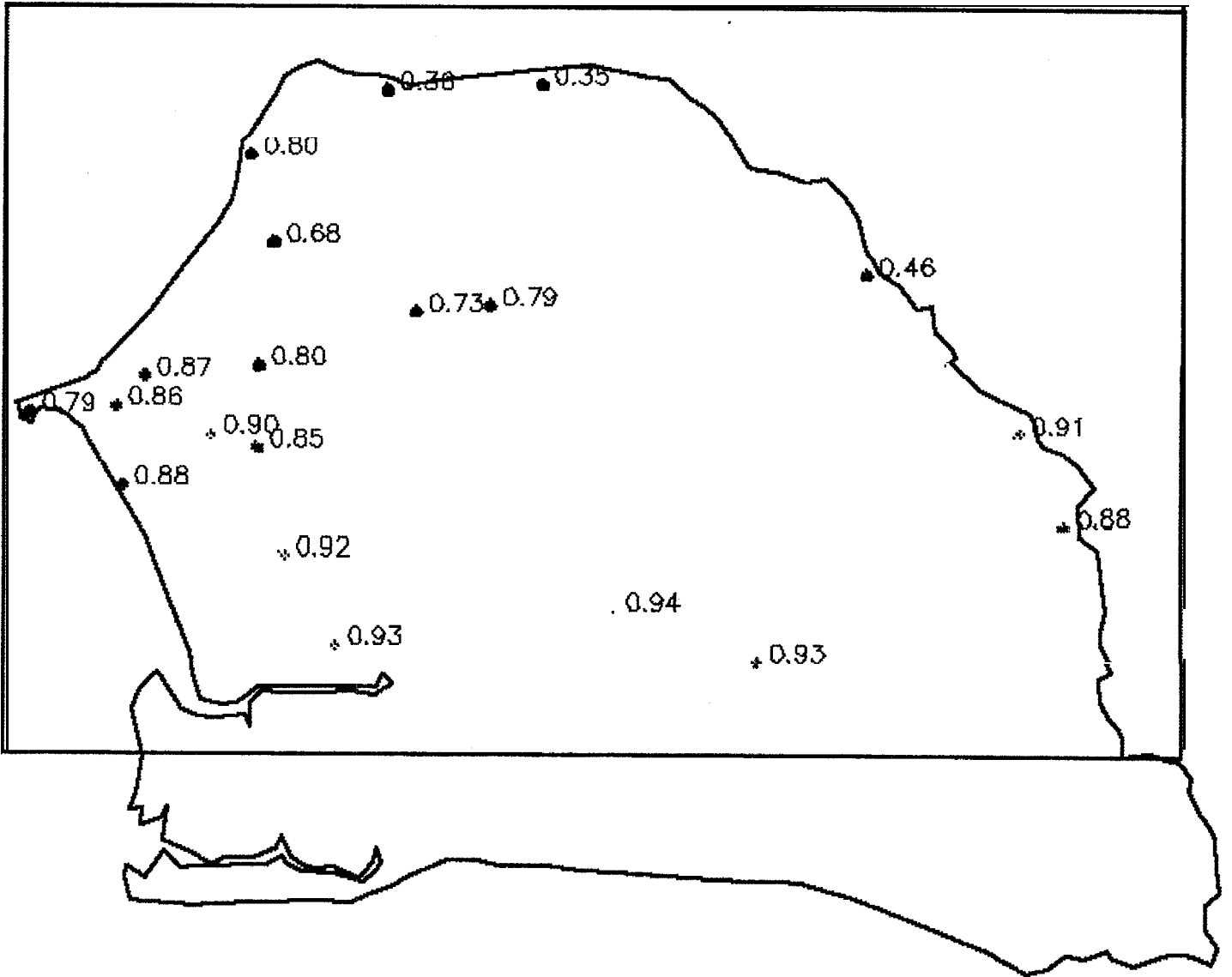
ETR/ETM Phase Développement PERIODE 1968-1987



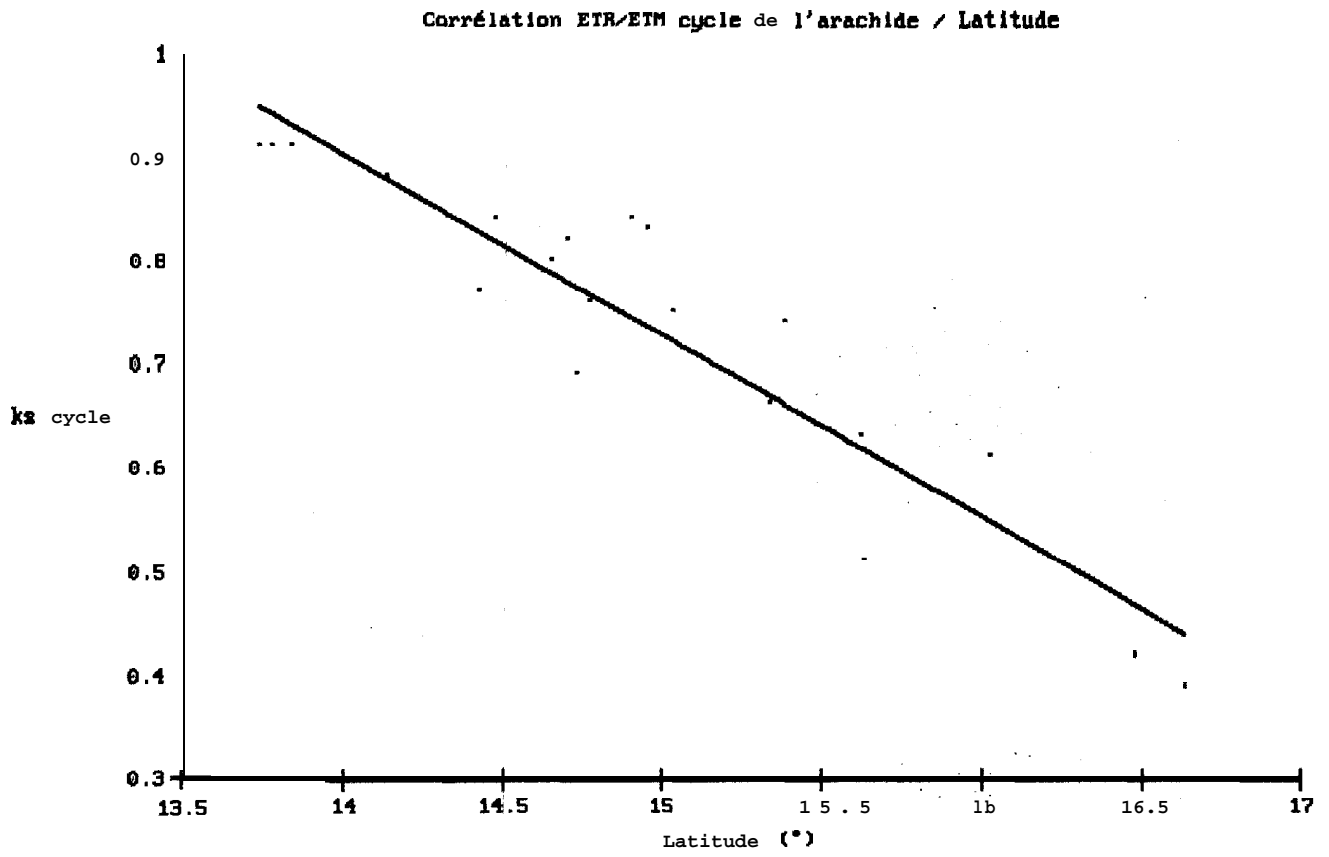
ETR/ETM Phase Maturation PERIODE 1968– 1987



ETR/ETM Phase Formation Gynophores PERIODE 1968-1987



Annexe n° 14



Annexe n° 13

