

E.N.S.A. de RENNES

Département : Productions Végétales

N° D'ORDRE 79 4

SÉRIE C

N DE SÉRIE 3

UNIVERSITÉ DE RENNES

Section Agronomie

THÈSE

présentée devant

L'ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE AGRONOMIQUE DE RENNES
(EN ASSOCIATION AVEC L'UNIVERSITÉ DE RENNES I)

pour obtenir

LE TITRE DE DOCTEUR-INGÉNIEUR EN SCIENCES AGRONOMIQUES

Spécialité : Productions Végétales et Améliorations des Plantes

par

Yves GRANGER

RELATIONS SPATIALES EN CULTURE DE BLÉ TENDRE D'HIVER
SOUS CLIMAT ATLANTIQUE

Préparée au Laboratoire de Phytotechnie de L'ENSA - RENNES

Soutenue le 27 Juin 1979 devant le Jury :

M. OUTAUD

PRÉSIDENT

BARLOY

RAPPORTEUR

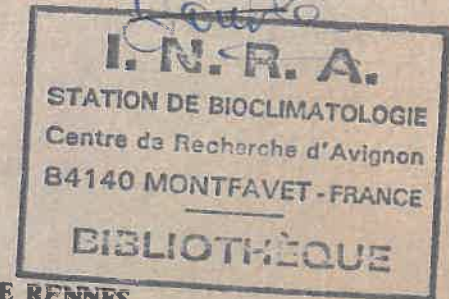
J. TOUFFET

EXAMINATEURS :

M. SEBILLOTTE

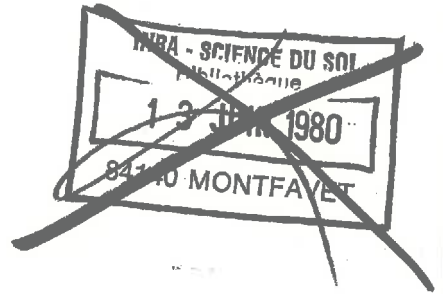
J. SALETTE

R. VARLET-GRANCHER



8

~~T-14-53-A~~



pour DANIELE

I. N. R. A.
STATION DE BIOCLIMATOLOGIE
Centre de Recherche d'Avignon
84140 MONTFAVET - FRANCE
BIBLIOTHÈQUE

N^o 735

Monsieur le Professeur J. BARLOY

Monsieur le Professeur J. COUTAUD

Monsieur le Professeur M. SEBILLOTTE

Monsieur J. SALETTE, Maître de Recherches

Monsieur le Professeur J. TOUFFET

Monsieur R. VARLET-GRANCHER, Chargé de Recherches

ont bien voulu me faire l'honneur de juger ce travail. Qu'ils veuillent bien agréer l'hommage de ma profonde gratitude.

~~BA 38~~
Bi Tr 2
11 OCT. 1985

125211. Apparition d'une dissymétrie gauche	40
125212. Réduction de la variabilité individuelle avec l'augmentation de la compétition	41
Conclusions sur l'influence de la densité de semis	42
12522. Selon l'étalement de vigueur	42
Conclusions sur l'influence de la date de levée	43
Conclusions sur la réponse d'une population de Blé tendre à l'accroissement du peuplement	43
Conclusions à l'étude des relations existant entre pieds de Blé	44
Conclusions générales de la première partie	45

21232. Critiques de la méthode	61
21233. Attitude finale adoptée	61
Conclusions sur l'hétérogénéité due au développement asyn- chrone	61
Conclusions générales sur la méthodologie d'échantillonnage	61
22. Caractérisation des acquisitions stadiales et des rende- ments	63
221. Date de réalisation des principaux stades pour la population de plantes et d'épis	63
2211. Réalisation de la levée	63
2212. Réalisation du redressement et de l'épiaison	64
22121. Redressement	64
22122. Dates moyennes d'épiaison	64
22123. Histogrammes des épiaisons	64
2213. Rythme de dessiccation	65
222. Date de réalisation des principaux stades à l'échelle de la taille	66
2221. Effet des techniques culturales étudiées sur l'allongement du maître-brin	66
22221. Elongation caulinaire	66
22222. Vitesse d'accumulation de la matière sèche dans les brins maîtres	67
Conclusion sur l'acquisition stadiale selon la catégorie de taille	67
Conclusions sur l'acquisition stadiale	67
223. Acquisition des rendements biologiques et utiles	69
2231. Niveaux du rendement en grains	69
22311. Influence de l'année et du cultivar	69
22312. Influence des techniques culturales	69
223121. Influence de la densité	69
223122. Influence de l'apport azoté	70
22313. Recherche des valeurs optima et maxima pour les deux techniques culturales	71
Conclusions sur les niveaux de rendements en grains	72
2232. Premières recherches d'explication aux rendements observés	72
22321. Niveaux finaux des rendements biologiques	72
22322. Evolution dynamique des fonctions de produc- tion "poids sec total"	73
223221. Influence de la densité	73
223222. Influence de la fourniture minérale azo- tée	73
Conclusions des fonctions de production concernant le poids sec total (parties aériennes)	74
Conclusions sur l'acquisition des rendements biologiques et utiles	74

26221. Corrélations avec le rendement	124
26222. Corrélations entre composantes	125
262221. Corrélations négatives traduisant la compétition	125
262222. Corrélations négatives "artificielles"	125
262223. Absence de corrélations traduisant l'in- dépendance	125
263. Participation des composantes dans le rendement	127
2631. Technique d'estimation	127
2632. Participation des trois composantes	128
26321. Selon la situation	129
26322. Selon la densité origine de semis	129
264. Propositions d'études ultérieures	131
2641. Prise en compte de l'ensemble des composantes du rendement	131
2642. Prise en compte des relations entre tiges	131
Conclusions sur la tentative d'approche synthétique des composantes de rendement	131
Conclusions générales de la seconde partie (approche à l'échelle parcellaire de la compétition)	134
Conclusions générales sur l'étude de la compétition, poursuivie aux deux échelles d'étude	139

structurelle des populations végétales, engendrées par les techniques culturales retenues.

La deuxième moitié de l'étude s'efforcera, en dehors de ses acquis spécifiques, d'établir les liens biologiques avec leurs correspondants exposés dans la première partie, réservée à l'étude individuelle.

Enfin, il convient de souligner l'aspect conventionnel de cette présentation puisque la réflexion, au cours de ces deux années d'étude, s'est révélée être une perpétuelle alternance entre les deux échelles de travail choisies.

Première Partie

APPROCHE DES
RELATIONS SOCIALES ENTRE
INDIVIDUS - PLANTES

Le schéma de la figure (O 1) met en évidence l'homogénéité d'approche qui caractérise cette première partie : il s'agit de tenter d'expliquer, dans des conditions édapho-climatiques définies, la nature des relations sociales existant au sein d'une population végétale, monospécifique et monovariétale.

Nature et importance des relations entre individus au sein d'un peuplement monovariétal

Certains auteurs se sont penchés sur le type de relations pouvant exister dans de tels peuplements : ainsi, pour le blé tendre d'hiver, FLEURY (1974) a proposé (à partir d'un recensement exhaustif effectué par JACQUARD (1970)) la typologie suivante des possibilités :

Phases du cycle	Conditions de milieu	Nature des relations	Effet association sur deux individus	
			A	B
Semis-levée	optimales terre battante	neutralisme coopération	= >	= >
Levée-tallage		neutralisme	=	=
Tallage	Déficiência en azote	compétition	<	<
Montée	déficiência en azote et lumière	compétition	<	<
Formation du grain	E. T. P. forte E. T. P. faible	compétition neutralisme	< =	< =

(+ = pas d'effet < effet dépressif > effet positif).

Par opposition aux cas d'associations multispécifiques, n'existent ici que des situations réciproques. Du tableau précédent, il ressort, implicitement, que, du fait des nombreuses ramifications, survenant au cours du cycle de végétation (talles, épillets, grains) du blé, l'individu-référence est susceptible de varier au cours du temps : nous nous limiterons, dans cette partie, aux relations entre plantes.

Une fois fixée la nature des rapports entre individus, il apparaît nécessaire d'en chiffrer l'importance, c'est-à-dire d'estimer le degré des

déformations plastiques engendrées par la rencontre de deux individus. L'ensemble de ces modifications observées peut être décomposé en deux sous-parties, chacune d'entre elles mesurant l'effet d'un individu sur son conjoint, ou agressivité (JACQUARD, 1970). Les potentialités d'agressivité d'une plante dépendent à la fois de son histoire (âge physiologique) et de la part de milieu dont elle dispose (YAMADA, YORIUCKI, 1960).

Description du support expérimental employé pour l'étude des relations sociales.

Pour tenter de préciser ces notions, dans le cadre de notre travail, et du matériel végétal en jeu, nous avons pensé qu'il serait utile de rechercher, à l'apparition, puis au devenir de chaque plantule, une explication, pour un ensemble de situations susceptibles de modifier la nature et le degré des relations entre voisins.

Mais la présence d'interactions (exemple : la date de levée résulte des effets cumulés (milieu x qualité de semences)), ainsi qu'une relative imprécision des termes utilisés (notion de vigueur ?) impliquent l'étude simultanée de la réponse végétale et des modifications, généralement fines, du milieu (BLACK, 1966).

En définitive, deux grands axes d'approche furent retenus, trouvant leur expression dans les situations étudiées (voir Annexe B), sur la variété Champlain :

- Variation de l'espace moyen disponible par pied, grâce à trois densités de semis (50, 250, 400 plantes/m², enfouissement à 2 cm de profondeur).
- Introduction d'un gradient "date d'apparition" des plantules par le biais de trois profondeurs de semis (environ 2, 5, 9 cm). Cette dernière modalité introduit, sans doute, un effet "vigueur", distinct de celui observé en implantation superficielle.

En raison des remarques précédentes, concernant l'époque probable d'apparition du phénomène de compétition (vers Février-Mars), il nous a paru plus simple de scinder le cycle en deux phases d'inégale durée, et qui supposent deux approches distinctes :

- Caractérisation de la période semis-levée, où la comparaison inter-situation dominera (neutralisme entre individus).
- Analyse de la phase levée-maturité, où seront surtout abordées les comparaisons des résultats intra-situations.

Pour ces deux parties, chaque fois que possible, l'analyse des modifications microclimatiques, induites par la présence végétale, sera réalisée.

x

x x

x

1.1 IMPLANTATION DE LA CULTURE

Après avoir décrit aussi finement que possible la période du cycle végétatif, qui s'étend du semis à la levée, nous examinerons le comportement végétal face aux caractéristiques physico-chimiques du lit de semences. Une fois isolées les différences engendrées au champ, par le biais de la profondeur de semis, nous nous interrogerons sur la notion de vigueur, par la recherche, en conditions contrôlées, d'une typologie de germination, au sein d'un lot de semences commercial.

1.1.1. CARACTERISATION AU CHAMP DE LA PHASE (SEMIS-LEVEE) POUR TROIS PROFONDEURS DE SEMIS

Avant d'établir les relations (milieu-plante) existant au cours de cette première partie du cycle végétatif, il est fondamental de cerner les variations engendrées par la technique culturale ici modifiée : la profondeur moyenne de semis.

1111 - DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT PHYSIQUE DU LIT DE SEMENCES.

11111 - Localisation individuelle des grains.

111111 Méthodes utilisées.

L'obtention des trois profondeurs moyennes de semis se fit par le jeu des différents réglages existant sur un semoir de grande culture, mais eu égard à la précision souhaitée pour les observations ultérieures, il fallait caractériser la gamme de variations des profondeurs individuelles rencontrées dans chaque situation. La détermination directe, sur le terrain de l'enfouissement, est malheureusement quasi-impossible : en effet, l'imprécision pour fixer la surface du sol, la fragilité de l'édifice formé par le micro-profil nécessairement dégagé, et, enfin, la lenteur de ces opérations, imposent la recherche d'une voie plus simple. Le végétal peut servir de révélateur, car toute sa partie souterraine reste non chlorophyllienne : la longueur de cette partie blanche, mesurée à partir du point d'attache sur le caryopse, renseigne, a posteriori, sur la position individuelle du grain. Cette méthode indirecte, employée pour l'ensemble des huit dates de prélèvement, présente l'inconvénient de sous-estimer la valeur initiale, puisqu'un certain raffermissement du lit de semences (voir 112) intervient entre temps (l'erreur est d'autant plus forte que le grain est superficiel, et la détermination tardive par rapport au semis).

111112 Structure de la répartition des profondeurs individuelles.

Après avoir vérifié que les trois rangs et les huit parcelles considérés (voir Annexe B) n'offraient pas de différences significatives entre eux, nous avons construit les histogrammes de profondeur (figure I. 1). Ceux-ci appellent les remarques suivantes : un certain recouvrement existe entre les trois situations, mais, néanmoins, on peut affirmer, avec un faible risque statistique, qu'il s'agit de populations distinctes (test du X^2 entre profondeurs, significatif), normalement distribuées (test du X^2 par situation, non significatif) et de même variance (test de Barlett non significatif).

Le dernier point constitue en soit un résultat intéressant : la dispersion verticale des caryopses ne varie pas avec la profondeur de semis, dans ces conditions précises de semilles. Ainsi, la description du lit de semences pourra-t-elle être faite par sous-horizons de même épaisseur. Le passage de la herse s'étant fait vers soixante millimètres, il nous a semblé approprié de retenir les limites de trente, soixante, quatre-vingt dix et cent vingt millimètres, pour cette partition de la couche travaillée, comme indiqué sur la figure (I. 1).

11112 - Tentative d'appréciation de l'affaissement du lit de semences du semis jusqu'à la levée.

Les passages successifs de la charrue, des engins de travail superficiel (deux passages croisés de herse) et du semoir, ont pour effet d'ameubler considérablement la terre : celle-ci foisonne sous l'effet des appareils aratoires, puis se raffermi ensuite, selon une vitesse et des modalités peu connues (rôle de la pluie ?).

111121 Méthodes utilisées.

Pour cerner l'évolution du profil pendant cette période, nous avons mené, en parallèle, sur les deux traitements extrêmes, deux types de mesure complémentaires :

- Mesure évolutive de l'épaisseur des différents horizons :

Le degré d'affaissement de chaque horizon dépend vraisemblablement de sa position dans le profil. Pour mesurer l'amplitude du phénomène sur l'ensemble de la couche travaillée, nous avons disposé, à raison de quatre répétitions, un jeu de quatre plaques indépendantes, situées respectivement à deux, cinq, huit et quinze centimètres et placées, avec soin, dans le micro-profil dégagé. La profondeur réelle des trois premières implantations s'obtient par comparaison avec la plus profonde, considérée comme immobile et qui quantifie la totalité du phénomène (figure I. 2), alors que les autres indiquent le comportement de chaque horizon. La validité de cette méthode dépend essentiellement de la qualité de la pose du dispositif, l'hypothèse d'immobilité de la plaque placée à quinze centimètres paraissant vraisemblable.

- Mesures de la densité volumique (méthode du cylindre) :

Le degré de finesse recherché par l'étude implique la mise au point d'un micro-échantillonnage. Pour ce faire, les prélèvements furent effectués à l'aide d'un cylindre, en acier inoxydable, aux extrémités aiguisées et de petites dimensions (longueur : 5.08 cm, diamètre externe : 3.1 mm). Cette taille nous a paru constituer l'optimum conciliant la qualité des mesures (pertes et compaction faibles) et la finesse d'analyse du profil.

La technique, qui consistait à enfoncer le cylindre, sans pression excessive, dans le profil dégagé, n'a finalement été possible qu'en raison des conditions favorables d'humidité ayant régné au cours de la période de prélèvement (26-27 % d'humidité pondérale). Chaque valeur présentée repose

sur six répétitions, chiffre retenu a priori ; du fait d'une plus forte variabilité par temps pluvieux et dans la zone superficielle, il conviendrait de doubler ce nombre, du moins dans ces conditions particulières (cette précaution permet de conserver constante la précision sur la moyenne, soit 15 %).

Enfin, le fait de prélever à diamètre constant, alors que le raffermissement intervient de façon sélective selon l'horizon, est une cause d'erreur supplémentaire, mais difficilement évitable.

111122 - Présentation des résultats.

Analyse intra-situation

L'évolution temporelle (figure I. 4) de la densité volumique des quatre horizons prospectés montre une stabilisation vers le douze Décembre, et ce, malgré une pluie encore importante le vingt et un. En revanche, entre les six et neuf Décembre (pluie de 18.3 mm le sept), et entre les neuf et douze Décembre (pluie de 20.5 mm), la couche de terre placée entre zéro et six centimètres subit un tassement important, d'autant plus marqué que l'horizon en jeu est superficiel.

L'analyse parallèle de l'affaissement, exprimée en pourcentage de l'épaisseur de la tranche de sol considérée, livre les mêmes tendances (figure I 3) : en moyenne, sur une épaisseur-origine de quinze centimètres, l'amplitude du raffermissement atteint environ trois centimètres et demi.

L'examen de la séquence temporelle du phénomène, selon la profondeur de semis, conduit aux conclusions suivantes : en semis superficiel, le tassement intéresse d'abord le second niveau (3-6 cm), puis affecte ensuite le premier, cette différence n'existant pas en semis profond. Il est tentant de faire appel, pour expliquer ce résultat, à la discontinuité de structure créée par le passage de la herse (vers 6 cm), discontinuité supprimée par la botte de semoir, lorsque celle-ci est contrainte de travailler plus bas (cas du semis profond).

Analyse entre profondeurs de semis et par horizon :

Le semis superficiel a, les six et neuf Décembre, ses horizons moins denses que les correspondants du semis profond : à cela, il faut ajouter le comportement distinct, déjà expliqué, de la tranche superficielle de sol selon la profondeur du semis.

Dans le but de préciser l'action éventuelle des bottes de semoir, des prélèvements supplémentaires furent réalisés entre les rangs de semis : il apparaît que, dans les conditions de l'année, la botte n'exerce aucun effet significatif d'affinement par elle-même. Son action n'existerait que par rupture de la discontinuité créée par la herse.

Conclusions sur le raffermissement du sol.

Les études précédentes prouvent l'importance quantitative du raffermissement d'un sol, après semis (si la herse accroit d'un tiers, lors de son passage, la porosité de la zone reprise, cette proportion tombe au cinquième dix jours après).

Les modalités décrites précédemment dépendent, sans doute, de la texture du sol, de la nature des façons culturales réalisées (ici la herse) ainsi que de leur profondeur de travail et des caractéristiques climatiques, jouant sur l'humidité des terres (poids, malléabilité).

Dans les circonstances de l'année d'étude (Décembre 1977), le tassement se stabilise après douze jours, homogénéisant rapidement l'environnement physique des grains, tant en semis superficiel que profond. En outre, les conditions très favorables d'humidité (ni excès, ni déficit d'eau), et l'absence de croûte de battance (pas d'orage violent) laissent à penser que l'implantation du blé n'a pas été limitée par ces aspects du milieu.

11113 - Caractérisation des profils thermiques pour la couche travaillée

111131 Description du matériel utilisé et de sa pose[†]

La nécessité d'un enregistrement continu, ainsi que la recherche de gradients thermiques souvent peu marqués, nous ont conduit à l'utilisation de l'ensemble (thermocouples-potentiomètre), décrit par CHEROUVRIER (1977).

Une échelle, fabriquée en matière plastique et d'une longueur de trente centimètres, comporte dans sa partie supérieure dix barreaux équidistants d'un centimètre, chacun portant un capteur, formé de l'association de deux métaux (cuivre et constantan) (voir photo 1). Cet édifice présente l'avantage de fixer la position relative de chaque capteur : le repère de la profondeur réelle de l'un d'entre eux suffit à positionner les neuf autres. Deux ensembles de ce type furent disposés sur les rangs d'une parcelle détenant la variante "semis profond".

La pose de cet ensemble exige de ne pas bouleverser le profil, préalablement dégagé avec précaution, l'échelle étant plaquée contre la paroi de terre. Une fois en place, l'échelle constitue, grâce à sa longueur (elle repose sur la semelle de labour), un repère fixe, par rapport auquel était noté l'affaissement de chaque horizon, en suivant régulièrement le raffermisssement superficiel.

111132 Evolution temporelle de la température selon la profondeur.

- Présentation globale de la période

Les conditions climatiques sont restées, globalement, très favorables : pas de pluie excédant quinze millimètres, températures constamment supérieures au zéro centigrade, considéré comme seuil de germination et de croissance, chez le blé tendre, par tous les auteurs (GESLIN, 1944, figure I 5). Par ailleurs, la formation d'une croûte de battance, très fréquente dans ces sols limoneux, n'est intervenue qu'après la levée.

- Description des profils thermiques pour trois journées-types

L'allure et l'importance des gradients thermiques varient essentiellement avec l'amplitude de la température de l'air et l'abondance des précipitations. Parmi les journées formant la période étudiée, trois d'entre elles, assez typiques, ont été retenues (figures I 6 et I 7).

L'existence d'un profil thermique croissant avec la profondeur pendant la nuit, et décroissant le jour, forme la situation la plus fréquente (cas notés (1.2) sur la figure I 6), les gradients étant d'autant plus marqués que l'amplitude est forte. Il existe alors un décalage horaire important entre profondeurs, pour la réalisation des extrema : ainsi, la température la plus faible apparaît à un centimètre sous la surface, trois heures et demie plus tôt que dix centimètres au-dessous.

Si la nuit est très couverte (cas 3), ou s'il pleut, l'inversion nocturne n'a pas lieu et les températures extrêmes de la journée peuvent se rencontrer à une heure quelconque, fonction du bilan thermique (heures de pluie, d'éclaircies, ...).

+ Matériel mis au point en collaboration avec P. BAUTRAIS.

Enfin, il convient de noter que les profils les plus nets, rencontrés en cours d'étude (figure I 7), sont systématiquement moins marqués que ceux trouvés en Mai 1975 par CHEROUVRIER (1977).

- Choix d'une méthode pour estimer la somme thermique

En dehors de l'acquis purement bioclimatologique que constituent ces descriptions, il importe de s'interroger sur leurs conséquences pour le choix des méthodes de réduction des données. Ainsi, la somme de température (ΣT), qui représente la surface comprise entre le tracé thermique journalier et l'horizontale du seuil (ici zéro degré), est souvent estimée par la formule (1) :

$$(1) \quad \Sigma T = \Sigma (T_M) \quad \text{avec} \quad T_M = \frac{T_m + T_M}{2}$$

T_M = moyenne T_m , = minimum, M = maximum

On peut donc se demander si la qualité de cette estimation varie ou non, avec le type de journée. Dans le but de répondre à cette question pour les trois situations précédemment décrites, la quantité (ΣT) a été estimée directement par planimétrie (méthode du calque), et indirectement par la formule (1).

Méthode d'estimation :	: Jour très variant : = (1)		: Jour peu variant : = (2)		: Jour peu variant : + pluie = (3)	
	: à -1 cm :	: à -9 cm :	: à -1 cm :	: à -9 cm :	: à -1 cm :	: à -9 cm :
: Planimétrie+ :	3,32 +	3,99	8,53	8,59	9,24	9,02
: Formule+ (1) :	4,89 +	4,09	8,46	8,40	9,60	7,95

+ : en ° C.

De l'examen des résultats fournis par ces deux méthodes et présentés sur le tableau précédent, il ressort qu'en jour très variant (cas 1.), la formule (1) avantage les voies de surface et ceci en raison de la faible durée de l'ensoleillement (6.3 heures), face à la longue période nocturne (17.7 heures). Le contraire intervient quand la forte humidité du profil empêche toute inversion (cas (3)) : de telles conclusions vont dans le sens de celles de HALLAIRE (1950), qui montrait alors l'influence de la durée du jour sur la qualité de l'estimateur classique. En définitive, le moindre biais est obtenu, lorsque le tracé des courbes ne varie pas avec la profondeur, ce qui arrive dans la situation (2). En raison de la fréquence de ce type de journée, pendant la période considérée, la méthode classique a été retenue.

111133 Influence de la profondeur sur les sommes des températures moyennes (cumulées au dessus du zéro degré) et écarts thermiques.

Pour l'intégralité de la phase du cycle étudié, les sommes thermiques varient peu selon la profondeur d'enfouissement (un dixième, au plus, pour la gamme retenue, entre zéro et huit centimètres). Il n'en va pas de même pour l'amplitude thermique, qui double entre la base et le haut de cette tranche de sol (figure I 8). La différence de pente dans la fonction exponentielle ajustée traduit l'effet amortissant de la terre par rapport à l'air, fait bien établi en bioclimatologie (VERNET, 1970).

Conclusions sur l'étude des profils thermiques.

Pour la période qui s'étend du semis à la date de levée des pieds les plus tardifs (5 Janvier), la température est constamment restée au-

dessus du seuil de croissance admis et, après un début plus froid, la moyenne s'est fixée autour de sept degrés. Dans ces conditions favorables, la profondeur n'entraîne que de faibles variations dans la valeur des sommes thermiques enregistrées ; par contre, l'amplitude quotidienne décroît fortement, en s'éloignant de la surface.

CONCLUSIONS SUR LA CARACTERISATION DU LIT DE SEMENCES.

Les deux aspects précédemment étudiés (affaissement et température) montrent que les conditions générales de milieu sont restées, durant le mois de Décembre 1977, très favorables, compte tenu des exigences de croissance du blé. L'absence de facteurs limitants (températures satisfaisantes) de la croissance, ainsi que de conditions défavorables (pas de croûte de battance, ni de gel) permettent déjà de prévoir une réalisation non perturbée de la phase (semis-levée).

Les plus fortes différences verticales ont été rencontrées pour l'amplitude thermique ; néanmoins, porosité, affaissement et température moyenne présentent des gradients répartis selon le profil.

Il convient, toutefois, de déplorer l'échec des mesures concernant la teneur en oxygène de l'horizon. Divers travaux, menés sur ce problème par VILAIN et DRUELLE (1974) ont montré la grande difficulté d'opérer à une échelle aussi fine. Un essai de mesures⁺ fut tenté sans succès avec l'appareillage décrit par les auteurs précédents.

C'est là un aspect important de la description du lit de semences, dont l'absence pèsera lors de la recherche explicative des comportements différentiels notés selon la profondeur, pour la germination et la phase de croissance souterraine.

+ En liaison avec Cl. CHEVERY (Chaire de Sciences du Sol), E. N. S. A. R..

1112 - DESCRIPTION DES RELATIONS (PLANTULES-MILIEU) JUSQU'A LA LEVEE.

La réalisation de la levée-repérée, selon GESLIN (1944), lorsque les coléoptiles de la moitié des semences capables de donner des plantules sortent de terre, suppose la germination sensu stricto⁺ des caryop-
ses, puis la croissance souterraine des coléoptiles et des racines, voire des épicotyles en semis profond, jusqu'à la surface. Il nous a paru commode d'étudier la réponse du végétal aux variations du milieu l'entourant, pour ces deux phénomènes biologiques, profondément différents.

11121 - Méthodes d'échantillonnage utilisées.

111211 Indépendance des plantules entre elles.

Lors de la phase (semis-levée), on peut admettre une relative indépendance entre les futures plantes : ceci permet, contrairement aux phases ultérieures, de considérer chaque individu comme une répétition au plan statistique. Biologiquement, cette attitude se justifie pleinement : seule une synergie entre coléoptiles pour briser la croûte de battance (absente ici), ou l'émission de substances télétoxiques (non prouvée chez le Blé), pourraient en infirmer la validité.

111212 Méthode de prélèvement.

En raison de la remarque précédente, l'ensemble des prélèvements (six dates pour chacun des trois traitements) fut réalisé dans une aire assez concentrée, après vérification de la profondeur moyenne de semis. Cette technique, qui consiste à localiser l'étude sur une portion de rang déterminée, réduit, comparativement à une autre modalité, la taille requise du prélèvement (pour une précision donnée), tout en évitant les effets systématiques (exemple : botte), fréquents avec un semoir de grande culture.

11122 - Etude de la germination.

Une fois établis la vitesse et le taux de germination, nous nous efforcerons, par une approche analytique, d'expliquer le mode d'action de la profondeur de semis : cette démarche nous conduira alors à préciser les caractéristiques initiales du lot de semences.

111221 Disjonction du lot de semences en deux sous-populations.

Au douze Décembre, première date de prélèvement, les caractéristiques de la population de grains peuvent être représentées schématiquement de la façon suivante (voir aussi la figure I 9) :

Lots de grains = S ₁ + S ₂ (au 12/12/1977)	↗	Sous-population (S ₂) aux coléoptiles de taille supérieure à 2 mm	: P 1 : P 2 : P 3 :
			:-----:-----:-----:
			: 96.7 : 76.5 : 59.4 :
			: : : :
			:-----:-----:-----:
	↘	Sous-population (S ₁) aux coléoptiles de taille in- férieure à 2 mm (y com- pris grains non germés)	:-----:-----:-----:
			: 3.3 : 23.5 : 40.6 :
			: : : :
		Total	: 100 %: 100 %: 100 %:

+ Germination sensu stricto : ce stade est acquis lorsque le coléoptile ou la radicule deviennent visibles hors des enveloppes fendues du caryopse (EVENARI, 1949).

La présence de ces deux sous-populations a été détectée par les tests de normalité "classiques", décrits dans SIMON et DELECOLLE (1976) : le test de DAVID-HARTLEY-PEARSON, peu sensible aux "queues" de distribution ne réalise cette partition que pour deux profondeurs (P_2 , 60 mm et P_3 , 90 mm) ; mais celui de X^2 , plus exigeant, réalise cette séparation dans les trois cas.

Pour chiffrer la part de ces deux sous-populations, nous avons fixé visuellement une borne, ici un coléoptile long de deux millimètres. Il existe des techniques statistiques (exemple SILVY et DEJARDIN, 1976), appropriées pour réaliser cette séparation sans ambiguïté ; néanmoins, la netteté de la disjonction nous a paru suffisamment importante pour procéder ainsi.

L'examen à cette date (12/12) de la partition montre que plus le semis est profond, plus la fraction de (S_1) croît.

Il convient de nous demander quel (s) aspect (s) du milieu, étudié (s) ou non, peut (peuvent) être à l'origine de cet accroissement de la sous-population des non germés selon la profondeur.

111222 Recherche analytique des aspects du milieu mis en jeu.

Les principaux agents externes de la germination sont l'eau, la chaleur et l'oxygénation (voir bibliographie) ; or, les conclusions sur l'étude physique du lit de semences (voir 1111) ont révélé que c'était surtout l'amplitude thermique qui variait avec la profondeur. L'humidité et la température moyennes présentaient des écarts moins marqués, et la teneur en oxygène n'a pu être caractérisée.

- Modalités pratiques de la contre expérience en chambre conditionnée.

Pour tenter de vérifier l'action éventuelle de cet aspect du milieu, nous avons voulu recréer, en milieu contrôlé, les différences thermiques engendrées par la variation de profondeur. Au moyen de deux enceintes climatisées, de température moyenne constante, l'amplitude thermique était soit nulle, soit de six degrés. Des thermocouples, placés dans des bassines de terre contenant les grains, permettaient de vérifier, au fur et à mesure, la constance des traitements. Dans le but de savoir si le poids individuel de chaque grain détermine les potentialités de la plantule, ce lot de semences⁺ avait été au préalable partagé en trois classes équiprobables.

- Principaux résultats et interprétations

Le pourcentage de grains non germés apparaît significativement plus élevé à température constante (simulation du semis profond), mais il est nettement moins fort que celui observé au champ pour le semis profond (P_3). En outre, toujours différemment des résultats en conditions naturelles, la longueur moyenne des coléoptiles est bien supérieure à température alternée.

Si, globalement, ces faits vérifient l'ensemble des acquis obtenus au champ, les quelques écarts observés entre les deux séries d'expériences peuvent, sans doute, s'expliquer par les modifications suivantes :

- La suppression de l'éclaircissement (contre-expérience menée en enceinte obscure) peut expliquer la plus forte croissance à somme thermique fixée, des grains placés à température variante ; la lumière inhibant, en effet, l'élongation du coléoptile (voir, plus loin, 11123).

- Le changement possible de l'oxygénation du sol peut aussi expliquer la plus faible part de la population non germée (S_1).

- A ces facteurs de milieu, il convient d'ajouter le matériel végétal lui-même : en effet, l'écart de date entre les deux manipula-

+ Différent toutefois du lot utilisé pour le semis au champ.

tions, a provoqué une évolution irréversible du premier lot étudié, exigeant de faire porter la seconde manipulation sur un autre ensemble de grains, ce qui a pu être cause de différences de comportements.

111223 Première approche de la notion de vigueur.

Les investigations précédentes éclairent, en partie, l'influence du milieu, mais elles n'indiquent pas pourquoi la réponse du lot de semences se traduit par une disjonction en deux sous-populations, d'autant plus marquée que le milieu s'éloigne de l'optimum.

Pour répondre à cette question, nous avons tout d'abord voulu savoir si le lot initial était formé d'une ou plusieurs populations, susceptibles d'être distinguées en se fondant sur le poids des caryopses, ou la mycoflore séminicole. En effet, il est maintenant bien établi que les semences les plus lourdes (LANG, 1965), provenant des parties centrales de l'épi (CHAUSSAT, 1974), ainsi que celles dépourvues de parasites cryptogamiques, donnent naissance aux plantules les plus vigoureuses.

L'histogramme des poids individuels de chaque grain (figure (I 10)), ainsi que la nature de la flore pathogène[†] (seule espèce présente, *Alternaria tenuis*, commensal fréquent des caryopses du blé) ne révèlent aucune différence apparente ; en outre, les trois classes équiprobables, découpées sur la base des poids des grains, se comportent de façon identique dans la contre-expérience (décrite figure I 10).

Après ces tentatives, il nous faut conclure que les grains des deux sous-populations "n'étaient pas au semis, dans le même état physiologique, vraisemblablement en raison de conditions de maturations différentes" (LE DEUNF, 1974) et cette différence ne se traduit pas par une variation du poids individuel.

Ce comportement différentiel n'est que passager : le taux final, à la levée, de grains non germés, ne varie plus avec la profondeur : ceci indique que, progressivement, la part de la sous-population (S₁) diminue au profit de sa complémentaire (S₂), comme nous allons le voir (figure (I 11)).

Conclusions sur la germination.

L'étude de ce premier processus nous a permis d'illustrer l'effet bénéfique de la thermo-périodicité, dont la réduction, par le jeu de la profondeur de semis, a ralenti la germination d'une partie de la population de grains. Ce retard fugace retentira sur la séquence de levée.

11123 - Etude de la croissance souterraine du coléoptile.

Si la démarche d'approche de ce second phénomène ne diffère pas de la précédente (description puis recherche des causes explicatives), nous devons conserver à l'esprit sa hiérarchie chronologique : le comportement végétal y sera lié aux conclusions obtenues lors de la germination.

111231 Définition de la population étudiée.

Avec le temps, la part de la sous-population (S₁), définie par une borne supérieure de longueur de coléoptile mobile avec la date (figure (I 11)), décroît régulièrement, pour se stabiliser au niveau de cinq pour cent, quelle que soit la profondeur considérée. En d'autres termes, cette sous-population se caractérise donc par un retard germinatif, sans incidence sur le taux de déchet à la levée. Ce résultat, fort important (ses conséquences seront discutées plus loin), s'explique certainement par l'existence de conditions favorables à la croissance du coléoptile (facteurs externes largement supérieurs au seuil de croissance et absence de prédateurs). Dans un milieu plus défavorable, un retard aurait pu se traduire par une disparition

[†] Analyse réalisée par PERRATON (Laboratoire de Recherches de Pathologie Végétale), E. N. S. A. R..

accrue des plantules à forte profondeur.

Il découle de ce fait que la population de coléoptiles en voie d'élongation (S_2) porte sur une gamme croissante d'individus, au cours du temps, pour les profondeurs (P_2) et (P_3). En conséquence, à date fixée, (S_2) ne concerne pas la même "tranche de vigueur", selon le traitement : par exemple, au quinze Décembre, les neuf-dixièmes du lot sont retenus en semis superficiel, contre six-dixièmes seulement en semis profond.

Ces deux remarques nous ont conduit à adopter l'attitude suivante : la description ultérieure de la croissance du coléoptile portera sur la "tranche de vigueur" la plus élevée, correspondant à l'effectif S_2 obtenu en semis profond au 12 Décembre ; la technique consiste alors à retenir pour chaque profondeur les soixante "meilleurs" grains germés, choisis parmi cent. La validité de cette attitude repose sur l'hypothèse que la taille des plantules extériorise strictement leur vigueur, et que, dans cette expérience, la différence moyenne de longueur du coléoptile traduit l'effet du traitement "profondeur".

111232 Allongement, selon la profondeur, des coléoptiles, issus de grains "à vigueur présumée constante".

Le graphe de la figure (I 12) et le tableau qui l'accompagne retracent les faits majeurs du phénomène étudié : jusqu'à sa sortie de terre, le coléoptile est significativement d'autant plus long qu'il provient d'un grain germé plus tôt, donc semé superficiellement. Le traitement statistique, effectué après vérification des conditions d'emploi (normalité, homogénéité des variances), range, en effet, jusqu'au vingt Décembre exclu, les traitements dans cet ordre. Puis, successivement pour les trois profondeurs, le coléoptile ralentit, puis interrompt brutalement sa croissance, dès qu'il atteint la surface du sol et sa longueur finale équivaut, sensiblement, à la profondeur d'enfouissement. Dans nos conditions expérimentales, l'allongement maximum de l'organe "coléoptile" n'a, sans doute, pas été atteint, même en semis profond (taille = 95 mm).

111233 Recherches d'explication du processus observé par référence aux caractéristiques du milieu.

- Jusqu'au vingt décembre exclus.

Le tableau contenu dans la figure (I 9) indique les sommes thermiques nécessaires pour obtenir la germination du lot de semences, et de ses partitions : (S_1) et (S_2). Travaillant à tranche de vigueur fixée, nous allons nous intéresser à la sous-population (S_2). Il ressort que la somme de températures exigée pour sa germination varie assez peu avec la profondeur de semis (au plus, dix pour cent). Cette légère différence, ajoutée à une température moyenne un peu plus élevée en surface (figure I 8), suffit néanmoins pour engendrer un décalage stadial de germination d'environ deux jours entre traitements extrêmes, même à vigueur constante. Ce décalage se retrouve, jusqu'au vingt Décembre exclu, dans la courbe d'élongation des coléoptiles.

- A partir du vingt décembre (= début de la levée).

La lumière exerce, vis-à-vis de la croissance d'un organe, un effet inhibiteur : FRIEND (1962) a montré qu'une réduction d'intensité lumineuse provoque un allongement accru des feuilles de blé de printemps, par étiolement. On comprend alors que, pour chaque profondeur, le coléoptile cesse rapidement de croître, quand il perce la surface du sol. Ce fait établit, pour cet organe, l'indépendance entre sa longueur instantanée et sa taille finale, ce qui justifie pleinement de ne pas exprimer l'allongement en pourcentage du format final.

111234 Etude de l'influence de la somme thermique en absence de lumière sur l'allongement du coléoptile, "à vigueur présumée constante".

En raison des remarques précédentes, ce type d'étude ne peut être mené que jusqu'à la percée de la surface par le coléoptile. Nous avons vu plus haut que le retard de germination, engendré par la profondeur de semis, retentit directement sur la longueur ultérieure de cet organe. On peut se demander si, une fois retiré cet effet direct, la liaison (Température-allongement) change avec les conditions de semis.

Pour répondre à cette question, il convient de préciser, au préalable, le niveau de la référence thermique retenue : puisque le siège de l'agrandissement cellulaire de cet organe, dont le nombre de cellules est, par ailleurs, prédéterminé dans le caryopse mûr, se trouve à son extrémité, il nous a semblé nécessaire de considérer la température en ce point mobile au cours du temps.

Avec ce mode d'examen - l'origine n'étant plus le semis mais le stade "germination" (figure (I 13) - il apparaît, toujours en se rapportant au même échantillon de caryopse à vigueur présumée constante, que l'efficacité thermique d'allongement (longueur parcourue pour 10° C reçus) croît avec la profondeur de semis, bien que soit exclue ici la phase de croissance aérienne. Cette moindre valorisation de la température moyenne en zone superficielle peut, en partie, être due à :

- une certaine pénétration de la lumière dans les premiers centimètres du lit de semence.
- l'amplitude thermique, plus forte en surface, qui, dans ce cas, aurait un rôle inverse de celui trouvé lors de la germination (voir 111222).

Conclusions sur la croissance souterraine du coléoptile.

Faisant suite à la germination, ce second processus biologique reste dépendant, dans sa réalisation, des grandes caractéristiques du précédent : ainsi, le décalage stadial engendré par l'amplitude thermique retentit sur la croissance ultérieure des coléoptiles. En réduisant l'échantillon à la frange supérieure de vigueur (par le biais de la conservation des pourcentages), on observe alors que la température détermine le phénomène de croissance pour les trois profondeurs, jusqu'à la sortie de terre. A cette date, la lumière inhibe l'allongement de l'organe, dont la taille finale égale sensiblement la distance (grain-surface).

11124 - Etude de la dynamique de levée.

La réalisation du stade "levée" suppose la germination et le cheminement du coléoptile jusqu'à la surface, pour la moitié de l'effectif final (GESLIN, 1944, voir aussi 1112) : ce paragraphe est donc la traduction des deux précédents.

111241 Structures d'apparition.

Pour des raisons matérielles, la fréquence d'observation (voir 1221) n'a pu être maintenue journalière. Néanmoins, malgré leur relative imprécision pour la période finale, les histogrammes de levée (figure (I 14)) révèlent quelques points intéressants : la profondeur de semis engendre un retard plus conséquent sur la date d'arrêt du phénomène que sur celle de la mi-levée. Cette différence provient d'un étalement plus fort (treize jours) pour la profondeur (P₃) ; dans cette situation, les dénombrements opérés les trente et un Décembre, et trois janvier révèlent la présence des deux sous-populations décelées précédemment et masquées en situation (P₂) par le regroupement des observations.

111242 Confrontations des résultats à ceux de GESLIN (1944).

GESLIN a publié, dans sa thèse, un ensemble de résultats, acquis en laboratoire, sur les sommes thermiques nécessaires pour obtenir la germination (semis en surface) et la levée en terrines après semis à différentes profondeurs (germination et allongement du coléoptile). Cet auteur fixe (voir bibliographie et figure (I 16)) à (40.6° C) et $(122.9^{\circ} \text{ C})$, respectivement, les sommes thermiques nécessaires pour obtenir la moitié des pieds germés (semis superficiel) et levés (thermomètre à -5 cm , au niveau des grains). Les calculs, opérés sur nos données expérimentales, conduisent aux résultats suivants :

Pour la germination, l'équation de régression obtenue sur nos trois valeurs présente une ordonnée à l'origine située à la limite de l'intervalle de confiance calculé à partir des valeurs de GESLIN.

Pour la levée, par contre, il n'en va pas de même, puisque, d'une part, l'ordonnée à l'origine (122.7° pour nos valeurs contre 40.6) et, d'autre part, la valeur à cinq centimètres ($153^{\circ} 9$ contre $124^{\circ} 6$) divergent notablement et d'autant plus que la profondeur est faible. Cet écart s'explique sans doute par les différences expérimentales : GESLIN a travaillé, en laboratoire, à l'abri de la lumière, mais en températures alternées : l'absence d'inhibition par l'éclairement explique vraisemblablement les valeurs inférieures aux nôtres, trouvées par cet auteur (voir 1112 et 11123).

Conclusions sur la levée.

Le décalage de germination, lié à la forte profondeur, se répercute sur la dynamique de la levée. La recherche des normes écologiques nécessaires à l'accomplissement du phénomène indique l'importance de la lumière, dont l'effet inhibiteur amoindrit l'efficacité thermique. Entre profondeurs, la fréquence d'apparition des plantules hors de la surface reflète celle de germination, point capital pour la suite de l'étude.

CONCLUSIONS SUR LA DESCRIPTION DE LA PHASE (SEMIS-LEVEE)
POUR LES TROIS PROFONDEURS DE SEMIS.

Par l'artifice de la profondeur de semis, un certain nombre de résultats, concernant soit la nature des composantes physiques du milieu susceptibles d'influer sur certains processus, soit le type de réponse du végétal, a été acquis ou confirmé.

En ce qui concerne le premier point, et malgré la présence de conditions climatiques très favorables au cours de la période d'étude, la profondeur de semis a engendré des différences verticales dans le degré de raffermisssement du sol et la température moyenne. Parmi les aspects du milieu examinés, l'amplitude thermique présente les gradients les plus marqués, avec notamment une faible oscillation de température à 8 cm , preuve de l'effet amortissant du sol. L'atténuation verticale de l'amplitude thermique, fonction de la profondeur, doit être tenue, pour partie, responsable du retard de germination des semences enfouies profondément (effet bénéfique de la thermopériodicité). Ce décalage retentit sur la croissance des coléoptiles issus des grains germés plus tardivement et retarde, en conséquence, la levée des plantules correspondantes. Une fois cet effet direct retiré, la température moyenne reste le facteur déterminant des phénomènes végétaux étudiés, la lumière inhibant son action lors de la percée du sol par le coléoptile.

L'étude de la nature de la réponse végétale, au cours de la phase semis-levée, permet de dépasser le niveau de la description et de tenter de préciser la notion de vigueur. En effet, la déficience d'amplitude thermique provoque, en semis profond, la disjonction du lot de caryopses en deux sous-populations, différant ensuite par la date de réalisation de leurs stades "germination" puis "levée". Au-delà de l'intérêt présenté par l'isolement de ces deux sous-ensembles de plantules, nécessité nous est de formuler deux questions de fond, issues de ces observations.

1ère - Quelle définition accorder au terme vigueur ? Ce serait "une force ou une énergie physique avec laquelle on exécute quelque chose" (LE DEUNF, 1974). Pour approcher cette notion, nécessairement relative, un certain nombre de tests, au champ et en laboratoire, a été élaboré ; leur revue (WOODSTOCK, 1973) prouve, à l'évidence, que ce concept recouvre différentes réalités. Il nous a paru utile de tenter de préciser sa signification, en procédant à une démarche analytique. Celle-ci permettrait, si possible, de justifier notre seconde interrogation.

2ème - Quelle est l'évolution ultérieure de plantules de vigueur différente ?

En effet, si le rythme d'apparition de plantules retentit sur leur première croissance (problème des relations entre organes), il apparaît important de suivre, sur l'ensemble du cycle, leur devenir.

112 CONSEQUENCES D'UN RETARD DE GERMINATION ET TENTATIVE
DE PRECISION DE LA NOTION DE VIGUEUR.

Le double objectif fixé à l'expérience en vue de répondre aux interrogations formulées, implique des contraintes précises sur ses conditions expérimentales. Avant de les exposer, il est nécessaire de développer les questions sous-jacentes.

1121 - REFLEXION SUR LES QUESTIONS POSEES.

11211 - Rappels sur la notion de vigueur.

La définition précédemment donnée de cette notion, volontairement très large, n'est qu'un aspect de deux approches, qui se sont souvent opposées. Selon les cas, les auteurs penchent pour une définition applicable en laboratoire et en conditions optimales mais arbitraires (école européenne), ou bien pour une approche de terrain (école américaine), incluant alors les conditions de milieu dans la définition. Sans entrer dans ce débat, il faut noter, en général, la faible corrélation entre de nombreux tests au laboratoire et le comportement au champ. Une manière élégante d'harmoniser les deux points de vue revient à retenir la notion de vigueur comme "condition de bon état et de robustesse de la graine, capable de germer puis de croître sous une gamme large de conditions" (WOODSTOCK, 1973).

11212 - Définition des conditions d'expérience à partir des questions posées

Au travers de l'expérience qui va suivre, nous voudrions savoir aussi si les retards de germination et de levée, précédemment décrits, risquent de se perpétuer dans les phases ultérieures du cycle.

Jusque Mars, le Blé subit une faible évolution pondérale, marquée par la mise en place, après la levée, des trois-quatre premières feuilles, avant l'émission de la première ramification. Il nous a paru intéressant de porter attention sur ces émissions foliaires.

11213 - Brefs rappels sur l'élongation foliaire.

L'initiation foliaire dépend du rythme plastochronique du méristème caulinaire en jeu. Elle donne naissance à une ébauche visible et mesurable seulement à l'aide du microscope.

L'élongation foliaire dépend de la multiplication puis de l'allongement cellulaire. Le phyllochrone foliaire, caractérisé par la séquence d'entrée en croissance des feuilles, peut dépendre du plastochrone qui devient alors facteur limitant.

Dans le cas du Blé (PÉRCIVAL, 1920), le coléoptile et les trois à quatre premières feuilles sont déjà initiés dans le caryopse mûr, leur apparition ne dépend donc que du rythme de l'élongation. La courbe théorique retraçant le phénomène (figure (I 16)) n'est observable complètement que pour les coléoptiles, les feuilles successives étant, en effet, engainées par les organes les précédant.

1122 - CONDITIONS EXPERIMENTALES : MATERIELS ET METHODES.

Pour tenir compte des réserves précédentes, il a été choisi d'étudier⁺ l'élongation des quatre premiers organes et de façon non destructive (figure (I 17)). L'effectif retenu (160 grains) découle du calcul de l'impré-

+ Sur un lot de semences différent de celui du champ.

cision autour de la moyenne, lors d'un travail préliminaire.

Pour éviter les interactions du type (milieu x qualité de semences), température et humidité furent maintenues proches de leur optimum respectif (figure (I 17)). L'analyse de variance, portant sur les quatre bassines, ne livre pas de différences significatives, ce qui indique que l'humectation du lit de semences fut réalisée de façon homogène. Par contre, l'intensité lumineuse restait inférieure à ses valeurs en conditions naturelles.

Dans ces conditions expérimentales (température élevée et éclairage déficient), l'allongement foliaire est fortement accru par rapport au champ (étiolement). Ceci présente l'avantage d'accroître les écarts de longueur entre individus, mais nécessite la mise en place d'un dispositif spécial pour soutenir les feuilles, rendues peu rigides dans cet environnement (photo 2).

1123 - MISE AU POINT D'UNE METHODE D'ANALYSE DE VIGUEUR D'UNE POPULATION DE COLEOPTILES.

A priori, la notion de vigueur englobe des aspects variés et entremêlés :

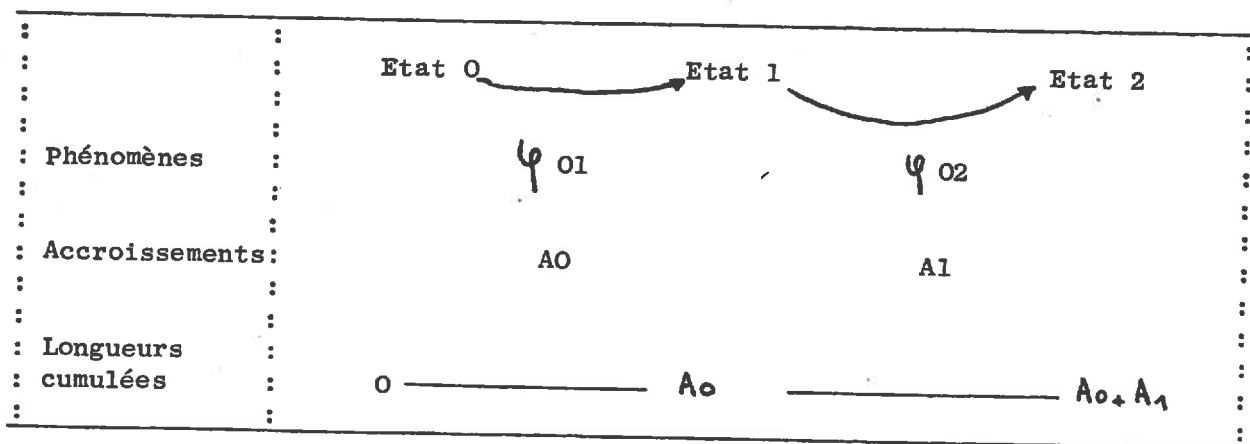
- échelonnement de l'entrée en croissance des coléoptiles.
- différence dans le rythme de croissance.
- différence pour la taille finale.

Globalement, et sans vouloir dissocier ces différentes composantes possibles, nous chercherons à caractériser la croissance de chaque coléoptile en fonction du temps.

Typier la croissance d'un organe revient à préciser les divers paramètres de la courbe logistique (figure I 16), représentant son évolution. Pour une fraction de la population, cette description est immédiate : en effet, même dans nos conditions expérimentales favorables, un certain nombre de grains ne germent pas, ou mal ($L_f = 0$) ; d'autres fournissent une plantule qui meurt rapidement ($L_f = 0$). Cette simple observation nous permet déjà d'écarter du reste du lot ce groupe d'individus ; l'indication de leur importance suffisant à les décrire (figure (I 18)).

11231 - Formulation mathématique du problème.

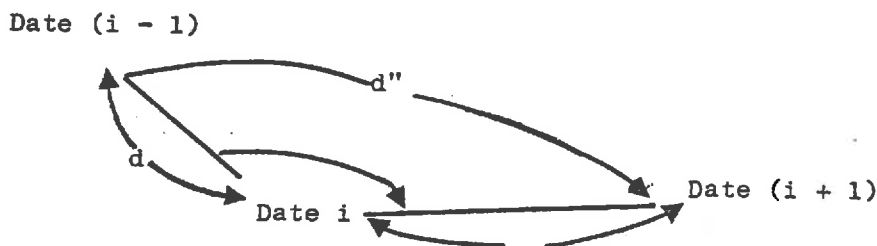
La question posée revient à rechercher le degré de liaison existant entre dates de mesure, sur une variable (exemple : longueur brute, ou relative, ...) d'une population homogène d'individus.



Une traduction possible du phénomène étudié réside dans la mesure individuelle de l'accroissement, dont la sommation détermine la longueur cumulée. Les trois grands types de liaisons possibles entre deux accroissements $\Delta_{(i-1)i}$ et $\Delta_i(i+1)$ successifs sont :

Type	Traduction
:Amplification	$\Delta_{(i+1)} = (\Delta_i + \Delta_{i-1})$
:Maintien	$\Delta_{(i+1)} = \Delta_i$
:Compensation	$\Delta_{(i+1)} = -\Delta_i$

La présence de l'un et de l'autre de ces schémas doit pouvoir se détecter dans le nuage de variables (représentées dans l'espace des individus), ou plus simplement, dans sa projection, après normalisation et réduction, sur les deux premiers axes d'une Analyse en Composantes Principales. L'image obtenue dans un tel dépouillement nous renseigne sur le degré de liaison entre dates de mesure pour la variable retenue, mais aussi sur les accroissements absolus, par comparaison visuelle des angles entre segments joignant deux états successifs.



$d = \text{distance dates } (i - 1) i = 2 (1 - r_{(i - 1)i})$
 $d' = \text{distance dates } i(i + 1) = 2 (1 - r_{i(i + 1)})$
 $\alpha = \text{angle } (d, d') = r$
 $\Delta(i - 1)i \Delta_i(i + 1)$
 $r_{(i - 1)i} = \text{coefficient de corrélation sur les longueurs}$

Par analogie avec les tests de germination, deux approches successives peuvent être menées pour préciser la notion de vigueur : la première porte sur les longueurs brutes, avec pour intention de qualifier la vigueur par le critère de taille. La seconde s'intéresse à la vitesse d'allongement, indépendamment du niveau final (approche relative).

11232 Tentative de typologie de vigueur d'un lot de coléoptiles portant sur la croissance globale.

Dans cette partie, nous allons essayer de ventiler, selon leur croissance globale, les coléoptiles.

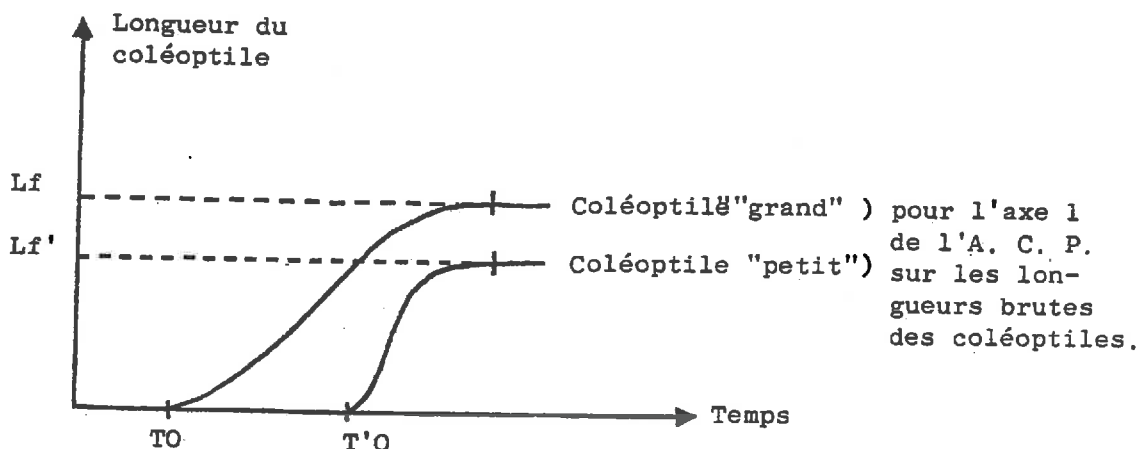
a- Description du premier plan de l'Analyse en Composantes Principales sur les longueurs cumulées des coléoptiles.

Ce plan (figure I 19), qui extrait 85 % de l'inertie totale du nuage initial, possède un premier axe, qui attire l'ensemble des cinq dates de mesures faites sur le coléoptile. Comme l'ont fait précédemment, sur Mais, CHEROUVRIER et BARLOY-PAGES (1977), il peut être traduit comme un axe de taille pour la totalité de la croissance de l'organe. Ainsi, cet axe oppose les coléoptiles grands et petits, pour l'ensemble des dates de mesures, et, en particulier, pour leur longueur finale.

b- Ventilation des coléoptiles selon leur longueur finale et leur croissance globale.

En choisissant, sur l'axe précédent, les deux projections d'individus les plus éloignées (figure I 20), on fixe, pour chaque date, l'écart maximum rencontré dans cet essai (environ 100 %, figure I 20). En établissant un pas de treize pour cent, on détermine sept classes de croissance globale et de taille finale, dont le plan donne l'importance relative. Chaque classe correspond à un faisceau de courbes logistiques, d'origine (T_0), et de longueur finale (L_f), caractéristiques.

Ceci peut être schématisé de la façon suivante :



Ce croquis souligne bien l'une des insuffisances du classement établi, à savoir l'absence de prise en compte de la pente des courbes de croissance. Or, un coléoptile "petit" peut très bien acquérir plus rapidement son format final qu'un individu classé "grand". Ceci nécessite de mieux préciser la courbe de croissance et surtout la pente.

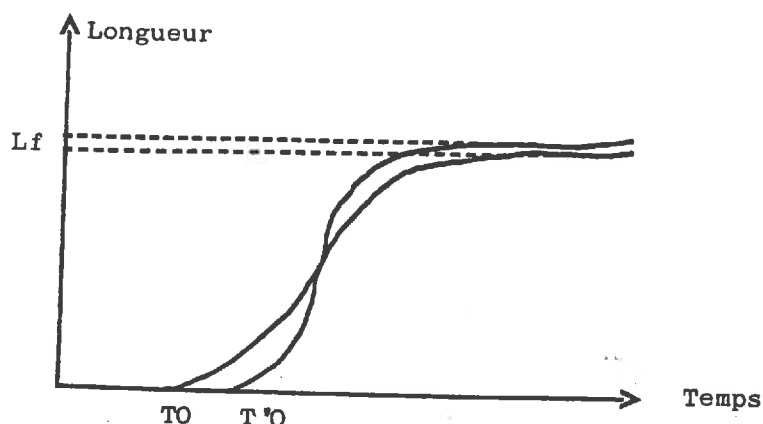
11233 Tentative de typologie de vigueur du lot de coléoptiles fondée sur la vitesse de croissance.

Il s'agit, cette fois, de savoir si la typologie précédente convient encore lorsque l'on ne s'intéresse plus à la longueur brute, mais à la forme de la courbe de croissance (allure de la pente).

112331 Description des Analyses en Composantes Principales sur Les longueurs brutes et relatives des coléoptiles.

Le deuxième axe du plan précédent range les dates de mesure dans leur ordre chronologique, ce qui signifie que deux variables seront d'autant moins liées qu'elles sont éloignées dans le temps (figure I 19). Les auteurs, déjà cités, l'ont interprété comme un axe de précocité, à croissance globale fixée. Celui-ci discrimine les individus selon leur croissance

qui intervient soit au début, soit à la fin du phénomène d'allongement, sans incidence sur leurs niveaux global et final de croissance (figure I 20) :



Les différences observées sont bien moins importantes que celles notées précédemment (figure I 20) sur le premier axe.

Dans le but de préciser la forme de la courbe d'élongation, indépendamment de son niveau final, une nouvelle variable a été bâtie ; la longueur relative exprimée par le rapport :

$$\frac{\text{longueur au temps (t)}}{\text{longueur finale}} = \text{longueur relative.}$$

Sur cette expression a été entreprise l'analyse, à axe 2 constant de manière à décrire des courbes de croissance individuelle ayant même origine. Des résultats identiques à ceux établis sur les longueurs brutes ont été obtenus.

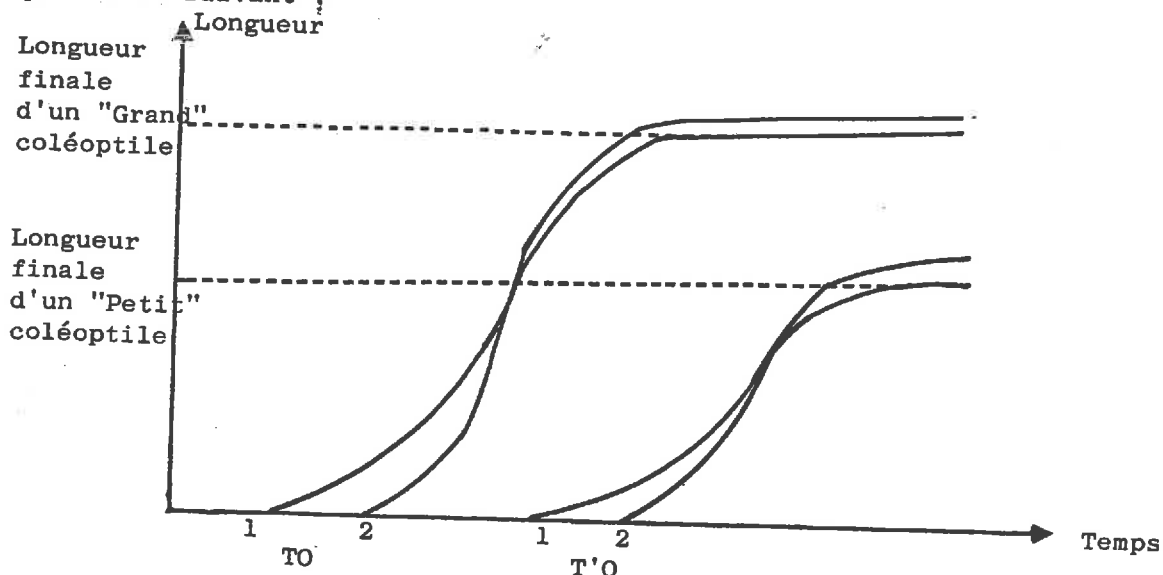
112332 Interprétation biologique

L'axe deux de l'analyse opérée sur longueurs brutes ventile les coléoptiles selon leur date d'entrée en croissance. On peut penser que les faibles décalages observés entre ces courbes de même potentiel (taille finale voisine) proviennent de légères différences du milieu, comme par exemple l'humectation du grain.

Une fois extrait cet effet, il se pouvait qu'une nouvelle typologie soit possible, fondée sur la vitesse d'allongement. Dans notre étude, cette typologie se confond avec celle réalisée sur la croissance globale et le format final.

Conclusions sur la notion de vigueur

L'ensemble des résultats acquis dans cette expérience, portant sur la croissance du coléoptile seul, permet d'établir le schéma récapitulatif suivant :



Avec le lot de semences étudié, le format final suffit à décrire les différences de potentialités individuelles : ceci signifie qu'un caryopse possesseur d'un coléoptile à taille finale "grande" débute sa croissance plus précocément qu'un grain doté d'un coléoptile "petit". De plus, le rythme de croissance du premier sera toujours plus rapide. Dans notre expérimentation, la notion de vigueur (aspect relatif : rythme d'entrée en croissance, vitesse d'élongation et aspect absolu : longueur finale) est définie synthétiquement dans l'effet taille.

Néanmoins, pour une taille finale donnée, les vitesses d'allongement varient légèrement, peut-être, en raison d'une reprise en eau plus lente de certains grains (effet de précocité).

D'une façon générale, la distinction entre ces trois concepts vigueur (absolue et relative) et précocité, apparaît primordiale pour caractériser un lot de semences. Leur étude, appliquée à l'allongement du coléoptile, variable continue, donne des résultats sûrement plus fins et plus complets que l'analyse germinative (pourcentage de grains non germés).

1124 - RELATIONS ENTRE LA CROISSANCE DE QUATRE ORGANES SUCCESSIFS (COLEOPTILE ET TROIS PREMIERES FEUILLES)

Il s'agit ici de déterminer s'il y a conservation, pour les trois feuilles suivantes, de la typologie notée sur le coléoptile.

11241 Description du premier plan des Analyses en Composante Principale réalisées sur l'ensemble des quatre organes, ou sur chacun d'eux.

Une analyse en Composante Principale, pratiquée successivement sur les trois feuilles conduit à une interprétation analogue à celle fournie pour le coléoptile (voir 11232). Il reste donc à déterminer si ce schéma se perpétue d'un organe à l'autre. Or, la figure reste la même pour les quatre organes analysés simultanément : tout pied "grand" ou "précoce" pour le coléoptile, l'est pour les trois feuilles suivantes. Nous pouvons, en particulier, noter que, le long du deuxième axe (figure I 21), la liaison reste plus forte entre organes qu'entre dates.

11242 Signification et importance biologique de la conservation du retard initial.

L'interprétation de la conservation des classes obtenues parmi les coléoptiles peut être celle-ci : le retard de croissance (signifié sur les deux axes de l'A. C. P. pour le coléoptile) se répercute sur les organes suivants, en raison d'une constance de la vitesse phyllochronique en milieu fixé (GILLET, 1970). En d'autres termes, le classement de vigueur obtenu plus haut se vérifie ultérieurement.

Mais l'on peut se demander si, entre organes, précocité et vigueur absolue se conservent de la même façon : dans le but d'obtenir une vision synthétique de la croissance, une nouvelle analyse fut réalisée, portant cette fois, non plus sur des mesures, mais sur les coordonnées, dans le premier plan décrit, de chaque individu. Puisque chaque axe a reçu la même interprétation pour les quatre organes, la description de ce nouveau nuage nous renseigne sur le devenir relatif, entre organes, des notions associées (précocité et vigueur) : il s'avère que l'effet "vigueur" résiste mieux au changement d'organe, que l'effet "précocité". En d'autres termes, l'effet "taille" domine (en conditions optimales de croissance) l'effet "entrée en germination".

CONCLUSIONS SUR LES RELATIONS ENTRE ORGANES (Coléoptile, trois premières feuilles).

La classification de vigueur opérée sur le premier organe se conserve pour les trois suivants, du moins en conditions favorables, et en dehors de toute compétition. Ce fait invite à étudier le devenir des levées différentielles mises en évidence selon la profondeur de semis, lors des expériences au champ (cf. 111).

CONCLUSIONS GENERALES SUR L'IMPLANTATION DE LA CULTURE

Au cours de ce premier chapitre, consacré à l'approche individuelle de la compétition et qui recouvre la période d'installation de la culture, certains résultats précis ont été acquis, ou confirmés. L'ensemble de ces faits convergent, finalement, vers deux grands axes de réflexion, de nature différente :

1/ La notion de vigueur semble avoir été précisée. Des expériences menées en conditions contrôlées et naturelles, il ressort qu'un lot de semences est constitué par l'assemblage en proportions inégales de sous-populations potentiellement différentes pour leurs modalités de croissance. Cette distinction peut déjà être opérée dans un milieu où les facteurs externes ont des niveaux très proches de l'optimum requis pour l'expression idéale des phénomènes de germination et d'élongation des premiers organes (voir expérience en chambres conditionnées). Lorsque les caractéristiques du milieu s'éloignent de l'optimum, ne serait-ce que pour l'un des facteurs constitutifs (voir expérience au champ), deux types de modifications peuvent intervenir :

- apparition d'une nouvelle sous-population d'individus non distinguée précédemment.

- accroissement de l'effectif d'une sous-population déjà existante.

Dans l'expérimentation au champ, où les conditions ayant régné pendant la période d'étude doivent être considérées comme assez favorables, la composante physique du milieu ayant subi la modification majeure, fut l'amplitude thermique, et ce par le biais de la profondeur de semis (impossibilité de prendre en compte le degré d'oxygénation).

2/ Le retard initial créé au champ par la profondeur de semis se perpétue, du moins jusqu'à la levée, et mérite une étude ultérieure de ses conséquences. En milieu pourtant très favorable (expérience en salles conditionnées), la séquence de germination détermine au moins le rythme de croissance des quatre premiers organes. Une telle continuité invite à tenter le même type d'étude au champ.

Mais en conditions naturelles, à cet effet "vigueur", s'ajoute une quantité d'autres éléments, susceptibles de modifier la réponse. En particulier, des plantules d'âges différents risquent d'être placées dans un milieu changeant ; en outre, comme le pouvoir alimentaire du milieu est limité, il s'installe, rapidement, entre ces plantules une compétition, dont le degré dépendra du type d'implantation (densité), mais aussi du climat général, qui fixe le niveau moyen de la demande globale.

On conçoit la complexité du type d'étude présentée dans le chapitre suivant qui, malgré sa difficulté, mérite d'être abordée.

12 ETUDE DES RELATIONS SOCIALES EXISTANT APRES LA LEVEE
ENTRE PLANTES AU SEIN D'UNE GAMME DE PEUPELEMENTS .

Ce second chapitre, qui examine un premier type d'approche du phénomène de compétition nécessite, pour la clarté de son développement, la définition préalable des notions d'âge physiologique et d'agressivité.

La première renvoie à l'origine (To) de la courbe logistiqu (figure I 19), qui retrace l'évolution de la plante considérée : l'origine physiologique correspond à la date d'entrée en germination. Celle-ci est toutefois difficilement repérable sur le terrain puisqu'elle implique de dégager la terre entourant les caryopses, voire de manipuler ces derniers pour noter avec précision le début de la germination. De plus, en cas de germination échelonnée, cette opération devrait être répétée plusieurs fois. Ce type de notation perturbe profondément l'environnement des grains et interdit l'étude ultérieure des plantules qui en sont issus.

L'impossibilité de retenir comme origine physiologique le début de la croissance des embryons nous a contraint à adopter comme repère un stade plus tardif : la date individuelle de levée. Ce choix a le mérite de permettre un repérage précis et non destructeur ; il reste à préciser si la séquence de levée reflète celle de germination, ou si ce stade constitue un repère physiologique important pour le devenir de la plante.

Nous savons déjà qu'entre situations, le rythme de levée renvoie probablement à celui de germination ; en outre, l'émergence hors du sol du coléoptile marque le moment où la plantule devient autonome pour son alimentation carbonée (photosynthèse). De ce fait, il est probable que le stade "levé" soit au moins aussi important du point de vue physiologique que l'origine précise de l'entrée en croissance.

L'agressivité désigne l'aptitude à l'agression, ou "action de celui qui déclenche un conflit". Ce concept apparaît employé dans les études bispécifiques portant sur les plantes fourragères prairiales (JACQUARD, 1968). La présence de deux espèces associées engendre des interactions dont l'effet majeur se traduit par des déformations plastiques, mesurables sur les plantes (taille, poids sec, ...). JACQUARD décompose la variabilité des déformations relatives apparues lors de la rencontre des deux espèces, en deux effets :

- l'action déformante de l'agresseur,
- la déformation de l'agressé.

Leur quantification revient à mesurer l'effet de la rencontre par rapport à l'état isolé, pour les deux membres du couple :

$a_1 = \frac{Y_{12} - Y_{11}}{Y_{11}} = \text{déformation subie par (i) en présence de (j).}$
$a_2 = \frac{Y_{21} - Y_{22}}{Y_{22}} = \text{déformation subie par (j) en présence de (i).}$
$Y_{ij} = \text{niveau de l'espèce (i) en présence de l'espèce (j) pour le critère choisi.}$

Les deux indices mesurent l'agressivité de chaque espèce et leur somme représente l'effet réciproque de l'association. Il nous a semblé possible d'étendre cette notion à l'échelle des couples d'individus d'une culture monospécifique et monovariétale de Blé.

121 DESCRIPTION DES METHODES UTILISEES.

Une telle étude nécessitait la mise au point d'une technique fine de prélèvements permettant l'individualisation de chaque plante, tout en respectant la structure linéaire constituée par l'axe "rang du semoir".

1211 - CARACTERISATION DE LA DATE DE LEVEE ET DE LA "PLACE DISPONIBLE"

PAR PLANTE.

Pour chacune des plantes, issues des quarante parcelles d'étude (huit prélèvements par situation : cinq situations dont l'emplacement figure dans l'annexe B), nous avons déterminé la date de levée, ainsi que la distance la séparant de ses deux plus proches voisins, selon les modalités indiquées sur la figure (I 22) et la photo (3).

Cette dernière mesure suppose une certaine linéarité du rang de semis (celui-ci a, en fait, une largeur moyenne de cinq centimètres), et n'a été pratiquée que par rangée. En d'autres termes, dans cette étude, seules les relations existant entre plantes sur le rang seront envisagées.

Une autre critique évidente de la méthode décrite ci-dessus réside dans la prise en compte des deux seuls individus les plus proches de la plante considérée : il est vraisemblable, en effet, que "l'unité de base" des relations entre individus est bien supérieur au triplet. Une amélioration possible consisterait à positionner chaque plantule selon un repérage à deux dimensions : l'axe du semis et sa perpendiculaire, comme indiqué sur la figure (I 22). Ceci n'a pas été réalisé dans notre étude, essentiellement en raison du manque de temps, et de la complexité du dépouillement requis (voir conclusions générales).

1212 - MISE AU POINT D'UNE TECHNIQUE FINE DE PRELEVEMENT.

Il était nécessaire, du fait de l'absence de ces renseignements dans les études précédentes, de prélever les plantes dans l'ordre de leur levée, afin de connaître, par rapprochement, les distances aux voisins.

Ce type de mesure doit, nécessairement, intervenir avant le tallage, car, une fois ce phénomène déclenché, l'imbrication entre talles issues de pieds différents est telle qu'il devient impossible de fixer les espacements au champ, et de repérer facilement les plantes.

Pour ce faire, une méthode semi-destructrice a été imaginée (photo 4) ; le prélèvement d'un volume de terre, de largeur au moins égale à la zone de localisation des grains, et d'une hauteur de vingt-cinq centimètres environ, permet de conserver la séquence originelle du semis. Une fois cet ensemble rapporté au laboratoire, dans le panier métallique servant à l'extraction, le prélèvement proprement dit, suivi du lavage des plantes, était réalisé, en respectant le sens du semis. Au fur et à mesure de l'enlèvement successif de chaque plantule, étaient notées sa date de levée (bâtonnet de couleur) et sa distance à la suivante. Cette opération, effectuée à titre de vérification, gagne à être exécutée juste après la levée, en raison d'une meilleure précision.

1213 - METHODE D'IDENTIFICATION INDIVIDUELLE DES PLANTES.

La remarque précédente : mélange inextricable sur le terrain entre les talles et les plantes dès que le tallage devient abondant (début Avril) justifie, d'une part, le non-recours à la technique des "emplacements fixes" (mise à profit, sur le maïs, par CHEROUVRIER, 1977) et implique, d'autre part, la nécessité de pouvoir reconnaître, au lavage, chaque plante.

Certains auteurs (HUET, 1975) ont jugé très difficile cette identification, surtout après l'épiaison, en raison de l'indépendance croissante des talles (JONARD, 1962). Néanmoins, il nous a paru possible de développer une technique, fiable, fondée, d'une part, sur la présence du rhizome (photo 5) et figure (I 22), et, d'autre part, sur celle du bâtonnet colorié, repère de la date d'apparition. Cette méthode est d'autant plus commode que le semis est profond, par suite de l'allongement important du rhizome dans ces conditions (photo 6). La seule équivoque dans ce procédé pourrait provenir de la formation des talles de coloéptile (photo 7), qui, rapidement, se détachent partiellement du reste de la plante ; toutefois, leur forme arrondie, très caractéristique, empêche toute confusion.

CONCLUSIONS SUR LES METHODES EMPLOYEES.

En définitive, pour chaque plante, dûment repérée, les manipulations décrites permettent de connaître : sa date de levée, l'espace dont elle dispose et sa profondeur individuelle de semis après raffermissement du sol. Une telle approche, peu classique, permet une description originale du type d'implantation réalisée au semis.

122 DESCRIPTION FINE DE L'IMPLANTATION DE LA CULTURE.

Grâce aux types de prélèvements réalisés et aux données enregistrées (profondeur de semis, date de levée et "place disponible"), deux voies distinctes peuvent concourir à une description de l'environnement des plantules. Nous pouvons, en effet, soit :

- chiffrer globalement, par la méthode des histogrammes, la dispersion rencontrée, pour chacun des critères retenus, selon la situation, ceci a déjà été fait pour la profondeur de semis (figure I 1) et la date de levée (figure I 13). Le tableau I 23 en résume, brièvement, les grands traits.

- étudier si la répartition sur le rang pour les trois critères énoncés s'effectue au hasard, ou par taches. Cette réponse sera particulièrement déterminante pour attribuer une signification précise à la date de levée.

1221 - STRUCTURES DES DISTANCES ENTRE PLANTULES A LA LEVEE.

Sur chaque rang, compte tenu du système de distribution des grains par le semoir utilisé, on peut considérer que le semis se réalise "à la volée". FLEURY (1973) a montré que l'effet d'une telle alimentation, par rapport au "semis de précision" (exemple : maïs), revient à accroître la fréquence des petits écartements, donc à créer une dissymétrie gauche dans la structure de répartition des espacements.

La figure I 24 confirme ce résultat pour la gamme des densités retenues : le coefficient β_1 de Pearson est significativement positif, et ceci d'autant plus que la densité moyenne décroît (il en va de même pour l'étalement, apprécié par le coefficient β_1).

A ces deux paramètres, qui traduisent l'existence d'une distribution de la structure des distances entre plantules, distincte de la loi normale, il convient d'ajouter la notion de dispersion, mesurée par la variance. Celle-ci apparaît légèrement plus que proportionnelle à la distance moyenne, il s'en suit que la précision du semoir estimée par l'expression :

Côte de précision = $100 (1 - \frac{s}{M})$ (AUBINEAU, 1974), diminue quelque peu, lorsque la densité moyenne décroît.

L'ensemble de ces caractéristiques du semis, hormis leur intérêt pour juger la qualité de l'opération culturale, invite à s'interroger quant à leurs influences possibles sur le comportement ultérieur du végétal. En particulier, ce type de résultat peut remettre en question, dans le cas du Blé, l'intérêt du semis à la volée par rapport à celui de précision ; la réponse dépend, selon toute vraisemblance, du milieu et de la capacité d'agressivité individuelle. Celle-ci peut se trouver définie, pour partie, par les modalités d'implantation. Néanmoins, cette question semble déjà connaître des prolongements pratiques puisqu'un semoir de précision pour Blé est déjà expérimenté en Angleterre par la firme STANHAY (ROUSSEAU, 1979).

1222 - REPARTITION DES PIEDS DE BLE LE LONG DE L'AXE "RANG DE SEMOIR"
POUR LES TROIS CRITERES RETENUS.

12221 Description de deux exemples rencontrés.

La figure I 25 contient deux profils latéraux établis parallèlement au rang du semoir, dans des situations extrêmes de profondeur (P_1 et P_3). Dans ces deux exemples, chaque pied est représenté par son symbole de date de levée, puis positionné selon sa profondeur et les distances exactes à ses deux voisins. Cette figuration montre l'existence de grandes amplitudes dans la profondeur de semis, ainsi que des variations assez brutales de cette dernière, même entre individus très proches (variation maximale de profondeur : 30 % environ).

Mais on conçoit qu'une étude systématique et globale s'accomode mal de la multitude des cas existants; pour mener à bien ce travail, nous avons regroupé en quatre classes équiprobables, et sur l'ensemble des prélèvements, chacun des trois critères étudiés (ce regroupement existait déjà, partiellement, pour la date de levée, variable discrète par nécessité).

12222 Etude systématique des modalités de répartition.

La rareté de telles études en phytotechnie nécessite l'utilisation de techniques statistiques couramment utilisées en Ecologie Quantitative, la notion de chaîne de Markov par exemple : ce terme désigne tout axe linéaire où le niveau atteint par une position dépend uniquement de la précédente (chaîne d'ordre 1), des deux précédentes (ordre 2),... Cette définition exclue donc les possibilités de mémorisation. D'une façon générale, la recherche d'une répartition au hasard sur cet axe se fait par comparaison de la matrice de transition réelle à celle théorique (figure I 26 et cf. KULLBACK, KUPPERMAN, et KU, 1962), au moyen du test classique du X^2 .

Cette analyse peut être réalisée de deux façons distinctes : soit directement, sans aucune transformation, soit après regroupement des pieds consécutifs de même classe (selon une technique exposée par PIELOU, 1963).

122221 Analyse directe.

Dans cette première approche, la valeur des probabilités théorique de la matrice de transition est donnée par : $P_{tij} = \frac{1}{4}$, pour tout couple (ij). Avec cette convention, les tests du X^2 ("sans regroupement", voir figure I 27), montrent que la répartition linéaire a peu de chances d'être aléatoire, pour les critères de profondeur et de distance, au contraire de la date de levée. Ceci indique que les modalités du placement horizontal et vertical des grains ne semblent pas avoir retenti sur leur levée, ce que nous analyserons plus loin (cf. 1223).

Si l'on s'intéresse à la description de la taille et fréquence des taches elles-mêmes (figure I 28), les comparaisons inter-situations révèlent plusieurs faits : en retenant comme tache tout groupement d'au moins quatre plantes de même classe, il apparaît que leur fréquence est deux fois plus faible pour la date de levée (ce qui explique la non significativité des tests précédents sur ce critère), que pour les deux autres variables.

Entre situations distinctes par leur profondeur moyenne d'enfouissement des grains (P_1, P_2, P_3), c'est le nombre de taches de date de levée (mais non leur taille) qui diminue : plus le semis est profond, moins les légères variations du micro-relief de surface influent sur la date exacte d'apparition de chaque individu.

Par contre, c'est la taille des taches pour le critère profondeur, qui s'accroît avec la densité moyenne de semis : diminuer l'écartement entre grains revient à accroître le nombre de ceux-ci, localisés dans une dépression (mille pieds en situation D_1 occupent, en effet, une longueur huit fois supérieure au même nombre en situation D_3).

12222 Analyse après regroupement.

Dans cette présentation, l'axe linéaire considéré ne peut contenir deux pieds de même classe consécutifs, ce qui revient à fixer, pour la matrice de transition :

$$P_{tij} = 1/3 \text{ si } i = j$$

$$P_{tij} = 0 \text{ si } i \neq j.$$

Les mêmes tests, réalisés cette fois sur cette matrice diagonale, conduisent à conserver l'hypothèse de disposition aléatoire sur le rang, une fois les taches supprimées : ceci nous indique l'absence de grandes oscillations dans la disposition des pieds pour les trois critères retenus et pour l'ensemble des cinq situations.

1223 - RELATIONS ENTRE LA DATE DE LEVÉE, LA PROFONDEUR D'ENFOUISSEMENT DES CARYOPSES ET LA NOTION DE VIGUEUR.

Avant d'étudier l'influence du type d'implantation sur le devenir de chaque individu, il convient de préciser, à nouveau, la signification réelle entre la notation "date de levée" et la notation d'âge physiologique.

Dans le paragraphe (111), il a été établi que, pour la profondeur P_3 , l'allure de l'histogramme des levées renvoyait à celle observée pour les germinations. Il reste à déterminer si une telle relation existe aussi pour chacune des autres situations.

Celle-ci peut être modifiée par la profondeur de semis, ou par une variation du micro-milieu, qui intervient alors nécessairement par taches.

12231 Relative indépendance entre la date de levée et la profondeur de semis individuelles.

Au sein de chacune des cinq situations testées, pour chaque date de prélèvement, et sur leur ensemble, le coefficient de corrélation n'est significatif que dans vingt deux sur quarante cinq. Son niveau représente la part de la variation totale expliquée par liaison linéaire entre les deux variables : celle-ci n'excède jamais 33 %, et vaut plus fréquemment 20-25 %. En d'autres termes, l'étalement observé entre dates de levée, pour un peuplement donné et une profondeur moyenne définie, n'est que partiellement dû à la variabilité d'enfouissement.

12232 Absence de taches ayant même date de levée.

L'analyse de la répartition des pieds de Blé (cf. 12222) pour leur levée, a montré que la fréquence et la taille⁺ sont bien moins élevées pour cette variable que les critères profondeur et distance. Or, les seules variations du milieu, susceptibles de perturber la relation "vigueur-date de levée" interviennent nécessairement par taches : présence localisée d'une croûte de battance ou d'un excès d'eau. L'examen de la réponse végétale n'indique pas l'existence d'un tel agencement sur le terrain : les conditions favorables à l'établissement des plantules (déjà signalées plus haut, cf. 111) peuvent expliquer ce résultat. A ce fait, il convient d'ajouter la faible liaison ($r^2 \leq 0,15$, non significatif), entre l'écartement des plantes et la date de levée : l'isolement d'un pied n'est pas dû à - ou n'engendre pas - une levée tardive.

+ Une tache contient au moins 4 plantes.

CONCLUSION SUR L'ETUDE DE LA REPARTITION FINE DES PLANTULES
SUR LE TERRAIN.

Grâce aux diverses mesures et notations pratiquées, une description précise de l'agencement spatial des plantes a pu être réalisée. La structure non gaussienne des écartements doit certainement retentir sur le comportement végétal en cours de cycle.

Mais l'étude de la répartition linéaire des pieds sur le rang (ventilés en classes équiprobables pour les trois critères pris en compte) se révèle encore plus riche, puisqu'elle permet d'établir, indirectement, la forte liaison existant entre la vigueur et la date de levée, par situation.

En effet, la séquence linéaire de levée apparaît aléatoire et peu liée à celle de la profondeur de semis (qui varie par taches). Rapprochant ce résultat des conclusions présentées à la suite de l'expérimentation effectuée en conditions contrôlées (112), nous pouvons affirmer qu'il s'agit d'une différence de vigueur relative (portant sur la vitesse d'acquisition du format final du coléoptile). En effet, rappelons qu'avec le lot de semences utilisé, le retard de germination retentit sur la séquence de levée, mais pas sur la longueur finale du coléoptile. A cette vitesse différentielle d'acquisition, caractéristique intrinsèque des caryopses, a pu, néanmoins, s'ajouter un effet précocité (par exemple, différence dans la vitesse d'imbibition due à une micro-hétérogénéité de la répartition de l'humidité). L'isolement de cet effet est malheureusement impossible à réaliser sur le terrain (prélèvements destructeurs, interdisant toute dynamique de population). Diverses raisons conduisent à penser que le décalage de l'échelle des temps d'entrée en germination pour des causes liées à l'irrégularité du milieu, intervient dans les conditions de l'essai, de manière secondaire.

En définitive, grâce aux conditions particulières de l'expérimentation (mois de Décembre favorable, caractéristiques du lot de semences), nous disposons d'un ensemble de cinq situations, entre lesquelles varient soit la place disponible par individu, soit sa vigueur (qualifiée par la date de levée). Avec ce jeu de modalités, il est possible d'étudier la nature et le degré de la réponse individuelle des pieds de blé à ces modifications de potentialités d'origine :

- indirecte et qui touche le végétal (vigueur).
- directe et qui, par le biais de la densité moyenne, affecte le milieu pour ses composantes trophiques.

Avant de typer la réponse végétale, il convient de situer les relations sociales ayant existé dans nos conditions expérimentales.

123 GRANDS TYPES DE RELATIONS SOCIALES RENCONTREES DANS
LES CINQ SITUATIONS ETUDIEES.

Il s'agit, dans ce chapitre, de préciser la nature des relations sociales réellement rencontrées pendant le cycle d'étude (1978), par rapport au recensement général réalisé par FLEURY, 1974 (voir introduction de la première partie). En résumé, les situations susceptibles d'exister sont :

- soit la coopération ou modification dans un sens favorable (par effet de groupe) du milieu.
- soit la compétition pour l'exploitation de certaines composantes trophiques.

Dans cette question est implicitement contenue celle de l'interaction du milieu et des potentialités affectées à chaque grain : pour y répondre, un essai d'élaboration de modèle sera abordé.

1231 - COOPERATION ENTRE INDIVIDUS.

12311 Mise en évidence.

Pendant la phase (germination-levée), seuls des rapports de neutralisme ont pu être dégagés, en raison, sans doute, de l'absence d'une croûte de battance (il est, par ailleurs, douteux qu'une croûte de battance, presque toujours humide en automne, soit un obstacle pour la levée du Blé d'hiver, doté d'un coléoptile très perforant).

Par contre, environ deux mois plus tard (mi-Mars), soit début tallage, et jusqu'à la mi-montée (fin Avril), un net effet de groupe existe, notamment illustré par la figure I 30. Au cours de cette période, une forte corrélation lie l'écartement entre plantes et la hauteur de l'apex du brin-maître, pour chacune des cinq situations étudiées. Ceci signifie (cf. bibliographie) que, plus un individu est proche de ses voisins, plus il est précoce pour sa montaison, ce qui revient à accélérer, relativement au reste de la population, l'accumulation de sa matière sèche (ce qui explique, en partie, la forme de la courbe (matière sèche-place disponible), décrite en conclusion). Cet effet de coopération était déjà établi, à l'échelle parcellaire : DONALD (1963) rappelle que rapprocher des pots de blé accroît significativement la hauteur finale des tiges, ainsi que la vitesse d'acquisition de la taille.

12312 Recherche d'explication par modification micro-climatique.

A l'échelle de l'individu, le fait d'avoir deux voisins proches entraîne une diminution mutuelle de l'éclaircissement, s'accompagnant d'une modification de la composition spectrale de la lumière. Il s'ensuit un étiolement responsable d'un allongement accru de l'organe (FRIEND, 1963), sans nécessaire augmentation du poids sec. Il faut admettre que l'accroissement de poids observé en pieds serrés provient d'un ensemble de réactions principalement liées à l'accélération de croissance.

Nous nous sommes demandé si cet effet de groupe pouvait trouver son explication dans la modification d'une seconde composante climatique du milieu : la température. Pour savoir si la forte densité engendre un micro-climat plus chaud (effet brise-vent, limitation des pertes nocturnes...), nous avons disposé, dans deux situations extrêmes de peuplement (50 à 400 plantes/m²), jusqu'au début montée, des capteurs thermiques (thermocouples,

voir CHEROUVRIER, 1977). En raison de la faiblesse prévisible des écarts de température, les thermocouples furent regroupés par cinq ("araignées") et la partie sensible disposée à faible profondeur dans le sol (1 mm), leur déplacement fréquent assure une certaine sécurité des résultats.

Dans ces conditions (figure I 31), il apparaît que l'amplitude quotidienne des températures est moins marquée à forte densité (9-8° C contre 12.5° C à faible peuplement, en journée découverte), sans que la température moyenne varie beaucoup (10.9 contre 10.8). La différence de température est plus importante lors des heures de changement de régimes (10 et 19 heures T. U.). La moindre pénétration solaire et la limitation des pertes nocturnes (dans les parcelles à fort peuplement) expliquent cette plus faible variation ; l'effet sur le végétal doit être d'autant plus marqué que la température moyenne avoisine le seuil de croissance (0° C environ). Si des confirmations expérimentales restent nécessaires, il convient de rappeler que d'autres auteurs (SEBILLOTE et LEFORT, 1968 ; GEIGER, 1961) ont déjà montré les effets positifs du micro-relief sur la survie de la plante en cas de gelée.

1232 - COMPETITION ENTRE INDIVIDUS.

1231 Date d'apparition et objets de la compétition.

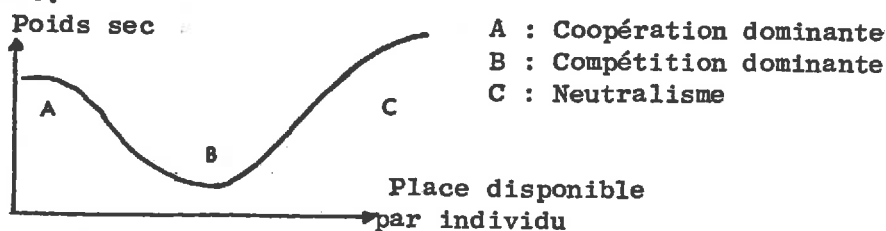
Il faut rappeler - voir le protocole (Annexe B) - que chacune des situations retenues a reçu, le neuf mars 1978, une fertilisation azotée de soixante unités, sous forme d'ammonitrates (33,5 %) et que les profils d'évolution de l'humidité et du contenu en azote minéral ont été régulièrement établis (Annexes A et B).

Compte tenu des niveaux hydriques et minéraux observés, le principal facteur susceptible d'être disponible en quantité inférieure à la demande reste la lumière (CLEMETS, 1929, a montré que la compétition pour l'espace est exceptionnelle).

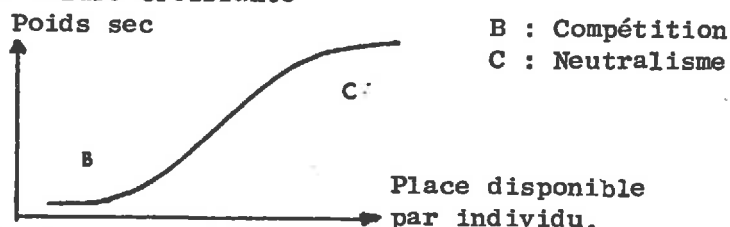
La concurrence individuelle pour cette composante du milieu commence (bibliographie) à se manifester vers la fin dutallage. Toutefois, s'agissant d'une étude conduite à l'échelle individuelle, il est possible, pour des pieds contigus ou peu distants, que cette date soit avancée dans le cycle.

Cette dernière observation, jointe aux résultats précédents (12311), explique pourquoi la distance entre plantes intervient, selon l'époque, de façon variable, surtout en fort peuplement.:

- Avant et au cours de la montée (Avril) ; les effets coopératifs et compétitifs s'opposent.



- Après la montée : seule la compétition persiste et la courbe de poids sec montre une allure croissante



L'ensemble de ces résultats incite à rechercher un modèle explicatif, qui permettrait de préciser l'influence relative du milieu et de la vigueur initiale.

124 APPROCHE D'UN MODELE EXPLICATIF DU POIDS SEC INDIVIDUEL.

1241 - INDICATIONS SUR L'IMPORTANCE DES ECARTS INDIVIDUELS DE POIDS SEC RENCONTRES DANS UN PEUPEMENT DE BLE.

La représentation de l'évolution temporelle moyenne (figure I 32) du poids sec montre une nette ventilation selon les quatre classes équiprobables (de levée et de place disponible), déjà définies plus haut (12221). Cette partition est d'autant plus marquée que la situation créée semble plus contraignante ; en effet, si systématiquement la classe la plus typée (pieds très tardifs ou très serrés) se distingue nettement des trois autres, l'ordre parfait n'existe qu'en semis profond ($D_2 - P_3$) ou dense ($D_3 - P_1$). En outre, les plus grands écarts s'observent essentiellement entre individus moyens distincts par leur date de levée ($D_3 - P_1$).

En matière de tallage (tallage herbacé maximum et tallage épi par plante), les classes équiprobables se rangent dans l'ordre parfait : en d'autres termes, seul l'effet de compétition semble intervenir ici, au contraire du poids sec. Les valeurs trouvées s'accordent avec celles de FLEURY (1974) (figure I 33).

1242 - CHOIX DU MODELE ET JUSTIFICATION BIBLIOGRAPHIQUE.

12421 Variables retenues dans le modèle.

Le niveau de poids sec atteint par un individu dépend de sa vigueur (date de levée) et de la place dont il dispose (distance à ses voisins). Or, l'agressivité d'un voisin sera fonction à la fois de son éloignement du pied considéré et de sa vigueur. Dans une étude analytique sur betterave (variété hybride F_1), BOUCHER (1978) a montré que, parmi des plantes choisies, il est vrai en situations extrêmes, le comportement d'un individu de levée fixée (elle-même fiable à son âge physiologique), dépend de celui de ses deux voisins ; néanmoins, l'effet vigueur, assimilable dans cette expérience à un classement des potentialités individuelles reste supérieur aux interactions entre pieds.

Nous avons donc préféré ne pas prendre en compte les potentialités des voisins, retenus ici au nombre de deux, du fait du protocole de mesure (cf. 112) : il aurait fallu, pour cela, déterminer, par approximation, la formule de pondération de la vigueur sur la distance. L'attitude choisie revient à considérer que l'agressivité d'un pied vis-à-vis d'une plante voisine ne dépend que de leur espacement respectif.

En conclusion, nous retiendrons, dans le modèle présenté ci-dessous, seulement les paramètres suivants : la place disponible et la date de levée (indice de l'âge physiologique) de l'individu concerné.

12422 Nature du modèle retenu.

124221 Pour la variable distance entre plantes.

A l'échelle parcellaire, un grand nombre de formulations ont été proposées, liant production en matière sèche et densité de peuplement : DONALD (1963) retient, finalement, la plus simple, qui émane de DEWIT (1959) :

$$P = a E + b$$

P : poids sec par plante (g)

E : place disponible de la plante (mm)

(a, b) : constantes

Cette expression suppose que la vitesse initiale de croissance et le rendement final soient peu dépendants de la densité ($d = \frac{1}{E}$), dans une large gamme de peuplements. Il nous a paru intéressant de tester, au niveau individuel, cette loi, tout en sachant déjà qu'elle couvrira partiellement la réalité, puisque, du moins en Avril (cf. 1231), un effet coopératif intervient dans certaines situations (surtout pour la faible profondeur et forte densité de semis).

Pour tenter de prendre en compte cette double action de la distance, deux indices ont été retenus, pour quantifier la place disponible pour chaque pied :

- soit la somme des distances aux deux voisins les plus proches.
- soit l'écartement le plus faible ou encore l'espacement le plus fort entre la plante considérée et ses deux voisines.

124221 Pour la variable date de levée

N'ayant aucune référence bibliographique susceptible de justifier un choix particulier, nous avons décidé de retenir le même schéma que précédemment : soit une relation de type linéaire.

Conclusions sur le choix du modèle.

En définitive, le modèle retenu adopte la formulation suivante :

$$P_T = a_T + b_T + C_T (D L)$$

P_T = poids sec par plante (en g) au temps T

E_T : place disponible par plante (mm)

D L: date de levée (jours après le début de levée)

a_T, b_T, c_T : coefficients valables pour le temps T

L'analyse de ce type de régression multiple a été décrite, en particulier, par SNEDECOR et COCHRAN (1957). La théorie élaborée, très complète, permet de connaître la part de la variation de (P_T), expliquée par le modèle et de déterminer laquelle des deux variables explicatives (E) et (D L) contribue le plus à l'explication.

1243 - COMPORTEMENT DANS LE MODELE DES SITUATIONS ETUDIEES.

12431 Validité globale de la régression multiple linéaire.

Le test de Fisher (figure I 34), qui est le rapport du carré moyen dû à la régression à celui des écarts, permet de savoir à quel niveau le modèle retenu s'applique dans l'exemple étudié. Ce test n'est significatif que trente-six fois sur quarante (au risque $P = 0.05$). Néanmoins, la part de la variation globale expliquée ne descend pas au-dessous de 50 %, la meilleure adéquation étant obtenue dans les situations de semis-profond.

Les causes d'inadéquation aux résultats expérimentaux du modèle peuvent être de deux types :

- écart trop important entre le modèle et la réalité (liaison non linéaire).

- absence de liaison entre les variables étudiées.

L'analyse portant sur les résidus et réalisée dans les cas de non signification statistique (essentiellement $D_1 P_1$ et $D_3 P_1$) montre qu'il convient de retenir la première cause : en effet, dans ces situations, la courbe représentée (1231) en période de montée prédomine (interactions diverses : coopération, compétition, neutralisme), plutôt que celle observée en régime de compétition stricte (période postérieure à la montée). Dans ce schéma, on comprend alors l'incapacité d'une forme linéaire à décrire l'effet de la distance.

12432 Influence comparée de l'espace disponible et de la date de levée comme indice d'âge physiologique.

Les tests de STUDENT, établis sur ces deux variables, permettent de connaître leur influence relative sur la réalisation du poids sec individuel.

La date de levée suffit largement à expliquer l'acquisition du poids sec, en situation de semis profond, alors qu'à forte densité, il faut retenir l'écartement. Dans les cas intermédiaires, ces deux critères sont aussi déterminants du format du pied considéré.

YOMADA et HORIUCKI (1960) synthétisent ce résultat, en définissant, à l'échelle parcellaire, la densité biologique, ou densité numérique de semis pondérée par la vigueur du lot de semences. Cette définition semble pouvoir s'appliquer à l'échelle individuelle, et elle permet de comprendre simultanément l'effet conjoint du milieu et des possibilités individuelles sur le devenir du pied considéré. Dans notre expérimentation, le semis profond assure une séparation des plantes (date de levée) sur le critère vigueur et ceci plus nettement qu'en semis superficiel.

12433 Signification de ces résultats.

Après avoir étudié le comportement du modèle testé pour les cinq situations étudiées, un certain nombre de réflexions s'imposent.

124331 Critiques de la démarche entreprise.

L'ensemble de l'analyse précédente contient des faiblesses évidentes, essentiellement de conception.

Il est vraisemblable que la prise en compte des deux seuls voisins les plus proches soit notoirement insuffisante pour décrire la réalité. D'une part, le rang de semoir ne peut être assimilé à un axe linéaire (voir 1211) ; d'autre part, et même dans ce cas, des individus plus éloignés peuvent intervenir.

La linéarité de la réponse a été mise en défaut (cas où coopération et compétition interviennent simultanément) et l'approche pas à pas d'un modèle progressif permettrait, sans doute, de tenir compte de ces effets opposés de la distance.

La seule prise en compte des relations sur le rang constitue en soi une perte d'information : dans l'avenir, l'étude simultanée de plusieurs axes voisins doit permettre de situer compétition sur et entre le(s) rang(s).

Enfin, l'agressivité d'un pied de Blé dépend vraisemblablement de son âge physiologique : la recherche dans un modèle pas à pas de sa prise en compte constitue une autre voie de description plus fine de réalité.

124332 Intérêt de la démarche proposée.

Malgré ces critiques, un ensemble de faits paraît acquis, intéressant chacune des situations ou leur comparaison.

a-Résultats par situation

La démarche entreprise permet, du moins en partie, de distinguer l'influence respective de la date de levée (reflet de la "vigueur des plantules" en semis profond), et de l'espace disponible. Dans des cas très

typés (forte profondeur d'enfouissement, pieds très tardifs ou très proches), l'analyse établit que la prise en compte de ces deux critères suffit à prévoir la position relative de l'individu dans la population des poids individuels en matière sèche.

b-Synthèse entre situations

Dans l'ensemble de l'étude précédente, les cinq traitements (profondeur et densité) n'ont pas été comparés, mais plutôt considérés comme des situations distinctes : cette attitude se justifiait, entre autres, par l'absence de répétitions sur le terrain.

Il peut être intéressant de consulter simultanément leurs résultats globaux : en fait, entre ces situations moyennes, existent des recouvrements dans la place disponible ou la date de levée individuelle (cf. 122) (autre- ment dit, des pieds de mêmes caractéristiques théoriques pour l'espacement moyen peuvent se trouver dans un environnement général distinct).

En réunissant l'ensemble des trois densités ou profondeurs, l'on peut se demander si la position de chaque individu n'est pas, à une date donnée, décomposable ainsi :

$$P_T = a_T + b_T E_T + c_T (D L) + d_T E_M + e_T D L_M$$

($P_T, E, D L$) voir 12422

$D L_M$: date de levée moyenne du traitement

E_M : écartement moyen du traitement

(a_T, b_T, c_T) : constantes

Ainsi, l'effet entre parcelles serait la somme d'un effet parcellaire et d'un effet individuel pour distance et date de levée : si nos mesures ne permettent pas de répondre (histogrammes distincts, nombre de pieds insuffisants), il reste que cette vision mériterait d'être approfondie.

CONCLUSIONS SUR LE MODELE EXPLICATIF

La recherche d'un modèle mathématique simple nous a permis de comprendre les effets respectifs des potentialités du grain ("vigueur") et du milieu, elles-mêmes fonction des techniques culturales en fin (peuple- ment...). Cette recherche mérite d'être poursuivie et il conviendrait de con- sidérer le cycle complet en s'intéressant alors, à la production de grains : en effet, aucune étude individuelle de ce type ne semble avoir été menée jusqu'au rendement final (DONALD, 1962). Les résultats précédents lais- sent supposer qu'en situations extrêmes de semis (très dense, ou très profond), c'est la caractéristique la plus affectée (distance, ou vigueur), qui détermi- ne principalement la réponse végétale individuelle. Ainsi, en conditions agri- coles, la recherche d'explication doit passer par la prise en compte de ces deux aspects.

125 REPONSES D'UNE POPULATION DE BLE TENDRE A DES CONTRAIN-
TES OU/ET DES DIFFERENCES DE VIGUEUR

L'analyse précédente démontre la forte variabilité existant entre individus selon leur origine ou/et leurs positions relatives dans l'espace. L'ensemble des lois d'"actions-réactions" régissant les relations entre triplets d'individus détermine, à l'échelle de la population, la nature de sa réponse. La population végétale peut subir des causes de nature diverse :

1-Causes étrangères au peuplement végétal et responsables d'altération ou de destructions de plantes (éléments pédoclimatiques, parasites, ou déprédateurs,...).
2-Causes intrinsèques à la communauté végétale et qui seules nous intéressent. Il s'agit, principalement, de la pression de concurrence existant entre les individus et qui donne naissance :

- soit à des déformations plastiques (taille, poids, ...).
- soit à une mortalité par suite d'une compétition trop vive.

1251 - DISPARITION D'INDIVIDUS AU COURS DU CYCLE.

Certaines plantes peuvent périr soit en raison d'une trop forte compétition survenant au moment où les flux de matériaux à usage alimentaire s'intensifient afin de répondre aux besoins de croissance (phase de montée), soit par suite de dégâts, occasionnés par le froid ou la stagnation superficielle d'eau, phénomène plus fréquent que le premier dans l'Ouest.

12511 Elimination des plantules au cours de la phase hivernale.

A la suite du marquage à la levée (décrit sur la figure I 21), nous avons entrepris un nouveau décompte, à la fin du mois de Février, sur l'ensemble des quarante parcelles, dans le but de cerner l'influence d'un refroidissement thermique (10 jours consécutifs de minimum négatif, environ -3°C), puis de l'excès d'eau survenus à la mi-Février. Sur cet échantillon (environ 500 pieds), aucune différence n'a pu être mise en évidence entre les deux dénombrements, les températures étant restées bien supérieures aux valeurs critiques (-7°C dégâts foliaires, -15°C mortalité). Par contre, sur un rang semé à douze centimètres de profondeur, un tiers de l'effectif disparût ; cette différence s'explique par un net retard de stade végétatif, et une plus grande sensibilité des plantules (à l'excès d'eau ou/et au froid).

En définitive, ces quelques observations incitent à penser qu'en conditions normales de culture (levée avant fin Décembre) et sous climat hivernal de l'Ouest atlantique, peu rigoureux au plan thermique (faible fréquence des gelées susceptibles d'endommager le Blé), une destruction notable de la population de plantules intervient très rarement (Année-type 1956 où le gel obligea au resemis des champs).

Par contre, il est possible que l'excès de pluviométrie engendre, certaines années, une élimination partielle d'individus. HUET (1975) a montré, en

Bassin Parisien, que la hauteur de pluie entre Novembre et Février déterminait, en partie, le taux de survivants à la récolte.

12512 Auto démarrage par compétition extrême.

125121 Bref rappel bibliographique sur ce problème

"Malgré la grande plasticité des plantes, la compétition aux fortes densités peut être tellement sévère que des effectifs considérables périssent". DONALD (1963) illustre son propos en citant les travaux de PUCKRIDGE (1962), repris sur la figure I 35 : moins de la moitié des pieds initialement présents subsiste à la récolte pour la densité extrême, mais non agricole (320 kg/ha, soit 1 300 plantes par m²) citée dans cette expérience.

125122 Résultats expérimentaux obtenus en 1978

La question méritait donc d'être soulevée, pour les densités de semis usuelles moyennes (250 pieds par mètre carré) et pour la variabilité qui les affecte par suite de l'irrégularité de semis (situations extrêmes : 400-500 pieds à l'unité de surface). Certains auteurs (BALDY, 1974) estiment que, même pour ces peuplements modestes, une disparition des plantes les plus chétives intervient. Mais la méthode employée, reprise par HUET (1975), reste critiquable: en effet, ces auteurs estiment la mortalité par différence entre des comptages pratiqués respectivement à la levée, puis à la récolte, sur des emplacements d'ailleurs distincts. Or, le taux de mortalité est du même ordre que la variabilité affectant la répartition des peuplements au semis (hétérogénéité due au semoir, voir 21).

Pour lever ce doute, nous avons repéré directement les plantes en voie de disparition lors des prélèvements en végétation : celles-ci, en effet, jaunissent progressivement, comme les talles (voir 232). Avec ce type de repérage, et dans les conditions des deux campagnes étudiées (1977 et 1978), nous n'avons pas dénombré plus d'un pour cent de mortalité à forte densité, et beaucoup moins en faible peuplement (un pour mille environ).

En définitive, "la production de grains décroît à forte densité, l'élimination de plantes ne suffisant pas pour ramener la densité à l'optimum ; ceci signifierait que la conservation de plantes l'emporterait sur la production de graines par unité de surface, avec pour conséquence un maintien de la diversité génétique" (DONALD, 1963).

1252 - DEFORMATION DE LA STRUCTURE DE LA POPULATION DES POIDS SECS INDIVIDUELS.

L'étude précédente concernant les relations individuelles (124) a défini la réponse de chaque plante de la population, connaissant, par ailleurs, son âge et sa disposition sur le rang. Dans cette partie, il s'agit de décrire la réponse moyenne d'un ensemble d'individus aux pressions de concurrence : l'échelle de travail n'est plus la plante, mais la parcelle ; il s'agit toujours d'une approche fine, mais sans dotation précise de levée ni mesure de l'espace disponible.

12521 Selon l'écartement moyen (Situations D1 P1, D2 P1, D3 P1).

125211 Apparition d'une dissymétrie gauche

Les auteurs ayant pris soin d'individualiser les plantes ont tous noté la fréquence accrue des petites valeurs aux fortes densités. KOYAMA et KIRA, en mesurant le poids sec individuel chez le soja, et FLEURY (1974), sur le tallage épi du Blé, remarquèrent l'accroissement de cette obliquité.

à la base, avec PPK l'été, les grains sont plus petits !

faux
C'est
moe
d'ég
fer
amh

Pour expliquer cette déformation, les deux premiers auteurs cités pensent que la vitesse de croissance (r), donnée par l'expression :

$$r = \frac{1}{t} (\text{Log } W_t - W_0)$$

r = vitesse de croissance relative

t = temps

W_t = poids de la plante au temps t .

serait plus variable à forte densité. Or, si l'on admet la normalité des termes (W_0 , r), alors ($\text{Log } W_t$) obéit à la loi de Gauss et (W_t) est dissymétrique, et ce d'autant plus que (r) est variable.

La figure I 36 permet, semble-t-il, de préciser la signification réelle de cette déformation. Il y est confirmé, l'apparition d'une dissymétrie gauche (coefficient β_1 de PEARSON, significativement positif), avec les fortes densités. Celle-ci se manifeste dès le début de la montaison et persiste jusqu'à la récolte, avec un maximum pour β_1 , d'autant plus précoce que la densité est faible. Ce critère pourrait constituer un meilleur indice de compétition que la prise en compte du poids sec lui-même.

Mais le coefficient β_1 apparaît aussi positif, bien que non significatif, à faible densité. Or, la figure I 23 avait montré qu'une dissymétrie gauche existait dans la structure des espacements, aussi bien à faible qu'à fort écartement (moyen (structure de levée identique)). On peut donc se demander si la déformation enregistrée ci-dessus dans l'histogramme des poids secs n'est pas la somme de deux effets :

$$\beta_1 (\text{P.S.}) = \beta_1 (\text{COMP}) + \beta_1 (\text{IRRE})$$

β_1 (P.S.) = coefficient de PEARSON pour le poids sec

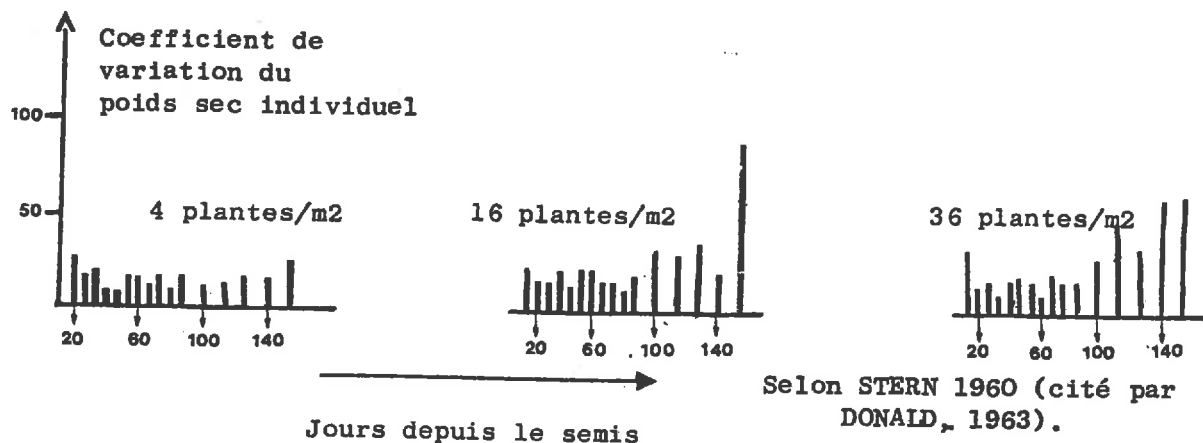
β_1 (COMP) = coefficient de PEARSON dû à la compétition

β_1 (IRREG) = coefficient de PEARSON dû à l'irrégularité de positionnement.

Ce second terme ne varie presque pas selon l'importance du peuplement (dissymétrie d'espacement aussi importante dans les différentes densités), alors que le premier s'accroît en semis dense. Ainsi, pour quantifier l'accroissement de compétition entre les situations extrêmes, il convient de procéder par différence : l'augmentation du coefficient β_1 entre les situations D_1 et D_3 pour chaque date, mesure la variation positive de la pression de concurrence.

125212 Réduction de la variabilité individuelle avec l'augmentation de la compétition

C'est un fait général que la variance, mesurée sur le même effectif, soit plus élevée en situation clairsemée que dense. STERN (1960), le premier, a établi que l'écart-type du poids sec individuel augmente chez le trèfle blanc, proportionnellement à l'espacement moyen, jusqu'à une certaine date, à partir de laquelle le coefficient moyen de variation devient définitivement plus fort en semis serré :



DONALD en conclut que l'ensemble de ces faits révèle l'influence croissante des potentialités individuelles en maille lâche. Cette conclusion ne semble pas tenir compte du type d'implantation de la culture : en effet, si les figures I 37 et I 38 confirment les résultats précédents, leur analyse montre, par exemple, qu'entre situations, les écarts-types respectifs du poids sec à la récolte et des écartements entre plantes sont dans le même rapport :

Variable	Poids sec individuel	Ecartement entre plantes	
$\sigma_{D_3} / \sigma_{D_1}$	6.64	7.05	$D_1 = 50$ plantes/m ²
$\sigma_{D_2} / \sigma_{D_1}$	3.36	4.38	$D_2 = 200$ plantes/m ²
			$D_3 = 400$ plantes/m ²

En fait, l'étalement des individus, pour le critère poids sec, risque d'être le reflet de la structure des distances entre plantes: pour supprimer cet effet "indirect" du milieu, nécessité serait de comparer des situations semées régulièrement, ou du moins avec la même hétérogénéité.

Conclusions sur l'influence de la densité de semis (espace disponible).

L'accroissement de l'obliquité des histogrammes de poids sec avec l'augmentation de la compétition constitue une preuve de moindre expression individuelle ; par contre, la réduction de la variabilité dans ces conditions ne peut être interprétée dans le type d'implantation créé ici (distance entre plantes plus variantes à faible densité) ; pour ce faire, il conviendrait de stabiliser la structure d'implantation selon la densité de semis.

12522 Selon l'étalement de vigueur (Situations D2 P1, D2 P2, D2 P3).

Peu d'études ont porté sur les déformations susceptibles d'intervenir dans une population de plantes, lorsque le gradient de vigueur augmente.

Les trois populations de plantes issues des semis à profondeur variable n'expriment pas de différence dans le degré d'obliquité pour les histogrammes des poids individuels.

Par contre, l'aplatissement de leur forme, mesuré par le coefficient β_2 de PEARSON, se révèle d'autant plus fort que le semis est profond. L'observation visuelle, puis la représentation des structures de chacun des vingt-quatre prélèvements, expliquent ce fait par la présence accrue de sous-populations du poids sec, lorsqu'on passe des semis superficiels aux plus profonds.

En définitive, les disjonctions de population, observées au cours de la phase germination-levée, se répercutent vraisemblablement pour l'ensemble du cycle sur le format de chaque pied, et ce, malgré une structure irrégulière d'implantation. En effet, l'étude de la structure des espacements avait montré un aplatissement des écarts entre plantes supérieur à la normale (β_2 supérieur à 3, limite de normalité, voir figure I 23), alors que celui relatif à la matière sèche est, au contraire, inférieur à celui de la forme gaussienne (figure I 33).

Enfin, s'il n'est pas certain (prélèvements destructeurs) que la structure de levée se répercute tout au long du cycle jusqu'à la récolte (conservation des sous-populations apparues), on peut affirmer qu'un étalement croissant de levée (cas des semis plus profonds) augmente les écarts de poids sec entre individus d'une même population.

Conclusion sur l'influence de la date de levée.

L'étalement de levée qui accompagne les semis tardifs entraîne une plus grande disparité des poids secs, avec accroissement du nombre de sous-populations distinctes.

CONCLUSIONS SUR LA REPONSE D'UNE POPULATION DE BLE TENDRE A. L'ACCROISSEMENT DU PEUPEMENT

Les faits dégagés dans ce chapitre concernent :

1er La nature de la réponse

Il apparaît que, sous climat atlantique, et dans une parcelle agricole (incluant la gamme de densités étudiées, soit 50-400 plantes par mètre carré), la disparition des plantes reste rare, ou du moins touche un effectif restreint. Elle semble essentiellement due à l'excès d'eau hivernal (asphyxie radiculaire), mais ne résulte pas de la compétition.

L'élévation de la densité linéaire modifie le niveau de certains facteurs abiotiques du milieu (lumière notamment) et crée un gradient ordinairement croissant (effet de compétition). Face à cette transformation, la population d'individus se déforme et, par rapport à sa structure initiale, elle réduit sa variabilité, tout en accroissant la fréquence des petites valeurs.

L'étalement de la vigueur des plantules (notée par la date de levée) se traduit par l'apparition de sous-populations, qui provoque un étalement supérieur de l'histogramme des poids secs, se perpétuant peut-être jusqu'à la récolte.

Néanmoins, l'ensemble de ces conclusions peut dépendre, pour leur expression, de la nature de l'implantation : en effet, la structure de répartition des espacements entre plantes intervient pour une part, sur celle du poids sec individuel. Pour éviter cet effet indirect de l'implantation, il conviendrait de réaliser une mise en place, où l'hétérogénéité des distances entre pieds serait nulle (semis de précision), ou du moins constante avec la dose de semis.

2ème L'intérêt agricole du semis de précision

Cette opération, coûteuse, ne se justifierait, pour une culture de Blé, que si elle assurait un accroissement net du rendement, ou du

moins, une meilleure stabilité inter-annuelle. DONALD (1963) estime, pour sa part, que l'irrégularité de localisation des plantes n'engendre pas de perte de production, mais la revue bibliographique faite par cet auteur, ne porte que sur des gammes d'écartements linéaires, où la compensation, par le jeu des composantes de rendement, se manifeste. Ceci pourrait expliquer les résultats contraires de FLEURY (1974), ainsi que des premiers essais réalisés par la firme STANHAY (gain de 10 %).

En définitive, nos mesures ne permettent pas de répondre à cette question, mais elles ont, du moins, décrit la réalité fine du type d'implantation, avec un semoir de grande culture. Elles prouvent, en outre, l'effet direct des modalités d'implantation sur la structure des poids individuels de matière sèche. A partir de ces constatations, la définition de nouvelles manipulations devient possible. Au problème de la régularité d'espacement, il conviendrait d'ajouter celui de l'homogénéité de vigueur : la structure d'âge physiologique gagnerait-elle à être resserrée ou au contraire élargie ?

Autant de questions dont l'approfondissement doit nécessiter la mise en place de nouveaux thèmes de recherche.

CONCLUSIONS A L'ETUDE DES RELATIONS EXISTANT ENTRE PIEDS DE BLE

Des résultats obtenus par l'approche individuelle de la compétition entre plantes se dégagent deux réflexions majeures :

1er Une population végétale de blé possède une grande plasticité de réponse à la variation de niveau des facteurs abiotiques.

La modification du niveau des facteurs change la nature des relations existant entre individus et le degré de déformation structurelle de la population. Si le changement de peuplement engendre de fortes variations inter-individuelles, la mort d'une plante apparaît comme une solution extrême, rarement due à l'effet de compétition dans la gamme des densités agricoles.

Par différentes voies, un certain nombre de régulations intervient, dont la description systématique doit permettre d'améliorer les possibilités d'accroissement ou de régularisation de la production.

2ème Les modalités d'implantation exercent une influence déterminante.

Pour comprendre les phénomènes précédents, il est nécessaire de connaître la structure des distances linéaires entre plantes et des dates de levée (= critère de vigueur initiale).

La recherche de la production optimum passe aussi par l'investigation au champ, de la technique rationalisant le comportement végétal (semis de précision, resserrement des levées ?).

CONCLUSIONS GENERALES DE LA PREMIERE PARTIE (ETUDE DES RELATIONS SOCIALES ENTRE INDIVIDUS-PLANTES) POUR UNE GAMME DE PEUPELEMENTS VEGETAUX.

Au terme de cette première partie de l'étude, dont le but était de cerner les relations existant entre plantes, nous pouvons dresser le bilan de nos conclusions et dégager notre contribution personnelle à la connaissance des interactions intravariétales.

Nos apports peuvent se classer sous deux rubriques principales :

1) MISE AU POINT D'"OUTILS" DE TRAVAIL

L'investigation à l'échelle individuelle a nécessité l'emploi de méthodes nouvelles, ou l'amélioration de procédés déjà existant ; elle a conduit à un perfectionnement :

- d'ordre pratique :

Le semis en profondeur constitue un moyen de diminuer l'amplitude thermique, méthode indirecte de simulation d'un effet "année". La caractéristique du gradient vertical d'amortissement de l'amplitude thermique, et aussi, la quantification du processus d'affaissement du lit de semences, nous ont obligé à mettre au point, respectivement, un dispositif à capteurs thermiques (échelles à thermocouples) et une technique fine d'échantillonnage de la couche superficielle (densité apparente, raffermissement). Néanmoins, dans ce dernier cas, l'absence d'appareillage permettant, d'une part, d'obtenir l'enregistrement en continu de la variation d'humidité et, d'autre part, de connaître la teneur en oxygène de la couche de terre proche des semences, a constitué un handicap pour l'interprétation complète du phénomène physiologique étudié (germination-levée).

En vue de typer, au plan biologique, les potentialités individuelles de la part du milieu (espace) dévolu à chaque plante, nous avons dû imaginer un perfectionnement des techniques assurant :

- le prélèvement ordonné, avec respect de la disposition linéaire sur le rang (prélèvement semi-destructeur en panier métallique).
- l'identification de chaque plante, en se fondant sur la présence du rhizome (cas du semis à profondeur moyenne).
- l'attribution à chaque plante de sa date d'émergence (bâtonnet de couleur) et de "l'espace initial" (distance aux deux plus proches voisins).

- d'ordre conceptuel

La réflexion a porté, durant toute cette première partie, sur les notions de vigueur et d'agressivité.

Le premier concept - assez diffus - nécessitait une expérimentation préalable, destinée à nourrir la réflexion. Celle-ci fut abordée, grâce au suivi systématique de l'allongement des quatre premiers organes de plantes placées en milieu contrôlé et supposé proche de l'optimum. L'analyse des comportements individuels a alors permis de distinguer trois notions, incluses dans celle de vigueur : la précocité (ou âge physiologique), qui correspond à l'origine (TO) de la courbe logistique ; la vigueur proprement dite, elle-même décomposée en un aspect relatif (vitesse d'acquisition du format final), et en un aspect absolu (format final).

Appliquée aux implantations in situ (profondeur et dose de semis variables), cette partition du concept "vigueur" s'est révélée suffisamment performante pour décrire la réalité. Nous allons voir qu'il a pu être établi

qu'une modification provoquée de la thermopériodicité engendre une différence de précocité et de vigueur relative.

2) ACQUISITIONS DE RESULTATS BIOLOGIQUES.

- Phase (semis-levée)

Pendant cette première période, l'étude a porté, en premier lieu, sur la caractérisation fine de l'environnement physique du grain, pour une gamme de trois profondeurs moyennes. Outre le raffermissement sélectif des horizons superficiels et l'effet sur le remaniement de la discontinuité structurelle engendrée par les engins de préparation (herse), nous avons mis en évidence une très nette atténuation verticale de l'amplitude thermique, sans grande modification de la température moyenne.

En second lieu et par une démarche analytique (simulation en chambre conditionnée, de la thermo-périodicité), nous avons prouvé que cet aspect du milieu était principalement responsable du retard de germination, observé pour une partie du lot de semences, en semis profond. Ainsi, tout écart de l'optimum pour un (ou plusieurs) des facteurs du milieu, provoque un changement du rythme de germination, marqué, soit par l'apparition d'une nouvelle sous-population, soit par le grossissement de l'une déjà existante.

La disjonction du lot en deux sous-populations principales, pour la germination en semis profond, retentit directement sur la croissance ultérieure des plantules et la séquence de levée. Travaillant pour chaque profondeur et dates de mesure, à "tranche de vigueur fixée", nous avons montré que l'efficacité thermique de la croissance souterraine du coléoptile croît avec la profondeur de semis. Cet effet est dû, vraisemblablement, à une inhibition superficielle de la croissance par la lumière. Un tel effet permet de compléter les normes écologiques établies, à l'obscurité, par GESLIN (1944).

- Après la levée

La poursuite de la description fine concernant l'implantation de la culture consistait à étudier la structure de la répartition des plantes sur le rang (Etudes sur trois doses de semis). La distribution des pieds s'écarte notablement de la forme gaussienne et se singularise surtout par sa dissymétrie gauche.

Muni de ces deux descriptifs pour chaque pied (date de levée, comme reflet probable de la vigueur, et distance aux deux plus proches voisins, supposée quantifier la part de milieu disponible), nous avons tenté d'analyser les types de réponse d'une telle population végétale, face à des contraintes diverses du milieu (par le biais de trois doses de semis) ou un étalement de sa vigueur (par le biais de trois profondeurs de semis).

Progressivement, dès le début montaison, s'établissent entre plantes des relations sociales, de nature variable selon l'époque et le traitement. Ainsi, à des situations de compétition (= effet dépressif dû aux rapprochement des voisins), peut s'ajouter, concomitamment, surtout à forte densité, une coopération entre individus serrés (élongation plus rapide de tiges sous l'influence de l'étiollement et/ou du micro-climat légèrement plus chaud et moins variant, ainsi créé). Néanmoins, dès l'épiaison, seule subsiste la relation de concurrence.

L'ensemble de ces lois "d'action-réaction" se traduit, à l'échelle de la population, par un certain nombre de modifications, très dépendantes de l'implantation réalisée ; la disparition d'un pied, provoquée par une forte pression de concurrence, apparaît comme une solution rare sous climat atlantique. Ainsi, l'étalement de la vigueur (semis profond) et le resserrement des plantes (semis dense) modifient la structure de l'histogramme des poids secs individuels (apparition de sous-populations et étalement accru dans le premier cas ; dissymétrie gauche et réduction de la variance pour la seconde situation). Mais la diminution de la dispersion des poids secs avec la densité croissante peut être provoquée aussi par le resserrement, dans ces conditions, de l'histogramme des distances entre plantes.

Outre son intérêt purement agricole, le semis de précision présenterait l'avantage de permettre l'appréhension de la compétition proprement dite, indépendamment de la géométrie d'implantation.

La recherche d'une formulation mathématique simple de la liaison unissant le poids sec et les deux caractéristiques du pied (vigueur, part du milieu), indiquent qu'en conditions très limitantes, une seule de celles-ci suffit à expliquer le comportement individuel (en semis serré : la part du milieu affectée à chaque pied ; en semis profond : la vigueur, approchée par la date individuelle). Par contre, en situation moyenne (cas de la pratique agricole), ces deux aspects doivent être conservés. L'ensemble de ces faits peut se résumer dans la notion de densité biologique (part du milieu affectée à une vigueur donnée).

En conclusion à cette première approche individuelle du phénomène de compétition, il convient de noter les critiques et améliorations possibles, mais aussi les grands axes de réflexion soulevés.

Le perfectionnement des outils de travail (méthode d'étude du microclimat hivernal selon le peuplement), mais aussi des concepts (prise en compte de la vigueur pour pondérer l'effet de la distance entre plantules ; définition du nombre de voisins à retenir pour caractériser les relations sociales), constitue une voie évidente et nécessaire pour améliorer une telle approche. En particulier, les réflexions déjà menées sur les peuplements bispécifiques de graminées fourragères⁺, peuvent constituer un premier support de réflexion. Il convient, néanmoins, de noter les différences fondamentales de l'échelle de travail : dans une étude sur la compétition interspécifique, le nombre d'individus à prendre en compte est parfaitement déterminé (espèces différentes en mélange), alors qu'en compétition intravariétale il faut inventorier la taille des associations, vraisemblablement variable selon la technique culturale, la date, et l'année.

Néanmoins, les résultats acquis dans cette première partie de notre travail nous semble avoir fait progresser la réflexion.

Tout d'abord, la nécessité d'une description fine et de l'implantation d'une culture (dynamique de levée, géométrie du positionnement) a été prouvée, au travers des deux techniques culturales choisies pour créer des situations typées (densité et profondeur de semis).

Ensuite, l'importance de cette structure d'implantation sur le comportement de chaque individu, et donc de la population, a été mise en évidence, grâce au suivi, en végétation, des plantules. Cette description nous a conduit à préciser, pour les employer, la notion de vigueur (scindée en ses aspects relatif, absolu et précocité) et d'agressivité (estimée par la distance entre plantules). A travers de nouvelles études, il apparaîtrait intéressant d'essayer de comprendre la formation du rendement utile, au moyen de ces deux aspects.

Enfin, si les éléments ci-dessus prouvent une certaine progression de la réflexion, il convient d'insister, à nouveau, sur les limites des résultats par suite de la non prise en compte de l'aspect intra-plante de la compétition. Cet autre niveau de concurrence sera, par contre, abordé dans la seconde partie de ce travail, mais à une échelle parcellaire, donc sur un individu moyen, avec la grande simplification nécessairement contenue dans cette approche.

+ JACQUARD et groupe de travail - I. N. R. A. "Concurrence dans les associations"

Deuxième Partie

APPROCHE A L'ECHELLE PARCELLAIRE
DE LA COMPETITION

La première moitié de ce travail avait pour but la caractérisation des relations sociales entre individus au sein d'une même parcelle ; mais l'activité agricole, bien que s'appuyant (constamment ou non) sur cette réalité, s'accommode mal d'une telle approche. Sa finalité réside dans le rendement, qu'il soit économique ou biologique (graine, matière azotée,...) rapporté à l'unité de surface, ou encore de travail utile. Ainsi, la seconde partie, qui va être envisagée maintenant, se justifie-t-elle d'abord par son intérêt agronomique.

En outre, l'introduction générale a, par ailleurs, établi le parallèle de réflexion entre les deux démarches successives : approche individuelle destinée à percevoir les relations entre plantes, induites par les caractéristiques individuelles et approche parcellaire, plus apte à décrire les déformations plastiques globales.

Ces changements d'ordre plastique comprennent les variations dans la répartition des assimilats (aspects nutritionnels), et dans la morphologie du végétal (taille de la tige...), ce qui explique, en grande partie, les modifications dans les composantes de rendement (FLEURY, 1974). Les auteurs ayant réfléchi sur l'intérêt relatif de ces différentes voies pour mesurer la pression de concurrence, ont tous conclu à la nécessaire complémentarité de l'analyse de l'accumulation de la matière sèche et de l'ajustement par le biais des composantes de rendement (LEDENT, 1969).

Description du support experimental pour l'approche parcellaire.

Une fois choisies les grandes directions du travail, il convient d'en préciser le support expérimental, dont la gamme d'amplitude fixe, a priori, celle des réponses prévisibles. Les traitements étudiés ont pour but de répondre aux deux types d'exigences formulées plus haut (intérêt agricole et poursuite de la réflexion sur la compétition).

Ceci explique (Annexe C) la présence de quatre densités de semis, réparties de part et d'autre de la densité commune moyenne (soit 250 pieds au mètre carré) et suffisamment étalées pour couvrir l'ensemble de la courbe de réponse (DONALD, 1963), liant le rendement à la dose de semis. Cette dispersion comporte, en outre, l'avantage de recouvrir celle rencontrée dans un champ de grande culture, à cause de l'hétérogénéité du semoir (cf. 1221), ou bien, mais avec une fréquence plus rare, comme résultat d'une mauvaise levée, voire d'une disparition précoce de plantules (gel, stagnation d'eau...).

Toujours avec les mêmes intentions, il fut décidé d'étudier les modalités d'apport azoté (dose et date), dans un lieu à faible fertilité potentielle (pas ou peu d'apports organiques depuis une dizaine d'années). Cette technique culturale constitue en effet pour l'agriculteur un des moyens privilégiés de maîtriser le peuplement épi (correction de mauvaise levée...).

Sous l'angle de l'étude de la compétition, l'azote représente, chez le blé, l'un de ses objets courants, alors que la densité de semis peut provoquer le défaut d'autres composantes du milieu (dont l'azote), parmi lesquels la lumière reste le plus fréquent (FLEURY, 1974), généralement par arrière = effet d'autres facteurs limitants.

Outre les facteurs introduits (techniques culturales), il convient de répertorier l'effet "Année" (voir Annexe A), qui se définit essentiellement par sa composante climatique. Lors des deux campagnes étudiées (sol de même nature, précédent cultural identique : maïs, choisi en raison de sa fréquence en situation non bocagère) : le climat est intervenu, par ses effets directs (déficit du rayonnement en 1978), mais surtout par ses effets indirects (plus faible teneur en azote minéral du sol en 1978, développement très important des maladies en 1977).

Le choix des deux génotypes (Champlein et Maris Hunstman), s'explique par leurs potentialités respectives (Annexe C), portant essentiellement sur l'aptitude au tallage et le poids unitaire du grain. Parmi les variétés existantes, il aurait été possible de choisir un couple plus typé, mais, dans ce cas, les situations créées deviennent si distinctes que les conclusions sont par trop évidentes.

En outre, Maris Hunstman et Champlein ont fait l'objet d'un certain nombre d'expériences, lors du contrat "bocage"+, qui tendaient à montrer des différences comportementales prononcées, notamment dans la réalisation de leurs composantes du rendement.

Niveau de référence d'étude.

L'échelle d'étude privilégiée de cet ensemble expérimental restera, évidemment, l'unité de surface, en raison même de son intérêt agricole, mais les conclusions générales de la première partie ont laissé apparaître les deux niveaux où s'expriment la compétition = échelles intra et inter-individuelles (l'individu pouvant être la plante, l'épi, l'épillet, le grain). Pour tenter d'en cerner les grands traits, la caractérisation du pied moyen (avec l'imprécision qu'elle comporte) et des relations entre talles, apparaît nécessaire. Celle-ci suppose la possibilité de reconnaître le pied

+ Rapport d'activité du contrat Bocage, 1976.

(voir 121) et la catégorie de talle (voir 211) au sein de ce dernier. Cette approche suppose la mise au point d'une méthode comparative entre traitements, permettant de saisir l'influence de la disponibilité alimentaire (azote, lumière), sur les relations entre talles, épillets ou grains.

Le plan choisi pour l'exposé comportera une présentation de :

- la démarche méthodologique (définie en première année (1976 = 1976-1977) et appliquée en seconde campagne (1978 = 1977-1978) (voir figure II 1).

- l'étude du rythme d'accumulation de la matière sèche et ses répercussions sur le rendement en grains, en référence à la réalisation des divers stades définis par JONARD (1964).

- la décomposition du rendement selon ces trois phases majeures (peuplement épi, fertilité, poids du grain), qui renvoient, grossièrement, à l'ordre chronologique de leur mise en place.

+ Dépouillement informatique des résultats de première année, réalisé par FAYET G., Unité calcul, E. N. S. A. R..

+ Dépouillement informatique des résultats de deuxième année, réalisé par C. DERVIN, Laboratoire de Biométrie, C. N. R. A. Versailles.

21 MISE AU POINT D'UNE METHODOLOGIE D'ECHANTILLONNAGE A L'ECHELLE PARCELLAIRE.

La première année d'étude (1977), outre l'acquisition de résultats biologiques sous un climat précis, nous nous étions donné pour but la mise au point d'une stratégie de prélèvements utilisables lors de la campagne suivante. La figure (21) résume les points forts de la démarche suivie, qui s'intéressa aux deux sources essentielles d'hétérogénéité existant dans un peuplement de blé : l'implantation (type de semoir et conditions de semis) et l'apparition asynchrone des tiges par suite du processus de tallage.

211 ETUDE DE L'HETEROGENEITE CREEE PAR LE SEMOIR UTILISE.

Les principaux aspects résultant de la technique du semis concernent le peuplement réel et la profondeur de localisation du grain. Pour ce second critère, nous avons vu, précédemment (cf. 1111), que de fortes variations existent à l'échelle individuelle ; mais la nature de cette mesure oblige à la destruction des pieds concernés, ce qui ne s'accorde pas avec le type d'étude abordée ici. La vérification a posteriori (voir 1111), ainsi qu'une notation rapide de la levée des cent-soixante parcelles de l'essai, n'ont pas révélé de fortes variations à l'échelle parcellaire, sur les deux campagnes.

En définitive, notre attention a porté sur la densité réelle.

2111 - DEFINITION DE LA TAILLE D'UNE PLACETTE EN FONCTION DE LA DISPERSION AUTOUR DE LA MOYENNE.

Il s'agit de déterminer le nombre de pieds contigus (= placette) à prélever pour estimer correctement la moyenne de leur poids sec.

21111 Choix du critère retenu : le poids sec individuel.

Parmi l'ensemble des mesures effectuées au cours de la première année (matière sèche bidécadrique, analyse des composantes de rendement), il est apparu nécessaire d'opérer un choix. Le poids sec semble le critère le plus approprié, en raison de la permanence de cette mesure sur la totalité du cycle. En outre, HUET (1975) a montré que la variabilité des composantes de rendement diminuait, lorsqu'on se rapprochait de la récolte. Ainsi, toute prévision de prélèvement sur celles-ci serait inférieure à celle obtenue sur le poids sec, quant à l'effectif à prélever.

21112 Précision désirée et taille de l'échantillon.

La méthode statistique, permettant de prévoir la taille de l'échantillon à prélever en fonction de l'imprécision observée autour de la moyenne, suppose la normalité de la population considérée (DANIELI, 1968 - SIMON et DELECOLLE, 1976).

DAGNELIZ

Veilà voir avec l'hotel de
Venise !

$$\text{Formule (1) : } n = \frac{t}{k} \times \frac{\sigma}{M}^2$$

n = effectif ; k = prévision autour de la moyenne (%)
t = valeur de STUDENT à (n-1) degrés.

L'étude précédente, relative à la déformation des structures de population (voir 1241), a montré que cette condition n'était vraiment réalisée qu'à faible densité. Or, la formule (1) montre que le facteur de conversion dépend directement du coefficient de variation ($\frac{\sigma}{M}$) : or, celui-ci est peu variant selon la densité, sauf en fin de cycle (voir 1241 et figure I.38).

Cette remarque nous autorise donc à employer la formule (1), du moins en faible peuplement, et pour les deux cultivars. La figure (II 2), qui rassemble les résultats pour 1977, fait apparaître la taille élevée de l'échantillon à prélever, chiffré d'ailleurs plus fort pour la variété Maris-Hunstman et la phase de montaison. En définitive, pour obtenir une précision de vingt-cinq pour cent autour de la moyenne, il convient de retenir, au moins cinquante plantes.

2112 - DETERMINATION DU NOMBRE DE PLACETTES A RETENIR PAR PARCELLE.

Une fois établie la taille de l'échantillon monolocal, il faut déterminer le nombre de ces prélèvements pour chaque parcelle de l'essai factoriel (densité x azote). Cette démarche exige, avant tout, une description fine de l'hétérogénéité du peuplement existant à cette échelle.

21121 Descriptif de l'hétérogénéité due au semoir employé et à son usage.

Le semoir utilisé n'est pas de type classique ; en effet, le semis de faibles doses, la taille réduite des parcelles (nécessitée par leur nombre) ont empêché le recours à un engin de grande culture. L'examen des caractéristiques particulières du semoir employé mérite attention, car elles rentrent sur la variabilité multilocale du peuplement réel.

211211 - Particularités du semoir employé.

Le semoir utilisé comporte (voir Annexe C) six bottes équidistantes (interligne de 20 cm), et solidaires entre elles, car réunies par une barre horizontale. L'alimentation en grains de ces rayons s'effectue par l'intermédiaire d'un système distributeur (photo 6a) composé d'un bol métallique, contenant les caryopses. Juste avant le semis de la parcelle considérée, l'opérateur tire brusquement ce bol vers le haut, provoquant ainsi la chute des semences qui se répartissent dans trente deux alvéoles. Au fur et à mesure de l'avancement du semoir dans la parcelle, chacune des alvéoles se présente, après rotation, au-dessus d'un orifice et déverse son contenu dans un second système distributeur ; ce dernier répartit alors, à grande vitesse, les grains entre les six bottes. La rotation du disque, contenant les alvéoles, est commandée par la vitesse d'avancement du semoir, lui-même équipé de son propre moteur. Du fait de cette distribution (qui ressemble au principe d'un semoir de précision), et du mode d'avancement, au début du semis d'une parcelle, deux alvéoles déversent leur contenu, le semoir étant à l'arrêt. Il se forme ainsi des poquets, dont il faut tenir compte, à l'avance, pour prévoir, par unité de semis, la quantité de grains à placer dans le bol (figure II 3).

211212 - Nature de l'hétérogénéité multilocale au sein d'une parcelle.

Au cours de chacune des deux années de travail, quarante parcelles de l'essai (taux de sondage 0,25) ont vu l'estimation de leur densité réelle intervenir pour l'ensemble de leurs rangs, et pour chacun d'eux, par segment de un mètre (36 segments par parcelle). Afin de pouvoir distinguer l'effet "avancement" du semoir de l'effet "rang", nous avons repéré, pour chaque parcelle, le sens du semis pour le passage central (celui étudié) et le numéro d'ordre de chacun des segments sur le rang, eux-mêmes distingués (figure II 4).

1 - Nature de l'hétérogénéité multilocale au sein d'une parcelle⁺

Sur chacune des quatre vingts parcelles à analyser, il a été entrepris une analyse de variance, à deux facteurs (rang-segment), dont un exemple est représenté (figure II 4). Il ressort, pour les deux campagnes d'études, une remarquable constance dans l'irrégularité créée par le semoir employé. A l'échelle parcellaire, il n'existe pas d'effet rang, mais, par contre, des différences significatives séparent les segments.

Le premier fait peut être rapproché de la constitution du semoir lui-même : la barre qui réunit les six rayons (cf. 211211) a dû rester horizontale et empêcher toute différence de profondeur de semis entre bottes (au contraire d'un semoir de grande culture, où celles-ci sont indépendantes).

Cette variabilité nécessite de prélever une proportion très importante de la parcelle totale, pour n'obtenir qu'une fois sur vingt un comptage variant de plus de dix pour cent. Ce pourcentage (figure II 4), plus fort en 1977, décroît nettement quand la densité augmente : il conviendrait de prélever environ trois quarts de la parcelle, à faible peuplement, contre seulement un quart en semis serré.

Ces résultats prouvent, à l'évidence, la très forte hétérogénéité intraparcélaire engendrée par ce type de semoir et les exigences de prélèvement qui en résultent sont difficilement compatibles avec la lourde étude (prélèvements fréquents et nombreux) mise en place.

2 - Aspect de l'hétérogénéité multilocale sur l'ensemble des parcelles.

Sur l'ensemble des parcelles étudiées, et par situation (= couple (variété x année)), l'analyse de covariance indique la conservation de l'effet "segment", mais de manière moins nette qu'à l'échelle parcellaire. Ce résultat, ajouté aux représentations graphiques donnant la densité réelle selon le segment considéré, montre que l'hétérogénéité intra-parcellaire se conserve partiellement. Ainsi, sur l'ensemble des parcelles dénombrées, les segments placés aux extrémités des parcelles (premier et dernier) sont moins denses que leurs voisins, quelle que soit la dose moyenne de semis. Or, la vitesse d'avancement linéaire du semoir commande celle de la rotation des alvéoles contenant les grains (cf. 211211) ; il est possible de penser que celle-ci n'est vraiment constante que dans la zone centrale de la parcelle. En outre, l'homogénéité de répartition des grains, selon les alvéoles du bol, n'est sûrement pas respectée pour toute parcelle, mais selon un gradient très variant selon la parcelle. (photo 6 b).

21122 Conséquences de l'étude méthodologique précédente sur la signification du facteur "densité".

De l'ensemble des analyses précédentes (études intra et inter-parcellaires), il ressort qu'une extrême variabilité existe, pour chaque traitement "densité", entre les densités réelles des placettes linéai-

+ Analyses et dépouillements réalisés par C. DERVIN, Laboratoire de Biométrie, C. N. R. A. Versailles.

res choisies pour une longueur fixe d'un mètre.

La figure II 5 donne les histogrammes construits en mélangeant, par densité, la totalité des segments issus de tous les rangs des parcelles répertoriées

Si le mode correspond bien à la densité moyenne recherchée, un très grand nombre de peuplements (de la situation Champlein 1977) s'écarte fortement de cette valeur, et un certain recouvrement intervient même entre les traitements "densités" ; celui-ci est d'autant plus marqué que la densité est plus forte. Cette constatation explique pourquoi il fut décidé de revenir, en seconde année (1978), une progression géométrique et non plus arithmétique du facteur "peuplement origine" (annexe C).

En d'autres termes, il semble très difficile, du moins dans nos conditions, de considérer le traitement comme un effet fixe (définition établie par SNEDECOR et COCHRAN, 1957) et il apparaît évident qu'un seul prélèvement par parcelle et par date, constituerait une sécurité statistique insuffisante (il serait, en particulier, impossible de distinguer les influences relatives du sol et du semoir).

2113 - DÉFINITION D'UNE STRATEGIE DE PRELEVEMENTS ET DU DEPOUILLEMENT STATISTIQUE.

21131 Modalités pratiques.

Pour les besoins de l'étude, deux types de prélèvements destructeurs (voir Annexe C) sont nécessaires :

- les prélèvements en cours de végétation, réalisés de Mars à Août (dix dates). Ils portent sur des groupes de plantes issues des placettes, situées, pour chaque parcelle, dans les deux passages latéraux du semoir (trois passages par parcelle).

- le prélèvement de la moisson qui consiste en un battage du passage central.

En définitive, seul le premier type pose un problème et nécessite un marquage préalable des emplacements.

Pour tenir compte des résultats acquis aux échelles monolocale et multilocale, la procédure suivante fut arrêtée : une date de prélèvement est constituée, par parcelle, de la collecte de trois placettes linéaires, formées de trente plantes chacune (comptées à la levée) et de densité réelle connue (mesure de la longueur de chaque placette et repérage de celle-ci au moyen de deux piquets). Pour la totalité de l'essai, quatre cent quatre-vingts placettes sont ainsi prélevées tous les quinze jours, soit un total de cent quarante quatre mille pieds de Blé en un an. Pour les deux passages latéraux concernés par traitement (soit 14.4 m²), il s'agissait de repérer trente placettes de trente plantes chacune, et de les disposer de telle façon qu'aucun effet bordure n'apparaisse pour l'une d'entre elles, à la suite du prélèvement au hasard (tirage au sort) de ses voisines.

Ceci fut réalisé au moyen d'une disposition en quinconce des placettes, rendant le rapport :

Protection ' maximum.
Perte de surface

21132 Dépouillement statistique

Le dépouillement statistique diffère, naturellement, selon le type de prélèvement réalisé (placettes ou parcelles).

211321 - Prise en compte de la densité réelle.

Durant le cycle végétatif, les prélèvements destructeurs (comptage des talles, estimation du poids sec, voir Annexe C), furent réalisés, par parcelle, sur les trois placettes mentionnées ci-dessus. La prise

en compte de l'écart entre les densités théorique et réelle de la placette considérée peut être réalisée grâce à une analyse de covariance, dont le modèle est le suivant (COCHRAN et SNEDECOR, 1957) :

$$Y_{ijkl} = \bar{X} + a_i + b_j + c_k + D_k (D_{ijkl} - D_{.j..}) + S_{jk} + E_{ijkl}$$

avec les notations suivantes :

i, j, k, l : indices respectifs du bloc, de la densité, modalité azotée et placette considérés

Y_{ijk} = niveau, pour le critère considéré, du bloc i , densité j , modèle azoté k .

D_k = coefficient de régression de Y en D (densité), fonction de la dose azotée (k).

D_{ijkl} = Densité réelle de la placette considérée.

$D_{.j..}$ = Densité théorique espérée pour la dose j .

S_{jk} = interaction (densité x azote) = $b_j \times c_k$

E_{ijkl} = résidus.

Ce modèle, outre les hypothèses classiques d'additivité et de normalité, suppose la régression linéaire du critère Y (exemple : matière sèche), en fonction de la densité réelle D . Si, à l'échelle parcellaire, cette hypothèse est évidemment fautive (voir le reste de l'étude, et notamment 222), on peut penser qu'une telle relation est vraie sur des gammes de variations plus faibles de la densité.

On conçoit la difficulté, avec un tel modèle, de poursuivre l'étude (comme indiqué dans le paragraphe suivant, 211322), lorsque des effets significatifs sont mis en évidence. Aussi, il fut décidé, lorsque la précédente analyse livre des écarts significatifs, de poursuivre l'étude par une analyse de variance classique parcellaire, portant sur la moyenne des trois placettes issues d'une même parcelle. Son modèle est donc du type décrit dans le paragraphe suivant.

211322 - Analyse classique de variance.

Lorsque les mesures proviennent de prélèvements établis sur une grande surface (cas du rendement à la moisson et de ses composantes principales : épis/m², ...), ou du regroupement d'un certain nombre de placettes (au moins trois, voir au-dessus), l'analyse de variance classique peut constituer une méthode suffisamment fiable ; en effet, la densité réelle des lieux de mesure est, dans ce cas, beaucoup moins fluctuante, puisque son estimation porte sur un nombre très important de pieds.

1 - Modèle statistique

Le modèle est celui, classique, d'un dispositif factoriel en blocs, à deux facteurs (PHILIPPEAU, 1973) :

$$Y_{ijk} = \bar{X} + a_i + b_j + c_k + b_{jk} + e_{ijh}$$

Y_{ijk} = niveau du critère pour le bloc i , la densité j , et la modalité azotée k .

a_i, b_j, c_k = effets principaux des blocs, densité et modalité azotée.

b_{jk} = interaction densité x azote

e_{ijh} = effet aléatoire.

Ce modèle suppose que les résidus soient distribués normalement, aient une moyenne nulle et une variance constante.

2 - Recherches des regroupements entre traitements

Si des effets significatifs existent, il peut être intéressant de rechercher comment se regroupent les différents niveaux des facteurs en jeu. La méthode dite de la plus petite différence significative (selon NEWMANS et KEULS, par exemple), permet de définir l'intervalle minimum de signification :

$$D_{N, K} = \alpha q \frac{k}{N} \sqrt{\frac{S^2_r}{n}}$$

k = nombre de moyennes à comparer
 N = nombre de degrés de liberté de la variance résiduelle.
 $q \frac{k}{N}$ = valeur donnée dans une table, au niveau α de signification.
 S^2_r = variance résiduelle.
 n = effectif d'un échantillon.

Cette méthode peut être appliquée sur les moyennes générales des deux facteurs à comparer lorsque l'analyse de variance ne révèle pas d'interaction positive, mais pour chaque niveau du second facteur, dans le cas contraire.

3 - Emplois des contrastes

Si la technique précédente apparaît bien appropriée pour le traitement "densité", la présence de deux sous-modalités (date et dose d'apport) pour le facteur "azote" la rend moins performante. Il peut alors être fait appel à la technique des contrastes, développée en particulier par SNEDECOR et COCHRAN (1959) : "Si L est une combinaison linéaire ($L = \sum k_i T_i$) des traitements (T_i), alors ($L^2/n \sum k_i^2$) est une fraction de la somme des carrés des écarts des traitements à un degré de liberté".

Dans notre cas particulier, le tableau suivant consigne les comparaisons dignes d'intérêt, et donne les coefficients (dont la somme doit être nulle), pour chaque traitement.

: Comparaison souhaitée	Traitement	0 (3)	30 M (1)	30 T (2)	60 T (1)	60 M (2)
: Effet global de l'azote		- 4	+ 1	+ 1	+ 1	+ 1
: Effet de l'apport tallage		- 2	0	+ 1	0	+ 1
: Effet de l'apport montée		- 2	+ 1	0	+ 1	0
: Effet de l'apport tallage par rapport à l'apport montée		0	- 1	+ 1	+ 1	+ 1

(1) T = tallage. (2) M = montée. (3) = dose en kg/ha.

4 - Courbes ou surface de réponse :

Lorsque l'un des facteurs est quantitatif, ou les deux (dans le cas présent : densité, azote), il devient possible de réaliser l'ajustement d'une régression. En l'absence d'interactions, et pour des niveaux également

espacés, (cas de l'azote pour la montée et le tallage, sur les deux campagnes et de la densité en 1977), les coefficients suivants doivent être appliqués :

Facteurs	Degré du polynôme	Comparaison	Nombre de niveaux			
			1	2	3	4
Azote 1977-1978	2	Linéaire	- 1	0	+ 1	
		quadratique	+ 1	- 2	+ 1	
Densité en 1977(1)	3	Linéaire	- 3	+ 1	+ 1	+ 3
		Quadratique	+ 1	- 1	- 1	+ 1
		Cubique	- 1	+ 3	- 3	+ 1
Densité en 1978(2)	3	Linéaire	-31	-17	+ 9	+39
		Quadratique	+9331	-4865	-12691	+8225

(1) niveaux également espacés - (2) niveaux inégalement espacés.

Ce tableau indique que les équations recherchées sont du type :

- $Y = a + b X + c X^2$ pour l'azote
 - $Y = a + b X + c X^2 + d X^3$ pour la densité.

La méthode consiste à tester si les termes (b, c, a) sont significativement distincts d'une valeur nulle.

CONCLUSIONS SUR L'HETEROGENEITE DUE AU SEMOIR ET A SON USAGE. CONSEQUENCES SUR LA STRATEGIE DE PRELEVEMENT ET DE TRAITEMENT STATISTIQUES.

Au terme de cette description de la répartition géométrique des pieds au niveau parcellaire, il nous faut insister sur la grande dispersion spatiale, mono-et multilocale, notamment fonction du rythme d'avancement du semoir. L'étude de cette hétérogénéité a permis la mise au point d'une stratégie pratique de prélèvement, s'appuyant sur deux modalités complémentaires :

- le prélèvement de placettes (trois par parcelle) et la prise en compte de leur densité réelle dans une Analyse de Covariance, pour les prélèvements fréquents et destructeurs.

- l'analyse sur une grande surface des études non destructives ou du rendement (mesure destructive; mais finale), dans une Analyse de variance...

Il nous reste à voir comment a pu être prise en compte, dans cette stratégie, la seconde source d'hétérogénéité, l'asynchronisme du développement.

+ En 1977, les doses de semis ont été choisies également espacées. Mais, le recouvrement observé entre les densités réelles issues de ces traitements (cf. 21122) nous a forcé d'augmenter l'intervalle entre fortes doses, pour la seconde campagne.

212 ETUDE DE L'HETEROGENEITE DUE AU DEVELOPPEMENT ASYN-
CHRONISME DES TALLES.

Si la première partie (partie 1) du présent travail (ap- proche individuelle) a clairement montré la forte variabilité existant entre plantes pour leurs stades de développement respectifs, il existe une seconde source de dispersion des informations de nature morphologique recueillies chez les végétaux, l'individu étant alors la talle, ou la tige après épiaison. En effet, chacune des tiges d'une même plante possède une histoire différente, liée à sa date propre d'initiation et de croissance. Il est compréhensible que l'étude de la compétition, plus spécialement sous son aspect intra-plante, invite à la réflexion sur l'incidence de ce développement séquentiel sur l'échantillonnage.

2121 - DESCRIPTION PRATIQUE DES METHODES D'IDENTIFICATION DU NUMERO
D'ORDRE DES TALLES.

21211 Bref rappel sur le phénomène de tallage.

Dès le début du processus de tallage, s'allongent les bourgeons axillaires, situés à l'aisselle des feuilles du maître-brin. Chacune des talles primaires ainsi apparues peut, elle-même, engendrer une nouvelle population de talles, dites secondaires, elles-mêmes génératrices d'une nouvelle série... ; le processus s'interrompt avec la montée rapide de certains brins (voir bibliographie et surtout 232). L'apparition se réalise selon un ordre constant, quel que soit le traitement, ce qui est en accord avec ODA et KOYAMA (1961) et FRIEND (1962), selon la notation conventionnelle suivante :

{ T1, T2, T11, T3, T21, T12, T22, T4, T111, T211, T31,
T5, T112, T32, T212, ...
notation Tij k = talle tertiaire n° k, sur la talle se-
condaire n° j, sur la talle primaire
n° i..

Seul l'avortement d'un des éléments (fréquent pour la première talle primaire) peut modifier ce schéma.

A cette séquence d'émission des talles de feuilles peut, parfois, s'ajouter, à l'origine, la formation d'une talle dite de coléoptile, insérée à l'aisselle de cet organe. Sa forme particulière (arrondie) à faible densité, évite toute confusion d'identification avec les talles de feuilles. A forte densité, celle-ci disparaît assez précocement.

21212 Méthodes de reconnaissance des différentes catégories d'in-
dividus-talles.

Cette description suppose acquise la technique du repé- rage morphologique de la plante, selon le principe exposé dans la première partie (cf. 121).

212121 - Avant l'épiaison

Tant que les caractéristiques morphologiques (nombre de feuilles, hauteur de la tige) ne sont pas fixées, il reste possible, en moyenne, de reconnaître chaque catégorie de talles, de proche en proche. Ceci signifie qu'à quelques exceptions près (avortement d'une des talles), la partition de la plante en ses talles primaires, puis de celles-ci en leurs

talles secondaires..., reste une méthode accessible même à un personnel peu qualifié (voir photo n° 7).

212122 - Après l'épiaison

Une fois la croissance caulinaire terminée, la méthode visuelle précédente s'avère délicate (taille finale peu différente selon le numéro d'ordre, indépendance accrue). Pour y remédier, nous avons procédé, lors de la première campagne (1977), au marquage des épis quotidiennement sortis, sur les placettes restant à prélever jusqu'à la moisson. L'analyse ultérieure montra alors que la séquence d'épiaison renvoyait à celle de format (longueur, ou poids). Cette méthode de classification, assez rapide, présente, néanmoins, l'inconvénient de ne pas discerner les talles secondaires, dont certaines survivent, du moins à faible densité. A fort peuplement, la séquence d'épiaison paraît, en revanche, refléter celle de la ramification.

2122 - METHODE D'ECHANTILLONNAGE POUR LES INDIVIDUS-TALLES.

Une fois établies les méthodes d'identification du numéro d'ordre des talles, une démarche semblable à celle conduite à l'échelle de la plante a été entreprise, en vue de déboucher sur la taille (effectif) de l'échantillon à retenir.

21221 Exemples de structures des pieds pour le nombre de talles et de tige

La fréquence des plantes possédant N talles décroît progressivement lorsque le numéro d'ordre (N) considéré s'élève (figure II 6), et ceci d'autant plus vite que la densité est forte.

Ainsi, à la récolte, si les neuf-dixièmes des plantes possèdent, en situation peu limitantes, au moins quatre talles, seule une infime partie (2 %) se rencontre dans les cultures à forte densité. En outre, la rapidité de cette réduction (= surface engendrée par le diagramme) est, évidemment, plus faible au maximum de tallage herbacé qu'à la moisson.

21222 Conséquences sur l'échantillonnage, pour les talles et tiges.

De la description précédente, il découle que la recherche d'une précision constante, l'individu étant la talle, impose, nécessairement, de s'intéresser à la population la plus faible (numéro d'ordre le plus élevé). Ainsi, en raison de leur fréquence réduite, il conviendrait de prélever, à faible densité, pour les dernières talles formées, théoriquement, environ cent fois plus de plantes par placettes que prévu. Cette exigence est, évidemment, impossible en pratique, ne serait-ce qu'en raison du manque de place sur le terrain.

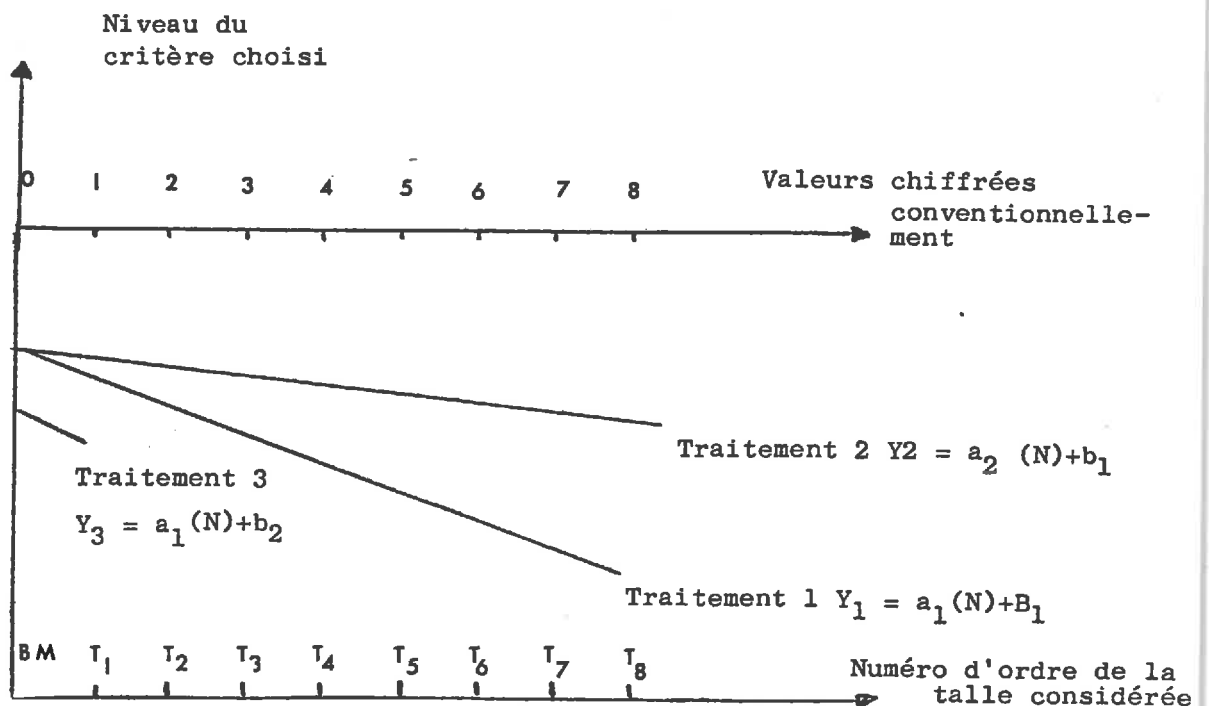
L'attitude adoptée a finalement été la suivante : l'effectif arrêté précédemment, en fonction de l'hétérogénéité du semoir, est conservé. La qualité de cet échantillon reste identique pour l'étude des caractéristiques du maître-brin (nécessairement un par plante), mais décroît fortement lorsque le numéro d'ordre de la talle augmente.

2123 - RECHERCHE D'INDICES SYNTHETIQUES POUR APPROCHER LES RELATIONS ENTRE TALLES.

La réduction des données décrivant le format moyen d'un individu (talle ou tige) en compétition s'impose en raison de leur grand nombre. En effet, la comparaison des techniques culturales, qui créent un gradient important de compétition, nécessite une vision globale des relations entre talles. Il convient de noter, immédiatement, que la décroissance du niveau d'un critère (exemple : fertilité de l'épi), au sein d'une plante, peut être due, soit à une compétition entre tiges (dépendance du même système racinaire, ombrage mutuel, ...), soit, du fait du développement asynchrone, aux variations temporelles des potentialités du milieu (surtout climatiques), soit, encore, à des potentialités différentes (raccourcissement de la durée de formation des épillets). La distinction de ces différentes causes apparaît difficile et certainement impossible à notre échelle de travail.

21231 Approche d'une représentation des relations intra-plante.

La représentation visuelle de l'ensemble des données disponibles (épillets fertiles, ou regressés, nombre de grains par épi, poids de mille grains) montre une décroissance progressive du niveau de ces critères lorsque le numéro d'ordre de la tige considérée augmente dans la plante. Pour l'ensemble des trois cents cas présents (20 traitements x 2 variétés x 2 ans x 4 critères), celle-ci peut être approchée par une représentation linéaire (le coefficient de corrélation linéaire étant toujours très significatif).



La formulation générale de la représentation précédente peut s'écrire :

$$Y = a(N) + b, \text{ pour } N = 0, n$$

avec b : niveau pour le brin-maitre ($N = 0$)

a : pente de la droite ajustée

L'action de la compétition moyenne entre plantes se traduit à la fois sur les valeurs de n et b ; en effet, la réduction du degré de ramification, ainsi que du format des tiges restantes (diminution de n et de b) sont des faits patents. Toute modification des relations entre talles retentit sur la pente a (ou "vitesse de chute" intra-plante du critère étudié).

21232 Critiques de la méthode.

Un certain nombre d'objections peut être fait à l'encontre de cette représentation, sans possibilité, toutefois, d'améliorer sensiblement le modèle proposé.

D'après les remarques émises à propos de l'échantillonnage (21222), nous savons que la qualité de l'estimation décroît avec le numéro d'ordre de la tige dans la plante et ce, d'autant plus que le milieu est limitant (forte densité, faible fumure). En outre, la comparaison entre traitements porte sur des segments de droite de longueur différente, sans qu'il soit possible de préciser l'influence de cette longueur sur la qualité de l'estimation.

21233 Attitude finale adoptée.

Le repérage et la description des différentes catégories de tiges paraît une approche assez nouvelle pour en justifier l'utilisation (cf. bibliographie) ; il a été donc décidé de maintenir cette démarche, en parallèle avec l'étude conduite à des fins agricoles. La caractérisation de la "vitesse de chute intra-plante" doit être considérée comme une indication assez globale, des relations existant entre tiges d'une plante-type.

CONCLUSIONS SUR L'HETEROGENEITE DUE AU DEVELOPPEMENT ASYNCHRONE.

La mise au point d'une technique pratique de reconnaissance des diverses catégories de talles offre la possibilité d'appréhender le comportement d'autres individus que la plante (ou l'unité de surface) : les talles ou tiges. Néanmoins, compte tenu de la structure de répartition de ces organes et du manque de place, il apparaît impossible de réaliser un prélèvement avec une imprécision identique, quel que soit le numéro d'ordre de la talle. Malgré cette restriction, l'enregistrement portant sur les talles des critères de l'épi, selon la catégorie de talles en cause, apparaît une approche suffisamment nouvelle pour être amorcée.

CONCLUSIONS GENERALES SUR LA METHODOLOGIE D'ECHANTILLONNAGE

L'examen des problèmes méthodologiques généraux (les aspects particuliers seront évoqués dans leur chapitre respectif) a révélé deux causes d'hétérogénéité principales, dues respectivement : à la plante et au milieu, au travers du peuplement réel et du tallage. Cette

partition des sources de variation recouvre, en effet, le partage existant entre deux approches de la compétition : les niveaux agricole et "physiologique".

1 - A l'échelle agricole, le semoir utilisé, réalise une répartition spatiale assez peu précise des grains sur la ligne. Cela a nécessité en deuxième année (1978) la mise en place d'un dispositif complexe, où le facteur "densité" est considéré comme aléatoire (analyse de covariance). Ainsi, l'hétérogénéité du peuplement réel a-t-elle été répartie en deux composantes, l'une locale, l'autre édaphique. Leur prise en compte fut rendue possible grâce au prélèvement bidécadaire de trois placettes (= trente pieds contigus) dans chacune des quatre parcelles d'un même traitement.

Si cette méthode reste globalement valable pour d'autres matériels de semis (semoir de grande culture), les conclusions précises (dégagées ici) dépendent nécessairement du type d'hétérogénéité créé. A cette première remarque, il convient d'en ajouter une seconde, déjà formulée lors de la première partie de ce travail (conclusions première partie) : la seule compétition réellement étudiée affecte les relations sur la ligne et non entre les rangs. L'ensemble des conclusions ultérieures dépendront de ces dispositions expérimentales.

2 - A l'échelle physiologique, les questions soulevées par l'échantillonnage n'ont pu, faute de place sur le terrain, être résolues totalement. En fait, un essai est prévu pour résoudre une série de problèmes, et les amalgamer sur le même protocole nuit, nécessairement, à la résolution de certains d'entre eux. Néanmoins, l'aspect nouveau de telles approches a paru l'emporter sur ces considérations d'ordre statistique ; en outre, les effets assez nets mis en évidence justifient, semble-t-il, ce choix.

La démarche consiste, essentiellement, dans la partition d'une plante en ses différentes catégories de tiges, attitude qui se veut complémentaire et explicative de la précédente. En effet, l'incidence directe de l'effectif (nombre de plantes, nombre d'épillets, ...) est, ici, supprimée et l'étude porte sur les relations entre individus présents.

Muni de ces deux niveaux de travail, il devient possible de poursuivre plus loin l'investigation sur le phénomène de compétition. Dans un premier temps, le descriptif des dates d'acquisitions stadiques, puis des modalités de formation du rendement biologique, fournira des explications à l'établissement du rendement en grains ; mais l'insuffisance des interprétations fournies nous conduira à l'analyse des composantes de rendement, dont la compréhension sera améliorée par la recherche de leurs relations avec le climat.

22 CARACTERISATION DES ACQUISITIONS STADIALES ET DES RENDEMENTS.

Cette première phase de l'étude, consacrée à la compétition moyenne ou "en population", intéresse l'ensemble du cycle et vise à présenter, successivement, la date de réalisation des principaux stades et les modalités de formation du poids sec final, biologique et utile. En effet, JONARD (1964) (voir bibliographie) a montré que la courbe d'évolution de la matière sèche du Blé est, en fait, formée de l'association de segments d'exponentielles, éclairant ainsi la liaison entre croissance et développement.

Dans ce présent travail, il apparut nécessaire, avant toute étude sur les rendements finaux, de typer, pour les deux campagnes, les comportements végétaux selon des facteurs étudiés. Autant que possible, cette typologie intéressera l'ensemble des traitements étudiés, mais, assez souvent, elle se réduira à donner l'enveloppe maximale de variations.

Cette description peut être effectuée aux deux niveaux dégagés pendant l'étude méthodologique de la population et l'individu-tige. En effet, il est possible que le développement asynchrone, implicitement pris en compte à l'échelle parcellaire, interfère avec les réactions individuelles de chaque talle (la finesse des interrogations formulées exigeait une information supplémentaire sur cette possibilité).

221 DATE DE REALISATION DES PRINCIPAUX STADES POUR LA POPULATION DE PLANTES ET D'EPIS.

L'intérêt agricole d'opérer les notations décrites ci-dessus est évident, puisque la date de nombreuses interventions culturales (apport azote montée, désherbage) se fonde sur leur acquisition. Dans notre cas, il s'agit autant de préciser la date physiologique d'application des techniques que de déterminer leur influence.

2211 - REALISATION DE LA LEVEE.

Si la date d'apparition de la moitié des plantules (définition du stade, voir 112) varie peu entre les deux années, le nombre de jours la séparant du semis est nettement plus élevé pour la première campagne (26 jours contre 21 jours). La cause, d'ordre climatique (Annexe A 11) réside dans un déficit thermique assez prononcé, au cours de cette période, en 1977, L'excès pluviométrique enregistré lors des dernières décades de Novembre et premières de Décembre, juste après semis, a été déterminant, provoquant la formation d'une croûte de battance, essentiellement par la fréquence des averses et des orages. Le déchet à la levée en 1977 (+ 40 %) avec un lot de bonne qualité au laboratoire s'oppose à celui obtenu en 1978 (+ 20 %), sur un lot de potentialités plus faibles (voir la description des conditions favorables de cette période dans le paragraphe 111).

Au cours de ces deux années d'observation, la densité n'a engendré aucune différence significative, dans ces deux caractéristiques (date et taux de levée) (voir tableau général, Annexe A).

2212 - REALISATION DU REDRESSEMENT ET DE L'EPIAISON.

22121 Redressement.

Du stade B jusqu'à l'épiaison, se déroule l'élongation caulinaire principale, décrite, par exemple, pour le maître-brin, en 221. Juste avant le décollement de l'apex au niveau du plateau de tallage (stade A), intervient le redressement apparent de la plante. Celui-ci s'est réalisé, pour les deux campagnes, vers le dix Avril pour les fortes densités de Champlein ; le gradient décroissant de peuplement retenu dans notre expérimentation engendre un délai dans la réalisation du redressement, du même ordre que l'écart variétal pour les densités extrêmes (photo 8). Ces observations nous ont conduit à établir l'importance de telles variations pour le stade plus commode qu'est l'épiaison.

22122 Dates moyennes d'épiaison.

L'établissement de la date moyenne s'obtient par comptage journalier, sur des emplacements fixes, du nombre d'épis apparus. L'apparition sera comptée lorsque la jonction (gaine-limbe) de la dernière feuille se trouve à mi-épi, et le stade moyen défini a posteriori et après relevé journalier, quand l'effectif de tiges épiées atteint cinquante pour cent du total.

Malgré l'écart des dates de semis, le stade moyen est acquis le même jour (figure II 7) pour les deux campagnes ; ceci indique que la plus longue durée de la phase (semis-levée), en 1977, n'a pas retenti sur le reste du cycle. En d'autres termes, il apparaît nécessaire, pour les comparaisons interannuelles, de prendre, ultérieurement, comme origine des temps, la date moyenne de levée.

A titre indicatif, la durée de la phase (levée-épiaison), observée ici (165 jours), s'inscrit dans la fourchette de valeurs (145 à 170 jours), obtenue au Rheu, sur une période de dix années : elle se situe plutôt parmi les valeurs élevées, par opposition à l'année-type de sécheresse 1976 avec 145 jours.

Dans ce contexte général, la densité décroissante engendre un retard d'épiaison assez important (figure II 7), de l'ordre de celui observé au redressement (soit 7 jours).

Une explication évidente à ce retard réside déjà dans la proportion plus élevée de talles en situation clairsemée, dont le décalage physiologique sera étudié plus loin (VEZ, 1969). Sur ces chiffres moyens, il est, en revanche, difficile de mettre en évidence une influence des modalités azotées.

22123 Histogrammes des épiaisons.

L'examen des deux situations extrêmes rencontrées, par exemple, pour le cultivar Champlein en 1978, illustre bien l'étalement qui accompagne l'épiaison d'une population à forte proportion de talles (faible densité, azote tallage). L'épiaison s'étale sur onze jours et sa structure présente plusieurs sous-populations (figure II 8). Cette dispersion stadiale constitue l'un des premiers effets indirects dus à la densité de semis que nous percevons.

Il est possible alors de se demander si cette évolution dynamique de l'épiaison peut constituer un outil de comparaison des modalités azotées, par dose de semis. En effet, KOLMOGOROV et SMIRNOV (1959) ont établi un test de comparaison multiple d'un ensemble de fonctions de densité. Une différence significative existe entre les courbes, si la quantité (S) est supérieure à une borne fixée de valeur :

+ Valeurs indiquées par G. DOUSSINAULT, Amélioration des Plantes. I. N. R. A..

$$S = \sqrt{T N}$$

$$T N = \text{Sup}_x \left(\sum_j (S_{nj}(x) - \bar{S} N(x))^2 \right)$$

$\left\{ \begin{array}{l} x : \text{numéro du jour} \\ n : \text{nombre de traitement} \\ j : \text{numéro du traitement} \\ S : \text{fonction de densité} \end{array} \right.$

L'application de ce test révèle que les seules différences significatives se rencontrent, pour les deux génotypes étudiés, dans le cas de la forte dose de semis, pour les apports azotés tallage plus précoces.

2213 - RYTHME DE DESSICCATION DE L'EPI.

Une fois réalisée l'épiaison, se pose le problème de la caractérisation stadiale. Celle-ci peut être non destructrice et concerner, par exemple, une notation de la vitesse de dessiccation du feuillage (surtout feuille culmaire) (voir 522).

Mais, pour typer l'évolution temporelle du futur caryopse, la quantification (destructive) de son humidité pondérale - ou de celle de l'épi - apparaît comme une méthode précise, mais nécessite une intervention rapide, visant à la récolte quasi-simultanée de toutes les parcelles étudiées.

Pour des raisons pratiques, cette technique fut appliquée à l'épi entier, sur l'ensemble des quatre situations (années x variétés) et pour leurs vingt traitements. La seconde campagne accuse, sur la première, un retard d'environ deux semaines pour les deux cultivars, qui, eux-mêmes, s'écartent, systématiquement, d'une semaine. Ainsi, malgré une épiaison à date identique, la seconde année présente un décalage de maturité, s'expliquant à la fois par son déficit d'ensoleillement et de température (cf. Annexe A).

L'action des deux techniques culturales étudiées dépend de leur date physiologique d'intervention : la densité croissante (figure II 8) accélère très significativement la dessiccation moyenne de l'épi, pour les deux variétés concernées. Par contre, l'apport d'azote, réalisé à date constante (stade montée) retarde ce processus uniquement pour des situations assez tardives (variété Maris-Huntsman, faible densité pour Champlain), avec, pour conséquence un effet hautement significatif de cette modalité pour la variété d'origine anglaise, et une interaction (densité x azote), à la limite de la signification pour le cultivar français.

CONCLUSION SUR LES ACQUISITIONS STADIALES A L'ECHELLE DE LA POPULATION

L'étude à l'échelle du peuplement de l'acquisition stadiale pour les deux campagnes en jeu apparaît assez semblable et montre le retard lié à la faible densité. Celui-ci s'explique par la plus forte proportion de talles d'âge différent dans ce peuplement comparativement à la plus forte dose de semis. Ce retard s'accompagne, en outre, d'un étalement plus fort, dont les effets particuliers seront perçus ultérieurement, notamment lors de l'étude du poids de mille grains.

222 DATE DE REALISATION DES PRINCIPAUX STADES A L'EHELLE DE LA TALLE

Avant de saisir l'effet des traitements, à catégorie de tige fixée, il est préalablement nécessaire de décrire l'importance du décalage stadial, engendré par le développement asynchrone des talles.

2221 - DECALAGE STADIAL OBSERVE POUR L'EPIAISON ENTRE LES CATEGORIES DE TIGE.

La figure II 9 reproduit l'épiaison des différentes tiges d'une placette moyenne choisie pour le traitement produisant le plus de talles (faible dose de semis, forte dose azotée).

La mi-épiaison de la première tige rencontrée dans la plante s'établit environ sept jours avant celui de numéro d'ordre le plus élevé. Il faut voir, dans ces histogrammes, la cause des sous-populations, présentées dans l'exemple II 8, à l'échelle de la population, mais difficilement décelables statistiquement, en raison d'un effectif trop faible (tests de "structures" établis pour environ mille individus).

La densité ne modifie pas cet écart, à catégories de talle fixée ; ainsi, le plus fort étalement stadial, noté pour les épiaisons en situation claire, s'explique uniquement par la fréquence croissante de talles tardives car de numéro d'apparition plus élevé dans la plante.

2222 - EFFET DES TECHNIQUES CULTURALES ETUDIEES SUR L'ALLONGEMENT DU MAITRE-BRIN.

L'avantage de ce support expérimental est de supprimer l'effet direct lié à l'effectif de tallage, donc celui inhérent au développement asynchrone.

22221 Elongation caulinaire.

Les deux campagnes d'étude n'ont pas influencé la vitesse de réalisation du phénomène : ainsi, au jour près, les courbes exprimées relativement à leur longueur finale, se superposent. Ceci signifie (figure II 10) que le retard observé avec une origine rapportée au semis, reflète l'existence d'une vitesse différentielle de levée (ultérieurement, la référence choisie sera le stade "levée").

Avec ce repère pour l'origine des temps, il apparaît que les deux techniques culturales étudiées engendrent un décalage dans le rythme d'allongement de la tige du brin-maitre. Les faibles densités origine et l'apport azoté à la montaison retardent d'environ sept jours sa croissance.

Ce retard est plus faible pour le stade épiaison (3-4 jours), en effet la hauteur de sortie de l'épi varie selon le traitement, compensant ainsi, partiellement, le décalage dans l'élongation.

Cette avance physiologique, à catégorie de tige fixée, rappelle le phénomène de coopération mis en évidence à l'échelle individuelle (cf. première partie, 123) : globalement, l'absence de lumière et peut-être les températures plus chaudes peuvent être invoquées pour la densité de semis ; mais l'effet de la date d'apport azoté nécessite une autre série d'investigation, au niveau du végétal, pour tenter de l'expliquer.

22222 Vitesse relative d'accumulation de la matière sèche dans les brins maîtres.

L'avantage de cette représentation, par rapport aux précédentes, est d'intéresser l'ensemble du cycle de végétation, permettant ainsi d'avoir une vision globale du décalage stadial selon le traitement.

L'examen de l'enveloppe de réponse obtenue en choisissant les deux courbes extrêmes pour la production relative de matière sèche (valeur finale ramenée à cent), permet d'isoler trois phases principales :

- du semis à la mi-montaison : le traitement le plus précoce concerne son avance initiale (poids du grain identique, mais poids final plus faible), puis l'augmente, atteignant une avance d'une semaine, comme nous l'avons vu lors de l'étude de l'élongation caulinaire.

- de la mi-montaison à la floraison : le décalage précédent disparaît presque totalement, par arrêt temporaire du traitement précoce, arrêt dont la cause doit être recherchée dans les importantes modifications physiologiques accompagnant la sortie de l'épi.

- de la floraison à la récolte : de nouveau, les courbes se séparent et leur divergence devient très importante (30 jours). Au stade "maturité", défini par JONARD (1964), la modalité précoce ralentit rapidement la croissance de ses parties aériennes, contrairement au traitement tardif, où l'appareil aérien continue à s'alourdir jusqu'à la moisson. Ce retard peut être relié, en particulier, au délai de dessèchement des feuilles (voir 25).

Ces trois phases et ce comportement différentiel existent pour les deux campagnes et les deux géotypes étudiés ; ils constituent un ensemble de caractéristiques précises, permettant à chaque date du cycle de se référer à la typologie stadiale. Néanmoins, le décalage maximal entre les tracés paraît dépendre de l'année : de quinze jours en 1977, il passe à trente cinq jours en 1978.

CONCLUSIONS SUR L'ACQUISITION STADIALE SELON LA CATEGORIE DE TALLE...

L'intérêt de la comparaison à catégorie de tige fixée est de préciser la cause exacte du décalage moyen perçu sur l'ensemble de talles. Le retard en population observé précédemment s'explique aussi par un décalage stadial des brins-maîtres, causé par un effet coopératif à forte densité, du même ordre que celui perçu à l'échelle individuelle (étiolement, micro-climat plus chaud, cf. 123).

Mais l'examen unique des dates d'acquisition des principaux stades ne suffit pas à décrire les divergences observées dans la dynamique d'accumulation du matériel sec. Si l'analyse révèle, en effet, un certain comblement du retard stadial à l'épiaison, passé ce stade, l'écart s'amplifie de nouveau (maturité décalée), avec, pour conséquence, une activité photosynthétique encore intense en Juillet, à faible densité. De tels comportements différentiels nécessitent la reprise d'investigations qualifiant plus finement la précocité de la plante.

CONCLUSIONS SUR L'ACQUISITION STADIALE

La caractérisation, sur l'ensemble du cycle, des stades de développement pour l'ensemble des deux techniques culturales introduites (densité et azote) et des quatre situations (années x variétés) étudiées,

montre un ensemble de résultats convergents, quels que soient la méthode d'analyse ou le stade concerné :

- la densité de semis décroissante et l'apport azoté à "la montée" retardent le cycle de développement dans des proportions aussi importantes que le cultivar, voire l'année. Ce résultat s'explique à la fois par la présence accrue dans la population de tiges d'âge différent qui créent un asynchronisme stadial (cas de la faible densité), mais aussi par un retard physiologique induit pour chaque catégorie de tige par des modifications d'ordre microclimatique (faible densité) ou végétal.

- l'analyse du retard physiologique initial des tiges de même niveau de ramification (maître-brin), au moyen d'un critère fixe, sur l'ensemble du cycle (accumulation de la matière sèche) montre, néanmoins, un rattrapage temporaire peu avant l'épiaison, suivie d'un nouveau retard très important jusqu'à la moisson.

Les répercussions de ces décalages stadiaux, difficiles à prévoir à ce niveau d'avancement de la réflexion, risquent, néanmoins d'être prépondérantes ; elles doivent s'interpréter en se référant à la date physiologique d'application des facteurs, maîtrisés ou non (apport azoté, échaudage, coup de froid,...).

223 ACQUISITION DES RENDEMENTS BIOLOGIQUES ET UTILES⁺

Placée juste après les modalités d'acquisition stadiale, cette seconde étape de caractérisation globale du cycle végétatif, s'intéresse à l'élaboration du poids sec de la plante entière, comme recherche explicative au rendement final en grains. Ce chapitre constitue l'aspect le plus fondamental du strict point de vue agricole.

2231 - NIVEAUX DU RENDEMENT EN GRAINS.

Ceux-ci ont été estimés sur le passage placé au centre des parcelles et exprimés en poids secs.

22311 Influence de l'année et du cultivar.

L'effet année constitue, sur les deux campagnes étudiées, une source de variation très prononcée (figures II 12 (1) et II 12 (2)). Les bandes de variations annuelles, pour les deux cultivars, sont pratiquement disjointes : les plus forts niveaux obtenus en 1977 (48 q) restent inférieurs aux plus faibles valeurs enregistrées en 1978 (50 q). Ceci situe l'influence déterminante de l'année par rapport aux techniques culturales (doses de semis et séquences azotées) et au caractère variétal ; cela impose de rechercher l'explication dans une limitation grave, survenue en première campagne.

Au sein de ces deux campagnes, l'influence de la variété apparaît bien faible ; si de façon systématique, à technique culturale et campagne fixées, Maris Huntsman l'emporte sur Champlein, la différence n'excède jamais deux quintaux (ce faible avantage est à rapprocher de la valeur boulangère médiocre de cette variété).

22312 Influence des techniques culturales.

L'analyse statistique complète (figure II 14), par situation, des effets simultanés sur le rendement en grains des deux techniques culturales, indique l'absence d'interactions entre les deux traitements peuplements et fertilisation azotée (sauf pour Champlein en 1977 où l'interaction est à la limite de la significativité). Ce fait nous autorise donc à adopter une présentation séparée de l'influence de ces deux modalités.

Mais la relative importance des coefficients moyens de variations (jusqu'à 15.6 % pour Champlein 1978) atténue la validité des conclusions tirées ci-dessous.

223121 - Influence de la densité.

Systematiquement, pour les quatre situations étudiées, la dose de semis engendre un effet significatif très net (seuil au moins 1 %, figure II 14), et le regroupement par la technique de NEWMAN et KEULS

+ Rendement biologique = poids sec total des parties aériennes par unité de surface. Rendement utile = poids de grains par unité de surface.

montre une chute de rendement aux faibles densités à partir soit de 50, soit de 110 plantes/m²).

La présence de quatre niveaux de peuplement permet de rechercher une fonction de production à composante constante, linéaire, quadratique et cubique. Pour les quatre situations concernées, la dernière composante (cubique) est inutile pour décrire cette liaison (densité-rendement), et la fonction s'ajuste au mieux à une forme parabolique.

L'ordonnée à l'origine (= constante) fournit le rendement potentiel (probable) en peuplement très lâche (proche de la valeur nulle) : en 1978, Maris.Huntsman excède de cinq quintaux Champlein, exprimant ainsi, à faible densité et en l'absence d'accident grave, ses possibilités supérieures de production. Mais, en 1977, l'écart inverse s'observe, laissant à penser que la limitation grave survenue cette année affecte plus la variété anglaise.

En revanche, la productivité aux faibles peuplements des premiers kilogrammes de grains semés (composante linéaire), et l'aplatissement aux fortes doses (composante quadratique) varient peu avec le cultivar. Il nous est impossible de comparer les deux campagnes, puisque celles-ci correspondent à des intervalles d'étude différents (peuplement maximum par m² : 290 plantes en 1977, 400 en 1978).

223122 - Influence de l'apport azoté.

Les cinq modalités azotées comprises dans l'essai peuvent se scinder en deux séries linéaires complémentaires, correspondant respectivement aux apports tallage et montée. L'analyse peut alors porter sur la détermination, par situation, de ces deux fonctions de production et de leur comparaison.

D'une façon générale, pour chacune des deux dates d'apport, la liaison linéaire suffit à décrire, dans la gamme des doses de fertilisation testées (0-60 unités par ha), la réponse végétale.

En seconde année, cette droite est horizontale, quels que soient la séquence de fourniture et le niveau ; l'élément azoté ne provoque aucun effet significatif sur les rendements en grains des deux variétés présentes.

L'apport au tallage accroît nettement en 1977 le rendement : celui-ci augmente respectivement de dix-sept et vingt-trois kilogrammes par unité d'azote fournie, pour Champlein et Maris.Huntsman ce qui traduit les plus fortes possibilités de valorisation de cet élément par cette dernière variété.

Si cette augmentation linéaire, avec la fourniture azoté précoce, est facilement compréhensible dans ce type de sol à faible potentialité de minéralisation, en revanche, l'influence de la fertilisation tardive en 1977 reste surprenante. Cette modalité n'accroît que faiblement le rendement de Champlein, et provoque même une chute linéaire de celui-ci pour Maris Huntsman. Comme pour l'effet de la densité, ce comportement suppose l'intervention de causes externes graves, analysées plus loin (cf. 25).

22313 Recherches des valeurs optima et maxima pour les deux techniques culturales.

A partir de l'équation générale :

$Y = a + b X + c X^2$
 Y = rendement, a, b, c coefficients qui peuvent être nuls
 X = dose de la technique culturale considérée.

il est possible de calculer la dérivée première ou productivité.

$Y' = b + 2 c X$

La dose maximum correspond au niveau de X annulant la dérivée première (indéterminable si (c) est nul, donc si l'équation est une droite).

La dose optimum s'obtient en remplaçant Y' par la valeur de la productivité limite, c'est-à-dire la quantité de grains à récolter pour rentabiliser l'apport d'un kilogramme supplémentaire d'azote ou de semences. Celle-ci dépend, évidemment, du coût relatif des différents produits :

:Azote(1):	:Prix au kilo (en Francs)+	:Productivité limite: (en quintaux)
:-----:	2.58	0.0331
:Semences: :certi- :fiées	1.65	0.021
:-----:	0.78	-
:Grains :vendus		

(1) Unité N d'ammonitrates 33,5 pour cent.

Il est alors possible de déterminer, pour les gammes des doses étudiées, les niveaux assurant l'optimum et le maximum de la fonction de production.

+ Prix communiqués par D. LE FLOCH. Chaire de Phytotechnie. E. N. S. A. R..

	Maris Hunstman		Champlein	
	1977	1978	1977	1978
Maximum	243	279	265	308
Densité (1)				
Optimum	207	217	230	255
Maximum	> 60	(indéfinie)	> 60	(indéfinie)
Azote tallage (2)				
Optimum	> 60	0	> 60	0
Maximum	0	(indéfinie)	45	(indéfinie)
Azote montée (2)				
Optimum	0	0	40	0

(1) en plantes/m² - (2) en kg N/ha.

Pour l'azote, la dose n'est souvent pas déterminée car, surtout en 1977, l'intervalle de fertilisation retenu (0-60 unités) ne permet pas d'exterioriser la forme parabolique.

En revanche, les quatre niveaux de densités étudiés montrent que les peuplements optima et maxima avoisinent la valeur recommandée en céréaliculture (250 plantes/m²). Dans l'ensemble, ceux-ci sont plus élevés en 1978 et pour la variété Champlein.

CONCLUSIONS SUR LES NIVEAUX DE RENDEMENTS EN GRAINS.

L'année reste la principale source de variation, modifiant à la fois le niveau moyen du rendement (niveau variétal) et l'effet propre des techniques culturales, spécialement de l'azote. Ainsi, en 1977, l'intervention d'un facteur limitant grave (cf. 25) engendre un effet dépressif sur Maris-Huntsman pour l'apport azoté tardif, alors qu'en 1978, par suite d'un mécanisme inconnu, toute fertilisation s'est révélée inutile.

La réponse à un peuplement de semis croissant reste, pour les deux années, de forme parabolique, et fixe l'optimum à une valeur proche de la densité agricole recommandée (250 plantes/m²).

2232 - PREMIERES RECHERCHES D'EXPLICATION AUX RENDEMENTS OBSERVES.

Les résultats de rendement, précédemment exposés, nécessitent des explications sans lesquelles le simple enregistrement reste peu utile. Dans ce qui suit, nous allons nous efforcer de fournir des interprétations à l'ensemble des faits évoqués.

22321 Niveaux finaux des rendements biologiques (parties aériennes).

La comparaison visuelle simultanée des poids secs de l'appareil aérien et des grains (figures II 12. et II 13) livre un certain nombre de remarques.

L'effet année est aussi prononcé pour les deux types de rendements : pour les deux cultivars, le rendement biologique ne dépasse pas 11 tonnes en 1977, mais excède presque toujours 12 tonnes en 1978 (jusqu'à 15-16 tonnes).

Pour les modalités azotées, le rendement plante entière n'explique que partiellement son homologue en grains. En 1977, le premier critère est discriminé par la dose, mais le second par la date d'apport. En 1978, la chute avec la faible dose pour Champlein et l'augmentation avec la forte fumure pour

Maris Hunstman notées sur le premier, ne se retrouvent pas sur le second.

Enfin, la densité de semis extériorise des comportements différents selon le critère considéré (exemple : pour Champlein 1978 absence d'effet sur le rendement biologique, mais incidence sur le rendement en grains).

En conclusion, si l'observation du poids sec total final permet de comprendre les situations les plus typées (effet année, absence d'apport azoté), elle ne permet pas de cerner précisément l'ensemble des résultats décrits plus haut.

Il nous est apparu intéressant de chercher, du moins pour 1978 (seule campagne où nous disposons de répétitions statistiques sur l'ensemble du cycle), si l'évolution temporelle du poids sec des portions aériennes exprimée de façon dynamique par une fonction de production, permet de saisir, du moins pour cette campagne, l'influence des deux techniques culturales étudiées.

22322 Evolution dynamique des fonctions de production "poids sec total".

Selon le même procédé que celui mentionné pour les rendements finaux, il a été établi l'équation liant le poids de matière sèche totale par unité de surface et le niveau des techniques culturales introduites (séquence azotée et peuplement) (après toute différence significative dans l'analyse de covariance, les trois placettes de chaque parcelle ont été regroupées, permettant la procédure classique déjà employée auparavant).

223221-Influence de la densité.

La figure II 15 présente l'évolution simultanée, au cours du temps, des trois paramètres (a, b, c) de l'équation générale, liant poids sec par unité de surface et peuplement (voir 22213). La déformation plastique de la plante engendrée par la compétition croissante à forte densité, provoque, dès le début Avril et pour les deux variétés, l'apparition de la composante quadratique, soit le passage d'une forme linéaire à une autre de type parabolique. Ce résultat précise les faits enregistrés par DONALD (1962) qui, dans sa revue bibliographique, avait noté cette apparition progressive de la compétition entre plantes.

Mais, nos résultats vont plus loin, puisqu'ils expriment un fait déjà établi, lors de la présentation des modalités d'acquisition stadiale : un rattrapage très conséquent intervient à l'épiaison, entre densités. En effet, début Juin, plus aucun effet significatif n'apparaît, comme si, avant le remplissage rapide de l'épi, l'appareil végétatif atteignait un format donné à cette époque, l'indice foliaire maximal est atteint.

Après ce rattrapage, l'influence du peuplement redevient significative et cet effet persiste pour Maris Hunstman, jusqu'à la récolte.

223222-Influence de la fourniture minérale azotée.

Pendant cette seconde campagne, l'azote appliqué à la montée, n'a provoqué, quelle que soit la date considérée, aucun effet sur le poids sec total de la plante (figure II 16).

Par contre, la fertilisation précoce (début tallage) accroît linéairement le poids de matière sèche des portions aériennes, du moins jusqu'à l'épiaison. Avant ce stade, la pente de la droite (poids sec-apport tallage) augmente fortement, pour, brutalement, s'annuler définitivement (ce comportement rappelle celui observé plus haut pour la densité de semis).

Conclusion sur l'usage des fonctions de production concernant le poids sec total (parties aériennes)

Leur usage semble constituer une voie de perception assez fine, capable, par exemple, de préciser les dates et stades de réponse du végétal aux modifications majeures du milieu. Ainsi, pour la campagne étudiée (1978), le passage de la liaison (poids sec-densité) d'une forme linéaire à une allure parabolique, se produit début Avril (stade début montée) et traduit l'existence d'une déformation plastique marquée de la plante, en réponse à la croissante compétition. Le redressement progressif de la droite (poids sec-azote tallage) intervient dès un mois après l'apport de cet élément.

Par ailleurs, si nos résultats permettent de confirmer l'existence d'un arrêt de croissance temporaire sitôt l'épiaison, les conclusions peuvent être dépendantes, pour la fertilisation azotée, de la campagne étudiée. Il conviendrait de reprendre cette approche pour une autre année, où l'azote provoquerait un effet significatif sur le rendement final en matière sèche (ensemble des parties aériennes), en raison de conditions climatiques différentes.

CONCLUSIONS SUR L'ACQUISITION DES RENDEMENTS BIOLOGIQUES ET UTILES.

L'enregistrement de ces rendements constitue le point fondamental, dans la mesure où l'on adopte uniquement une "attitude agricole". En revanche, l'interprétation biologique par le biais du phénomène de compétition apparaît plus difficile, les niveaux finaux résultant d'un ensemble de processus, dont la concurrence n'est qu'une composante.

A la suite de l'analyse précédente, deux faits majeures se dégagent :
1 - L'effet prépondérant de l'année.

Les techniques culturales modulent le rendement en grains dans une gamme d'amplitude fonction des autres aspects du milieu (parasitisme ou déficit lumineux début montée, ...).

En second lieu, il convient de noter la forme parabolique de la liaison entre le rendement grains et la densité origine ; quelles que soient les conditions, les faibles densités ne parviennent pas à combler leur déficit initial d'effectif et le peuplement optimum observé avoisine celui recommandé en culture de Blé d'hiver (250 plantes/m²).

En contrepartie, l'apport azoté est, dans ce type de sol, lié linéairement pour la dose au rendement biologique. La pente de la droite varie profondément selon la campagne (horizontale, en 1978 : pas d'effet significatif) et selon la date d'application (croissante pour le tallage, décroissante pour la montée, pour Maris-Huntsman, 1977). Ce résultat indique l'intervention d'autres causes que la présence d'un processus de compétition pour l'élément azoté.

2 - L'insuffisance d'explication par référence au poids sec total des parties aériennes.

Son niveau final permet de comprendre l'effet année, mais non l'influence des techniques culturales étudiées. En revanche, l'observation de sa dynamique d'élaboration permet de détecter la date d'apparition de la compétition (début Avril) en réponse à un fort peuplement ou à une faible disponibilité azotée. Le recours à ce critère confirme l'existence d'un rattrapage à l'épiaison et l'emploi sur plusieurs campagnes de cette caractéristique permettrait, sans doute, une appréhension précise du comportement d'une culture.

Leur usage semble constituer une voie de perception assez fine, capable, par exemple, de préciser les dates et stades de réponse du végétal aux modifications majeures du milieu. Ainsi, pour la campagne étudiée (1978), le passage de la liaison (poids sec-densité) d'une forme linéaire à une allure parabolique, se produit début Avril (stade début montée) et traduit l'existence d'une déformation plastique marquée de la plante, en réponse à la compétition croissante. Le redressement progressif de la droite (poids sec-azote tallage) intervient dès un mois après l'apport de l'élément nitré.

CONCLUSIONS SUR LA CARACTERISATION DES ACQUISITIONS STADIALES ET DES RENDEMENTS.

Cette première approche nous a permis de présenter les rendements finaux biologiques et utiles (grains) et, à travers l'observation de leurs modalités d'élaboration, sur l'ensemble du cycle, d'en rechercher les premières explications. Cette démarche nous a conduit à distinguer deux sortes de déformations végétales.

1 - Les déformations permanentes

Celles-ci concernent essentiellement le rendement en grains et, à un moindre degré, le rendement biologique. La première campagne se caractérise par une limitation grave de ceux-ci, accompagnée d'un comportement surprenant des modalités azotées (effet dépressif de l'azote "montée"). La seconde année constitue, a priori, une référence de niveau plus proche de l'optimum, avec absence d'effet de la fertilisation.

Néanmoins, dans les deux cas, le peuplement origine est lié paraboliquement à la réponse végétale.

2 - Les déformations temporaires

Au cours du cycle de végétation, la faible dose de semis et l'azote appliqué au tallage retardent la réalisation des principaux stades (épiaisson, dessiccation de l'épi), à l'échelle de la population, par augmentation du nombre de talles et, à l'échelle de la tige, par effet coopératif (microclimat plus chaud, étiolement).

A ce décalage stadial, oscillant entre sept et vingt jours, il faut ajouter l'évolution typique du poids sec total par unité de surface : celle-ci traduit l'intervention de la compétition (forme parabolique selon la densité, linéaire croissante selon l'apport azoté), mais cet effet peut être temporairement gommé à l'épiaison.

En conclusion, à cette première approche intéressant l'ensemble du cycle, il faut noter déjà l'intervention probable d'autres phénomènes que la seule compétition dans la détermination du rendement utile. Si l'observation des stades de développement nous a fait déjà pressentir leur nature, seule l'acquisition progressive du rendement par le jeu des composantes, nous fournira une explication suffisamment complète. Celle-ci va être abordée maintenant dans les trois parties suivantes.

23 LE PEUPEMENT-EPIS

Cette composante s'acquiert chez le Blé tendre d'hiver sur une période étendue (de Mars à Juin), avec des modalités diverses selon la technique culturale considérée (figure II 16). On peut distinguer deux grandes phases, dont les durées respectives peuvent varier selon l'année et le traitement cultural :

- la phase de tallage herbacé, dont le maximum, précédant le phénomène suivant, se produit plus tardivement en 1978, pour les faibles densités surtout (figure II 16). Celle-ci est caractérisée par une intense ramification.

- la phase de regression, durant laquelle disparaît un certain nombre de talles formées, conduit, après épiaison, au nombre définitif de tiges survivant.

Cette partition du tallage en phases séparées correspond à des phénomènes biologiques distincts (cf. bibliographie) et nous servira de plan.

231 PHASE DU TALLAGE HERBACE.

Cette ramification de la tige principale (brin-maitre) en talles herbacées (primaires, secondaires, ...) correspond à une multiplication végétative, dont l'importance dépend à la fois de la vitesse d'émission foliaire, et de la levée d'inhibition axillaire du bourgeon (cf. bibliographie). Avant de rechercher l'influence d'un gradient de compétition sur ces deux phénomènes, nous allons tenter d'établir la nature de la relation (tallage-pression de concurrence), en chiffrant l'importance du phénomène selon la technique culturale appliquée.

2311 - DESCRIPTION ET QUANTIFICATION DU PHENOMENE.

Après avoir décrit l'ordre d'apparition des talles, nous qualifierons la dynamique, puis le niveau final (= tallage maximum) du phénomène. 23111 Séquence d'apparition des talles.

Le schéma d'apparition des différentes talles, décrit par plusieurs auteurs (ODA et KOYAMA, 1961, FRIEND, 1965), reste identique pour les deux cultivars étudiés, et ne varie pas avec les traitements appliqués. Différents comptages foliaires, opérés sur l'ensemble des talles présentes chez des plantes extraites de situations distinctes, ont montré que les variations du niveau de tallage (décrites en 23112) sont simplement dues à une interruption plus ou moins rapide de la séquence suivante, sans modification de celle-ci :

$T_0, T_1, T_2, T_{11}, T_{31}, T_{21}, T_{12}, T_{22}, T_4, T_{111}, T_{211}, T_{31}, T_5,$
 $T_{112}, T_{32}, T_{212}, \dots$

avec T_0 = brin-mâitre

T_i = numéro d'ordre des talles primaires

T_{ij} = numéro d'ordre des talles secondaires issues de la
 talle primaire i .

T_{ijk} = numéro d'ordre des talles tertiaires issues de la
 talle secondaire j , issue de la talle primaire i .

Dans les traitements occasionnant les plus fortes valeurs de tallage herbacé (Maris-Hunstman, forte fumure et faible densité, 1977), aucune talle d'ordre quatre (dite quaternaire) n'est apparue. Par contre, à ces talles de feuilles, il faut ajouter l'émission, non systématique, de talles de coléoptile, qui concerne, pour la seule variété Maris-Huntsman, au plus trois plantes sur cent. Leur survivance ultérieure n'est intervenue qu'à faible densité (50, 110 plantes par m²), mais, dans ce cas, il apparaît sur celles-ci des talles secondaires de coléoptile, dont très peu forment un épi.

23112 Approche dynamique du processus.

La figure(II)16) indique l'enveloppe maximale des courbes temporelles concernant le déroulement du phénomène. Dans la surface comprise entre ces deux traitements extrêmes, existe toute une gamme de tracés différents, dont l'ensemble des caractéristiques (représentées figure II 19) peut être résumé en deux traits majeurs qui sont :

- la date d'acquisition du tallage herbacé maximum.
- la forme de la courbe de réponse.

231121 - Date d'acquisition du tallage herbacé maximum.

Sur la figure (II 17), les courbes s'interrompent à la date du dernier prélèvement effectué avant le début de la décroissance du tallage, soit au moment du tallage herbacé maximum. Il apparaît que cette date sera d'autant plus précoce que la densité est forte, l'écart étant très fort en seconde année (20 jours environ) entre peuplement extrêmes.

Le décalage temporel dans le début de la régression des talles doit être rapproché de l'avance stadiale de montaison, mise précédemment en évidence dans les peuplements denses (voir 212). Si cette observation ne permet pas de conclure sur les deux hypothèses possibles (hormonale et trophique), susceptibles de régir le phénomène de la régression des talles, elle conforte les conclusions déjà données sur la date physiologique réelle d'apport de l'azote montée (cf. conclusions du chapitre 21). En effet, apporter à date fixe cet élément fertilisant entraîne, pour la plante, des conséquences distinctes selon le stade réel du traitement considéré. Ainsi, plus la montaison et la régression sont tardives (faible densité, variété Maris-Hunstman, année 1978), plus cette fertilisation favorisera le tallage maximum. Le tableau suivant indique la gamme de ses effets possibles sur le tallage maximum :

Dose azotée	Densité de semis (Maris Huntsman, 1977)				Variété (1978)		Année (M-H, D ₁)	
	D ₁ (1)	D ₂ (1)	D ₃ (1)	D ₄ (1)	CA (2)	MH (2)	1977	1978
0 unité	8.4	4.7	4	2.2	6.5	8.6	8.4	8.6
60 unités montée(3)	8.3	5.0	4.2	2.2	6.6	9.6	8.8	9.6

(1) Densités 50, 130, 210, 290 plantes par m² ; (2) CA = Champlain ; MH = Maris-Huntsman ; (3) L'apport a été réalisé dans tous les cas le 20 Avril, donc à date fixe.

Ainsi, les retards stadiaux engendrés par le climat (effet année, voir 232), par la variété, et aussi par les effets de groupe ("coopération", voir 123), sont d'une très grande importance, malgré leur relative amplitude pour attribuer une signification physiologique aux apports azotés réalisés en "début montée".

231122 - Forme de la courbe de réponse temporelle.

1 - Description

L'aspect du tracé graphique (tallage-date) indique, que, pour les quatre situations créées (2 variétés x 2 années), l'allure générale varie du type exponentiel à la droite horizontale, en passant par la forme logistique.

Or, en l'absence de tout facteur limitant (FRIEND, 1965), la constance du milieu engendre une régularité de l'émission foliaire, donc du taux d'accroissement (R), mesuré, selon FRIEND, par l'expression :

$$R_{(TT')} = \frac{(\text{Log } N_T - \text{Log } N_{T'})}{(T - T')}$$

N_T = niveau du tallage au temps T

R_(TT') = taux d'accroissement entre les temps T et T'.

La constance de ce taux d'accroissement explique la forme exponentielle de la courbe, mais, plus la situation est limitante (figure II 17) et plus ce taux décroît rapidement au cours du temps, transformant le segment de courbe d'exponentielle en courbe logistique, voire en droite (taux nul).

Ainsi, indépendamment de la date d'arrêt du processus (tallage maximum), la surface comprise, pour chacune des quatre situations, entre la courbe référence (faible densité-forte fumure et son propre tracé) quantifie la résistance croissante du milieu (RAMADE, 1973), lorsque les objets (azote, lumière...) de la compétition se raréfient pour chaque individu.

2 - Recherche de formulation

Une première tentative de représentation mathématique

simple de cette surface peut être obtenue, en assimilant chaque courbe à une portion de droite, tout en sachant que cette approximation est d'autant plus fautive que le traitement n'est pas limitant du processus.

Ainsi, à titre d'exemple, le tableau suivant donne l'évolution de la pente (tallage-jours depuis la levée) pour Champlein (1977) et lorsque la compétition s'accroît.

Densité de semis (1)	Apport tallage (2)	Pente de la "droite" (tallage-jours depuis la levée)
50	0	0.00520
	60	0.1752
130	0	0.0034
	60	0.0825
290	0	0.0002
	60	0.0015

(1) en plantes par m².

(2) en kg N par ha.

En fait, la quantification précise de la résistance du milieu passe par la modélisation du phénomène ; celle-ci nécessiterait une fréquence accrue de prélèvements. En vue d'affiner la caractérisation du type de courbe, on peut songer à une détermination progressive de la forme la plus explicative par situation, ou bien à la recherche du moment où chaque courbe se sépare de la courbe exponentielle de référence (méthode de l'arbre).

En conclusion, le tracé graphique des courbes évolutives de tallage nous renseigne sur le degré approximatif de la compétition selon le traitement créé. L'impossibilité de modéliser la dynamique du phénomène (manque de temps et de prélèvements) nous conduit à typer la pression de concurrence par le niveau final du phénomène, qui, d'ailleurs, détermine, pour une bonne part, la forme de la courbe entière.

Néanmoins, avant de préciser le tallage herbacé maximum, il apparaît intéressant (selon la méthode déjà employée lors de l'évolution temporelle du poids sec total par unité de surface, voir 2222), du moins pour l'année 1978 (présence de répétitions statistiques), de typer la courbe de réponse par date de prélèvement, liant le tallage à la densité et la dose azotée.

23113 Fonction de tallage par date de prélèvement.

231131 - Selon la densité.

La date d'apparition d'un effet significatif de la densité sur le tallage par plante est certainement un point très intéressant, puisque révélateur du début de la compétition entre pieds : celle-ci apparaît le vingt Mars 1978, et se traduit par une décroissance linéaire de la ramification avec la densité croissante. Mais, dès début Avril, la courbe est parabolique. Il est intéressant de noter que la compétition se traduit beaucoup plus tôt (3 semaines) sur la ramification que sur le poids sec à l'unité de surface.

Durant cette campagne (1978), la pente aux faibles densités (coefficient b) et la courbure aux fortes doses (coefficient c) sont beaucoup plus élevées pour Champlein que pour Maris Huntsman. En revanche, le tallage potentiel (qui correspond à une densité presque nulle) ne diffère pas selon la variété, ce qui indique une probable limitation pour la variété anglaise, au niveau potentiel généralement plus élevé.

231132 - Selon l'apport azoté.

L'effet de l'azote apparaît aussi dès le vingt Mars pour Champlein, mais seulement début Avril pour Maris Huntsman, la liaison étant alors linéaire (sauf une date pour Champlein). Dans l'ensemble, la pente est beaucoup plus forte pour la variété française, résultat inverse du cas général, ce qui traduit aussi l'intervention d'un facteur limitant sur Maris-Huntsman.

23114 Effet de la compétition sur le tallage maximum.

Avant de rechercher des explications (climat, objets de la compétition) à l'intensité du phénomène, nous allons présenter les niveaux finaux atteints selon le traitement considéré.

231141 - Importance du "pic" de tallage herbacé.

Au sein de chaque situation (variété x année), la variation du niveau individuel de tallage herbacé maximum, selon les doses de semis et la fourniture azotée (apport tallage) est importante (figure II 20) ; par exemple, le rapport de tallage atteint la valeur de neuf entre les cas extrêmes (D₄-O_N D₁-60N), pour Maris Huntsman, en 1977.

La comparaison intersituation indique une plus forte potentialité de tallage jugée sur les traitements peu limitants, pour la variété Maris Huntsman que pour Champlein (ce qui confirme le tableau d'aptitudes donné en annexe (figure C 4)). Mais le premier cultivar n'a extériorisé ses possibilités qu'en première campagne (1977), alors qu'en 1978, la valorisation des apports azotés a été inférieure.

Mais, quelle que soit la situation considérée, la décroissance de l'effectif maximum de talles par plante s'effectue selon des courbes paraboliques ou logarithmiques, fonctions de la densité de semis et parallèles entre elles pour le niveau azoté (sauf pour le témoin O N de Champlein 1977, qui constitue une exception non expliquée). La valorisation d'un apport de trente unités supplémentaires décroît avec le niveau azoté d'origine (écart supérieur entre 0 et 30 qu'entre 30 et 60 unités), sauf pour Maris Huntsman 1977.

En définitive, le niveau potentiel maximum (obtenu pour une densité presque nulle), caractéristique du cultivar, peut être obtenu en prolongeant la courbe du tallage "soixante unités", en 1977 pour Maris Huntsman et, en 1978 pour Champlein. Ainsi, l'extrapolation de la droite de régression (log. (tallage) - Densité) (figure II 20) conduit (avec densité D = 0) aux valeurs potentielles respectives de 23.2 et 14.0 talles par plante, la première étant sûrement sous-estimée puisque la valorisation de l'apport azoté ne décroît pas pour Maris Huntsman.

231142 - Recherche des facteurs régulateurs du milieu (mis en cause).

La complexité d'action du milieu s'exprime confusément dans la diversité des formes fournies par les courbes de réponse selon les situations culturales créées. Nous allons essayer de ventiler les facteurs du milieu selon deux grands groupes, approche simplificatrice mais nécessaire :

- les objets de compétition, agissant par gradient.
- les agents généraux du climat limitant le processus quelle que soit la technique culturale.

1 - Recherche de la nature des objets impliqués dans la compétition

L'effet "densité de semis" est susceptible de traduire la raréfaction

simultanée de la lumière et la disponibilité en azote par plante. Au cours du tallage, la compétition intervient surtout sur le rang, eu égard au faible taux de couverture de l'inter-rang. L'eau n'est jamais, en conditions françaises, un facteur limitant par défaut, tandis que la fourniture minérale azotée peut le devenir (faible reliquat, lessivage dès Janvier,...).

Pour mettre en évidence l'action spécifique de la fourniture azotée, nous avons estimé la disponibilité en cet élément, pour chacun des traitements étudiés, compte tenu du reliquat en azote minéral du sol, révélé par l'analyse (Annexe C).

Densité :	1977				1978			
Potentiel +Dose :	50 (1)	130	210	290	50	120	250	400
40 + 0 ⁽²⁾	0.800 ⁽³⁾	0.308	0.190	0.138	0.800	0.333	0.16	0.100
40 + 30	1.400	0.538	0.333	0.241	1.400	0.583	0.280	0.175
40 + 60	2.000	0.769	0.476	0.344	2,000	0.833	0.400	0.250

(1) en plantes par m2 ; (2) en kg/ha ; (3) en grammes par plante.

Pour établir la correspondance du tableau précédent, la teneur en nitrates a été estimée à quarante unités à l'hectare, à partir de profils atténués (Annexe C), pour les deux années. Cette valeur semble sous-estimée en première campagne, car le taux a diminué fortement pendant la période considérée. Signalons qu'il est illusoire de typer la disponibilité azotée du sol par une valeur fixe, mais son intégration temporelle, sur la période d'absorption, reste très complexe à conduite.

La disponibilité moyenne en azote par plante s'obtient par la formule suivante :

$$D_i = \frac{P + A}{D_e} \text{ avec :}$$

D_i = disponibilité par plante (en grammes)
 P = contenu du sol (kg/ha)
 A = dose de l'apport azoté au tallage(kg/ha)
 D_e = densité à la levée (en plantes/m2)

Avec une telle représentation des effets densité et dose azotée (figure II 2'), la liaison (tallage maximum-fourniture) apparaît, par situation, très nette.

En d'autres termes, pour le phénomène du tallage, l'action de la densité se comprend essentiellement par la réduction de la fourniture azotée qu'elle engendre. Ceci explique la régularité des quatre courbes obtenues (figure II 21), les quelques exceptions, d'ailleurs mineures (sauf le témoin O de Champlein 1977, déjà signalé), peuvent recevoir deux interprétations complémentaires :

- la densité de peuplement modifie la disposition relative des talles et peut changer l'accessibilité de l'élément azoté (dont on admet que la mobilité maximum est de 10 cm, MANICHON). En maille lâche, le nombre

de talles s'accroît, celles-ci étant dépendantes, pour leur alimentation, du même système racinaire (celui du brin-maître).

- la lumière peut exercer une certaine action, notamment à forte densité où le recouvrement du sol intervient plus rapidement (BREMNER, 1964).

2 - Intervention d'autres aspects du milieu :

La comparaison des quatre courbes (tallage maximum-fourniture azotée), correspondant aux situations (variétés-années), permet d'appréhender l'incidence d'autres agents du milieu, une fois l'alimentation azotée retirée (figure II 21).

- Influence du cultivar

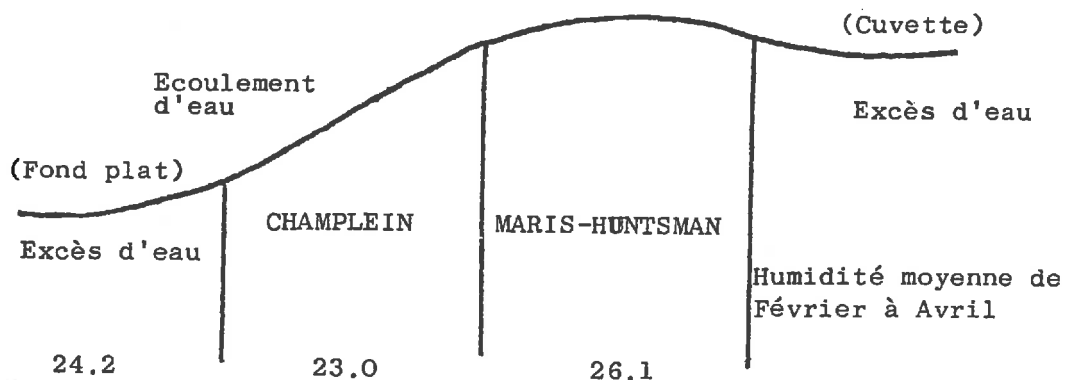
Les deux variétés diffèrent profondément par leurs potentialités respectives de tallage : lorsqu'aucun facteur limitant majeur n'est intervenu, celui-ci s'est totalement exprimé ; c'est le cas pour Champlein, en 1978, et Maris Huntsman, en 1977. A cette différence de possibilité, déjà signalée (cf. 231131), il faut ajouter, pour ces deux mêmes situations, la plus grande aptitude du second cultivar à mieux valoriser, pour ce phénomène, l'augmentation du niveau de la fourniture azotée (dose optimum plus élevée).

- Influence de la durée de ramification

La comparaison des deux campagnes pour la variété Champlein montre un accroissement, en 1978, de l'ordonnée à l'origine, mais non de la pente de la droite (tallage-fourniture azotée). La cause de cette meilleure efficacité doit être recherchée dans le retard temporel (environ 20 jours, cf. 231121) la réalisation du tallage maximum. Ce délai a prolongé le phénomène au-delà même du stade B, considéré pourtant comme marquant l'arrêt de toute ramification (bibliographie).

- Influence de l'excès d'eau superficiel

Le retard dans le tallage maximum s'étant manifesté aussi pour Maris Huntsman, en 1978, on devrait retrouver le même comportement. Or, la comparaison entre les deux campagnes montre qu'il n'en est rien : au contraire, aux fortes disponibilités azotées, l'efficacité est bien plus faible en 1978. Ceci est certainement dû à l'excès d'humidité du sol au cours de la période hivernale, elle-même liée à la position topographique occupée par Maris Huntsman (cf. schéma ci-dessous).



Ainsi, comme nous l'avons signalé dans l'annexe A, la stagnation hivernale d'eau fut très conséquente sur la variété anglaise et moins importante sur son homologue française (résultats fondés sur l'examen des transects d'humidité et les notations relatives au jaunissement du végétal).

Conclusions sur l'importance du phénomène de tallage herbacé.

L'investigation sur le processus du tallage herbacé nous conduit à établir un certain nombre de faits, dont le chapitre suivant cherchera à expliquer la signification.

La compétition entre plantes pour l'azote est très vive et se traduit par des niveaux finaux très distincts, résultant de dynamiques d'évolution différentes, selon la disponibilité en cet élément. L'augmentation de la densité de peuplement réduit essentiellement la fourniture nitrique par plante, sans que la lumière intervienne directement. Par contre, la densité possède une action indirecte, en accélérant la montée du brin-maître (cf. 211) et donc la régression herbacée. Il s'en suit que l'apport à date fixe de l'azote "montée" correspond, en fait, à des stades physiologiques distincts ; ainsi, plus le peuplement-origine est faible, plus cet apport azoté risque d'intéresser la phase de tallage herbacé et donc de stimuler ce processus.

2312 - RECHERCHES D'EXPLICATIONS.

Le processus de tallage est commandé par deux phénomènes principaux (bibliographie) :

- l'émission foliaire.
- la levée des inhibitions apicales, qui renvoie au problème des relations entre talles.

23121 Description de l'émission foliaire.

L'émission foliaire enregistrée à l'échelle de la plante entière, résulte des apparitions imbriquées des talles et des feuilles : aussi, avons-nous préféré, en plus de la grande rapidité de cette technique, quantifier le phénomène sur le brin-maître que le tallage n'influence pas.

231211 - Recherches de normes écologiques.

L'indice héliothermique, défini par GESLIN (1944) ($I = \text{température} \times \text{rayon-global}$), apparaît plus déterminant pour caractériser sur nos deux campagnes (qui, par ailleurs, diffèrent peu entre elles), le phénomène de la température (figure II 22). En effet, la courbe de réponse (somme thermique-nombre de feuilles) semble pouvoir être scindée en deux segments, avec le stade "trois feuilles" pour articulation. Avant ce stade, la formation d'une feuille exige 180-200° C, valeur bien supérieure à celle citée habituellement (HOUDARD, 1978), mais, ensuite, la pente augmente et la somme de température requise n'est plus que de 80-90° C, valeur plus proche de la norme communément admise. Cette séparation devient moins nette lorsque le rayonnement est pris en compte.

Quels que soient les critères retenus (température, indice héliothermique), la meilleure liaison s'obtient en sommant ces indices depuis le semis et non depuis la levée, au contraire de la matière sèche (voir 211). Cette différence s'explique vraisemblablement par la présence de trois feuilles déjà initiées dans le caryopse (PERCIVAL, 1920) : celles-ci s'allongent durant la phase (germination-levée), alors que le poids sec ne s'accroît qu'une fois la percée du sol réalisée.

Du fait de l'homogénéité de réponse des deux campagnes face aux facteurs climatiques cités plus haut, il s'ensuit que la seconde année (1978) présente sur la première (1977) un net retard foliaire sur le brin-maître, dû autant au déficit thermique que lumineux (voir annexe A). Ainsi, la réali-

tion du stade "quatre feuilles", qui marque le début du tallage actif, accuse un retard d'environ quinze jours en 1978 (figure II 22).

Il nous faudra alors rechercher dans l'examen des relations entre talles pourquoi ce retard d'émission foliaire sur la tige principale n'a pas entraîné un moindre tallage en 1978 (surtout pour Champlein).

231212 - Influence du régime de compétition.

La comparaison précédente porte sur le traitement le moins limitant à l'échelle individuelle en ce qui concerne la fourniture azotée (D1), car c'est le seul qui offre une évolution linéaire (figure II 23). En effet, plus cet élément se raréfie (voir ainsi tableau 231132-1), moins l'émission foliaire sur le brin-maître est rapide : ce fait indique donc que, outre les facteurs climatiques, l'alimentation azotée constitue un agent déterminant du phénomène.

Ainsi, en raison de cette émission séquentielle, il découle qu'un décalage stadial maximum d'environ sept jours existe entre traitements extrêmes (voir tableau de la figure II 23), entraînant, vraisemblablement, un tallage plus précoce en conditions moins limitantes.

Néanmoins, au maximum du tallage, peu d'écart importants subsistent ; en effet, un net rattrapage intervient pour les traitements les plus limitants.

231222 Relations entre talles.

Appréhender le degré de dominance apicale reste assez complexe, puisqu'un pied de Blé peut, a priori, être considéré comme la juxtaposition d'ensembles imbriqués, constitués par l'association (talle mère-talle fille) (GILLET, 1971). Celle-ci peut, néanmoins, être approchée par les deux voies suivantes : le nombre de feuilles sans talles et la croissance pondérale selon la catégorie de tige.

231221 - Etude du nombre de feuilles du maître brin dépourvu de talles.

L'évolution temporelle de cet indice peut constituer un moyen de mesurer la dominance apicale (FRIEND, 1965). Lorsque cette dernière s'élève, les bourgeons des talles, inhibés, ne se développent pas, ou avec du retard.

Nous nous sommes intéressés au seul cas de dominance du brin-maître vis-à-vis de ses talles primaires (figure II 24). Le nombre de feuilles privées de talles primaires visibles suit, dans l'ensemble, une loi différente de celle trouvée pour le nombre total de feuilles. Ainsi, ce nombre est plus fort en première année (1977), pour les deux cultivars, et en régime de forte compétition azotée (aucune fertilisation azotée au tallage). Par contre, il apparaît systématiquement plus élevé pour Champlein, dont l'aptitude au tallage est plus faible, que pour Maris Huntsman. Il reflète bien en l'occurrence la différence de comportement illustrée par une dominance apicale plus marquée pour Champlein.

En définitive, ce premier critère de dominance apicale (sur le brin-maître) nous indique déjà comment, malgré une émission foliaire plus lente au cours de la seconde campagne, Champlein (problème de l'excès d'eau pour Maris Huntsman) présente un tallage au moins aussi fort en 1978. Les conditions climatiques ont engendré une moindre domination du brin-maître sur ses talles latérales. Ce schéma demanderait, évidemment, à être vérifié pour les talles secondaires.

231222 - Etude de la croissance pondérale selon la catégorie de tige.

Il est également possible de quantifier le degré de dominance apicale, en comparant les accroissements relatifs de poids sec selon le numéro d'ordre de la talle considérée (figure II 25). Cette approche conduit à des résultats similaires à ceux de la représentation précédente pour les comparaisons entre situations. La seconde campagne et la variété fourragère of-

frent une dominance du brin-maître sur les talles primaires ou secondaires respectivement moins élevée que la première année et la variété française. Par contre, aucun effet de la technique culturale n'a pu être décelé sur chacune des quatre situations.

Enfin, l'évolution temporelle indique une augmentation, vers le début de la montée, de la dominance du brin-maître ; cette modification a déjà été décrite par JONARD (1964) qui montre l'existence, à cette période, d'une vitesse sélective de croissance selon le type de tige.

CONCLUSIONS SUR LA RECHERCHE D'EXPLICATIONS.

La fourniture azotée accélère l'émission foliaire et réduit l'inhibition axillaire, ce qui explique son action prépondérante sur le rythme du tallage herbacé. Par contre, les différences perçues sur ce dernier phénomène entre les deux années proviennent des effets inverses des facteurs climatiques sur les deux premiers phénomènes.

En 1978, le déficit de Janvier en température et en lumière a ralenti l'émission sur le brin-maître, mais la dominance apicale de cette tige a été moins marquée.

CONCLUSIONS SUR LE TALLAGE HERBACE

1 - Étudiée à l'échelle de la plante, cette composante livre plusieurs faits intéressants.

Le déficit azoté du milieu limite l'émission foliaire et accroît la dominance apicale, modulant, dans des proportions très importantes, l'expression du potentiel variétal de tallage. Ainsi, l'influence des deux techniques culturales étudiées se comprend, essentiellement, dès que l'on se réfère au niveau de la fourniture azotée par plante. Placées dans les mêmes conditions, les deux variétés étudiées n'ont pas, pour le tallage, la même efficacité azotée : Maris Huntsman admet une dose optimum plus élevée que Champlain. Pour ce dernier cultivar, la meilleure valorisation, observée en 1978, pour cet élément, s'interprète essentiellement par un délai plus long de la phase de tallage (environ trois semaines par référence à la date de réalisation du maximum de tallage). La phase de régression herbacée montrera l'importance fondamentale de ce décalage, dont nous rechercherons la cause climatique.

2 - Exprimé à l'unité de surface, le peuplement en talles livre un premier jeu de compensations (figure II 26) ; ainsi, le coefficient de variation décroît de moitié environ, entre les peuplements en plantes et en talles herbacées (environ 65 % au semis, contre 35 % à la fin du tallage). Ce premier ajustement de la plante aux potentialités du milieu, par le biais de déformations plastiques, se traduit aussi dans le tracé curviligne qui relie peuplement en talles et dose de semis ; pour la moitié des situations étudiées (Champlain 1978, Maris Huntsman, 1977), à partir d'un certain niveau, l'augmentation de la densité de semis accroît peu ou pas le peuplement en talles.

Néanmoins, la corrélation moyenne entre la population de talles herbacées et le rendement final en grains ($r^2 \approx 0.50$) laisse à penser que la structure de constitution de celle-ci en module grandement le devenir.

232 LA REGRESSION HERBACEE.

La disparition d'éléments herbacés, peu étudiée dans son aspect dynamique (bibliographie) ne concerne que les talles latérales ou, très occasionnellement, un brin-maître avorté. En effet, l'observation individuelle des plantes (cf. 125) a révélé que la disparition intégrale d'un individu n'intervient, dans les gammes de densités étudiées, que dans des proportions négligeables (moins de une plante sur cent). Ainsi, la régulation de peuplement par ce processus ne concerne que la disparition de talles, non de plantes.

2321 - IMPORTANCE QUANTITATIVE DE LA REGRESSION.

La différence entre les tallages herbacé et épi, rapportée au tallage herbacé, permet de préciser l'influence des différents facteurs, maîtrisés (cultivar) ou non (année...) (figure II 27).

23211 Rôle de la situation (année X cultivar).

Pour les deux années, Maris Huntsman réduit son peuplement de talles environ une fois et demie plus que Champlein, ce qui constitue un fait surprenant. Lorsque son potentiel de ramification herbacée n'est pas limité (excès d'eau en 1978, voir 231131), Maris Huntsman met donc systématiquement en place un nombre excessif de talles, appelées à disparaître. Nous verrons, ultérieurement, que cette "hémorragie" (en nombre) provoque un tallage épi en définitive plus faible que pour Champlein.

Pour ces deux cultivars, les deux campagnes diffèrent assez nettement : en 1978, l'effet de la modalité azotée est beaucoup plus réduit, essentiellement en raison d'une moindre régression pour les apports faits début tallage (un apport de 60 unités à cette époque provoque chez Champlein une disparition de 63 % des talles en 1977 et seulement 50 % en 1978).

23212 Influence de la technique culturale.

L'apport azoté (figure II 27), surtout en première année, engendre les principales variations (de 20 % à 70 % pour Champlein). Pour cette campagne, les modalités se rangent dans l'ordre décroissant suivant : apport au tallage, témoin, apport à la montée, pour les deux cultivars. En 1978, par contre, cette hiérarchie se vérifie surtout à faible densité, et pour Maris Huntsman. Les deux campagnes diffèrent d'ailleurs profondément pour le comportement de l'azote "montaison" : cette modalité, en 1977, préserve plus de talles que les autres fertilisations, quel que soit le cultivar, et ce d'autant plus que la dose est élevée. En revanche, en 1978, cet effet ne se retrouve pas, sauf aux fortes densités.

La régression des talles est plus influencée par le niveau de l'apport azoté, à densité donnée, que par le niveau de densité, à apport azoté donné (20 % environ). En général, à partir de deux cents plantes par mètre carré, le taux de régression ne croît plus et peut même diminuer aux fortes densités, en raison de la présence, principalement, de brins-maîtres qui ne disparaissent pas.

2322 - RECHERCHES EXPLICATIVES.

23221 Dynamique du phénomène.

232211 - Description.

Le décompte, sur les placettes de prélèvements, des talles jaunissantes permet d'approcher, assez grossièrement, le rythme de mortalité

des talles. Cette technique présente l'inconvénient, quand le processus se termine, de sous-estimer la quantité finale, car un certain nombre de talles jaunes vient à disparaître.

Malgré son imperfection, cette approche révèle un net effet de l'année : la régression herbacée ne débute que fin Avril en 1978, soit environ vingt jours plus tard qu'en 1977, cet écart étant vrai pour les deux cultivars (figure II 28). Cette différence de comportement, signalée lors du tallage herbacé, mérite une recherche de ses causes, au travers du climat des deux années.

Enfin, pour les quatre situations (années x cultivars), les deux traitements créant le plus grand écart de précocité (cf. 211) extériorisent un fort décalage dans la vitesse de régression de leurs talles, écart réduit pour l'année tardive (1978), surtout pour Champlein (11 contre 26 jours).

232212 - Causes climatiques de l'effet année.

Le décalage mis en évidence pour les dates d'acquisition du tallage maximum, et la vitesse différentielle de régression des talles herbacées, doivent trouver leur cause dans un déficit d'un des principaux facteurs climatiques (température, lumière). GESLIN (1944) a mis en évidence l'effet bénéfique des faibles températures du sol sur la montée ; celles-ci atténuent la compétition intraplante et permettent l'allongement de plus nombreuses talles.

Entre 1977 et 1978, la différence porte, au plan climatique, essentiellement (figure A₃ et A₄ de l'annexe A), sur l'éclairement ; en effet, pendant un mois, de part et d'autre du stade montée, soit les vingt Mars et Mai, existe un important déficit lumineux en 1978. Ainsi, pendant cette période, l'énergie incidente au sol excède une fois et demi celle de 1977 (473 Mega-joules/m² contre 320) et la durée d'éclairement double pratiquement (210 heures contre 108).

Cette différence d'ensoleillement étant la seule distinction climatique importante lors du début de la montée, il nous faut émettre l'hypothèse que cet aspect du climat, limitant la photosynthèse, plus que le développement, amoindrit la dominance apicale, surtout pour Champlein, et restreint la régression herbacée. Comme ce déficit intervient assez précocement (mi-Mars, mi-Avril), on comprend pourquoi son effet bénéfique s'observe plus sur Champlein que sur Maris Huntsman, variété plus tardive.

2333 - DESCRIPTION DES ALLONGEMENTS REGRESSANT.

Peu d'études ont porté sur la description des talles destinées à disparaître. BREMNER (1964) signale qu'un certain nombre d'entre elles s'allonge, puis disparaît, celles-ci faisant généralement partie des derniers éléments ramifiés, qu'ils soient ou non en cours d'allongement.

23331 Hauteur de tige au début du jaunissement.

En raison du retard dans la vitesse de disparition des talles, lié à l'année (1978), au cultivar (Maris Huntsman), et à la technique culturale (faible densité, apport azoté début montée), la hauteur de tige au début du jaunissement est d'autant plus faible que la situation est plus précoce (figure II 29) : en particulier, la plupart des talles, présentes au pic de tallage, deviennent reproductrices (des apex n'ont pas pu être repérés sur seulement 30 % des tiges disparaissant en 1977 et 15 % en 1978). Par contre, parmi les talles reproductrices appelées à régresser, certaines ont atteint, en 1977, soixante centimètres, avant de disparaître : ces allongements, pris dans les faibles peuplements, commencent à jaunir alors que l'épiaison de la population est acquise et leur propre épi bien formé.

23332 Nature des éléments regressant .

L'absence de notation précise (marquage par twist coloré...) de l'ordre d'émission des diverses catégories de talles, empêche de décrire, avec sécurité, leur devenir.

Néanmoins, en 1977, une étude complète sur la hauteur d'apex de l'ensemble des talles fut réalisée, pour quelques lots, choisis parmi les plus différents (figure II 30).

Celle-ci indique l'importante dispersion stadiale au sein d'une plante. En outre, la figure (II 30) montre à l'évidence que la ventilation des talles, opérée selon le format (= nombre de feuilles) des talles, correspond bien à celle effectuée selon la hauteur de leur apex.

2334 - RECHERCHES DES OBJETS DE LA COMPETITION AU COURS DE LA REGRESSION.

La phase de régression herbacée constitue le second processus, après le tallage, d'ajustement abordé dans ce travail. Cette suite chronologique explique que la meilleure description (à notre disposition) du processus réside en une quantification de la fourniture azotée par talle, au maximum de tallage herbacé. Une représentation plus performante de l'efficacité azotée résiderait probablement dans l'intégration temporelle de la dynamique de régression et du contenu minéral azoté du profil. Néanmoins, le choix adopté livre quelques explications intéressantes.

23341 Influence de la fourniture azotée.

233411 - Engendrée par la densité et l'apport au tallage.

Le pourcentage de talles disparaissant par rapport à celles présentes au maximum de tallage est, par couple (année x cultivar), lié négativement à la disponibilité en azote minéral par talle (figure II 31). Ce résultat indique l'intervention d'une forte compétition entre talles pour cet élément. Néanmoins, au-dessous d'un certain niveau (variable selon l'année), le taux de régression ne varie plus, en raison de la présence des seuls brins-mâtres, qui ne disparaissent pas. Cette inflexion de la droite de régression constitue une preuve indirecte de l'intervention dans la plante de la concurrence azotée.

233412 - Engendrée par l'apport à la montaison.

Les remarques précédentes concernent l'effet de la disponibilité azotée, créée par la dose de semis et l'apport azoté au tallage. La fertilisation à la montée ne peut être expliquée par la seule compétition, son influence se comprenant, essentiellement, par sa date physiologique d'apport, fonction indirecte du peuplement (avance stadiale des forts peuplements et apport à date fixe).

23342 Efficiences azotées selon l'année et le cultivar.

La comparaison des droites précédentes (figure II 31) prouve, à l'évidence, que l'effet de l'année se traduit, pour les deux cultivars, par un abaissement général de l'ordonnée à l'origine en 1978. En définitive, la réduction d'énergie lumineuse en début de montée doit avoir provoqué une réduction de la dominance apicale (intra-plante), avec pour conséquence une meilleure efficacité azotée.

Il est intéressant de constater que cet effet est plus prononcé sur la variété la plus précoce (Champlein), sûrement en raison de la date d'intervention du déficit lumineux. Par contre, la plus forte régression, notée sur les deux ans, de Maris Huntsman, semble pouvoir s'expliquer parfaitement par le plus fort tallage potentiel de ce cultivar.

L'ensemble de ces interprétations se trouve synthétiser la très forte corrélation, par situation entre taux de régression et peuplement maximum

en talles par unité de surface ($r^2 \rightarrow 0.770$ H. S.).

CONCLUSIONS SUR LA REGRESSION HERBACEE

L'analyse de ce second processus, conduisant au peuplement-épis montre sa grande dépendance de la compétition entre talles herbacées (ou futures tiges). Celle-ci dépend en particulier :

- de la fourniture azotée par talle :

A travers cette dépendance, se dessine un premier type de relations entre composante : tout facteur accroissant le tallage herbacé augmente aussi la régression ultérieure de ces talles, par épuisement en azote du milieu. Mais cette relation peut être modifiée par un apport azoté début montée, dont l'influence relative sur les deux processus (tallage et régression) dépend de la date physiologique d'apport.

- de la dominance apicale

Toute cause ralentissant le développement du brin-maître augmente le taux de survie des talles latérales (dont la plupart commencent au moins à s'allonger) : en 1978, le retard dans le début de la régression, dû, vraisemblablement, au déficit lumineux précoce, s'est accompagné d'une limitation du nombre de talles disparaissant. Nous allons voir que cette moindre régression a engendré un fort peuplement-épis.

233 PEUPEMENT-EPIS.

Dans ce dernier chapitre se trouvent résumés les grands traits des tendances observées lors des deux années d'étude, et son intérêt se justifie par l'importance généralement accordée à la densité-épis. Nos propres résultats vont confirmer ce fait.

2331 - METHODE D'ESTIMATION.

Le nombre d'épis à l'unité de surface a été déterminé, pour les deux campagnes, par dénombrement, au sein de chaque parcelle, des épis présents sur deux rangs, longs chacun de cinq mètres.

Cette longueur (10 mètres linéaires) a été choisie en fonction de l'expérience acquise lors de l'étude méthodologique effectuée dans le cadre du contrat "bocage". Il convient de noter que l'idéal résiderait en la prise en compte de l'ensemble des rangées présentes dans un passage de semoir (six rangs de six mètres chacun). En effet, cette surface correspond à une entité précise de semis, pour laquelle le nombre initial de grains est parfaitement connu (suppression des effets rangs et segments, cf. lll). Mais, outre sa lenteur, cette méthode présenterait l'inconvénient d'intéresser des plantes ayant crû à proximité des allées, et donc en conditions très peu limitantes. Enfin, l'analyse de la répartition des plantules à la levée ayant révélé essentiellement un effet "segment" dû au semoir, la prise en compte de l'ensemble des six rangs n'aurait, sans doute, pas apporté une précision supérieure.

2332 - INFLUENCE DE LA SITUATION (ANNEE, ET CULTIVAR).

Pour les deux cultivars, le peuplement-épis est nettement plus fort en 1978 : en effet, la valeur potentielle déduite de l'équation appliquant à celui-ci (obtenue à densité de semis presque nulle, voir figure II 33), est doublée pour Champlain, et s'accroît de cinquante pour cent pour

Maris Huntsman (figure II 32).

Cette divergence fondamentale entre les deux années provient, essentiellement, de la moindre régression herbacée observée en 1978, elle-même, sans doute, liée au déficit lumineux survenu de part et d'autre du stade B (voir 232212). A travers cet effet sur le peuplement-épis, on imagine déjà la répercussion de cette moindre régression sur le rendement en grains.

C'est aussi la plus faible disparition de talles latérales qui explique, à technique culturale fixée, les plus fortes valeurs observées pour Champlein; en moyenne, cette variété met en place soixante-cent épis de plus que Maris Hunstman.

2333 - INFLUENCE DE LA TECHNIQUE CULTURALE.

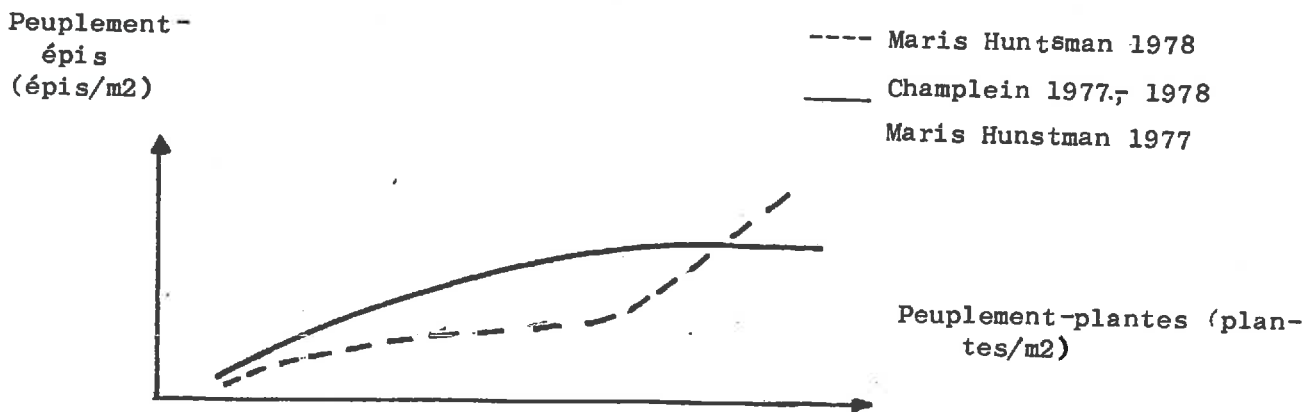
Pour l'ensemble des quatre situations étudiées (2 variétés x 2 années), les comptages ont été réalisés sur la totalité des rangs de la parcelle, permettant ainsi quatre dépouillements statistiques (figure II 33). L'absence d'interaction significative nous autorise à présenter les résultats par technique culturale.

23331 - Peuplement origine.

D'une façon générale, dans l'intervalle étudié (50-300 plantes/m² en 1977, 50-400 plantes/m² en 1978), l'augmentation du peuplement-épis avec la dose de semis s'ajuste au mieux avec une forme parabolique. Mais, pour Maris Huntsman, en 1978, l'ajustement suppose une composante cubique, qui rend, par ailleurs, les calculs de la fonction très compliqués. Cette divergence, pour cette situation, se comprend par le double mécanisme conduisant au peuplement épi:

$$\text{Nombre épis/m}^2 = \text{nombre plantes/m}^2 \times \text{nombre épis par plante}$$

La forme parabolique traduit la diminution progressive du tallage-épi par plante, avec la pression de concurrence, que compense alors toute augmentation du peuplement initial. Mais à partir d'un certain niveau, cette compensation n'intervient plus (tallage-épi constant, car peuplement uniquement formé de maîtres-brins) et tant qu'il n'y a pas suppression de plantes, le peuplement-épis devient fonction linéaire de la densité de plantes. Le schéma suivant résume ces grands traits :



Dans le cas d'ajustement parabolique, les différents coefficients (pente initiale et courbure) peuvent être comparés. Malgré le relèvement général des niveaux en 1978, la pente aux faibles doses de semis (coefficient linéaire) varie peu selon la campagne pour Champlein (pour Maris-Huntsman, équation non déterminée en 1978). Ainsi, à faible peuplement initial (30-50 plantes/m²) un pied supplémentaire provoque la présence d'un épi et de-

mi en sus. En outre, l'infléchissement de cette pente (coefficient quadratique) aux fortes doses de semis est deux fois plus faible en 1978, malgré l'étendue plus importante de l'intervalle d'étude.

Dans la gamme des peuplements étudiés, les fonctions établies conduisent aux valeurs suivantes de densités en plantes assurant un peuplement-épismaximum (voir calcul en 222).

Situation	Champlein : 1977	Champlein : 1978	Maris- Hunstman1977
Peuplement-plantes assurant un peuple- ment épi maximum (plantes/m ²)	259	428	286
Peuplement-épis maximum correspondant (épis/m ²)	367	704	314

Ce tableau montre que la densité-origine, assurant le peuplement maximum, et le maximum de peuplement-épis lui-même, diffèrent profondément, pour Champlein, selon la campagne. La moindre régression des talles en 1978, qui rehausse le tallage-épi individuel, place l'optimum des plantes assurant le tallage épi maximum à 428 plantes/m² contre seulement 259 en 1977 ; dans ces conditions, le peuplement maximum est presque doublé. L'absence de formulation en 1978 pour Maris Huntsman nous interdit de généraliser ces conclusions à cette variété.

23332 Apports azotés (figure II33).

Les apports azotés comportent deux modalités imbriquées : la dose et la date d'apport. Les résultats montrent que, quelle que soit l'époque d'apport, le peuplement-épis croît linéairement avec la dose azotée (composante quadratique non significative). Ce fait signifie que, dans ce type de sol aux faibles potentialités (pas d'apport organique), l'intervalle d'étude (0-60 unités), qui correspond en gros à une bande de 40-100 unités de nitrates dans le sol, se situe dans la première partie de la courbe classique de réponse, d'allure asymptotique (au contraire de la densité de semis). En d'autres termes, les trois niveaux retenus ne nous permettent pas de déterminer la dose assurant le peuplement maximum en épis.

Pour les deux cultivars et les dates d'apport choisies, le peuplement potentiel (niveau réalisé par le témoin non fertilisé) est environ deux fois plus élevé en 1978, ce qui traduit, là encore, l'effet "année", lui-même lié à la moindre régression herbacée.

Mais, contrairement à ce qui a lieu pour la densité de semis, l'élévation générale de ce potentiel, en 1978, s'accompagne d'une diminution de l'effet azoté : celui-ci est diminué de moitié pour l'apport "montaison", mais baisse seulement de vingt pour cent avec les apports au tallage. Ainsi, une unité d'azote apportée en 1977 sur Champlein, respectivement au tallage ou à la montée, accroît les peuplements correspondants de deux épis et un épi, contre seulement de un épi et demi ou un demi-épi en 1978.

La comparaison, par situation, du niveau de tallage-épi selon la date d'apport azoté, révèle, pour les deux campagnes, un comportement varié-tal distinct. Systématiquement, la productivité d'un apport au tallage est

significativement plus forte que celle d'une fertilisation à la montée pour Champlein (peuplement-épis doublé en 1977, triplé en 1978), alors qu'aucune différence significative n'existe pour Maris Hurtsman. Cette divergence d'effet provient, vraisemblablement, de l'avance stadiale de la variété française face à son homologue anglaise : l'apport "début montaison" sur la seconde favorise encore le tallage herbacé, alors qu'il agit plutôt sur la fertilité pour la première.

CONCLUSIONS SUR L'ACQUISITION DU PEUPEMENT-EPIS.

A travers la réalisation de la composante de peuplement, s'établit un jeu important d'ajustements, qui permettent, entre autres, la correction des densités initiales. Ces ajustements s'expriment sur chacune des principales phases conduisant à l'acquisition d'épis par unité de surface (le tallage herbacé et la régression).

L'étude du premier phénomène (tallage herbacé) a illustré l'influence prédominante de la compétition azotée entre plantes ; celle-ci modifie, selon son intensité, à la fois la vitesse d'émission foliaire et la dominance apicale du brin-maître, ce qui se répercute simultanément sur la dynamique de tallage et son niveau final (en général celui-ci a peu varié selon l'année).

La régression des talles herbacées dépend principalement de la fourniture azotée par talle, mais aussi de l'intensité de la dominance apicale, amoindrie par une croissance ralentie (déficit lumineux en 1978).

Cette diminution de l'importance de la régression a, en 1978, limité la perte de talles herbacées dans les traitements les plus atteints en 1977, conduisant à un peuplement-épis très élevé.

Pour les deux campagnes, l'accroissement de cette composante prend, avec la densité, une forme parabolique. Mais celle-ci devient linéaire avec la fumure azotée, du moins dans la gamme étudiée. L'efficacité de la fertilisation au début de la montée dépend, avant tout, de sa date physiologique d'apport, le décalage stadial lié aux fortes densités, expliquant l'influence distincte de cette technique culturale, qui peut alors influencer soit le tallage maximum, soit la régression herbacée.

24 LA FERTILITE DE L'EPI.

La distinction de ce chapitre avec le précédent peut paraître artificielle : en effet, cette nouvelle composante se met en place depuis le stade A (début du tallage herbacé rapide) jusqu'à la floraison environ (fin de la régression herbacée, surtout dans les traitements tardifs, voir 2322). Ces stades correspondent exactement aux limites temporelles d'établissement du peuplement-épis, et une autre présentation, par phases de développement, aurait pu se justifier.

Néanmoins, la relative méconnaissance du phénomène des ramifications successives de l'épi (bibliographie), ajoutée à l'absence d'étude dynamique de ce processus (impossibilité de suivre au champ, la vitesse de formation des épillets,...), nous a conduit à adopter une présentation séparée du peuplement-épis et de la fertilité, pourtant concomitantes dans leur formation. Ce plan a, du moins, le mérite de nous permettre la distinction, au sein de chacune des sous-composantes constitutives de la fertilité, des compétitions inter- et intraplante.

241 METHODOLOGIE D'ESTIMATION DE LA FERTILITE.

Dans la plupart des études in situ (bibliographie), la fertilité est très souvent déduite, à partir de la formule :

$$F = \frac{R}{N E \times P G}$$

avec F = fertilité (grainspar épi)

R = rendement (g. par m²)

NE= peuplement-épis (épis par m²)

PG= poids d'un grain (gr).

Or, malgré sa commodité pratique, cette attitude présente l'énorme inconvénient de cumuler l'ensemble des erreurs (aléatoires ou non) commises sur chacun des termes servant à l'estimation. En outre, chacun de ceux-ci provient, selon les auteurs, d'échantillons différents : rendement et poids du grain estimés sur la surface moissonnée, souvent supérieure à celle ayant fait l'objet du dénombrement des épis ; possibilité de pertes des petits grains à la moisson ou/et au tarage.

Il nous a donc paru utile de mesurer directement cette dernière grandeur, pour éviter toutes sortes d'erreurs, et mieux, estimer celles commises par l'emploi de la formule précédente. En outre, notre attitude était rendue nécessaire par le souci de quantifier la fertilité selon la catégorie de tiges, et aussi, comme nous le verrons plus loin (24323), selon la position de l'épillet sur l'épi, ainsi que par la volonté de décomposer finement cette composantes (épillets fertiles,...).

composante (épillets fertiles,...).

2411 - PROBLEMES D'ESTIMATION A L'ECHELLE PARCELLAIRE.

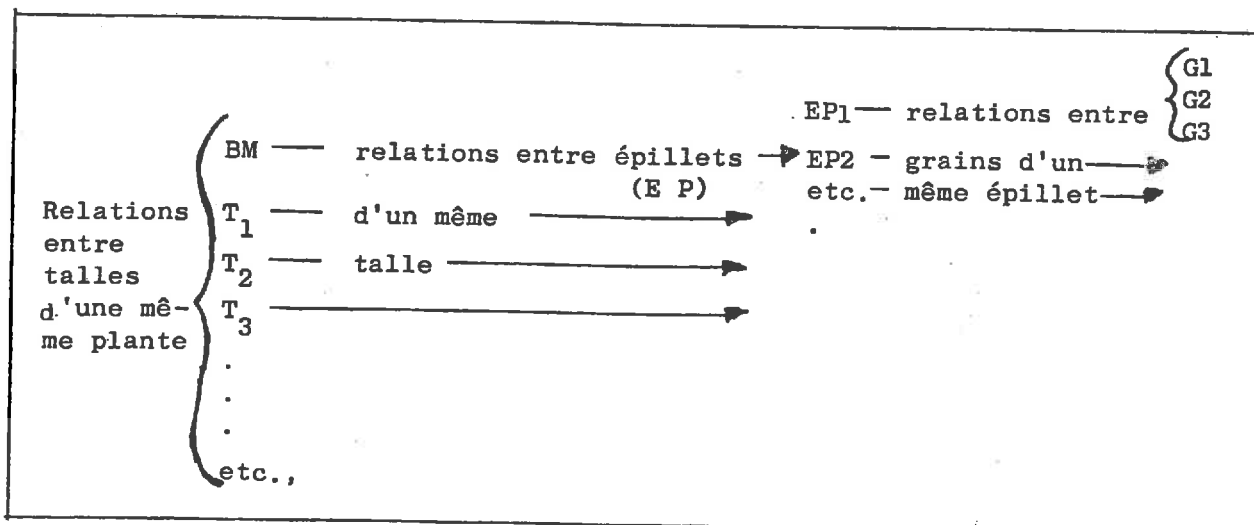
La seule façon d'obtenir directement le nombre de grains par épi réside dans un battage manuel (par catégorie de tiges, dans notre étude). La comparaison entre les valeurs fournies par la méthode d'estimation indirecte et le comptage direct après battage, indique que le premier procédé (cf. la formule ci-dessus) surestime, dans cinquante-huit cas sur quatre-vingts (soit 73 %) la valeur réelle, de plus de cinq pour cent (figure 1) et jusqu'à ving pour cent. En outre, cet écart apparaît plus fort lorsque la densité de semis s'accroît.

Il convient de rechercher quels termes de la formule d'estimation sont causes de cette divergence assez systématique entre les deux méthodes. La comparaison (cf. 251) entre la mesure du poids de mille grains, effectuée par détermination à partir des sacs issus de la moisson et cette même mesure effectuée à partir du produit des battages manuels ayant servi à mesurer la fertilité, indique que cette grandeur est systématiquement sous-estimée, lorsqu'on la quantifie sur les sacs provenant de la moissonneuse-batteuse. Ce résultat est en soi surprenant, puisqu'au contraire, on pourrait penser que le battage mécanique provoque une perte des petits grains, sans effet sur le rendement, mais avec majoration du poids unitaire moyen des caryopses. Cette interprétation ne semble pas convenir pour les quatre situations (variétés-années) étudiées ; une meilleure justification pourrait consister dans la casse de certains grains, surtout à faible densité (parce que plus gros), lors du battage mécanique. Cette hypothèse nécessiterait une vérification.

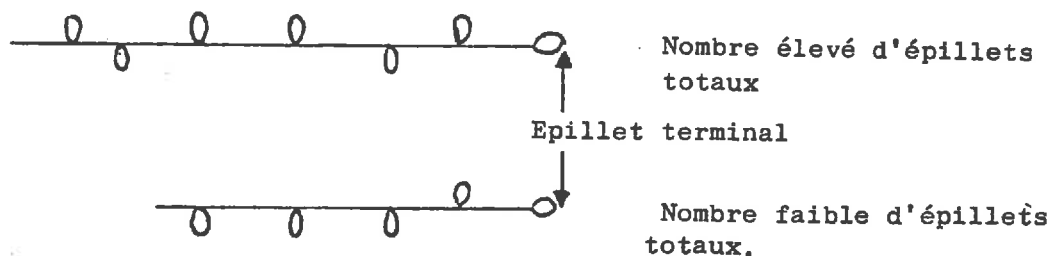
du poids des mille grains, celle-ci est directement responsable de la sur-estimation de la fertilité-épi déduite des trois autres composantes. En conséquence, les résultats présentés ultérieurement dans le reste de ce travail porteront sur des quantités mesurées ; cette attitude interdit, malheureusement, toute approche statistique, puisque seul un bloc fut analysé (lenteur du battage manuel, cf. Annexe C).

2412 - PROBLEMES D'ESTIMATION A L'ECHELLE DE L'EPI.

Du fait de la ramification de l'épi, un nouvel ensemble de relations entre organes (épillets) peut être défini, qui risque, a priori, de poser des questions du même ordre que celles des talles ou tiges (cf. 2123). Il convient de décrire immédiatement la hiérarchie existant entre ces divers niveaux d'étude :



La complexité de ce schéma, ajoutée aux contraintes de l'étude parallèle, à l'échelle agricole, nous a obligé à limiter sa description. Ainsi, seule l'analyse du nombre de grains présents selon la position de l'épi a pu être entreprise, faute de temps. Ce travail nécessite, en outre, le choix d'un emplacement de référence sur l'épi (par analogie avec le brin-maître, pour les relations entre talles).



Comme l'indique ce croquis, il fut décidé de prendre pour origine l'épillet terminal, bien que celui-ci ne constitue pas, a priori, la meilleure base. En effet, l'initiation des épillets commence par le tiers-médian de l'épi, et se poursuit en direction des deux extrémités. Ainsi, il vaudrait mieux, théoriquement, prendre l'article central de l'axe de l'épi, mais sa détermination précise reste très aléatoire (vitesse différente de l'acro- et de la basitonie).

CONCLUSIONS SUR LES METHODES D'ESTIMATION.

La nécessité de recourir au battage manuel, pour quantifier précisément la fertilité de l'épi et les composantes (fertilité en épillets,...) exclut toute possibilité d'appréhension statistique. En outre, l'extrême complexité de la constitution d'un épi et le nombre de traitements en études ont interdit la possibilité d'effectuer l'étude dynamique de son élaboration.

Ces deux restrictions fixent déjà les limites de la présentation suivante.

242 NOMBRE D'ÉPILLETES FERTILES PAR ÉPI.

Cette première ramification de l'épi peut être scindée en deux parties, correspondant grossièrement aux phénomènes d'initiation et croissance cellulaire, déjà mentionnés sur l'élongation foliaire (112) (épillettes potentiels et regressés).

2421 - NOMBRE D'ÉPILLETES POTENTIELS PAR ÉPI.

24211 Niveaux obtenus.

242111 - Selon la situation concernée.

Au travers des résultats acquis pendant deux années avec les cultivars étudiés (figure II 35), il convient de noter la remarquable constance des niveaux obtenus, malgré des comportements antérieurs en végétation distincts (décalage de date pour l'acquisition du maximum du tallage herbacé, cf. 232), pendant la période supposée de formation des épillettes (entre les stades A et B). Ainsi, l'épi de Maris Huntsman possède, potentiellement (en conditions peu limitantes), chaque année, environ un épillet total supplémentaire. En outre, la variation relative, engendrée par la modification des techniques culturales, est systématiquement, pour les deux variétés étudiées, d'un niveau faible (7 %). Mais cette valeur s'acquiert selon des modalités un peu différentes selon le cultivar.

242112 - Selon la technique culturale appliquée (figure II 35).

Les descriptions suivantes restent dans la gamme de variations indiquées ci-dessus (amplitude maximale = 34 %, C. V. M.⁺ = 7 %). Dans ce contexte, la densité de semis croissante provoque une chute quasi linéaire de l'effectif d'épillettes, surtout pour Maris Huntsman, comprise entre deux épillettes totaux (apport azoté) et cinq (pas de fertilisation).

L'apport azoté provoque, en général, des variations très peu marquées, à peuplements fixés. Son effet, néanmoins, est distinct pour Champlain, selon la campagne ; en effet, tout se passe comme si le retard physiologique de 1978 (voir 232) avait permis aux situations pénalisées en 1977 (azote-montée et témoin), de se maintenir au niveau de traitements plus favorisés (azote-tallage). Néanmoins, pour les quatre situations concernées, ce critère ventile assez systématiquement les traitements selon l'ordre décroissant suivant : apport tallage, apport montée, témoin.

24212 Recherche d'explications.

Vouloir expliquer les niveaux obtenus constitue une attitude constante déjà amorcée à propos du tallage herbacé, et de sa régression. Pour ces derniers phénomènes, les explications avaient été recherchées essentiellement au travers des objets de compétition (azote, lumière,...). Mais, du fait de l'asynchronisme de différenciation des talles, celles-ci peuvent se doubler de l'étude de la vitesse de chute intraplante du nombre d'épillettes fertiles du critère étudié selon la tige considérée.

242121 - Objets de compétition.

La substitution aux vingt traitements de la fourniture azotée, estimée par plante (voir méthode en 231132), constitue une première possibilité d'appréhender l'influence de cet élément sur le processus étudié. L'observation des résultats provenant des quatre situations étudiées, livre plusieurs faits assez intéressants et explicatifs des variations, par ailleurs assez faibles, qui touchent la fertilité potentielle des épillettes.

+ C. V. M. : Coefficient moyen de variations.

- Effet de la fourniture azotée :

Cet élément, apporté au tallage, semble bien, au vu des courbes de réponse (épillet-disponibilité) (représentées figure II 36), être le facteur déterminant de l'intensité du phénomène. Les principales exceptions existent pour Champlein, en 1977 : elles sont dues à une moindre réduction de la ramification de l'épi pour les apports azotés faits à forte densité, et peuvent être expliquées par une meilleure valorisation de cette technique, lorsque la population est surtout constituée de maîtres-brins (RONCIN, 1974).

- Interventions d'autres causes :

La comparaison des quatre courbes de réponses (figure II 36) à la disponibilité en azote, permet de saisir l'effet d'autres aspects du milieu. Ainsi, comme pour le tallage herbacé, on perçoit, surtout en conditions azotées limitantes et pour Champlein, une meilleure valorisation (jusqu'à deux épillets) de la fourniture d'ammonitrates au tallage en seconde année. Cette différence s'explique certainement par une régression moins rapide des talles en 1978, avec, pour conséquence, soit un prolongement temporel du processus, soit une moindre compétition intraplante.

L'efficacité de l'apport à la montaison, non représenté ici, dépend, à l'évidence, de la durée du phénomène pouvant intervenir après son application, fonction du stade physiologique et aussi de l'année (meilleure valorisation en 1978, voir figure II 35).

242122 - Relations entre talles.

L'étude de la réduction intraplante du nombre d'épillets totaux apparaît surtout intéressante pour la première campagne, et spécialement avec Champlein, situation où les écarts ont été montrés maxima.

En 1977, l'effet des deux techniques culturales sur l'intensité de ramification de l'épi du brin-maître livre les mêmes tendances que celles observées pour la population entière (comparaisons des figures II 36 et II 37). Ainsi, malgré une décroissance plus rapide avec le numéro d'ordre dans la plante pour le témoin sans azote et les apports montée de Champlein, les différences perçues précédemment, pour 1977 (242121), se comprennent avant tout par une compétition entre plantes.

Par contre, la meilleure valorisation azotée mise en évidence précédemment, pour l'année 1978 (figure II 36), notamment pour Champlein, s'explique avant tout par un niveau plus élevé de la fertilité des talles latérales, plutôt que du brin-maître.

En définitive, le nombre d'épillets totaux décroît, en général, d'environ 0.25 unités par tige supplémentaire d'une même plante ; mais, cette chute peut dépasser une unité, lorsque la rapidité de montée (Champlein, 1977) raccourcit la durée de la phase de formation des épillets, par suite de conditions alimentaires limitantes (témoin sans fumure azotée montée).

CONCLUSIONS SUR LE NOMBRE D'ÉPILLETS POTENTIELS.

Cette première composante potentielle du rendement apparaît essentiellement limitée, dans une gamme de variations néanmoins assez restreinte (2 à 3 épillets par épi), par la compétition pour l'azote. L'efficacité de cet élément dépend, avant tout, de la durée de la période de formation des épillets, la réduction de celle-ci gênant surtout la fertilité des talles latérales des traitements les plus limités (apport d'azote nul ou trop tardif). En milieu fixe, la fourniture azotée module, encore une fois, plus la réponse de Maris Huntsman que celle de Champlein.

Enfin, il convient de noter la liaison biologique existant entre tallage herbacé par plante, et épillets totaux ; les conditions de culture

qui favorisent le premier critère (faible densité, forte dose azotée au tallage) avantagent le second, ce qui explique la forte corrélation ($r^2 = 0.70$ H. S†) entre ces deux grandeurs. Au-delà de ce résultat statistique, il convient d'y percevoir l'absence apparente de compétition intraplante.

2422 - NOMBRE D'ÉPILLETS RÉGRESSÉS.

Par épillets régressés, nous entendrons les articles terminaux de l'épi ne contenant pas de grains.

24221 Niveaux obtenus.

242211 - Selon la situation concernée. (année X variété).

Là encore, les niveaux obtenus, à technique culturale fixée, diffèrent assez peu entre les deux campagnes (figure II 38). Néanmoins, la moindre régression intervenue sur Champlein (1978), après un apport de soixante unités au tallage, engendre une moindre amplitude des traitements pour le couple (cultivar-année) (C. V. M. = 176 % en 1978 contre 30.2 % en 1977).

A cette première divergence avec le chapitre précédent, il convient d'ajouter aussi la plus forte variation relative entraînée par des modifications du niveau des facteurs du milieu. En effet, les traitements extrêmes peuvent provoquer la non-fertilité d'au plus quatre épillets supplémentaires (Champlein, 1977), avec, pour conséquence, une amplitude relative toujours supérieure à celle décrite pour les épillets potentiels. Cette remarque conforte l'idée généralement admise d'une plus forte amplitude de réponse des processus de croissance que de développement, aux variations du milieu.

242212 - Selon la technique culturale.

L'augmentation de la régression (figure II 38) des épillets avec la densité, paraît plus marquée en première année : supérieure à deux épillets en 1977, elle reste, en effet, inférieure à l'unité en 1978. L'effet de la modalité azotée, en revanche, conduit à des constatations très distinctes de celles notées au chapitre précédent. En effet, pour les quatre situations, l'apport azoté au tallage accroît très nettement le nombre d'épillets régressés par rapport aux mêmes doses appliquées à la montaison ; cet écart peut être si important (Champlein, 1977) qu'il intervient alors quelle que soit la dose considérée. La position occupée par le témoin reste fluctuante, mais, en général, plus proche de la seconde séquence de fertilisation.

Ces données expérimentales incitent à reprendre la recherche d'explications déjà entreprise ; on peut penser qu'elle conduira à des interprétations profondément distinctes.

24222 Recherches d'explications.

242221 - Objets et lieux de compétition.

La divergence précédente, quant à l'effet de l'apport azoté au tallage, ainsi qu'une hiérarchie souvent inverse de la dose de fertilisation à date fixée, prouvent, à l'évidence, l'insuffisance de l'explication par la simple fourniture azotée par plante, telle qu'elle avait été employée précédemment, lors du tallage et de la ramification potentielle de l'épi.

Cette insuffisance peut trouver plusieurs interprétations. En premier lieu, les prélèvements azotés, lors de la montaison (période de détermination du taux de survie des épillets) deviennent très conséquents (REMY,

+ H. S. : Hautement significatif.

+ C. V. M. : Coefficient moyen de variations.

1974). Ainsi, la croissance accrue provoquée par apport azotée précoce appauvrit rapidement (annexe C) le profil pourtant enrichi par fertilisation au tallage, et une véritable faim nitrique s'instaure (COÏC, 1953).

En outre, au fur et à mesure de la croissance des épillets, les tiges d'une même plante s'individualisent ; elles acquièrent leur propre autonomie alimentaire, vraisemblablement plus tardivement en faibles peuplements. Cette remarque rend difficile la recherche précise du lieu de compétition (plante, tiges ?), puisque celui-ci varie au cours du temps.

L'intervention d'une compétition pour la lumière apparaît, en revanche, peu vraisemblable : la dose de semis croissante n'augmente sensiblement la régression qu'en conditions assez limitantes pour la disponibilité azotée. Ceci nous incite à rechercher l'échelle d'intervention de la déficience nitrée (plante, tige, épi).

242222 - Niveaux d'intervention de la compétition au sein de la culture.

Là encore, la représentation des niveaux atteints sur les brins-mâtres du peuplement lâche, en 1977, (figure II 39), permet de conclure à l'importante valeur explicative de la compétition entre plantes (ou tiges), pour le taux de fertilité des épillets, lorsque celui-ci varie sous l'effet de la technique culturale.

Ainsi, au plus faible peuplement, l'incidence très différente (moindre régression en 1978) de l'apport azoté au tallage sur Champlein, n'est pas dû au comportement distinct, selon l'année, des tiges latérales. En effet, la pente d'augmentation linéaire de la régression selon la catégorie de tiges ne varie pas entre les deux campagnes (figure II 39), seul le niveau origine de cette droite se rehausse en 1977. Par contre, le nombre d'épillets régressés est lié, positivement, au taux de régression pour la variété Champlein (1977 $r^2 = 0.5232$ et 1978 : 0.4769), mais non pour Maris Huntsman. Cette corrélation positive peut être l'indice, pour le premier cultivar, d'une éventuelle compétition intraplante entre tiges survivant et disparaissant bien que, par ailleurs, soit établi le faible poids des talles appelées à régresser (cf. 232), ou simplement entre tiges survivant.

Le second niveau de compétition (l'épi ou les relations entre épillets) apparaît très difficilement quantifiable. En effet, seule la caractérisation des flux de matériaux nutritifs, selon l'article considéré, pourrait, éventuellement, conduire à la mise en évidence d'une hiérarchie alimentaire liée à la position sur l'épi. Celle-ci sera, par contre, appréciée indirectement dans le chapitre consacré à l'étude du nombre de grains par épillet. Néanmoins, la faible corrélation non significative, entre nombre d'épillets totaux et régression, constitue une première indication de non intervention de ce processus.

CONCLUSIONS SUR LA REGRESSION DES EPILLETS.

Très logiquement, l'amplitude de variation est plus élevée pour la régression que pour le nombre total d'épillets : en effet, cette seconde phase correspond à de forts besoins alimentaires très supérieurs à ceux nécessaires pour l'élaboration des ébauches (FLEURY, 1974), besoins dont l'adéquation dépend des potentialités essentiellement azotées et carbonées du milieu, elles-mêmes liées aux interactions (année x techniques culturales).

Ainsi, le niveau de la compétition azotée entre plantes puis entre tiges, accru en 1977 par suite d'un développement accéléré (conditions climatiques) détermine directement le pourcentage d'épillets contenant des grains. Ce fait trouve sa traduction directe dans la forte liaison positive

existant pour les quatre couples (années x cultivars) étudiés, entre le nombre d'épillets regressés et le peuplement-épis ($r^2 = 0.700$ en moyenne, H. S.).

L'étude du nombre d'épillets présent par épi, facilement mesurable, ne doit pas nous faire oublier que ce critère recouvre un ensemble de processus végétaux mal cernés. L'absence de grains dans un épillet peut provenir de problèmes alimentaires survenant, soit au cours de la formation de l'épillet concerné, soit au moment de la floraison, soit même pendant l'accroissement des grains. Ces derniers organes peuvent fort bien disparaître avant la récolte, en cas d'avortement précoce. On conçoit le chemin restant à parcourir, pour décrire plus précisément ces phénomènes, celui-ci passe nécessairement par une étude dynamique.

CONCLUSIONS SUR LE NOMBRE D'EPILLETES FERTILES.

1- Epillets fertiles par épi moyen.

Malgré l'imprécision qui entache sa description (voir conclusions précédentes), la quantification du nombre d'épillets par épi contenant des grains (obtenue par différence entre les deux sous-composantes étudiées précédemment) mérite, néanmoins, attention. En effet, son observation (figure II 40) prouve à l'évidence l'influence prépondérante de la dose de semis, qui, entre cinquante et trois cents plantes par mètre carré, fait chuter d'environ sept unités le nombre moyen d'épillets fertiles. Ce résultat se comprend après l'examen parallèle des réponses des deux termes constitutifs (nombre total et taux de régression des épillets) aux variations de peuplement.

Il n'en est pas de même pour la fertilisation azotée, où, apparemment, les effets bénéfiques d'un apport précoce (début tallage) sur la fertilité potentielle de l'épi sont amoindris par une plus faible disponibilité ultérieure, créant, vraisemblablement, une faim azotée, à l'échelle de la plante (phénomène plus marqué en montée rapide).

Les effets différents de ces deux techniques culturales, se trouvent résumés dans la forte corrélation entre densité de semis et fertilité en épillets sur l'épi : plus des quatre cinquièmes de la variabilité de la première s'expliquent par la seconde.

2- Epillets fertiles par unité de surface.

Rapportée à l'unité de surface, cette grandeur livre des résultats totalement inverses des précédents (figure II 41). En effet, c'est maintenant la modalité azotée qui engendre les plus grands écarts. La très forte liaison avec le peuplement-épis (cf. 233 ; $r^2 \gg 0.850$) explique qu'en général la dose apportée détermine la réponse végétale, l'apport précoce l'emportant sur le tardif à niveau de fertilisation identique (exception : Maris Hunstman, 1978, manifestant un comportement de type tallage de l'azote-montée)

Au sein de la faible variation engendrée par la dose de semis ($r^2 \ll 0.350$), le schéma, souvent décrit, de plus fort peuplement en grains aux densités intermédiaires, n'intervient qu'une fois sur deux. Ce résultat conforte l'ensemble des conclusions précédentes de ce chapitre, selon lesquelles l'intensité de relations entre talles varie peu pour ce critère, selon la technique culturale, mais plus selon l'année.

Néanmoins, le rendement final n'est vraiment lié à la population d'épillets fertiles que dans une situation sur les quatre étudiées (Champlain, 1978). Ceci laisse prévoir de nombreux ajustements par les deux dernières composantes (peuplement en grains et poids de ceux-ci).

243 NOMBRE DE GRAINS . PAR EPI.

En toute logique, nous aurions dû exposer ici les résultats relatifs à la composante "nombre de grains par épillet fertile". Mais, pour des raisons matérielles (temps), nous n'avons pu la mesurer, et on conçoit que la déduction de cette grandeur, par le calcul des trois grandeurs réellement enregistrées (nombre de grains par épi, d'épillets totaux et régressés) cumule les erreurs. Ceci explique le recours à une expression plus synthétique, mais vraiment mesurée et malgré le caractère global de sa connaissance : le nombre de grains par épi. Néanmoins, la composante "grains par épillet fertile" sera employée lors de la recherche d'explications.

2431 - NOMBRE DE GRAINS PAR EPI SELON LE MILIEU.

L'importante plasticité dans l'expression des potentialités végétales se traduit, visuellement, par simple observation de la longueur de l'épi, suivant la pression de concurrence (photo 10), ou la catégorie de talle. Sa quantification exacte, par battage manuel (cf. 241), permet de fixer l'effet de ces deux séries de causes.

24311 Réponse selon le cultivar de l'année.

A technique culturale fixe et pour les deux campagnes, l'épi de Maris Huntsman détient, systématiquement, une fois et demi plus de grains que Champlein. Cette différence, qui s'exprime parfaitement dans la valeur potentielle obtenue en densité nulle (si D^{00} , alors on obtient respectivement 50 et 36 grains par épi, voir figure II 43), traduit concrètement la notion de composantes principales du rendement (JONARD, KOLLER et al, 1951) : Maris Huntsman détient moins d'épis par unité de surface, mais ceux-ci sont plus fertiles (et plus longs).

Globalement, l'année engendre peu de différences au sein de la gamme variétale testée ; cette conclusion est assez proche de celles dégagées précédemment à propos des épillets totaux et régressés, où il avait déjà été remarqué la faible incidence sur le niveau moyen d'une régression herbacée plus tardive (1978). Néanmoins, il convient de noter la plus faible pente affectant le nombre moyen de grains par épi pour Maris Huntsman, en 1978, selon la densité.

24312 Réponse selon la technique culturale.

La décroissance linéaire (figure II 42) du nombre moyen de grains par épi, en fonction de la densité originelle du semis, constitue la source de variation la plus forte ; cette linéarité s'oppose aux courbes curvilignes décrites pour les tallages herbacé et épi. Sa pente atteint, au plus, respectivement six et sept grains par cent plantes semées, pour Champlein et Maris Huntsman, en 1977. En outre, cette forme générale linéaire laisse à penser que le potentiel variétal indiqué par les équations de régression est notoirement sous-estimé.

L'effet principal de la modalité azotée consiste, essentiellement, à décaler le niveau général de cette droite, sans en perturber généralement la forme (sauf pour Champlein en 1978). Mais, les variations engendrées restent bien inférieures (sauf Champlein-1978), à celles dues à la densité (environ 4 grains). D'une façon générale et surtout pour Champlein (1977), l'apport tardif favorise plus la fertilité, que l'apport au tallage, pour une dose fixée. Il est très important de noter que l'incidence favorable apparaît d'autant plus nette que la situation est précoce dans sa montée

apparaît d'autant plus nette que la situation est précoce dans sa montée (Champlein, et année 1977). Cette remarque rejoint celle concernant la date physiologique de la fertilisation et son influence sur le tallage herbacé : un retard au stade début-montée d'environ une semaine, provoque des effets inversés.

2432 - RECHERCHES EXPLICATIVES.

24321 Objets de compétition.

Les faits précédents se traduisent dans la forte liaison négative entre le nombre de grains fertiles par épi et la densité origine, quelles que soient l'année et la variété ($r^2 \leq -0.650$). Celle-ci dépasse même le niveau de corrélation établi avec le peuplement en épis ($r^2 \leq -0.500$) et ces relations traduisent la pression de concurrence croissante intervenant entre tiges, lorsque leur nombre par unité de surface augmente.

La recherche des causes de compétition indique que la fourniture azotée par épi ($\frac{\text{reliquat} + \text{apport}}{\text{peuplement-épis}}$) détermine, par modalité d'apport, la réponse du nombre de grains par épi aux variations de densité. La disponibilité azotée par tige est donc le premier facteur d'explication ; mais sa date d'intervention (apport précoce ou tardif), ainsi que l'intensité lumineuse (radiation globale) modifient son efficacité. Ainsi, ce deuxième objet probable de la compétition peut changer la réponse à l'élément azoté ; ceci explique pourquoi Champlein, en 1978, répond mieux à la fertilisation aux densités intermédiaires (qui déterminent des conditions optima pour la fourniture azotée et l'éclaircissement par tige).

24322 Relations entre talles.

La représentation (figure II 43) de la vitesse de chute intraplante permet de savoir si la compétition entre tiges précédemment décrite est encore plus accentuée lorsque celles-ci sont issues d'une même plante. Il est frappant de remarquer que cet indice est plus faible en 1978 pour Champlein, que pour Maris Huntsman. Cette différence annuelle, liée à la régression moins précoce, explique certainement le maintien de fertilité pour le premier cultivar, malgré l'augmentation générale du peuplement-épis. En revanche, il est très difficile de conclure, par situation (figure II 43), à un effet systématique des techniques culturales. D'une façon globale, la fertilité-épi chute d'environ quatre grains lorsque le numéro de tige augmente d'une unité.

24323 Relations entre épillets.

L'ontogénèse d'apparition des épillets provoque un gradient typique de la fertilité des fleurs, dans l'épi : les articles médians, initiés en premier, contiennent, en général, un ou deux grains supplémentaires, par rapport aux épillets extrêmes (cf. bibliographie).

Nos propres mesures, réalisées sur quatre situations de concurrence très distinctes (figure II 44, cultivar Maris Huntsman, année 1977), indiquent que ce gradient est bien plus prononcé pour le nombre de grains par épillet que sur l'effectif de fleurs initiées. Le numéro d'ordre de l'épillet présentant le maximum de fleurs initiées correspond, en général, avec celui comportant le plus grand nombre de grains, et occupe une position médiane.

En revanche, il reste difficile de mettre en évidence un effet des techniques culturales sur la rapidité de chute selon la position de l'épillet ; pour ces quatre traitements, la concurrence intra-épi ne semble être une cause des comportements différents. Néanmoins, la mise au point d'indices comparables à ceux utilisés pour l'étude des relations entre talles

(coefficient β 2 ?) permettrait de préciser les comparaisons entre traitements.

Enfin, il faut noter que l'emploi de tels indices serait, sans doute, plus fructueux s'ils étaient appliqués à chacune des catégories de tiges.

CONCLUSIONS SUR LE NOMBRE DE GRAINS PAR ÉPI.

1- A l'échelle de l'épi, le nombre de grains dépend, dans notre étude, également de ses trois sous-composantes (épillet totaux, fertiles et fertilité des épillets : $r^{2AM} 0.75$). L'analyse fine de leur réalisation, pour les deux cultivars étudiés, permet de mieux cerner le mode d'action de la pression de concurrence, et son interaction avec le climat de l'année.

La fourniture azotée (rapportée par plante, puis par tige) et sa date d'intervention, expliquent le décalage variétal touchant l'effectif moyen de grains par épi (environ huit grains de plus par épi pour Maris Huntsman). La lumière disponible n'intervient, sans doute, qu'en second lieu, et son action spécifique reste très difficile à mettre en évidence.

Ainsi, l'accroissement de la densité de semis réduit, pour l'ensemble de la période allant de l'initiation des épillets à la formation des grains, les quantités d'azote disponibles, ce qui explique la chute linéaire de l'effectif final de caryopses par épi avec le peuplement à la levée. Mais l'intensité de cette concurrence ne paraît pas varier au sein de la plante en fonction de la densité de plantes.

Par contre, la modalité d'apport azoté intervient autant par son niveau que par sa date d'apport. Appliqué avant la date d'acquisition du tallage herbacé maximum, cet élément stimule surtout le peuplement-épis et l'effectif d'épillets totaux. Epanché plus tardivement, l'azote favorise plutôt la fertilité des épillets. L'avance stadiale engendrée par la densité croissante (cf. 21), ou/et les conditions climatiques (1978 plus tardif) la nature du cultivar, permettent de saisir l'importance de la date physiologique d'apport azoté sur les diverses composantes citées.

2- Rapporté à l'unité de surface, l'effectif de grains intègre l'effet simultané des facteurs du milieu sur le tallage-épi et les caractéristiques de ce dernier (figure II 45).

La principale source de variation reste l'année, dont l'effet, surtout sensible pour Champlein, reflète, en définitive, les variations du peuplement-épis (10 070 contre 16 000 grains/m², pour la densité agricole). Cette très forte différence inter-annuelle trouve son explication dans le maintien du niveau de fertilité, malgré la moindre régression des talles herbacées. Ces deux faits traduisent simplement une réduction, en 1978, de la dominance apicale, due à un développement moins rapide, lui-même lié, probablement, à la réduction d'intensité lumineuse, début montaison. Cette moindre chute intraplante de la fertilité de l'épi explique, en outre, l'influence atténuée, en 1978, de la fertilisation par rapport à la première campagne, sein de chaque situation (variétés x années), l'azote engendre les principales variations, sauf, toutefois, pour Champlein, en 1978 (allongement de la période où s'établit la fertilité). Si la hiérarchie des séquences azotées correspond, grossièrement, à celle décrite pour le nombre d'épis (dose d'apport, puis effet-date avec l'application précoce supérieure à l'apport-montée), une certaine compensation entre les deux composantes fait que l'amplitude de variation est parfois faible (Champlein, 1978) et que certaines exceptions existent (Maris Huntsman, 1977).

Par contre, il intervient une compensation encore meilleure entre peuplement et fertilité, lorsque la densité varie, avec pour conséquence une amplitude de variations assez faible. Néanmoins, surtout aux faibles doses azotées, le phénomène compensatoire est meilleur aux densités intermédiaires (15 cas sur 20). Ce schéma, somme toute assez classique, s'explique non par une moindre compétition intra-épi, voire intraplante, mais simplement par le type de relations entre ces deux composantes. A l'accroissement curvilinéaire du peuplement-épis avec l'augmentation de la densité, correspond une chute linéaire de la fertilité, pour les deux cultivars. Cette différence de réponse engendre une zone optimum, qui correspond à une meilleure valorisation de la fourniture azotée sur l'intégralité de la période où s'édifie la fertilité par unité de surface (Mars à début Juin).

CONCLUSIONS GENERALES SUR FERTILITE-EPI .

La difficulté d'enregistrement de cette composante (absence de répétitions statistiques, signalée au début de son étude, nuit à la qualité des résultats acquis.

Néanmoins, malgré cette remarque, il a pu être établi l'importance fondamentale de la réalisation du peuplement en grains pour assurer le rendement. En effet, si la dernière composante devant se mettre en place laisse entrevoir des possibilités d'ajustements, ceux-ci ne pourront intervenir que par intervention, ou non, d'accidents physiologiques. En d'autres termes, tout traitement au peuplement en grains limité ne peut espérer compenser ce déficit par le poids du grain. Le peuplement en grains apparaît constituer un véritable "rendement potentiel".

25 DETERMINATION DU POIDS DE MILLE GRAINS.

Cette composante du rendement - la dernière mise en place - se distingue des précédentes par sa relative indépendance vis-à-vis du temps ; en effet, hormis quelques avortements précoces de fleurs, sitôt la fécondation, le processus de remplissage du grain s'étend de la floraison (début Juin) à la récolte (début Août).

251 METHODES D'ESTIMATION DU POIDS DE GRAIN.

La méthode d'acquisition de cette grandeur, aspect déjà abordé lors de l'étude de la fertilité de l'épi (241), dépend du stade considéré de la culture.

2511 - AU COURS DE LA FORMATION DU CARYOPSE.

La nécessité de quantifier les modalités temporelles d'acquisition du poids unitaire, nous obligea à recourir à un procédé rapide d'estimation indirecte de cette grandeur. Il fut procédé, à intervalle constant après l'épiaison, selon la situation (variété x densité x séquence azotée), à la pesée de cent épis pour chaque traitement étudié. Si cette technique présente l'avantage d'être très commode (lenteur, difficulté et pénibilité du battage manuel pour l'extraction des grains aux stades précoces), elle comporte, en revanche, l'inconvénient d'un biais systématique dû, en particulier, à la présence des pièces florales (rachis,...), dont l'importance pondérale varie légèrement au cours du temps.

2512 - A LA RECOLTE.

Le moissonnage de la zone centrale des parcelles (voir Annexe C) fournit un matériel permettant l'estimation du poids unitaire des caryopses (pesée de quatre lots de cinq cents grains pour chaque parcelle). La comparaison du résultat obtenu à celui issu du battage manuel (voir 24) prélevé sur les placettes d'étude (voir 113), indique une sous-estimation de la première mesure face à la seconde (en moyenne de 10 %).

L'interprétation déjà fournie au chapitre 241 pourrait résider dans une casse partielle du grain, par la moissonneuse-batteuse, qui compenserait l'incidence de la perte des petits grains par la machine. Cette explication se trouve confortée par le plus grand écart existant entre les deux procédés d'estimation, lorsque la densité décroît (donc pour des grains plus gros) ; mais l'interprétation donnée plus haut est partiellement infirmée par l'attitude adoptée en 1978 : les opérateurs devaient, en effet, retirer, la deuxième année, les grains cassés.

Quoiqu'il en soit, se posait à nous le problème de choisir une méthode d'estimation, afin de présenter les résultats suivants. En raison de la possibilité d'opérer une interprétation statistique (moisson sur l'ensemble des quatre blocs de l'essai), l'appréciation du poids des 1 000 grains sur le produit du battage mécanique a été retenue pour juger, précisément, de l'effet global des techniques culturales. En outre, une vérification, avec

le second procédé d'estimation, permet de juger de la validité des conclusions tirées.

Notons, cependant, que le battage manuel présente l'avantage d'être réalisé par catégorie de tige et autorise l'étude déjà entreprise des relations entre talles.

A ceci, il convient d'ajouter l'absence d'étude, faute de temps et contrairement à la fertilité, du gradient du poids des grains selon la position occupée dans l'épillet. Nous verrons plus loin que cette carence se fera cruellement sentir dans les interprétations ultérieures.

252 INFLUENCE DES TECHNIQUES CULTURALES SUR LE POIDS
MOYEN DU GRAIN A LA RECOLTE.

A travers le descriptif du niveau final de cette composante, selon la situation (cultivar x année), nous allons essayer de définir les grands traits d'action du milieu, pour rechercher les causes d'intervention dans le paragraphe suivant.

2521 - NIVEAUX ATTEINTS SELON LE CULTIVAR ET L'ANNEE.

D'une façon générale, le potentiel végétal, par ailleurs différent selon le cultivar (Maris Huntsman : 46,020 gr et Champlein : 38,938 gr, en grains secs, selon les données récoltées lors de l'étude "BOCAGE"+), s'est mieux exprimé en 1978 (maximum : 42 g.) qu'en 1977 (maximum : 36 g.), et en première année, pour Champlein (maximum : 37.790 g.) que Maris Huntsman (maximum : 33.610 g) (figure II 46). En particulier, dans cette situation (Maris Huntsman 1977), la limitation du potentiel apparaît extrême et fluctue entre cinquante (faible densité, apport-montée) et trente pour cent (forte densité, pas d'apport azoté). De tels écarts indiquent l'intervention, en 1977, d'un facteur limitant grave lors du remplissage du grain, et variable selon la technique culturale, ce qui invite à rechercher les causes de ces différences prononcées.

2522 - NIVEAUX SELON LA TECHNIQUE CULTURALE.

L'observation simultanée des représentations graphiques (figure II 46) et de l'analyse statistique par situation (figure II 47) permet d'avoir une vision précise des effets respectifs de la densité de semis et de l'apport azoté. L'absence d'interactions significatives entre ces deux facteurs nous autorise à présenter les résultats par technique, et la faiblesse des coefficients moyens de variations (C. V. M. $\leq 7.3 \%$) rend assez certaines les conclusions suivantes.

25221 Effet du peuplement origine.

En 1977, où le potentiel a été très limité dans son expression, le peuplement de cinquante plantes à l'unité de surface s'isole très significativement des trois autres niveaux. Pour Maris Huntsman, l'augmentation du poids de mille grains suit même linéairement l'accroissement du peuplement, la relation étant seulement parabolique pour Champlein (figure II 47).

Par contre, en seconde année, l'élévation générale du niveau pondéral s'accompagne d'un moindre effet de la dose de semis ; celui-ci n'existe, faiblement significatif ($P = 0.5$), que pour Champlein et le peuplement le plus faible.

25222 Effet de l'apport azoté.

Là encore, au cours des deux campagnes, outre l'incidence de l'année sur le niveau moyen (traduit, entre autres, par la valeur des constantes caractérisant les fonctions de production), il faut noter des réponses

+ cf. Rapport d'activité. du "contrat Bocage", 1976.

très diverses selon les modalités azotées (figure II 49).

En 1977, l'apport à la montaison entraîne une forte chute du poids du grain, et celle-ci est même linéaire dans le cas Maris Huntsman (baisse de 80 mg par unité apportée à la montée). La fertilisation azotée appliquée au tallage provoque, au contraire, des effets atténués : légère chute parabolique avec une dose croissante, et seulement chez Maris Huntsman.

En 1978, par contre, les différences précédentes s'atténuent : seul Champlein présente des écarts significatifs. Ceux-ci s'expliquent principalement par un effet dépressif des fortes doses, quelle que soit leur époque d'apport ; mais la pente de cette décroissance (parabolique) reste inférieure à celle obtenue en 1977.

CONCLUSIONS SUR LA DESCRIPTION DES NIVEAUX DU POIDS DE MILLE GRAINS.

La première campagne a été l'objet d'une limitation très importante du poids de mille grains, qui explique, en grande partie, les variations observées sur le rendement en grains (cf. 22). Ainsi, en 1977, les principaux traitements dépressifs concernent la faible densité, l'apport azoté à la montée et la variété Maris Huntsman ; nous pouvons déjà constater que toutes ces situations ont en commun une tardivité de maturation.

En 1978, seul Champlein extériorise des niveaux différents du poids des mille grains, selon les techniques culturales : faible densité et fortes doses azotées (tallage et montée) limitent le poids unitaire, mais dans des proportions très inférieures à la première campagne, sans que l'on puisse relier cette fois ces comportements à un retard stadal.

Toutes ces remarques laissent à penser que la nature des aspects explicatifs varie considérablement selon l'année.

253 RECHERCHES SUR LA NATURE DES FACTEURS LIMITANTS GRAVES
DU POIDS DES GRAINS.

L'importance des effets annuels et variétaux révélés dans le chapitre précédent nous a entraîné à distinguer deux causes probables :

- la compétition aux différents niveaux précédemment décrits (voir 241 : plante, talle, tige, épi, épillet).

- l'intervention d'un accident physiologique (voir bibliographie), responsable de l'échaudage des grains (climatique, parasitaire,...) et correspondant à un mauvais fonctionnement ou une destruction prématurée de l'appareil photosynthétisant.

2531 - RECHERCHE DE LA NATURE PROBABLE DES CAUSES DE LIMITATION.

L'idée d'une concurrence entre plantes (ou entre tiges, indépendamment de leur appartenance à une même entité), doit être rapidement rejetée. Si celle-ci peut, éventuellement, expliquer l'effet-année, elle est, de toute évidence, incapable de fournir une interprétation de la décroissance du poids des mille grains à faible densité, tant selon le peuplement-épis (liaison positive entre le poids du grain et le nombre d'épis par mètre carré), que selon le cultivar (plus faible nombre de tiges pour Maris Huntsman, en 1977, mais poids de grains pourtant très affecté pour ce cultivar).

25311 Potentialités de photosynthèse après épiaison.

L'importance de la photosynthèse après l'épiaison pour l'acquisition d'un poids élevé du grain (96 % des réserves du grain) justifiait de rechercher si l'histoire propre à chaque traitement n'influence pas les possibilités photosynthétiques lors du remplissage (l'indice foliaire maximum est atteint, pour un Blé d'hiver, peu avant l'épiaison (bibliographie)).

Pour tenter de caractériser les potentialités de photosynthèse après l'épiaison (épi sorti pour une tige moyenne obtenue avec une technique culturale donnée), nous avons mesuré la surface des deux dernières feuilles (rôle considéré comme déterminant dans la photosynthèse) et estimé leurs durées de vie respectives.

253111 - Méthode de mesure.

Sur trente plantes prélevées au hasard dans chaque parcelle de l'essai "Maris Huntsman 1978", ont été coupées, à leur limite (limbe-gaine), les dernières feuilles (culmaire et sous-culmaire). Chacun des limbes issus de ces deux catégories de feuilles est alors photocopié, ce qui évite tout recroquevillement ou déchirure accidentel. La surface du papier correspondant à chaque limbe sera ensuite découpée puis quantifiée, soit par pesée, soit par mesure directe avec un appareil à surface[†] (planimètre). La seconde procédure, nettement plus longue, n'a été utilisée que pour vérifier la qualité de la première, sur quelques lots (écarts inférieurs à 1 %).

Puis, dans les mêmes parcelles (mais sur d'autres tiges) a été attribuée, toujours par le même opérateur, une note de l'intensité chlorophyllien-

† Disponible à la station "Bioclimatologie" de Versailles - La Minière.

ne des deux dernières feuilles (0 = limbe totalement jaune ; 10 = limbe totalement vert), en vue de qualifier leur vitesse apparente d'altération vis-à-vis de la photosynthèse.

253112 - Surface des deux dernières feuilles.

Pour la situation "Maris Huntsman 1978", la représentation graphique concernant l'influence des techniques culturales sur la superficie des deux feuilles terminales (figure II 48), indique une similitude de réactions de ces dernières aux traitements introduits. D'une façon générale, les faibles densités et l'apport azoté à la montée, augmentent la surface de ces limbes.

Néanmoins, pour le cas de la feuille culmaire, une interaction significative au seuil 0.1 (bien que peu différente de son homologue pour la seconde feuille) a été mise en évidence (tableau de la figure II 48). Celle-ci peut s'expliquer par :

- une interaction entre le peuplement origine et l'apport azoté à la montaison. En effet, on peut remarquer qu'à dose constante, l'apport tardif l'emporte sur la modalité précoce en semis clair, au contraire du peuplement fort. Il faut certainement voir dans ce comportement la traduction du décalage stadial engendré par la densité ; en situation clairsemée, les caractéristiques des derniers limbes sont définies plus tardivement, permettant une action plus prononcée de la fertilisation début-montée.

- la décroissance des caractéristiques foliaires, selon la catégorie de tiges ; ODA et KOYAMA (1962) ont montré que le nombre d'entre-noeuds, et par conséquent l'effectif de feuilles formées, diminuent lorsque le numéro d'apparition dans la plante de la tige considérée, augmente.

Ainsi, le niveau de la surface foliaire, pour l'ensemble des talles (donc à l'échelle de la population) résulte de l'intervention de deux causes aux effets opposés : diminution avec l'accroissement du peuplement des quantités disponibles par plante des facteurs alimentaires ; augmentation parallèle, de la proportion des brins-mâtres dans la population de tiges. Ces deux tendances inverses expliquent la possibilité de rencontrer un minimum, dans la courbe (surface-nombre de plantes par unité de surface), au voisinage d'ailleurs de la densité agricole, et surtout pour le témoin et l'apport azoté au tallage.

Néanmoins, le faible niveau de cette interaction ($F \leq 1.97$) nous autorise à établir les comparaisons inter-traitements et les courbes de réponse sur l'ensemble de l'essai (figure II 48).

Pour les deux feuilles étudiées, il paraît exister un intervalle de peuplement critique (entre 120 et 250 plantes/m²) ; les seuls écarts significatifs s'observent entre ses bornes, mais pas au-delà et ce schéma s'exprime par une forme parabolique de la courbe (surface foliaire-peuplement).

L'élément azoté exerce une action uniquement lorsqu'il est apporté début montée. Dans ce cas, la surface foliaire est accrue, surtout à faible densité (voir les remarques ci-dessus). Ce résultat laisse supposer que la date de cet apport (10 Avril) a coïncidé, surtout en traitement tardif, avec la croissance rapide des deux dernières feuilles. L'apport au tallage peut accroître cette surface, surtout pour les fortes densités, plus précoces ; mais, son action apparaît moins nette car, augmentant le tallage herbacé, il peut diminuer, surtout aux doses intermédiaires, les potentialités de la population (accroissement du pourcentage de talles latérales).

253113 - Vitesse d'altération du feuillage.

Les notations successives du degré de jaunissement des deux derniers limbes indiquent, là encore, un net effet positif pour la photosynthèse de la densité décroissante et l'azote montée. Ces deux techniques

culturelles retardent significativement l'altération de cette partie de l'appareil végétal, fort important pour le remplissage du grain. Ce ralentissement, de l'ordre d'une semaine pour la situation étudiée (Maris Huntsman, 1978) doit, évidemment, être rapproché du décalage stadial à l'épiaison, mis en évidence précédemment pour ces traitements (voir 211). A ceci, il convient d'ajouter l'accélération significative occasionnée par les apports azotés au tallage sur la sénescence du feuillage.

Conclusions sur les possibilités de photosynthèse après l'épiaison.

L'ensemble des résultats acquis en 1978 conforte ceux établis par THORNE (1964) et les complète : l'apport azoté au tallage accroît à forte dose la surface foliaire maximum, mais en réduit la durée de persistance. L'apport à la montée accroît, quel que soit le peuplement, la durée de vie des deux dernières feuilles, et majore leur surface, surtout à faible dose de semis.

Ces résultats répondent assez bien au problème posé : la chute observée du poids des grains est-elle liée à une capacité inférieure de la photosynthèse ? Il apparaît que les traitements enregistrant une baisse de cette composante sont justement ceux disposant des surfaces foliaires les plus élevées. Dans la mesure où celles-ci reflètent les possibilités photosynthétiques, il est illusoire de vouloir expliquer la chute du poids du caryopse dans ces traitements, par une trop faible offre globale, à l'échelle de la tige, en matériel de réserves.

Après cette première réponse sur l'éventuelle intervention de la compétition, et avant de considérer celle-ci à l'échelle de l'épi et de la plante, il nous a paru intéressant de typer l'absorption lumineuse, selon le couvert végétal.

25312 Modalités d'absorption de la lumière pour deux peuplements de blé.

Rapportant les surfaces foliaires précédemment mesurées, à l'unité de surface, nous pouvons quantifier le taux de couverture du sol par les deux dernières feuilles, nécessairement inférieur à l'indice foliaire pour cette partie terminale de la plante (celui-ci comporte en sus l'épi et les parties de la tige encore vertes).

253121 - Gamme de couverts végétaux selon la technique culturale.

L'importance de la couverture du sol par les limbes des feuilles culmaire et sous-culmaire fournit les mêmes tendances que celles notées à l'échelle de la plante. L'effet bénéfique sur l'accroissement de la superficie de la fourniture azotée est noté à partir de soixante unités, et l'apport montaison exerce une action positive marquée aux faibles densités. D'une façon générale, la densité provoque une variation en "dents de scie", qui traduit les effets opposés de la compétition et de la part de brins-mâitres dans la population (figure II 49).

En sommant les surfaces respectives, il apparaît que l'indice global de couverture par les deux dernières feuilles varie entre environ 2 (faible densité, pas d'azote) et 4 (forte densité azote tallage) mètres carrés de feuilles par mètre carré de sol.

Dose azotée, Densité (1)	0-0(3)	30-0	30-0	0-60	60-0
50(1)	2754 ⁺	3404	2330	3920	3233
120	3007	3200	3580	4569	3947
250	2757	3155	2430	3978	4340
400	3912	3995	3630	4067	3733

(1) Variété Maris Huntsman, 1978

(2) Plantes/m²

(3) Doses azotées : 1er chiffre : apport tallage
2e chiffre : apport montaison.

Ces valeurs indiquent, notamment, que ces deux portions d'organes constituent une partie importante de l'indice foliaire total, puisqu'elles sont, en définitive, assez proches de celles indiquées par THORNE (1964).

L'impossibilité de décrire l'extinction de la lumière, et, par extension, le micro-climat pour les vingt traitements en étude (4 densités x 5 doses azotées), nous conduit à en retenir deux, choisis en raison de leur diversité, mais susceptibles d'exister "a priori", en conditions de grande culture. Le tableau suivant en résume les caractéristiques principales :

Techniques appliquées	Traitement A	Traitement B
	Faible densité 60 unités tallage	Forte densité 60 unités tallage
Nombre de plantes par m ² à la levée	50	400
Nombre d'épis/m ²	317	518
Surface des limbes des deux dernières feuilles cm ² /m ² de sol	2 754	3 732

Ce tableau souligne l'importance du phénomène de compensation intervenant successivement pour le peuplement épi et la surface foliaire ; le rapport des peuplements à la levée est de huit, celui des épis atteint (1.634) et celui des surfaces foliaires vaut (1.355).

253122 - Absorption de la lumière dans deux couverts végétaux retenus (+)

L'emploi des pyranomètres linéaires, décrits par COMBRES et BONHOME (1970), et placés sur le terrain selon la figure II 50,

ne se justifie qu'après l'épiaison, stade à partir duquel un peuplement de blé peut être considéré comme homogène (PERRIER, 1973), c'est-à-dire ayant un éclaircissement uniforme pour un plan horizontal donné (définition de CHARTIER). Avant l'épiaison du fait de la dynamique différentielle de la montée, selon l'âge des tiges (cf. 211), et de la couverture foliaire imparfaite, l'étude reste très difficile, voire impossible.

La figure (II 51) donne, à titre d'exemple pour une belle journée de juin, l'évolution journalière des rayonnements globaux, au-dessus de la culture et au niveau du sol, ainsi que la quantité réfléchie (albédo) pour les deux traitements étudiés. En moyenne et malgré l'hétérogénéité du semis (cf. 111), arrive au sol une quantité de lumière à tout instant supérieure aux faibles peuplements.

Connaissant les trois termes du bilan énergétique précédemment cités, il devient possible de déterminer la quantité d'énergie utilisée par la culture (figure II 52) ; celle-ci représente, en moyenne, les deux tiers de la quantité incidente (63 à 67 pour cent selon le peuplement).

Mais, en fait, le taux d'utilisation varie avec le type de jour : plus le ciel est couvert, plus le taux sera élevé, du moins dans la gamme de rayonnement des journées étudiées. Les variations sont du même ordre que celles engendrées par le couvert végétal (figure II 53).

En utilisant cette liaison (énergie incidente-taux d'utilisation), il nous a été possible de déterminer, par calcul à partir des enregistrements effectués, et sur une période de quinze jours, la quantité totale d'énergie utilisée par chaque couvert. En convertissant la matière sèche totale élaborée pendant ce laps de temps, en énergie (pouvoir calorifique de 1 g de matière sèche = 4 000 calories, BALDY et JONARD, 1969), il devient possible d'estimer le rendement photosynthétique. Celui-ci peut être exprimé en fonction du rayonnement global incident (Rg) ou plus précisément, par rapport à l'énergie réellement utilisée par la culture ($U = Rg - A - Rg \text{ sol}$).

		Pourcentage d'utilisation de l'énergie incidente			
		Période A 25 Mai-18 Juin		Période B 18 Juin-12 Juillet	
Type de Peuplement		En fonction (1) de R. G.		En fonction (2) de U.	
		(1)	(2)	(1)	(2)
D ₁ (en %)		1.48	2.39	3.23	5.02
D ₄ (en %)		1.56	2.51	1.29	1.91

(1) R. G. = rayonnement global incident ; (2) U = énergie réellement utilisée.

Date épiaison :

D₁₀₋₆₀ = 8/5/78

D₄₀₋₆₀ = 4/5/78

R. G. moyen journalier

Période A = 15 } MJIM²
 Période B = 17 }

Ce tableau montre que le rendement photosynthétique global lors de l'épiaison de Maris Huntsman avoisine celui trouvé par JONARD (1969), sur les variétés Cappelle et Etoile de Choisy (compris entre 0.9 et 3.5 %). Rap-

BALDY

porté au rayonnement disponible (U), le taux augmente d'environ un pour cent.

Mais, quel que soit le mode d'expression, au cours de la seconde période (18 Juin-12 Juillet), la faible densité accuse un fort accroissement de son efficacité lumineuse, contrairement à la forte densité. Cette différence extériorise le retard dans l'accumulation de la matière sèche, en peu-plement lâche (cf. 211).

Conclusions sur l'absorption lumineuse par la culture.

Les deux couverts végétaux comparés montrent que les différences d'extinction lumineuse renvoient directement, mais non proportionnellement, à celle du taux de couverture du sol. L'efficacité photosynthétique illustre le décalage stadial lié à la densité : fin Juin, la faible densité accroît son rendement lumineux (accroissement matière sèche), alors qu'au fort peuplement, celle-ci diminue déjà (énergie fixée par la culture, altération du feuillage plus rapide).

Cet aperçu sur les modalités d'utilisation de l'énergie lumineuse laisse à penser que la compétition entre plantes ou entre tiges (sans considération de leur appartenance à un même pied) ne constituent pas une explication à la chute du poids des grains, observée en 1977, à faible densité et pour un apport azoté à la montée.

Ces remarques nous conduisent donc à rechercher si l'abaissement moyen du poids des mille grains ne provient pas d'une concurrence se manifestant à un autre niveau, au sein de la plante, ou de l'épi.

25313 Intervention de la compétition entre grains dans la plante ou dans l'épi

253131 - Relations entre talles.

Selon la méthode employée lors de l'étude de la fertilité (et décrite en 2131), nous avons quantifié, à partir du produit des battages manuels et pour les quatre situations concernées (variétés x années), la vitesse de chute intra-plante du poids unitaire des grains, selon la technique culturale (figure II 54). La représentation graphique n'indique pas d'effet majeur, quelle que soit la source de variations considérée. Au contraire, les traitements au plus fort poids de mille grains (forte densité, témoin sans azote) ont tendance à extérioriser une chute intraplante pour ce critère. D'une façon globale, le poids de mille grains chute d'environ deux grammes, lorsque le rang de la tige considérée dans la plante augmente d'une unité.

En conclusion, la compétition intraplante (ou le décalage stadial lié au développement asynchrone) n'apparaît pas non plus pouvoir expliquer les variations enregistrées sur le poids du grain.

253132 - Relations entre grains d'un épi.

Au sein d'un épi, s'installe progressivement (RAWSON et EVANS, 1974) un gradient dans le poids sec individuel de chaque grain, selon le numéro d'ordre de l'épillet auquel le caryopse considéré appartient. Ce gradient est, en fait, du même type que celui décrit pour la fertilité, auquel s'ajoute, pour chaque épillet, une variation supplémentaire selon la position du grain dans l'épillet.

Les méthodes proposées pour l'étude du premier (variance du poids unitaire selon l'épillet), et du second gradient (pente de la droite poids-position), permettraient certainement de déterminer l'effet de chaque technique culturale. Mais, par manque de temps, aucune mesure pour quantifier cette influence n'a pu être réalisée.

Il nous faut donc conserver l'éventualité d'une concurrence intra-épi et intra-épillet, pouvant permettre l'interprétation de certains résultats. Nous y reviendrons en conclusion.

Si nous éliminons l'hypothèse d'une éventuelle compétition intra-épi (qui, néanmoins, ne peut expliquer l'effet "année"), il faut bien admettre l'impossibilité de donner une explication suffisante aux comportements décrits précédemment (251). L'intervention d'un préjudice grave et brutal dans son action (échaudage climatique, attaque parasitaire, ou verse) constitue une seconde voie de recherche explicative.

2532 - INTERVENTION D'UN PREJUDICE BRUTAL.

Parmi les accidents précédemment cités, nous pouvons, au vu du climat général des deux campagnes, affirmer la non-intervention d'un échaudage d'origine climatique. En effet, l'évapotranspiration ($E. T_p$, cf. annexe A) n'a pas dépassé les valeurs critiques habituellement définies pour cette période (5 mm par jour, selon JONARD, 1964). Ainsi, même en 1977, où l'expression du potentiel fut très basse, surtout pour des situations tardives (Màris Huntsman, faible densité, azote montée), il n'apparaît pas que cet aspect du milieu puisse être invoqué.

25321 Attaques parasitaires.

Celles-ci peuvent parfaitement expliquer l'effet "année", pendant la première campagne, et parmi les différentes techniques culturales en jeu. En effet, malgré le souci initial d'assurer une protection complète contre les maladies et les déprédateurs, les conditions climatiques de 1977 (température clémente, pluies abondantes) et l'emploi de produits moins efficaces qu'en 1978, ont causé un développement très important des maladies (cf. analyse dynamique, de A. CAILLAT, 1977), pour différentes variétés cultivées ensols dépourvus ou non d'apports organiques du type lisier porcin.

Avant de le décrire et d'en analyser les effets, nous allons tenter de typer le micro-climat régnant, après épiaison, dans un peuplement de Blé d'hiver.

253211 - Microclimat dans une culture de blé après l'épiaison.

Son analyse complète aurait exigé l'examen des différents facteurs physiques classiques, comme l'a fait, en particulier, MONTEITH (1966) : température, humidité, teneurs en oxygène et gaz carbonique. La revue faite par cet auteur montre à l'évidence la présence d'une atmosphère très typée, par rapport au climat général.

- Gradients thermiques verticaux

La concentration de la structure foliaire dans les parties supérieures du couvert limite la pénétration de la lumière et réduit la turbulence du vent (PERRIER, 1974). D'une façon générale, au sein d'une culture correctement alimentée en eau, existe une couche végétale, plus chaude le jour et plus froide la nuit (MONTEITH, 1966), dont la hauteur et l'épaisseur dépendent du profil du flux de chaleur sensible. En conditions de déficit hydriques, la température augmente en se rapprochant du sol, sans présenter d'extrémum. D'après nos propres mesures, établies en Juin 1977⁺, à l'aide de thermocouples (voir CHEROUVRIER, 1977), placés dans de petits abris ventilés (décrits dans

Nous avons observé que seuls les deux premiers types de profil thermiques ont existé dans ces conditions (figure II 55) ; ceci confirme, par ailleurs, l'opinion déjà émise d'une absence de déficit hydrique grave.

- Influence du peuplement sur le micro-climat dans la végétation

D'une façon générale, l'accroissement de la compacité du feuillage

+ Mise en place de l'appareillage sur le terrain et dépouillement des données assurés par P. BAUTRAIS.

augmente l'humidité de l'air environnant et, par jour ensoleillé, accroît l'ombrage mutuel, diminuant la température des feuilles (RAYNAL, 1974). La comparaison, dans les conditions indiquées ci-dessus, des gradients thermiques dans les deux peuplements retenus, montrent, en effet, un écart diurne d'environ un degré, en faveur de la faible densité. Mais, la nuit, et par journée couverte, cette différence s'inverse totalement, en raison, sûrement, d'une limitation des déperditions du sol. Si les conséquences de tels écarts restent très difficiles à définir au plan agricole, elles invitent, cependant, à poursuivre des descriptions aussi fines.

En conclusion, cette caractérisation partielle du micro-climat au sein d'une culture (bibliographie et mesures personnelles), tend à montrer qu'un peuplement croissant (densité ou apports azotés aux tallages levés) crée des conditions favorables à la prolifération parasitaire (humidité supérieure, et moindre pénétration des rayons ultra-violet, destructeurs des micro-organismes, RAYNAL, 1974).

253212 - Rôle possible des maladies.

Comme indiqué plus haut, le développement très important des maladies, en 1977, apparaît comme une bonne explication de la réduction très conséquente du poids unitaire du grain pour cette campagne (cf. Annexe C). Il paraît, toutefois, intéressant de tenter de comprendre l'influence, au sein de cette année, des techniques culturales.

La description précédente du micro-climat ne fournit pas une explication satisfaisante des résultats décrits (voir 251), puisque le poids unitaire des grains n'est pas lié négativement au peuplement en plantes ou en épis ($r < 0.105$). Au contraire, nous avons souligné l'effet dépressif dû aux faibles densités, aux apports azotés à la montaison, et à la présence du cultivar Maris Huntsman. Cette action peut se comprendre par référence au stade de développement selon la situation concernée. La chute du poids de mille grains est d'autant plus nette que le traitement tardif (en particulier pour ses épiaison, dessiccation du feuillage et de l'épi). Ceci se comprend, en admettant que l'attaque parasitaire a détruit le feuillage alors que ces situations tardives n'avaient réalisé qu'une faible part de leur poids de grains final (figure II 56).

Une fois décrite l'incidence directe du stade moyen de développement, l'on est en droit de s'interroger sur la conséquence éventuelle de la dispersion stadiale. L'étude des stades (cf. 221) a montré que l'asynchronisme d'apparition des talles accroît l'étalement des histogrammes stadiaux. On peut légitimement se demander si les attaques parasitaires n'auraient pas touché plus gravement les talles latérales que les brins-maîtres.

L'analyse des relations entre talles pour le poids unitaire du grain a montré que la technique culturale n'engendre pas, pour chacun des cultivars, d'effets systématiques sur la réduction du poids unitaire de grains intra-plantes.

En conclusion, les conditions climatiques générales de 1977 ont engendré un environnement favorable aux maladies quel que soit le peuplement, et la date d'intervention de l'attaque parasitaire, relativement au stade moyen de la céréale, paraît déterminer la gravité des dommages.

25322 Verse caulinaire.

253221 - Dynamique d'apparition de la verse caulinaire.

Observée uniquement en 1978, la verse est apparue selon une séquence temporelle déterminée (figure II 54). Les premières tiges ont versé dès l'épiaison, dans les traitements les plus sensibles, puis le phé-

nomène s'est propagé à un certain nombre de parcelles courant Juin, et enfin a été général début Août, pour l'ensemble de l'essai. D'une façon générale, les situations les plus atteintes en dernière date d'observation, et les premières concernées en début de processus, sont les fortes densités, l'apport azoté tallage (et montée à forte densité) et la variété Champlein.

253222 - Recherches d'éléments explicatifs.

L'apparition, à technique culturale fixée, du phénomène de verse en seconde campagne se comprend, par suite de l'existence de deux causes aggravantes complémentaires.

Le déficit lumineux, déjà signalé lors de la montée, et qui a, par ailleurs, favorisé le peuplement-épis et maintenu la fertilité (cf. 23 et 24) a modifié le rapport $\frac{\text{Protides}}{\text{Glucides}}$, rendant ainsi peu rigide les tiges (déficit de 40 % par rapport à la normale, et de 30 % par rapport à 1977, entre les vingt Mars et Avril).

Mais cet affaiblissement général de la rigidité des chaumes n'est devenue visible qu'en raison des forts vents et de pluies violentes survenues après l'épiaison. Ces deux agents climatiques exercent un effet conjoint : la verse générale du 3 Août s'explique autant par l'abondance de la pluviométrie que par la vitesse du vent (trois mètres par seconde) enregistrée le 1er Août (figure II 51)..

Pour cette seconde campagne, les différences observées entre les techniques culturales sur la sensibilité à la verse, s'explique par le déficit lumineux qui engendre une montée plus rapide ; la mesure des entre-noeuds, effectuée sur les brins-maîtres des vingt traitements en étude, et pour la variété Maris Huntsman, montre que la forte densité et l'azote apporté au tallage allongent la hauteur finale des pailles, tout en concentrant celle-ci sur les parties basales (articles inférieures plus longs), sans modification, toutefois, du nombre total d'entre-noeuds (figure II 58).

253223 - Tentative d'interprétations.

La verse caulinaire, intervenue en 1978, a beaucoup moins limité l'expression du potentiel "poids des mille grains" que les maladies observées en 1977. Néanmoins, cet accident a provoqué une certaine réduction, d'ailleurs significative (figure II 47) du poids unitaire de caryopses, essentiellement pour les fortes doses azotées (tallage et montée), cet effet étant d'autant plus net en peuplement dense.

En d'autres termes, les parcelles ayant versé peu après l'épiaison accusent, ultérieurement, un moindre remplissage des caryopses. Ainsi, nous pouvons penser que tout traitement ayant fait l'objet d'une verse au 23 Juin s'est trouvé limité dans l'expression de ses potentialités.

Si cette explication paraît satisfaisante dans la majorité des cas, en 1978, elle ne permet pas, en revanche, d'interpréter la baisse significative du poids de mille grains, pendant cette campagne, à faible densité, pour Champlein. L'absence d'autres accidents nous conduit à retenir deux hypothèses explicatives complémentaires :

- la verse générale du début Août exerça un effet sur les faibles densités à végétation très tardive.
- la fertilité épi ou semis clair atteint des niveaux qui dépassent les possibilités d'alimentation des grains pour Champlein. Cette composante participe bien moins au rendement pour ce dernier cultivar que pour Maris Huntsman et la limite variétale pourrait être plus vite atteinte.

En conclusion, il convient de noter que la verse caulinaire paraît expliquer correctement la chute du poids de mille grains pour la fumure azotée croissante, mais l'argument est moins décisif pour les faibles densités.

Dans ce dernier cas, le phénomène pourrait s'interpréter par une forte compétition intra-épi.

CONCLUSIONS SUR LE POIDS DE MILLE GRAINS.

L'étude de cette dernière composante du rendement livre plusieurs points intéressants :

En premier lieu, son niveau explique, pour une part, l'effet "année", et se répercute sur les rendements. La seconde campagne accuse une faible limitation du poids unitaire potentiel du grain, au contraire de la première. Ce fait s'ajoute au plus fort peuplement épis observé en 1978, surtout pour Champlein : nous tacherons d'estimer la part de ces deux causes, dans l'augmentation générale des rendements en seconde année (cf. 263).

En second lieu, la prise en compte de cette composante caractérise certains traits majeurs de chaque situation : chute linéaire du rendement grains avec l'azote montée (Maris Huntsman, 1977), parabolique avec la densité décroissante (toutes situations) et absence générale d'effet des modalités azotées (1978). Ces faits assurent l'interprétation d'un certain nombre de résultats, imprévisibles à partir du seul rendement biologique.

La recherche des causes explicatives à ce comportement souvent étonnant, mais très net, nous a conduit à en distinguer deux, d'ailleurs complémentaires.

1- L'intervention d'un accident brutal

Parmi l'ensemble des préjudices graves, les attaques parasitaires en 1977 et la verse caulinaire en 1978, ont été retenus, le premier facteur expliquant pour une bonne part la forte chute du poids unitaire du grain observée en première année. Chacun de ces accidents résulte de conditions climatiques particulières au mois de Juillet, à savoir, respectivement, des températures élevées et une forte humidité pour 1977, un déficit d'ensoleillement et l'association (vent-pluie), en 1978.

L'intensité de chacun des accidents cités sur un traitement donné se comprend par la date physiologique de son intervention sur la culture. Ainsi, deux circonstances peuvent être envisagées :

- attaque à date fixe (cas des maladies en 1977) :

Dans ce cas, la précocité du traitement considéré, repéré par exemple par la date du palier hydrique (cf. Bibliographie) est déterminante pour prévoir l'importance de l'effet dépressif ; toute situation tardive (azote montée, faible densité, Maris Huntsman) accroît la réduction du poids des mille grains.

- attaques à date variable (cas de la verse en 1978) :

Dans ce cas, la précocité de la parcelle importe moins que l'instant exact où se produit le préjudice, toute situation, hâtant son intervention (verse) ou la dynamique de son aggravation (maladies et verse) verra une réduction plus conséquente du poids unitaire du grain. Ainsi, les fortes densités et l'application d'azote au tallage, et la variété Champlein, accroissent le risque de verse précoce. En outre, l'étude partielle du micro-climat, entreprise pour deux peuplements très différents, a montré que certaines années, les deux premiers facteurs précédents sont susceptibles d'engendrer des attaques parasitaires plus précoces et plus rapidement graves, mais ce processus ne s'est pas passé au sein des deux campagnes étudiées.

2- La présence d'une compétition par une offre alimentaire trop faible

L'idée d'une concurrence nécessite de préciser le niveau probable de son intervention. L'analyse des relations entre talles et l'étude des capacités de photosynthèse après l'épiaison tendent à prouver qu'aucune compétition entre tiges (d'une même plante ou d'individus différents, ne s'est pas manifestée). Eventuellement, mais l'absence d'étude d'un gradient possible dans l'épi ou l'épillet empêche toute certitude, il est probable qu'une certaine concurrence ait lieu dans l'épi. Ce phénomène pourrait servir d'interprétation à des faits non expliqués par les causes invoquées précédemment (cas de la faible densité pour Champlain, 1978). D'autre part, la concurrence entre grains a très bien pu s'exercer l'année où l'offre était maintenue très basse (1977) ; les deux séries explicatives ne s'excluent pas et peuvent, d'ailleurs, se compléter.

Ayant terminé l'investigation de l'ensemble des composantes en jeu, il convient, maintenant, de résumer les principaux résultats trouvés, afin d'avoir une vision synthétique de l'élaboration progressive du rendement.

26 TENTATIVE D'APPROCHE SYNTHETIQUE DES COMPOSANTES DU RENDEMENT.

Ce dernier chapitre va tenter d'appréhender les relations (milieu-plante) au moyen des composantes du rendement en grains, dont la réalisation précise a été décrite précédemment (cf. 23, 24, 25). Les facteurs de variations présents au cours de notre étude expérimentale, qu'ils soient introduits (techniques culturales : densité, modalité azotée et variétés) ou non (effet "année"), nous ont permis d'enregistrer une gamme de réponses végétales, dont l'examen suggère une intervention diversifiée du milieu (compétition, coopération, accidents; brusques, ...).

Ce chapitre, dévolu essentiellement à la réflexion, soulèvera d'abord les principaux problèmes méthodologiques rencontrés ; puis, après avoir appréhendé les modes de réalisation du rendement en grains par le jeu de ses composantes, nous essaierons de formuler quelques propositions d'études ultérieures.

261 PROBLEMES METHODOLOGIQUES RENCONTRES.

L'emploi, très courant, des composantes de rendement a souvent été réalisé, sans considération toujours très sérieuse des problèmes sous-jacents (bibliographie). Pourtant, nous en avons rencontrés de nombreux, au cours des deux années d'études, sans toujours pouvoir les résoudre correctement. Les principales difficultés concernent, essentiellement, la méthodologie d'échantillonnage (effectif du prélèvement élémentaire, nombre de répétitions, ...). Nous allons résumer ici ces problèmes, déjà abordés tout au long de cette étude.

2611 - NATURE DE L'ECHANTILLON DE BASE.

Au cours des deux campagnes, l'estimation des diverses composantes du rendement a porté sur l'une ou l'autre des deux entités végétales suivantes (voir 211) : le botillon (issu des placettes de prélèvement) ou la totalité d'un passage de semoir (cf. tableau suivant).

: Entité d'estimation	: Nature des composantes de rendement mesurées sur l'entité	: Nombre de répétitions par traitement
: -----	: -----	: -----
: Totalité d'un passage de semoir (récolte mécanique)	: Nombre de plantes par m ² , nombre d'épis par m ² . Poids de mille grains, rendement en grains	: 4
: -----	: -----	: -----
: Botillons issus des placettes (récolte manuelle)	: Tallage herbacé maximum par plante, fertilité de l'épi (épilletts totaux, regroupés et grains par épi), poids de mille grains, rendement en grains.	: 1 (sauf tallage4)
: -----	: -----	: -----

Si la qualité de l'estimation est évidemment meilleure sur la totalité des lignes d'un passage de semoir (intégration d'une densité moyenne de plantes, par compensation des hétérogénéités dues au semoir), la seconde échelle d'étude (bottillons) permet, en revanche, la scission de la plante en ses différentes tiges et, partant, l'appréhension des relations existant entre ces dernières.

Pour la composante estimée par les deux méthodes (poids des 1 000 grains), nous avons vu, précédemment (cf. 241 et 251), que la comparaison, par traitements, des résultats suggère un biais systématique, probablement occasionné par la casse des grains lors de la récolte à la moissonneuse-batteuse.

Cette double échelle d'estimation pose un énorme problème méthodologique : en effet, toute étude comparative rigoureuse des composantes du rendement (exemple : corrélations multiples) est rendue, théoriquement, impossible, en raison des variations engendrées par l'erreur résiduelle (ξ), présent dans tout modèle statistique.

2612 - NOMBRE DE REPETITIONS PAR TRAITEMENT.

Le tableau présenté au paragraphe précédent met en lumière la différence dans le nombre de répétitions selon l'entité d'estimation. On conçoit que les composantes, estimées seulement sur les bottillons (fertilité), ne peuvent faire, et n'ont pas fait l'objet d'une étude complète sur l'influence des techniques culturales (cf. 24). Ainsi, si la mesure de la fertilité constitue, dans notre étude, une amélioration par rapport aux travaux précédents (bibliographie), celle-ci serait encore plus performante à l'avenir, si elle pouvait être réalisée sur l'ensemble des répétitions parcelles.

En outre, la présence de quatre répétitions ne constitue pas un nombre suffisant de degrés de liberté (3) pour permettre de répondre à toutes les questions sous-jacentes. Ce chiffre autorise certes les recherches des fonctions, liant niveaux des facteurs et réponse végétale, mais s'avère trop faible pour réaliser des études intra-traitement. Ainsi, l'emploi des corrélations linéaires entre deux composantes, sur l'ensemble des vingt modalités d'une situation (4 densités x 5 traitements azotés), suppose, avant tout, que la technique culturale ne modifie pas la nature de la relation entre ces composantes ; or, quatre répétitions ne permettent pas de vérifier ce fait.

A la lumière de ces quelques remarques, nous voyons déjà que l'ensemble des conclusions dégagées ici n'aura pas une très grande valeur statistique égale. Par exemple, la difficulté de mesurer la fertilité, ainsi que les nombreux problèmes posés sur le même essai (questions agricoles et physiologiques) font que l'étude simultanée des composantes de rendement ne revêt pas une égale sécurité.

262 RELATIONS ENTRE COMPOSANTES.

D'après les remarques précédentes, cette étude sera tentée sur l'ensemble des traitements, pour chaque couple (années x cultivars) et portera, au contraire du paragraphe suivant, sur la décomposition la plus complète du rendement dont nous disposons et sur les niveaux absolus des composantes.

Cette étude portera, comme lors des trois chapitres précédents, sur les deux niveaux individuel et rapporté à l'unité de surface. Ceux-ci fourniront deux échelles parallèles de travail, sur lesquelles seront entreprises, successivement, diverses approches d'étude des relations entre talles (évolution des coefficients moyens de variation, matrice de corrélation, et participation relative au rendement).

2621 - EVOLUTION DES COEFFICIENTS DE VARIATION SUR LES TRAITEMENTS.

Proposée par AHMED (1976), cette représentation revient à calculer, pour les vingt traitements de chaque situation (année x cultivar), le coefficient moyen de variation

$$\left(\frac{100 \frac{s}{\bar{x}} = \frac{\text{écart-type}}{\text{moyenne}} \times 100 \right),$$

sur l'ensemble du cycle végétatif. Une telle approche permet de suivre le caractère progressif des déformations plastiques végétales, en réponse aux modifications du milieu, engendrées soit par la technique culturale, soit par l'année.

26211 Coefficient Moyen de Variation sur les composantes rapportées à l'individu.

Dans cette première utilisation, il s'agit d'exprimer les composantes des rendements par rapport à l'individu moyen (plante, talle, épi, épillet) et non à l'unité de surface, telles qu'elles figurent dans la formule :

$$\text{Rendement} = \text{plantes/m}^2 \times \text{brin-maître} \times \text{talles herbacées} \times \text{talle-épi/talle herbacée} \times \text{épillets totaux/talle épi} \times \text{épillets fertiles/épillets totaux} \times \text{grains (épillets fertiles} \times \text{poids 1 grain)}$$

L'avantage de la décomposition individuelle est d'examiner l'élaboration du rendement par éléments successifs homogènes, correspondant à des phénomènes d'organogénèse précis.

L'examen de cette représentation (figure II 59) indique que la principale variabilité (50 % environ) s'observe, pour les quatre situations, sur le tallage herbacé. L'amplitude et la relative constance de la variation traduisent le fait que, pour ces deux cultivars à potentiel de ramification assez élevé, la réalisation du peuplement en talles constitue un moyen privilégié de déformations plastiques, amplifié d'ailleurs par le biais des apports azotés.

Selon l'année, d'autres composantes, dans notre étude la régression herbacée et le poids des mille grains en 1977, peuvent manifester une variabilité très supérieure à dix pour cent. La plus forte régression des

traitements ayant créé une faim azotée (apport azoté tallage) et l'attaque parasitaire d'autant plus marquée sur les situations tardives sont les causes de ces différences, provoquées en 1977, et estompée en 1978, par les conditions climatiques générales (déficit lumineux début Avril réduisant les fortes régressions, et températures basses empêchant les attaques parasitaires importantes).

Dans le contexte des composantes examinées, la fertilité de l'épi apparaît comme peu variante sur les quatre situations.

L'ensemble de ces données se synthétise de la façon suivante : les principaux éléments de variation du rendement concernent le peuplement épi (généralement à travers le tallage herbacé et quelque fois le taux de régression) et le poids de grains (par accident parasitaire ou physiologique).

26212 Sur les composantes rapportées à l'unité de surface.

Dans ce type de présentation (figure II 60), on perçoit la réduction progressive de la variabilité introduite par la gamme-origine de peuplement ; cette réduction apparaît toutefois fonction des conditions climatiques et des techniques culturales appliquées au cours du cycle (ici la fertilisation azotée).

Malgré une variation plus importante des densités initiales en 1978 (choix d'éventail plus étendu, cf. 111), le peuplement en talles herbacées s'établit à un niveau constant pour les deux années et proche de 40 pour cent (valeur atteinte plus tard en 1978).

Au cours de la période suivante (phase de montée rapide) se fixent simultanément les nombres d'épis et de grains par unité de surface. La plus faible variabilité au terme de cette phase, en seconde année, provient, essentiellement, de la régression herbacée moins marquée, surtout pour les traitements limitants (forte densité, apport azoté tallage) : cette disparition sélective des talles, très marquée pour Champlein en 1978, place définitivement cette campagne au-dessous de la précédente.

En effet, les composantes suivantes ne modifient que peu la variabilité relative entre traitements : la chute du niveau du poids de mille grains provoquée en 1977 par le parasitisme (cf. 252) ne disperse pas plus les techniques culturales entre elles.

En définitive, cette approche de la variabilité relative, engendrée par un jeu de traitements déterminés, paraît un moyen visuel commode de mise en évidence des étapes majeures d'élaboration du rendement et, partant, des principales composantes responsables d'une diminution de la variation initiale. L'intégration de la surface comprise entre chaque tracé graphique et l'axe des temps fournit un critère de comparaison synthétique de l'intensité d'ajustement, permettant l'éventuelle appréhension d'autres aspects du milieu (année, variété, ...) sur l'ensemble de traitements étudiés.

2622 - CORRELATIONS ENTRE COMPOSANTES.

La plupart des auteurs (AHMED, 1976 ; et ayant réfléchi aux procédés susceptibles de saisir des relations entre les composantes du rendement et lui même, conclurent à l'utilité des matrices de corrélations simples. Ces dernières permettent, en effet, de connaître simultanément l'influence des traitements sur toutes les composantes. En général, ces matrices précèdent une analyse de régression multiple.

26221 Corrélations avec le rendement (variable 1 des figures II 61, 62, 63, 64).

D'une façon générale, toute composante exprimée par unité de surface se trouve liée significativement et positivement au rendement.

Ce résultat traduit l'importance du peuplement dans la réalisation de celui-ci; toutefois, les coefficients ne sont significatifs qu'au seuil de 5 %, car une certaine compensation intervient au niveau (peuplement-caractéristiques de l'épi), qui rend parabolique la liaison (densité x rendement), par le biais de la fertilisation azotée fournie à la montée notamment.

Ces remarques éclairent bien la nécessité, avant de rechercher les corrélations inter-traitements, de connaître les relations entre composantes intra-traitement, par augmentation du nombre de répétitions disponibles (cf. 2612).

Néanmoins, nos résultats prouvent l'importance du peuplement d'épis, les fortes fertilités-épis n'assurant pas les meilleurs rendements. Cette conclusion provient, vraisemblablement, de la hiérarchie chronologique des mises en place des diverses composantes. Quelle que soit la technique culturale, le peuplement est, en partie, déterminé avant la fertilité (densité de semis, tallage) et son niveau début Avril fixe certainement une certaine amplitude de variation pour la fertilité. A ceci, il faut ajouter que le poids du grain manifeste de fortes variations inter et intra-annuelles, mais en conditions non limitantes (Maris Huntsman, 1978), il ne permet pas de correction du peuplement (accidents climatiques ou parasitaires).

26222 Corrélations entre composantes.

La recherche des relations entre facteurs du rendement vise en réalité à révéler la volonté de mettre en évidence le mode d'intervention du milieu. Rappelons, par exemple (bibliographie), que SÉBILLOTTE (1976) estime ainsi pouvoir distinguer deux types de situations :

- corrélation négative entre deux composantes : la seconde mise en place dépend de la quantité de facteurs alimentaires laissés par la première.
- corrélation non significative : intervention d'un facteur limitant grave, perturbant la seconde.

Ce schéma paraît pouvoir être complété, à partir des quatre matrices disponibles ici.

262221 - Corrélations négatives traduisant la compétition.

Ce type de relations existe principalement entre composantes exprimées l'une par unité de surface et l'autre par son individu. Ainsi, la recherche de causes explicatives (cf. 24) aux diverses composantes de nombre de grains par épi, nous a montré, en effet, que l'accroissement du nombre d'épis par la densité ou l'apport azoté au tallage, s'accompagne d'une chute dans le format de l'épi (ceci étant surtout vrai pour les épillets regressés et le nombre de grains par épillets).

Néanmoins, l'action simultanée de l'azote montée sur ces deux composantes (effet relatif fonction de la date physiologique d'apport) est une cause de moindre niveau pour cette corrélation.

262222 - Corrélations négatives "artificielles".

Si deux variables sont liées, cette liaison n'établit pas pour autant une relation causale entre celles-ci : ainsi, en 1977, nous avons vu (cf. 25) que la faible densité et l'azote montaison, retardant le remplissage du grain, ont eu leur poids de mille grains très atteint. Cette phase établit, implicitement, une corrélation négative significative ($r^2 = 0.414$ pour Maris Huntsman, 1977), entre fertilité et poids de mille grains, alors qu'à l'évidence, cette liaison n'est qu'artificielle.

En d'autres termes, un accident grave, outre la possibilité de supprimer toute corrélation (Champlein 1977), peut en créer de nouvelles, indirectes et sans signification biologique.

262223 - Absence de corrélations traduisant l'indépendance.

En revanche, deux composantes peuvent être biologique-

ment indépendantes : ainsi, en 1978, la densité de semis exerce un effet significatif sur le peuplement épi, mais pas sur le poids de mille grains, du moins pour Maris Huntsman : pour cette variété, le remplissage du grain n'apparaît pas dépendre d'une compétition entre tiges ($r^2 = -0.1857$, entre poids d'un grain et peuplement-épis).

Tous ces exemples prouvent à l'évidence l'insuffisance de la décomposition (même très complète) du rendement : le phénomène de compétition n'apparaît qu'une possibilité parmi d'autres (échaudage par exemple).

En outre, la compétition peut se manifester à d'autres niveaux que la plante ou la tige : ce peut être les talles d'une même plante, l'épi et l'épillet. Cette remarque oblige à une nouvelle approche que nous essayerons de définir plus loin.

En conclusion, il nous faut souligner que si cette méthode peut fournir des indications et des axes de réflexion, au travers notamment des comparaisons inter-situations, elle ne constitue pas la solution unique pour la comprendre des relations (milieu-plante).

263 PARTICIPATION DES COMPOSANTES DANS LE RENDEMENT.

Ce chapitre se propose d'estimer la part de chaque composante dans le rendement, indépendamment de son niveau absolu. Cette approche suppose d'imaginer une évaluation appropriée et ne sera employée que sur les trois composantes principales : peuplement-épis, fertilité (nombre de grains/épi), poids de mille grains.

2631 - TECHNIQUE D'ESTIMATION.

L'idée consiste à apprécier le poids de chaque composante dans le rendement et ainsi de comprendre l'influence du milieu, indépendamment du niveau final de production en grains. La démarche entreprise est résumée dans ce tableau :

De (1) $R = E \times F \times P$, on tire :

(2) $\text{Log } R = \text{Log } E + \text{Log } F + \text{Log } P$ soit :

(3) $100 = \left(\frac{\text{Log } E}{\text{Log } R} \times 100\right) + \left(\frac{\text{Log } F}{\text{Log } R} \times 100\right) + \left(\frac{\text{Log } P}{\text{Log } R} \times 100\right)$

avec $R =$ rendement, $E =$ épis/m², $F =$ fertilité (nombre grains/épis).

$P =$ poids de mille grains

On conçoit que la dernière écriture (3) se rapproche de la décomposition texturale d'un sol (100 % = argile + limon + sable), elle-même illustrée dans le triangle des textures. Pour y être comparable, l'écriture (3) nécessite que ses trois termes soient positifs et ceci impose un choix des unités de (E, F, P et R), tel que :

$$E > 1, F > 1, P > 1$$

$$R = E \cdot F \cdot P.$$

Une fois cette condition réunie, il existe encore une infinité de quadruplets (R, E, F, P), déduits les uns des autres par multiplication avec un chiffre en puissance 10.

Ceci indique, d'une part, que le poids de chaque composante ne signifie rien en soi, mais doit être considéré comme un moyen de comparaison relatif. Le choix du quadruplet retenu, d'autre part, ne modifie pas le sens de la réponse, mais fait varier la précision de cet outil de représentation du milieu (cf. tableau ci-après).

		R	E	F	P
Exemple 1	Niveau	90	3	5	6
	Part %	100	24.4	35.8	39.8
Exemple 2	Niveau	9×10^7	300	500	600
	Part %	100	31.1	33.9	35.0
Exemple 3	Niveau	9×10^{19}	3×10^6	5×10^6	6×10^6
	Part %	100	32.5	33.6	33.9
Exemple 4	Niveau	9×10^{43}	3×10^{14}	5×10^{14}	6×10^{14}
	Part %	100	32.9	33.6	33.9

Cet exemple, théorique, montre que plus sont faibles les rapports $\frac{E}{R}$, $\frac{F}{R}$ et $\frac{P}{R}$, moins bonne sera la précision ; cette constatation nous a conduit à retenir les unités suivantes :

R	exprimé en q/ha	= exemple 53.9
E	" $\frac{\text{épis/m}^2}{100}$: exemple 5.03
P	" $\frac{\text{en poids 1 000 grains}}{10}$: exemple 3.2678
F	" $\frac{\text{en fertilité}}{10}$: exemple 3.28

Avec ce choix, les participations du peuplement en épis, de la fertilité et du poids de mille grains sont respectivement nulles pour 100 épis/m², 10 grains/épi et 10 gr pour mille grains (valeurs biologiques rarement atteintes).

En conclusion, cette technique ne doit pas être admise dans l'absolu puisqu'elle ne donne pas la "part" de chaque composante, mais il faut la considérer comme un outil de comparaison.

2632 - PARTICIPATION DES TROIS COMPOSANTES.

Celle-ci sera présentée sur les niveaux absolus, compte tenu des effets détectés.

26321 Selon la situation.

D'une façon générale, l'année et la variété engendrent, dans notre étude, des variations importantes (figure II 65 ou II 68), qui touchent les trois composantes :

Le relèvement général, en 1978, du poids de mille grains (absence de parasitisme) et du nombre d'épis par mètre carré (moindre régression), alors que la fertilité varie peu, se traduit différemment selon le cultivar.

Pour Champlein et entre les deux années, les parts de la fertilité et du peuplement épi croissent, alors que le poids moyen du grain décroît. Pour Maris Huntsman, au contraire, la part de cette dernière composante s'accroît en 1978, au détriment de la fertilité.

Cette différence de comportement s'explique, si l'on se rappelle que Maris Huntsman, variété tardive, a été plus atteinte par les maladies en 1977 que Champlein, dans l'expression de son poids potentiel unitaire du grain. Par ailleurs, Champlein, cultivar à montaison plus précoce, a mieux bénéficié du déficit lumineux, en 1978, et son nombre d'épis a été relativement plus accru que celui de Maris Huntsman.

Lorsqu'on compare, à année fixée, les deux cultivars, on retrouve une certaine stabilité de la réponse sur la part des composantes "peuplement-épis" et "fertilité". Pour les deux années, le rendement de Champlein est plus assuré par le peuplement épi, et celui de Maris Huntsman par la fertilité. Pour la dernière composante (poids de mille grain), le classement variétal dépend de l'année : en situation non (ou peu) limitante, la variété étrangère voit la contribution de cette composante supérieure à celle de son homologue française. Mais, en 1977, la date physiologique d'échaudage a engendré une attaque relativement plus violente que sur Champlein et a inversé le classement variétal pour ces deux cultivars.

26322 Selon la densité-origine de semis.

La dose de semis engendre, sur les quatre situations, d'importantes variations de la part des deux premières composantes, mais pas du poids de mille grains. Lorsque le peuplement origine s'accroît, la part des épis augmente à l'encontre de la fertilité (figure II 65).

Si la constance de la part du poids de mille grains se conçoit en 1978 (absence d'effet significatif de la densité sur cette composante), en 1977, l'explication est moins immédiate : la chute du poids unitaire aux faibles doses s'est traduite entièrement dans celle du rendement.

26323 Selon la fertilisation azotée minéral.

L'effet de la modalité azotée diffère profondément de la densité, puisque cette technique culturale modifie la participation des trois composantes, et surtout (1977) celles du peuplement épi et du poids de mille grains, la fertilité apparaissant moins affectée.

Parmi les variations importantes, dues à l'association (années x cultivars) et, par ailleurs, déjà décrites, la modalité azotée engendre quelques changements intéressants.

Quelle que soit l'époque d'apport, l'accroissement du niveau de la fertilisation engendre avant tout une chute de la participation du poids de mille grains, surtout en 1977 (gravité des attaques parasitaires).

L'apport croissant augmente systématiquement la part des épis dans le rendement, ce qui s'explique par son action sur le tallage herbacé. En revanche, la fertilisation plus tardive (début Avril) possède des effets distincts selon la situation (années x cultivars) et certainement, selon le peuplement-origine. En dehors du cas de Champlein 1977, cette technique accroît autant la part du peuplement que l'apport au tallage, et pas plus celle de la fertilité : cette action "tallage" de la fertilisation tardive provient de sa date physiologique d'apport : 1978 et Maris Huntsman 1977 ont été des

situations suffisamment tardives pour leur régression herbacée (précocité variétale, retard lié au déficit lumineux) pour permettre à l'azote montée d'influencer plus le peuplement (par le tallage herbacé) que la fertilité.

264 PROPOSITIONS D'ETUDES ULTERIEURES.

Dans ce dernier paragraphe, nous voudrions, à la lumière du travail effectué pendant deux ans sur le problème de la compétition à l'échelle parcellaire et de sa perception par les composantes de rendement, proposer des améliorations aux techniques précédemment décrites. Celles-ci peuvent se ranger en deux catégories, selon qu'elles constituent la suite du travail imaginé ou une nouvelle approche par rapport aux démarches déjà entreprises.

2641 - PRISE EN COMPTE DE L'ENSEMBLE DES COMPOSANTES DE RENDEMENT.

La méthode des corrélations linéaires simples, pour être conduite avec sécurité, nécessite avant tout l'appréhension, par traitement, des relations entre composantes.

Une fois celles-ci établies, le problème équivaut à une analyse de variance avec répétitions.

En revanche, l'estimation de la participation des composantes pourrait être immédiatement réalisée sur l'ensemble des éléments compris dans la décomposition complète du rendement, avec une représentation non plus triangulaire, mais octogonale (si 8 composantes). Ce procédé aurait l'avantage de mieux dégager l'intervention successive et la relativité d'influence de chaque processus biologique sur le rendement.

Enfin, pour répondre au problème de l'échantillon de base servant à l'estimation, la technique des emplacements fixes, du moins pour les composantes non immédiatement destructives (toutes sauf le tallage herbacé) pourrait être généralisée avec profit, par le biais d'un grand nombre de placettes d'observation dans un même traitement.

2642 - PRISE EN COMPTE DES RELATIONS ENTRE TIGES.

L'ensemble des techniques précédentes mériterait d'être appliquées à la décomposition du rendement, pour chaque catégorie de tiges, et l'intégration des résultats acquis pourrait se faire au moyen de matrices associées. L'avantage de cette partition de la plante résiderait dans la prise en compte de l'asynchronisme du développement dû au milieu rencontré, et, éventuellement, de la compétition intraplante. Cette étude implique un prélèvement plus conséquent pour les tiges d'ordre éloignées (au moins trente individus).

CONCLUSIONS SUR LA TENTATIVE D'APPROCHE SYNTHETIQUE DES COMPOSANTES DE RENDEMENT.

Dans l'ensemble, cette approche nous a fourni un certain nombre de renseignements assez précieux, concernant à la fois ses possibilités et les limites, ainsi qu'un certain nombre d'acquisitions ou de confirmations biologiques.

1 - Intérêt de la décomposition du rendement par rapport à l'accumulation progressive du poids sec total.

La décomposition du rendement en ses composantes de production, surtout si elles sont nombreuses, permet une meilleure compréhension de la ré-

ponse végétale que l'enregistrement du poids sec total (cf. 222). L'étude d'un nombre élevé de composantes permet d'isoler une période précise du cycle de végétation, correspondant précisément au moment où intervient un processus biologique défini (ramification, accumulation de poids dans l'épi). Ainsi, l'on peut se rappeler que l'apparition, début Mars, de la première déformation plastique en réponse au changement de peuplement initial, a été notée quinze jours plus tôt sur le nombre de talles que le poids sec par plante.

2 - Nécessité de mesurer des facteurs explicatifs

Les conclusions dégagées précédemment peuvent paraître homogènes, mais cela provient essentiellement d'une recherche explicative des faits observés (parties 23, 24, 25). Au cours des deux campagnes d'étude, nous avons, en effet, veillé, de façon assez systématique, à enregistrer les facteurs susceptibles d'être explicatifs des phénomènes étudiés, tant au niveau des composantes du milieu (dynamique du contenu azoté du sol, analyse du micro-climat et extinction de la lumière dans la végétation, conditions climatiques journalières) que de la réponse du végétal mise en évidence (quantification du décalage stadial lié aux différences du peuplement-origine).

Sans cette attitude, l'étude des seules composantes du rendement en grains aurait certes révélé quelques points intéressants, mais des résultats importants auraient été oubliés ou des confusions se seraient créées (corrélations "artificielles" entre composantes, cf. 26222).

3 - Meilleure connaissance des relations (milieu- plante)

En associant l'enregistrement des composantes du rendement et les facteurs probablement explicatifs des phénomènes en jeu, nous comprenons mieux les modes d'action du milieu sur la plante.

D'une façon générale, la compétition ne constitue qu'un phénomène parmi l'ensemble possible et, en outre, son niveau mérite d'être précisé.

- Le milieu peut agir par accidents.

L'attaque parasitaire principalement (1977), et la verse caulinaire (1978) ont limité le remplissage du grain, mais de façon sélective, selon la date physiologique d'attaque.

Pour le parasitisme, le dégât est intervenu à date constante, mais les situations les plus tardives ont été les plus touchées (Maris Huntsman, faible peuplement, azote montée). Ceci explique la chute de la part de la composante "poids de mille grains" dans le rendement, et la présence de corrélation positive entre ces deux variables.

Pour la verse, le dégât est intervenu à date variable, fonction de la sensibilité à la verse (plus précoce pour Champlain, forte densité et apports tallage). Néanmoins, la limitation du poids de grains fut beaucoup plus faible, et les composantes ne traduisent que difficilement ce fait.

- En l'absence d'accident, un certain neutralisme peut se manifester.

Cette action du milieu na été observée que dans le cas du poids de mille grains et pour la situation Maris Huntsman 1978 : dans ces conditions non limitantes, cette composante n'est pas affectée par les précédentes et ne présente pas de variations significatives.

- La compétition reste le phénomène prépondérant.

Celle-ci explique, en particulier, les relations négatives existant entre composantes de peuplement (grains/m², épis/m²), et exprimée par individu (grain/épi,...). La recherche des objets de concurrence nous a montré que la fourniture azotée induite par le jeu de traitement étudiés à l'échelle de la plante (tallage), ou de la talle (régression herbacée), reste, dans ces sols de faible potentialité, le principal facteur explicatif. Pour bien décrire le réel, il faut ajouter que les évolutions parallèles de la fourniture azotée et du phénomène étudié sont fondamentales. Aussi, la date physiologi-

que de l'apport montée a déterminé, dans notre cas, l'influence de cette technique sur les participations relatives du peuplement et de la fertilité épi, dans le rendement, et donc sur les corrélations entre ces variables.

Mais, la compétition peut intervenir à d'autres niveaux que la plante, et il n'est pas certain que le simple enregistrement des composantes moyennes suffise à les mettre en évidence. Ainsi, la scission de la plante, de l'épi, voire de l'épillet en ses différentes catégories de talles, épillets et grains, doit permettre, une fois les problèmes d'échantillonnage réglés, de décrire encore plus finement la réponse végétale et donc les relations avec le milieu.

considérée, comme la construction progressive des composantes de rendement en grains ont constitué les principaux supports à la réflexion. Ce dernier procédé s'est révélé, à l'expérience, très performant, permettant ainsi d'étudier les relations (plante-milieu) sur des phases courtes du cycle, correspondant à des processus biologiques précis (ramification de la plante, de l'épi, remplissage du grain).

Néanmoins, les méthodes évoquées auraient été insuffisantes à décrire la nature des modes d'action du milieu, si elles n'avaient été complétées par l'enregistrement des principaux aspects explicatifs : ainsi, outre l'observation de la réponse végétale, ce travail a nécessité la caractérisation stadiale et le micro-climat (température, extinction de lumière) du peuplement, mais aussi un enregistrement quotidien du climat général et l'évolution du contenu nitrique dans le sol.

2 - ACQUISITION DE RESULTATS BIOLOGIQUES.

L'ensemble des résultats biologiques convergent tous vers un double objectif, initialement fixé au début du travail, conduit à l'échelle parcellaire : d'une part, l'acquisition de résultats intéressants à l'échelle agricole (par les techniques culturales retenues) et, d'autre part, une poursuite de la réflexion sur le processus de compétition.

2.1 - Principaux résultats agricoles.

Le but de l'activité agricole reste le rendement, maximum ou optimum, le choix dépendant, comme tous les autres, de l'ensemble du système de production, illustré par le schéma de fonctionnement de l'exploitation (qui inclut objectifs de l'exploitant et contraintes de tous ordres).

Une fois situé le niveau de notre étude (choix des techniques culturales concernant la dose de semis, la fertilisation et le cultivar), nous pouvons essayer de répondre à la question fondamentale :

"Quelles sont les voies de réalisation du rendement optimum (ou maximum) ?"

Cette question semble pouvoir résumer l'ensemble des interrogations de l'activité agricole et, en particulier, les interrogations sous-jacentes de notre travail (Intérêt d'un peuplement composé uniquement de brins-maîtres? Techniques culturales optima pour assurer la régularité de production?).

La réponse, formulée par SEBILLOTE (1976) paraît se diviser en deux aspects : "Assurer le peuplement en grains et limiter l'échaudage lors du remplissage".

a/ Assurance du peuplement en grains :

Nos investigations sur les deux campagnes étudiées permettent de préciser ce point ; les niveaux assurant l'optimum de peuplement-épis garantissent très souvent celui du peuplement en grains : ceci s'explique par la hiérarchie chronologique d'installation des composantes de peuplement et fertilité, et les moindres variations relatives, en général enregistrées sur la seconde composante.

Dans cette optique, la densité optimum à la levée, à laquelle nos observations ont abouti, avoisine la densité agricole communément recommandée (soit 250 pieds/m²) ; mais, dans ces sols à faible teneur organique (apport de fumier peu fréquent), la dose optimum d'azote minéral se situe au-delà de soixante unités, valeur maximale testée.

Si l'effet de ces deux techniques paraît bien établi, en revanche, le niveau de production espéré dépend, essentiellement, de l'année, par l'intermédiaire de ses composantes climatiques (début montée : effet bénéfique de la réduction d'intensité lumineuse en 1978 sur le peuplement en épis et donc en grains).

En conclusion à cette seconde partie de notre travail, nous devons constater que si bien des points, relatifs au phénomène de compétition du Blé en culture ont été élucidés, il faut bien reconnaître qu'un certain nombre de questions reste posé. En particulier, reste posée la possibilité d'appréhender "in situ", la réponse végétale aux seules variations de la pression de concurrence sur nos deux campagnes ; en effet, les causes indirectes engendrées par des situations créant un gradient de compétition se sont révélées aussi déterminantes que le gradient lui-même. La mise au point de nouvelles techniques expérimentales pourra, certainement, permettre d'approcher la réponse végétale potentielle en l'absence de tout accident grave.

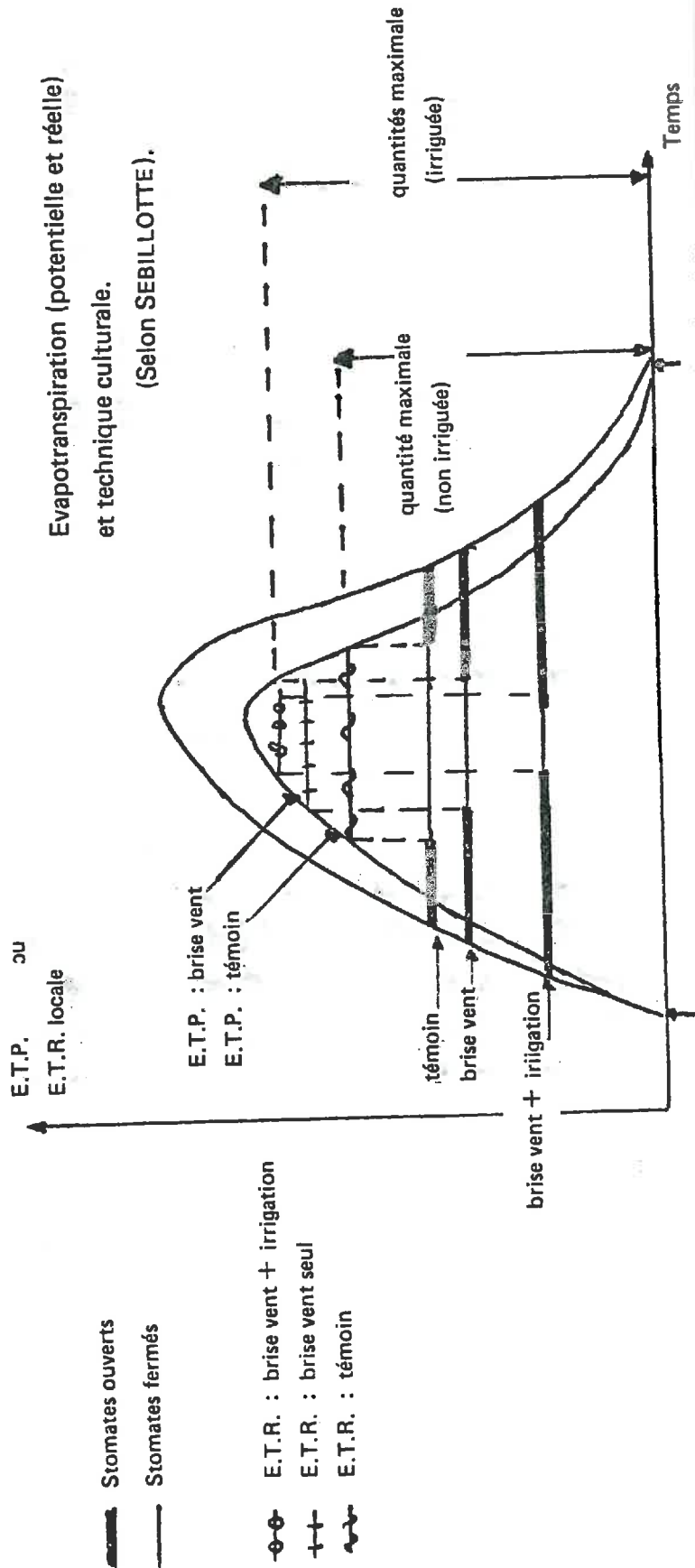
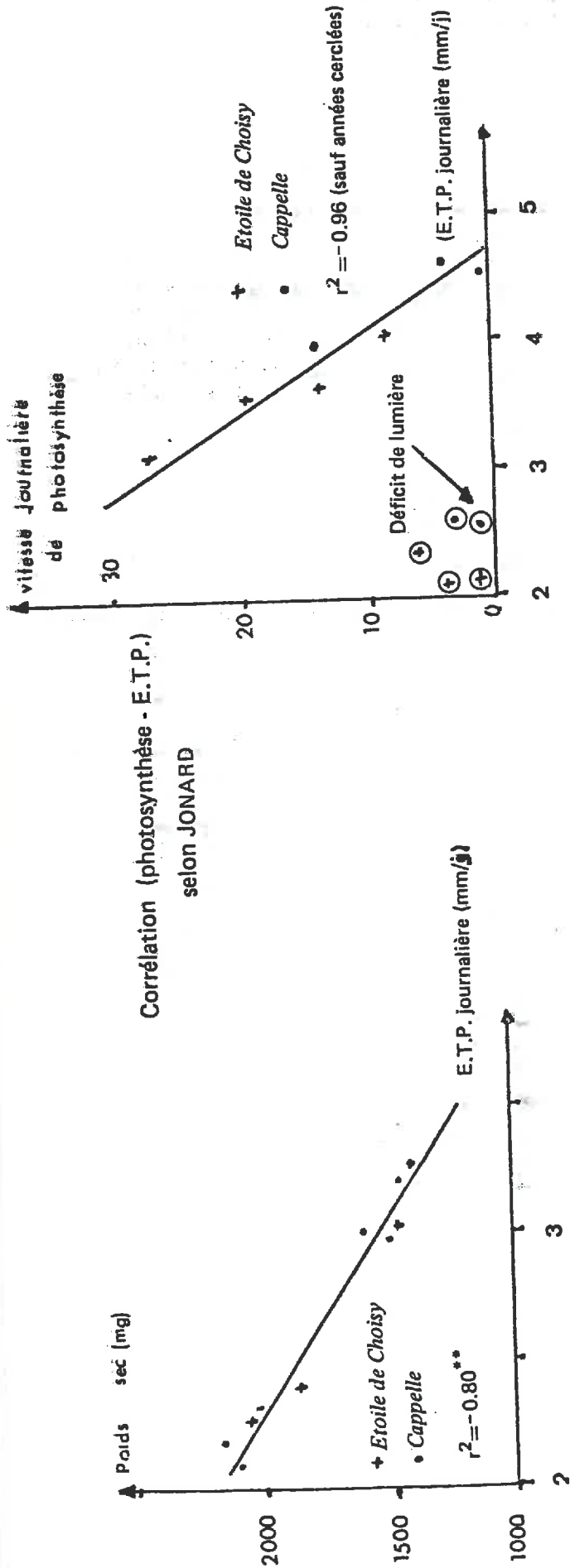
- VEZ (A.), 1969. Densité de semis et fumure azotée du froment. Revue suisse de l'Agriculture, 8, 257.
- VILAIN (M.), DRUELLE -J. P.), 1974. Appréciation de l'état d'aération par l'utilisation des techniques électrochimiques. Principes et observation. Ann. Agron., 25 (I), 1.
- WOODSTOCK (L. W.), 1973. Physiological and biochemical tests for seed vigor, Seed Sci. et Technol., 1, 127.

- BIBLIOGRAPHIE -

- SOMMAIRE DE LA BIBLIOGRAPHIE -

	Pages
INTRODUCTION	1
1. Rappels sur les grandes phases du cycle du Blé tendre d'hiver	3
11. Relations entre croissance et développement	3
111. Forme générale de la courbe de matière sèche	3
112. Conditions de réalisation des principaux stades	3
12. Modalités d'acquisition du poids sec et facteur du milieu	4
121. Facteurs de production	4
122. Conditions de production	4
Conclusions	5
2. Mise en place du peuplement de plantes	6
21. Phase de (Germination-Levée)	6
211. Facteurs du processus	6
212. Principales causes de mortalité au champ	6
22. Phase (Levée-montée)	7
221. Mortalité hivernale	7
222. Auto-élimination	7
Conclusions	7
3. Réalisation du tallage-épi	8
31. Peuplement en talles herbacées	8
311. Emission foliaire	8
312. Importance du tallage herbacé	8
Conclusions	9
32. Devenir du tallage herbacé	10
321. Description du phénomène	10
322. Principaux facteurs mis en jeu	10
323. Expression au champ	10
Conclusions	11
4. Détermination du nombre de grains par épi	12
41. Description morphologique et effets des principaux facteurs	12
411. Formation des épillets	12
412. Nombre de fleurs potentielles par épillets	13
413. Taux de survivance de fleurs	13
42. Détermination au champ	13
Conclusions	14
5. Obtention du poids des grains	15
51. Principales causes de limitation du remplissage	15
511. Description du phénomène	15
52. Provenance de la matière sèche du grain	15
521. Stockage et utilisation des réserves dans l'appareil végétatif	15

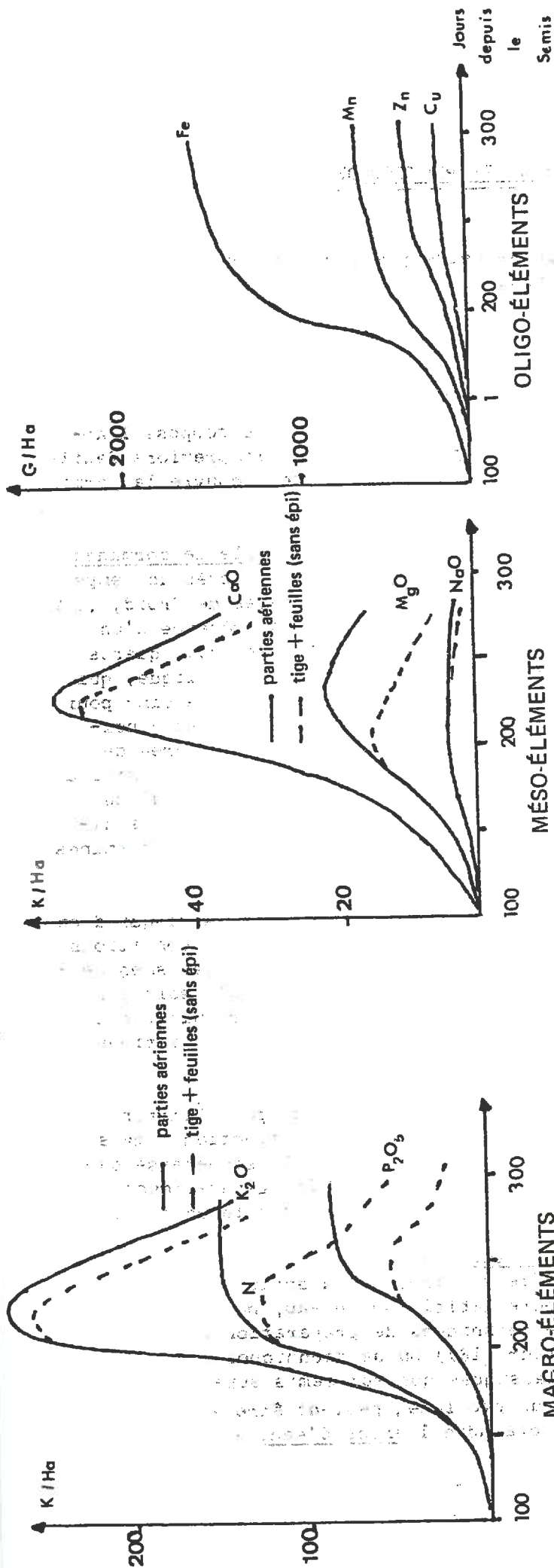
Figure 3 - DEMANDE CLIMATIQUE, RÉGULATION STOMATIQUE ET PHOTOSYNTHESE.



au développement de nombreuses maladies susceptibles d'attaquer le feuillage, voire l'épi, la fréquence des attaques étant accrue sous couvert dense et en région océanique (forte densité, fumure azotée (42)).

CONCLUSIONS

L'étude des relations (poids sec - milieu) permet, en général, d'approcher les premières causes possibles à la limitation du rendement, mais l'insuffisance de cette approche tient dans son évidente globalité. En effet, il conviendrait d'y ajouter le comportement de l'appareil radiculaire, dont les réactions peuvent être inverses de celles de l'appareil aérien (la forte fumure azotée réduit son importance). De nombreux auteurs ont préférés étudier la formation du rendement, souvent plus aisée à cerner que la biologie de la plante entière.



Élément minéral	Rythme journalier (maximal)	Prélèvements*	
		Paille	Grain
Azote	2.8	0	100
Acide phosphorique	1.4	16	46
Potasse	—	72	31
Magnésie	—	5	9
Chaux	—	28	3
Soude	—	32	03
g/ha			
Fer	—	1110	200
Zinc	—	83	177
Cuivre	—	30	50
Manganèse	—	159	209
g/ha			

(* pour un rendement de 62 q.)

2 MISE EN PLACE DU PEUPEMENT DE PLANTES

La détermination de cette première composante suppose la réalisation des trois processus biologiques distincts, qui nous serviront de guides : la germination-levée, l'endurcissement hivernal et la concurrence durant la montaison.

21 PHASE DE (GERMINATION-LEVEE)

Dans sa définition agronomique, la levée suppose l'apparition des racines séminales et du coléoptile, voire de la première feuille, en semis profond (5). Physiologiquement, ce phénomène recouvre la germination sensu-stricto et la croissance souterraine.

211 Facteurs du processus :

La germination suppose la levée éventuelle de dormance (incapacité à mobiliser des ressources (70)), qui s'obtient, après un temps de latence (5), accéléré par diverses techniques (alternances de froid, ...) (71), mais généralement dépassé au moment du semis (5). En présence d'un grain susceptible de germer, l'eau (présente sur au plus des trois quarts des enveloppes) permet une imbibition physique (71), puis métabolique, qui nécessite alors la présence d'oxygène, dans une teneur d'au moins cinq pour cent (71). La température active l'ensemble de la phase et, toutes conditions égales par ailleurs, est inversement proportionnelle à la durée de cette période, selon une liaison variétale (figure 4). En outre, son niveau détermine la nature des relations entre racine et coléoptile, puisqu'une certaine compétition peut s'installer entre ces deux organes, dont les niveaux de croissance atteints lorsque la photosynthèse débute, sont déterminés par la profondeur de placement du caryopse.

212 Principales causes de mortalité au champ

Toute cause responsable d'un retard de levée risque d'entraîner une augmentation du déchet potentiel (qui, dépendant des conditions de maturation, ne doit pas dépasser un seuil, défini par les organismes certificateurs), soit par épuisement des réserves du caryopse (50), soit par sensibilité accrue aux agents externes (prédateurs, gel). Le résultat des techniques culturales employées dépend, évidemment, de leurs interactions avec les facteurs climatiques.

2121 Profondeur et date de semis

L'enfouissement profond (plus de 5 cm) peut limiter l'alimentation en oxygène, et accroître les risques de destruction ; mais, occasionnellement, ce peut-être un moyen de lutte contre la sécheresse superficielle ("self-mulching"). Le retard de semis accroît, généralement, le risque d'un coup de froid (50), susceptible de dégâts sur le rhizome, très fragile.

2122 Itinéraires culturaux

La finesse des éléments structuraux environnant le grain, assure, évidemment, une meilleure imbibition en eau, par temps sec. Ainsi, des différences notables entre techniques de préparation du sol (supériorité des disques sur le cultivateur (16)) ou de techniques de semis (moindre déchet après préparations classiques que sur semis superficiel (51), lorsque la reprise en eau peut poser un problème, peuvent être enregistrées.

Mais, généralement, il faut craindre l'excès d'eau, soit par forte

pluviométrie, soit par stagnation superficielle. La battance dépend de l'intensité des averses, mais aussi de la fréquence et de la taille des mottes (préparation du sol), ainsi que de la stabilité structurale, reflet du passé cultural (taux de matière organique) et de la granulométrie (importance des limons) (25). Le choix des engins superficiels et de leur vitesse de passage peut permettre de diminuer les risques dans les situations de faible stabilité structurales (sol limoneux, sans apport organique...).

22 PHASE LEVEE-MONTEE.

Le peuplement établi à la levée peut encore évoluer, soit en raison d'adversités climatiques (gel, excès d'eau), soit par une trop forte pression de concurrence entre plantes.

221 Mortalité hivernale

2211 Dégâts par le gel

La résistance au froid, minimum au stade coléoptile, s'accroît à partir du stade 4 feuilles (début tallage), puis diminue considérablement au stade A (27). En moyenne, les valeurs de (-4° C) et (-18° C) constituent, pour le stade début tallage, les niveaux respectifs des premiers dégâts et de mortalité (5) en sol nu et sans processus d'endurcissement. L'année-type pour ce problème, reste, en France, 1956. Le respect de la date de semis et le choix de cultivars résistants constituent les seules parades possibles. L'arrivée progressive du coup de froid (endurcissement hivernal), la neige et le micro-climat (poquets), micro-relief (20, 52) peuvent contribuer aussi à limiter les disparitions.

2212 Asphyxie temporaire

L'asphyxie par excès d'eau ralentit la croissance et peut même provoquer la disparition de plantules (corrélée positivement à la pluie hivernale (28)).

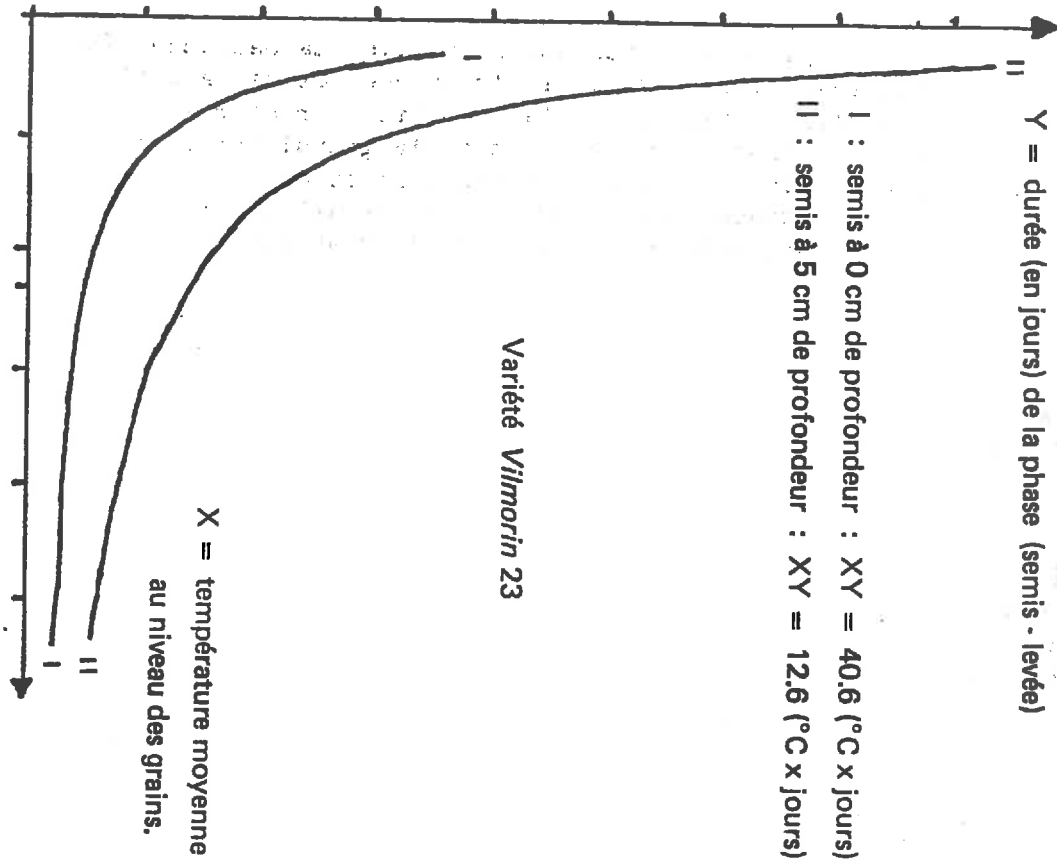
222 Auto-élimination

En très fortes densités (1 000 plantes/m² (37)), la pression de concurrence est telle, que près de la moitié de l'effectif peut disparaître. En conditions agricoles (200-300 plantes/m²), ce mode de disparition est discuté (5.26), son estimation étant rendu délicate par les difficultés de reconnaissance des plantes à la récolte (26).

CONCLUSIONS SUR L'ACQUISITION DU PEUPEMENT

Le peuplement (en plantes/m²) est lié linéairement, jusqu'à 500 pieds/m² environ, à la densité de semis, selon une pente qui reflète essentiellement les conditions de germination. La connaissance fréquentielle du climat, le choix d'une préparation du sol adéquate et d'une date de semis appropriée, peuvent permettre de la rapprocher de l'unité.

Figure 4 - TEMPÉRATURE ET DURÉE DE GERMINATION (selon GESLIN, 1944).



Nature des facteurs déficients Techniques culturales

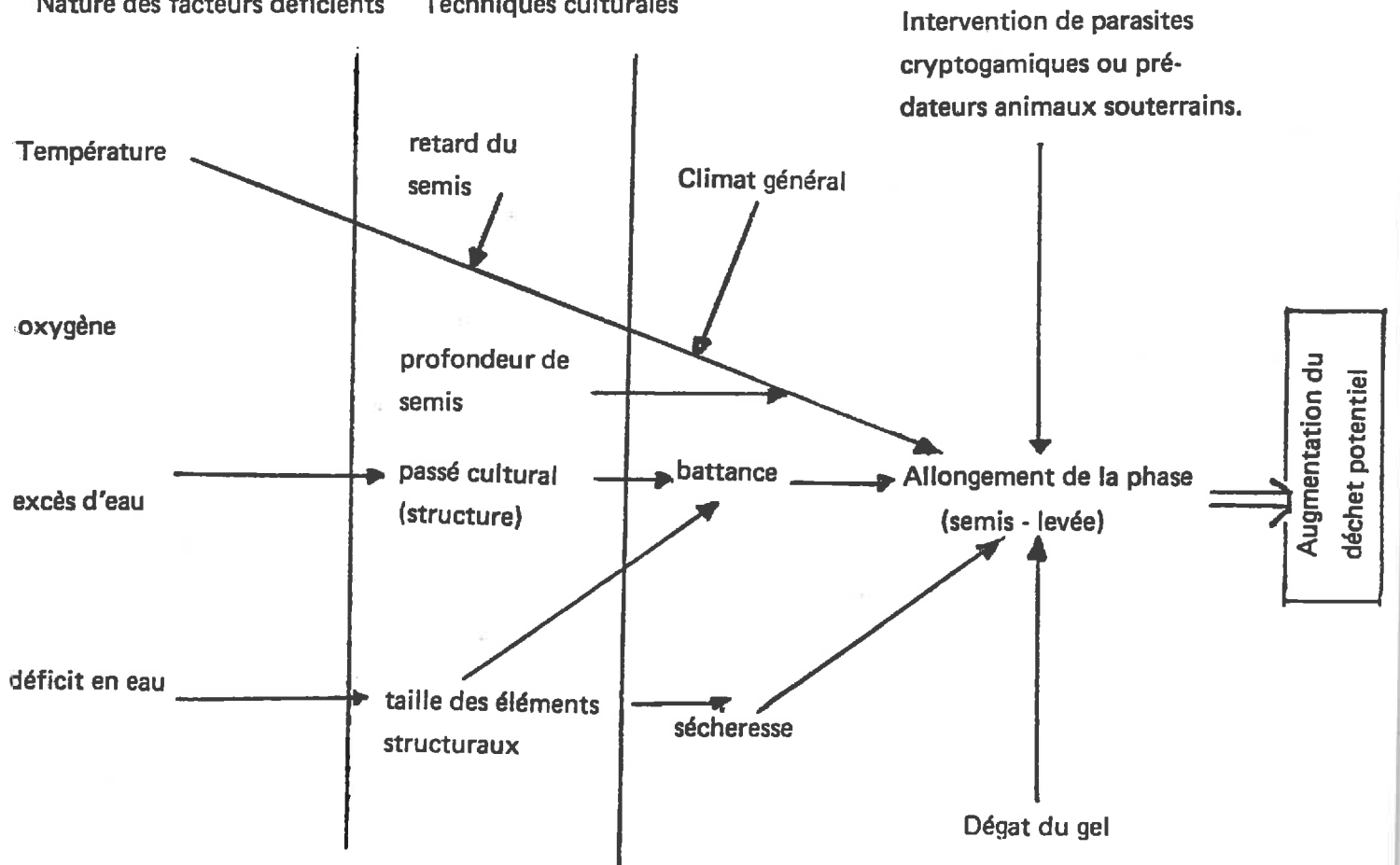


Figure 5 - PRINCIPALES INTERACTIONS DÉTERMINANT LE TAUX DE DÉCHET A LA LEVÉE.

1 Pourcentage de talles herbacées dominant des épis

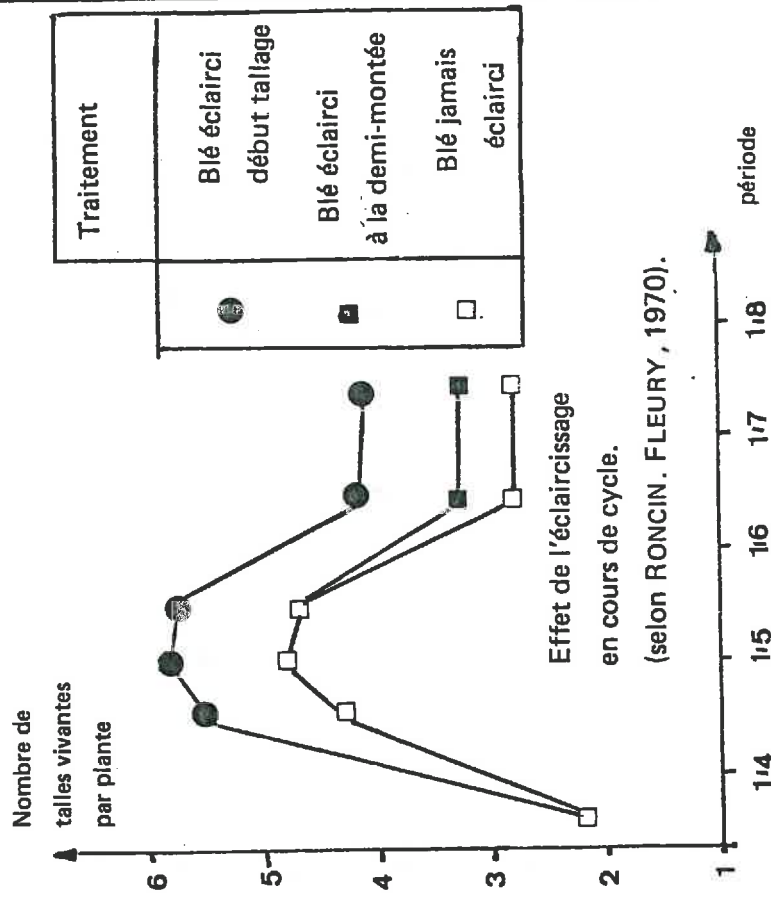
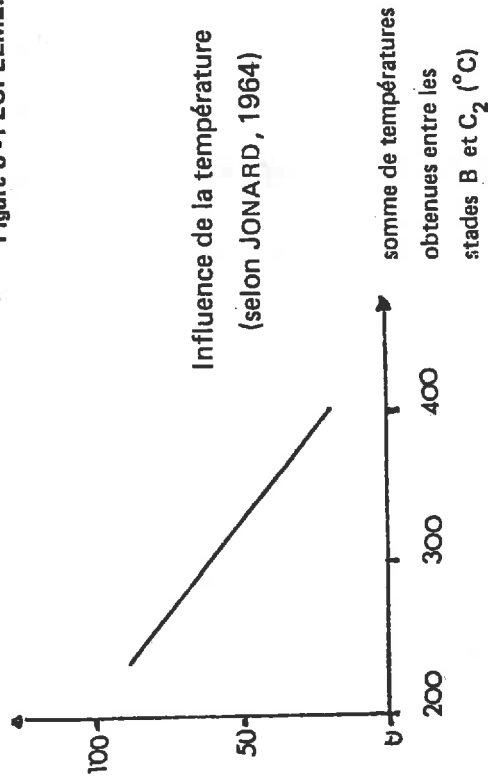
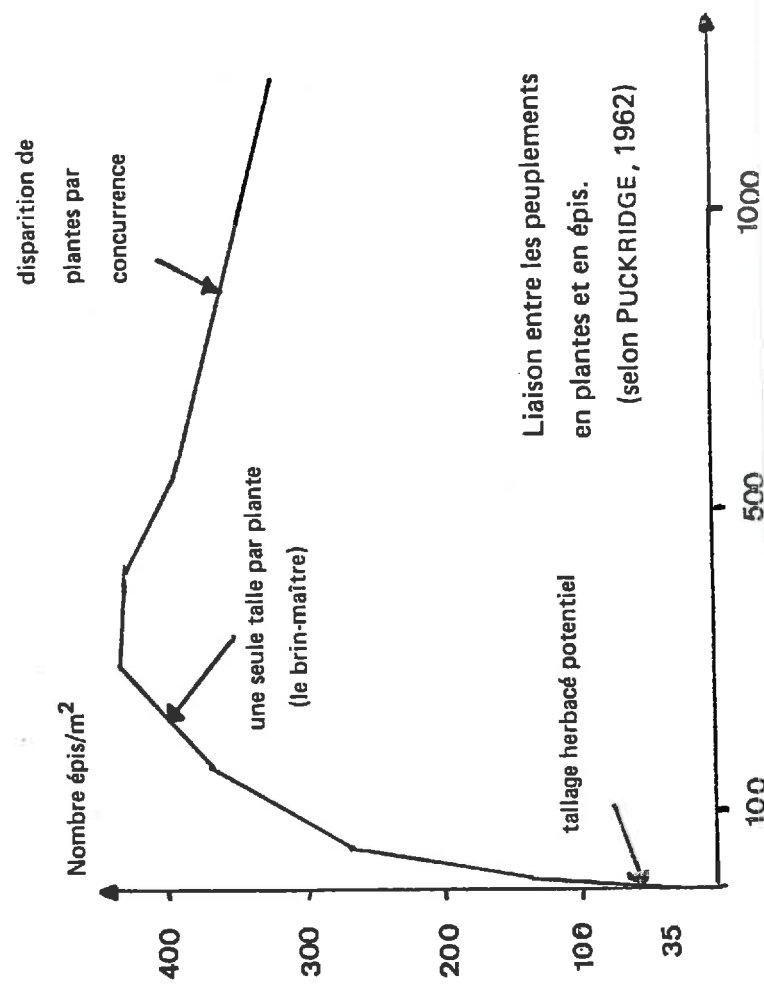


Figure 8 - PEUPLLEMENT ÉPI, DATE D'APPORT AZOTÉ, ET D'ÉCLAIRCISSEAGE.

		Effet de la date d'apport azoté (selon HEBERT, 1969)						
Dose d'apport (hg/ha)	0	90						
Date d'apport	—	4/3	19/3	6/4	17/4	1/5	18/5	
Nombre d'épis par m ²	311	552	616	541	551	443	428	393



instantanés, alors très importants (3 kg/jour ; $\frac{\text{croissance (B C}_2)}{\text{croissance (A B)}} = 6$) et, d'autant plus élevés qu'un premier apport au tallage a créé une "faim d'azote" (40), en élevant le coefficient de tallage herbacé.

CONCLUSIONS SUR LE TALLAGE EPIS/M2

Cette composante est elle-même l'aboutissement de plusieurs ajustements entre "sous-composantes" (peuplement en plantes, tallages herbacé et épi) ; ces interrelations expliquent l'importance comparable de la date d'intervention des facteurs climatiques ou culturels et de leur niveau (figure 8).

la régression des épillets du brin-maitre que des talles latérales.

412 Nombre de fleurs potentielles par épillets

4121 Aspects morphologiques

Dans un épillet et indépendamment de sa position (31), se trouve initiée une dizaine de fleurs ; en général, il n'en survit que trois à cinq. Au cours du mois qui sépare l'initiation de la première et de la dixième fleur, apparaissent, successivement glumes, anthères, lemnes, paleas, rachis, ce qui permet de constituer une échelle de repères (31). La vascularisation dépend du numéro d'ordre de la fleur (30) :

- fleurs 1, 2, 3 : directement reliées à la base du rachis.
- fleurs au-delà de la troisième : reliées à des canaux subvasculaires.

Cette caractéristique pourrait expliquer la régression très importante des fleurs distales, qui peut intervenir à deux époques (30) :

- très précocément pour les fleurs éloignées.
- vers l'épiaison pour les plus proches de la base de l'épillet (une fleur pour être fécondée doit atteindre une taille critique)

4122 Effets des facteurs du milieu

Sur le cultivar australien Astea, la vascularisation de l'épillet (nombre et taille des canaux) ne varie pas avec les traitements appliqués ; dans cette hypothèse, la disponibilité en éléments trophiques est déterminante. La limitation atteint, essentiellement, les fleurs les plus récentes, et touche en conséquence :

- dans un épillet, les plus éloignées.
- sur l'épi, les fleurs des épillets extrêmes (puisque la vitesse d'initiation est constante selon la position sur l'épi).

L'influence des facteurs climatiques ou culturels se comprend par leur effet sur les potentiels de photosynthèse, malgré le faible poids des fleurs (15) ; en effet, il semble que la proportion de matériaux, destinée à l'épi, ne dépende pas de facteurs abiotiques, mais plutôt hormonaux (39).

En particulier, cette phase (C₂ - F) semble constituer une période critique, où les besoins deviennent très forts : tout accident (E. T. P....) à cette période est très dommageable pour la fertilité épi.

413 Taux de survivance des fleurs

La survie des fleurs viables suppose une température supérieure à 15° C (5) pendant la phase (épiaison-floraison), sinon des avortements interviennent. En outre, une certaine compétition entre grains très avancés et très tardifs peut s'installer si une déficience nutritionnelle se fait sentir (29). L'hypothèse d'émission hormonale a même été formulée (53). Les facteurs, susceptibles d'intervenir, sont les mêmes que ceux modifiant le poids du grain : un éloignement très important de leur niveau optimum provoque un tel manque d'aliments que l'avortement intervient (50 % pour Cappelle, JONARD 64). Celui-ci peut intervenir jusqu'au stade (MO)

42 DETERMINATION AU CHAMP

Une vitesse de croissance rapide apparaît le point fondamental pour l'obtention de la fertilité (figure 10) ; c'est là une exigence totallement opposée à celle compatible avec un faible taux de régression des talles herbacées (cf. partie 32), mais qui explique la liaison, très souvent négative (figure 9), entre peuplement et caractéristiques de l'épi.

L'apport azoté accroissant l'indice foliaire maximum est un moyen d'accélérer l'accumulation du poids sec, mais ses effets dépendent évidemment de la date physiologique d'apport (figure 10). En définitive, ce sont

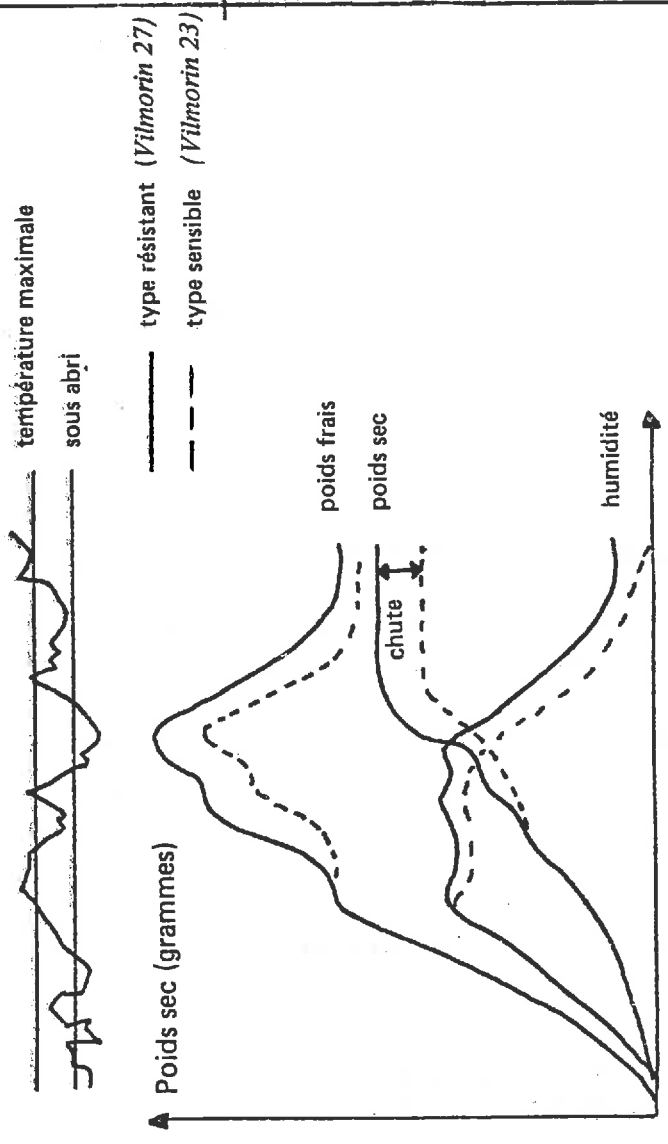
surtout les limitations de la photosynthèse qui restent à craindre (E. T. P. excessive, destruction du feuillage par les maladies).

Or, si l'étalement de structure stadiale (accrue par apport d'azote ou une faible densité), peut constituer une prévention contre la trop forte demande hydrique (55), en étalant la période critique, ce peut être aussi un risque plus fort d'attaques parasitaires. En effet, un couvert végétal dense (L A I fort) crée un micro-climat chaud et humide, propice à de nombreuses maladies (Rouilles, Oïdium, Ergot des céréales, Piétins des céréales (42)).

Par contre, une culture trop claire peut favoriser les mauvaises herbes, stimulées par les apports azotés (48).

CONCLUSIONS SUR LA FERTILITE DE L'EPI

Cette composante est certainement la moins connue dans sa réalisation, car elle résulte de processus physiologiques difficiles à étudier, compte tenu de la complexité de structure d'un épi. Son extrême dépendance avec la vitesse de croissance la rend très sujette aux accidents climatiques ou parasitaires. Ainsi, la compréhension de l'influence des techniques culturales doit se faire par l'analyse de leurs "effets secondaires". En dehors d'accidents, cette composante est alors liée négativement à celle de peuplement.



Echadage physiologique
(selon GESLIN, JONARD, 1951)

Provenance de la matière sèche des grains.
(selon JONARD, 1964).

Matière sèche cédée par l'organe végétatif		Matière sèche issue de la photosynthèse nette		
<i>Etoile de Choisy</i>	<i>Cappelle</i>	<i>Etoile de Choisy</i>	<i>Cappelle</i>	
1043	880	314	112	mg
76	88	24	12	%

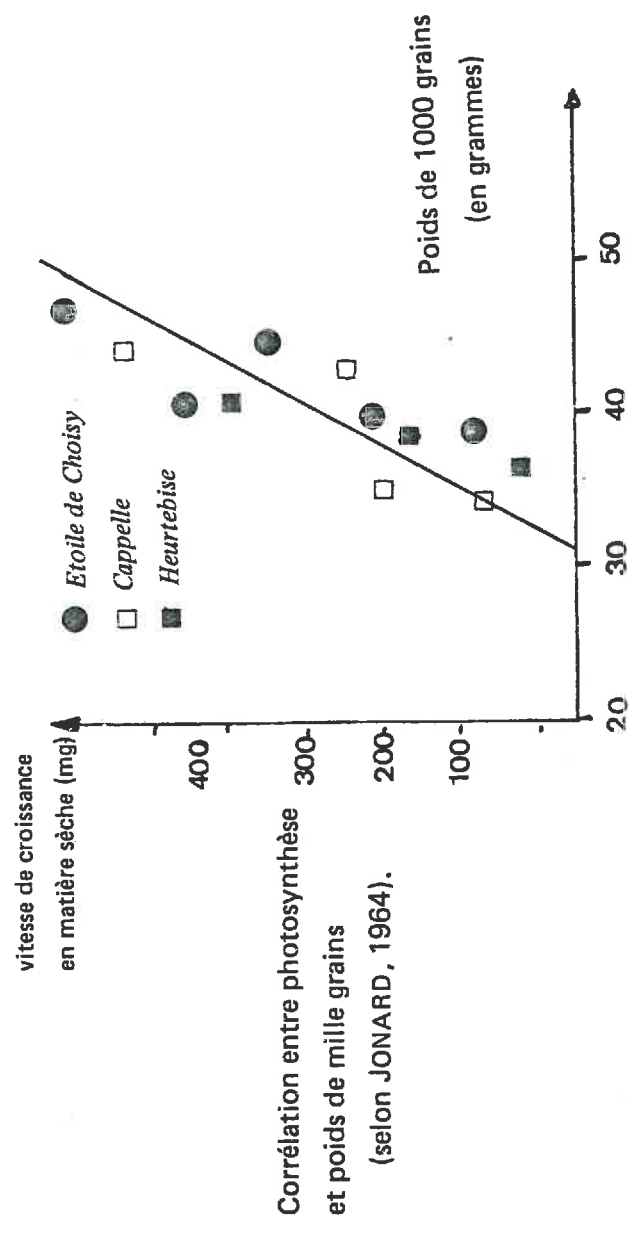


Figure 10 - POIDS DE MILLE GRAINS
ET ACCIDENTS CLIMATIQUES.

Corrélation entre photosynthèse et poids de mille grains
(selon JONARD, 1964).

5 OBTENTION DU POIDS DES GRAINS

Au cours de la phase (Floraison-Maturité) se forme l'organe directement souhaité : le grain. L'ensemble des tiges fructifères indépendantes est, maintenant, déterminé ; le nombre de grains est acquis dès le stade MO (17 jours après la floraison). Ainsi, cette dernière période concerne le dépôt du matériel dans le réservoir constitué par le futur caryopse.

51 PRINCIPALES CAUSES DE LIMITATION DU REMPLISSAGE

511 Description du phénomène

La période d'accumulation peut être scindée en deux sous parties, d'inégale durée (JONARD).

- Floraison - MO (16-17 jours) : longueur et organisation biochimique (amidon, aleurone), du grain se déterminent ; les phénomènes de meresis (multiplication cellulaire) et d'auxesis (allongement) ont lieu dans l'endosperme (2) ; durant cette période, l'appareil végétatif continue de s'alourdir (figure 1) et l'hypothèse d'une certaine compétition entre tiges et grain a été émise (68).

- MO - Maturité (26 jours, $\Sigma\theta = 490^{\circ} \text{C}$) : poids sec, largeur et épaisseur sont les dernières caractéristiques déterminées. Entre le vingtième et le quarantième jours (figure 11), le pourcentage d'humidité ne varie pas, définissant le "palier hydrique", où le flux de matériau sec vers les caryopses est très rapide. Un déficit d'alimentation hydrique, en début du palier, restreint les migrations, et atteint le poids sec final (échaudage).

52 PROVENANCE DE LA MATIERE SECHE DU GRAIN

Les assimilats peuvent provenir de deux sources, elles-mêmes liées à deux voies biochimiques distinctes : utilisation de réserves de l'appareil végétatif (avant ou après épiaison) et photosynthèse nette de parties encore chlorophylliennes.

521 Stockage et utilisation des réserves dans l'appareil végétatif

La participation de la matière sèche accumulée avant épiaison ne dépasse pas 10 % (61, 67) (matériel stocké dans les entrenœuds du bas), alors que l'indice foliaire maximum est atteint deux semaines avant la sortie de l'épi du blé d'hiver (61). Par contre, l'accroissement pondéral de la tige se poursuit jusqu'au stade MO, essentiellement par accumulation, juste avant l'avant dernière feuille, de formes insolubles, puis solubles (58), essentiellement aux niveaux des entrenœuds (69). Après ce stade, l'appareil végétatif (plus les pièces florales) perd environ vingt pour cent de son poids maximum (29), dont la plupart (80 %) se dirige vers l'épi (44). La variabilité inter-annuelle de la quantité cédée par la tige serait très faible ($\frac{s}{\bar{x}} = 70\%$ (29)), et son niveau reflète les possibilités variétales (figure 10).

522 Photosynthèse nette

Les organes susceptibles d'approvisionner les grains sont ceux restant verts après (MO) : épi, feuille culmaire et, éventuellement, sous-culmaire, graines, partie verte du dernier entre-nœud. A cette

liste, on peut ajouter les grains : en conditions favorables d'éclaircissement, ils sont capables de subvenir à leur besoin de respiration (13).

L'épi contribue pour le tiers de la photosynthèse nette, mais cette moyenne masque une évolution temporelle typique, d'où il ressort (61) que sa part est maximum lors des plus forts besoins. En outre, cette proportion s'accroît lorsque sa longueur et le nombre d'épillets augmentent.

La feuille culmaire pourvoit aux besoins lorsqu'ils sont maximum, mais elle peut être remplacée par l'avant dernière, en cas d'attaques parasitaires (68). La progression maximale du carbone radioactif serait de 40 cm/heure, mais une partie peut transiter dans la tige (59).

Le reste de la plante contribue, pour quinze pour cent environ, à la photosynthèse nette (61). Ainsi, les deux tiers des besoins courants sont satisfaits par les organes verts autres que l'épi : la variabilité de leur fonctionnement explique les variations annuelles ($\bar{X} = 70\%$ (29)) du niveau photosynthèse, donc du poids de grain.

523 Relations entre grains

5231 Gradient dans l'épi

Un gradient marqué existe dans le poids unitaire, selon la position occupée sur l'épi et dans l'épillet, identique à celui vu pour le nombre de grains par épillet (44). Ce gradient, existant même en conditions non limitantes, renvoie au rythme d'ontogénèse : peu net à l'épiaison, il s'accroît lors du remplissage actif. Son existence, en conditions optimales, tendrait à confirmer l'hypothèse d'un plafonnement des possibilités comme "réservoir" de l'épi.

5232 Relations entre grains

L'accroissement du nombre d'épillets aggrave le gradient précédent (6), malgré l'allongement concomittant de l'épi qui accroît les possibilités de photosynthèse nette. Les relations entre le nombre et le poids des grains restent à étudier ; néanmoins, il semble bien qu'un surplus de matériel existe dans l'appareil végétatif, en outre, tout accroissement des possibilités de "réservoir" de l'épi augmente le flux d'aliments en provenance de la tige (40). L'ensemble de ces remarques tend à expliquer la relative indépendance observée pour cette dernière composante, face aux deux précédentes, en l'absence d'accidents majeurs (61, 38).

53 REALISATION AU CHAMP

531 Maintien de l'indice foliaire (Leaf Area Index)

La vitesse de diminution de l'indice foliaire dépend du cultivar, mais aussi du climat ; l'indice D (Leaf Area Duration =

Moisson $\int L A I dt$) qui intègre la surface de réponse épisaison) se (61), s'accroît avec un apport azoté tardif (mi-montée-épiaison), alors que l'apport au tallage abaisse sa valeur par rapport au témoin (malgré un maximum plus fort, HEBERT). Mais la prise en compte de l'indice foliaire au-dessus de la feuille culmaire apparaît améliorer la valeur des explications (70), ainsi que l'étude du rapport :

$$G = \frac{\text{Rendement}}{D},$$

efficience de la photosynthèse variétale (58).

532 Accidents limitant le remplissage du grain

La limitation de l'activité photosynthétique constitue le risque majeur de non-réalisation des potentialités variétales. A l'échaudage physiologique (forte demande climatique, en général $T > 30^\circ C$), il convient d'ajouter les destructions de feuillage (attaques parasitaires), le déficit d'alimentation hydrique (décrochement de E. T. R.) et la verse caulinaire.

5321 Microclimat et peuplement

Les remarques émises lors de l'étude du nombre de grains par épi (climat chaud et humide à fort peuplement) se renforcent ici ; en effet, la hauteur finale de la tige est acquise et la structure verticale d'indice foliaire se concentre au sommet de la culture. Tout concourt (36) à typer l'environnement de la culture par rapport au climat général (34). Or, les risques de maladies s'accroissent avec l'avancement dans le temps.

5322 Décalage stadial

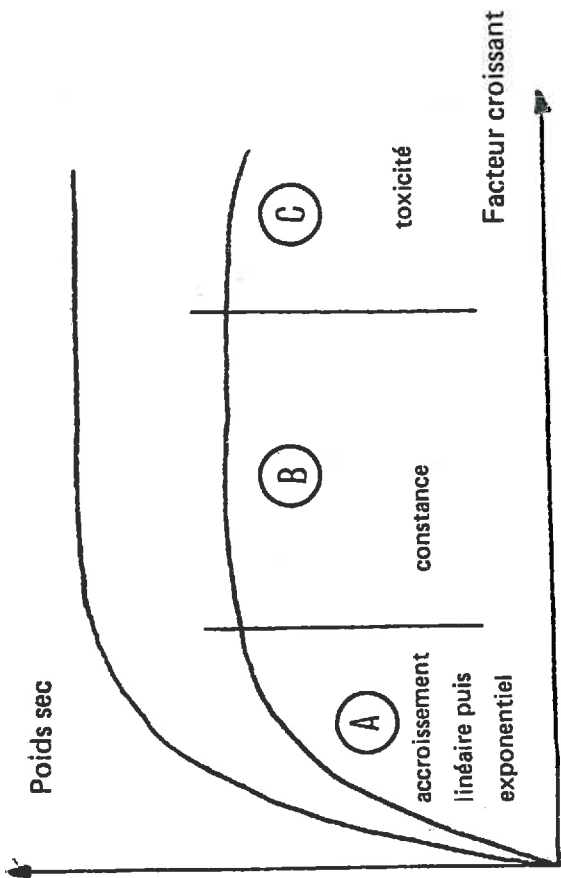
L'accroissement du nombre de talles latérales entraîne retard et étalement stadiaux (cf. 42) ; en définitive, tout traitement permettant d'acquérir le poids potentiel tôt et rapidement (P élevée et $\frac{P}{D}$ faible) semble une garantie de moindre variabilité inter-annuelle. Parmi les facteurs susceptibles d'accélérer le remplissage, il faut citer la forte densité et le cultivar (précocité de maturité).

5223 Verse

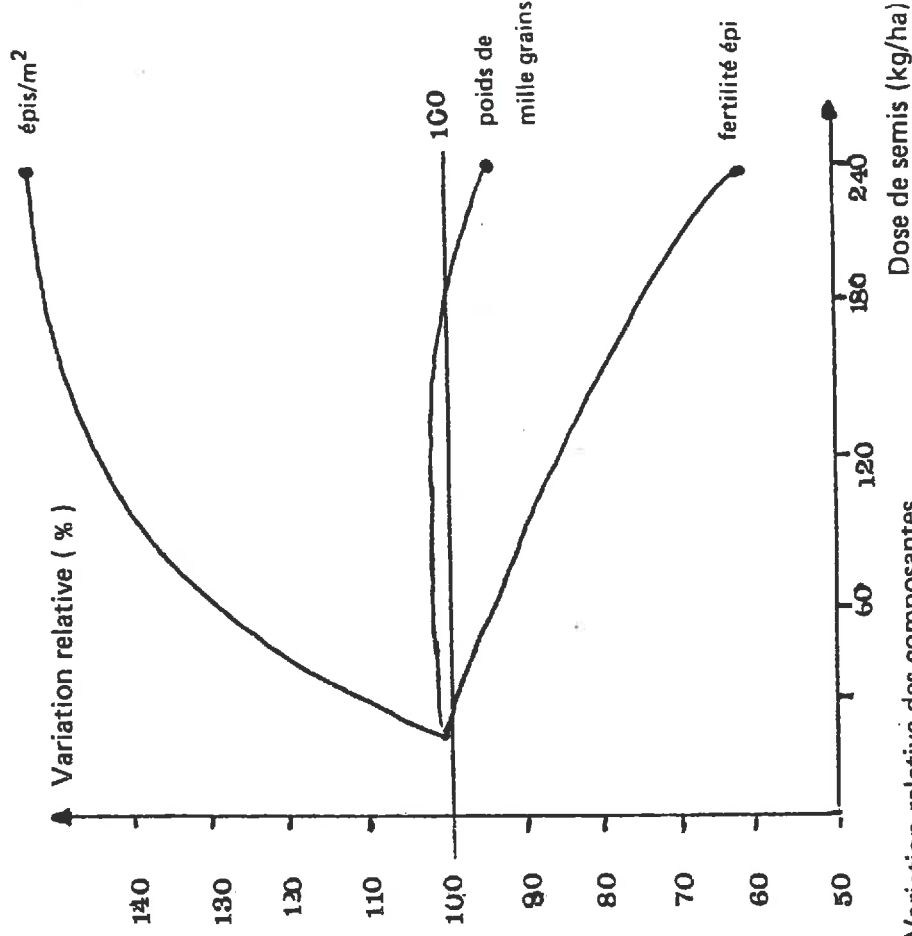
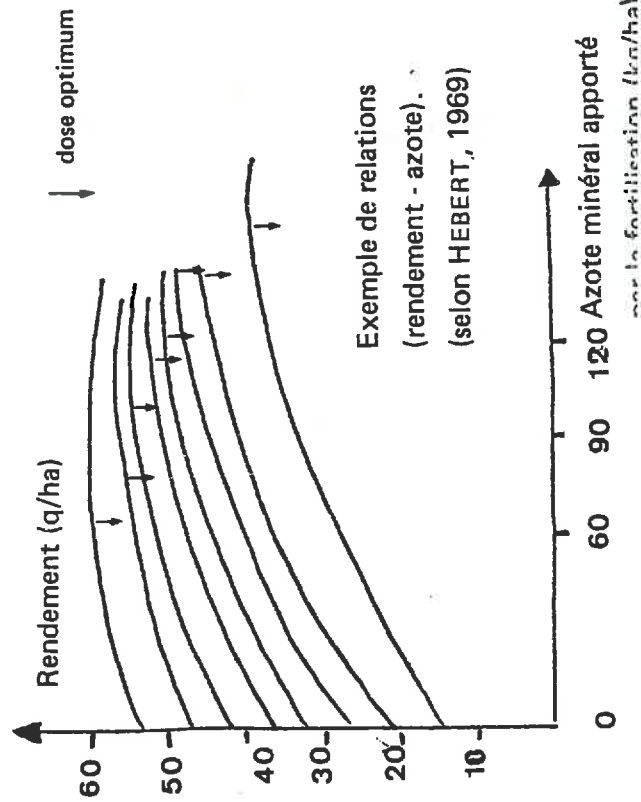
Si celle-ci intervient tôt, elle peut être cause d'un remplissage ralenti. Or, ce phénomène dépend de la taille des entre-noeuds du bas et du rapport glucides, lui-même relié aux conditions lors de la phase montée. Ainsi, la protides montée rapide, due à l'étiollement (forte densité, déficit d'ensoleillement et à un apport azoté au tallage), sera cause d'allongement des entre-noeuds inférieurs, les plus exposés.

CONCLUSIONS SUR L'OBTENTION DU POIDS DE 1 000 GRAINS

La faible liaison observée entre cette dernière composante et le rendement n'exclut pas de fortes variations, en général inter-annuelles, dues aux interactions (stade physiologique x maladies x E. T. P.). Toute intervention, susceptible d'avancer la période de remplissage rapide, diminue la fréquence de sa mauvaise réalisation.



Relation entre rendements biologiques en grains, et facteurs de production. (selon DONALD, 1962).



Variation relative des composantes du rendement en fonction de la densité de semis. (selon VEZ, 1974).

Figure 11 - RELATIONS ENTRE LE RENDEMENT ET SES COMPOSANTES.

6 RELATIONS ENTRE COMPOSANTES ET RENDEMENTS

Le but final, en production céréalière, est, évidemment, le rendement en grains, dont la maximisation reste l'objectif prépondérant.

61 CAUSES DE VARIABILITES DU RENDEMENT

Malgré la nette amélioration des rendements moyens notés en France depuis vingt ans (d'ordre génétique et cultural), les variations annuelles rencontrées restent les plus fortes. Ce fait traduit les deux voies d'influence du milieu :

- action destructive ou caractère accidentel : le milieu agit ici par seuil, selon une loi du tout ou rien (attaques parasitaires, échaudage, gel...).

- action progressive ou quantitative : l'augmentation du niveau de "facteurs" accroît le rendement, selon une courbe typique qui admet un optimum, lui-même dépendant des valeurs des autres aspects du milieu (loi du facteur limitant). Au-delà d'un certain niveau, une chute intervient, qui s'explique par toxicité) ou même par apparition d'accidents (verse, ...). La dose de semis et d'azote donne assez souvent des schémas de ce type (figure 11).

En réalité, le mélange de ces deux types d'action empêchent souvent l'étude comparative.

62 RELATIONS ENTRE COMPOSANTES

Toute variété possède une composante (tallage, ...) plus sensible aux conditions de milieu ; elle peut être considérée comme facteur principal de productivité (29, 28, 24) ; chacune des trois composantes essentielles peuvent exister des corrélations négatives (surtout entre fertilité et peuplement épi). L'explication peut être la suivante (51).

- la compétition entre individus défavorise la composante concernée (d'où corrélation négative). Ce schéma intervient essentiellement entre peuplement et fertilité de l'épi. Ainsi (figure 10), l'accroissement proportionnel du rendement avec la densité de semis est explicable par une augmentation supérieure du peuplement par rapport à la fertilité (phase A). En phase B, tout accroissement de la première composante se trouve compensée par la diminution de la seconde l'optimum serait atteint pour un peuplement de 600 épis/m² en France (I. N. R. A., I. T. C. F.). La progression ultérieure du rendement suppose l'application de techniques culturales au cours de la montée, limitant la chute de fertilité (surplus azoté ? (49)). Ces relations expliquent la réduction des variations entre traitements culturels au cours de l'avancement du cycle.

- la présence d'un facteur limitant grave explique l'absence de liaison entre deux composantes : c'est souvent le cas du poids unitaire du grain, et quelque fois de la fertilité. Mais un accident peut entraîner une liaison négative, par effet secondaire du facteur (exemple : l'azote "montée" favorise la fertilité, mais abaisse le poids du grain, en retardant la dessiccation et en favorisant les maladies).

La seule prise en compte de ces trois composantes est maintenant notoirement insuffisante, pour percevoir les relations (climat-sol-plante). Le degré de décomposition doit aller au moins jusqu'à l'épillet, de manière à scinder le cycle en périodes plus courtes. L'exploitation de tels tableaux peut être réalisée par régression multiple, pas-à-pas (1, 49), qui fait apparaître le mécanisme des compensations progressives affectant les facteurs d'abondance (= composantes par m²), sous l'influence des déviations plastiques des plantes (1). C'est à travers de telles approches que risquent d'être mieux cernées les relations (plante-milieu).

- REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES -

- 1 - AMHED (A.) 1975. Modalités d'élaboration des composantes de rendement chez le Blé d'hiver. Thèse de 3ème cycle, 105 pages.
- 2 - ASANA (R.D.), BAGGA (A. K.), 196 . Studies in physiological analysis of yield. VIII. Comparison of development of upper and basal grains in spikelet of wheat. *Ind. J. Pl. Physiol.* 9, 1.
- 3 - ASPINALL (D.), 1962. The control of tillering in the Barley Plant. *Austr. J. Biol. Sci.*, 16, 2, 285 (et 1961, *ibid*, 14, 493).
- 4 - BALDY (CH.), 1974. Sur le comportement de cultivars de Blé tendre (*Triticum aestivum* L.), cultivés seuls ou en associations binaires. *Ann. Agr.*, 25 (1), 61.
- 5 - BARLOY (J.), BOUGLE (B.), 1964. Physiologie et Biologie des Graminées cultivées. Applications pratiques. 55 pages.
- 6 - BUTTROSE (M.S.), MAY (L.M.), 1959. Physiology of cereals grown : the source of carbon for the developing kernel. *Austr. J. of Biol. Sci.*, 12, 40.
- 7 - BREMNER (P.M.), 1969. Growth and yield of three varieties of wheat, with particular reference to the influence of unproductive tillers. *J. of Agric. Sci., Camb.*, 72, 281.
- 8 - CARR (D.J.), WARDLAW (I.F.), 1965. The supply of photosynthetic assimilates to the grain from the flag leaf and ear of wheat. *Austr. J. of Biol. Sci.*, 18, 711.
- 9 - CAUSSANEL (J.P.), BLAIR (D.), BARRALIS (G.), 1973. Etude de la compétition en serre entre le Blé d'hiver et une adventice précoce. *Ann. Agr.*, 1973, 24 (6), 689.
- 10 - COÏC (Y.), 1959. Recherches sur le meilleur équilibre densité de semis, fertilisation azotée du Blé d'hiver. *Ann. Physiologie Végétale*, 1, 53.
- 11 - DONALD (C.M.), 1963. Competition among crop and pasture plants. *Advances in Agronomy*, 15, 1.
- 12 - DOUCHET (J.P.), 1963. Etude du tallage du Blé. Mémoire de 3ème année, E. N. S. A. Rennes, Chaire de Phytotechnie, 46 pages.
- 13 - EVANS (L.T.), DUNSTONE (R.L.), RAWSON (H.M.), WILLIAMS (R.F.), 1970. The phloem of the wheat stem in relation to requirements for assimilate by the ear. *Austr. J. Biol. Sci.*, 23, 743.
- 14 - EVANS (L.T.), RAWSON (H.M.), 1970. The pattern of growth within the ear of wheat. *Austr. J. of Biol. Sci.*, 23, 753.
- 15 - FLEURY (A.), 1974. Les plantes et la compétition en peuplement unispécifique. Semis et peuplement, rendement des cultures. Ouvrage I. N. A. P. G., 180 pages.
- 16 - FLEURY (A.), 1974. Interprétation d'un essai de lutte contre le chiendent : nécessité d'une analyse fine de la végétation. *C. R. Ac. Agr.* 3, 233.
- 17 - FRIEND (D.J.C.), HELSON (V.A.), FISHER (J.E.). Leaf growth in Marquis wheat, as regulated by temperature, Light intensity, and daylength. *Can. J. Botany*, 40, 1299.
- 18 - FRIEND (D.J.C.), FISHER (J.E.), HELSON (V.A.), 1963. The effect of light intensity and temperature on floral initiation and inflorescence development of Marquis wheat. *Canadian J. Botany*, 41, 1663.
- 19 - FRIEND (D.J.C.), 1965. Ear length and spikelet number of wheat grain at different temperatures and light intensities. *Canadian J. of Botany*, 43, 345.
- 20 - GEIGER (R.), 1961. Das Klima der bodennahen. Braunschweig, 587, 515, 321.
- 21 - GESLIN (H.), 1944. Etudes des lois de croissance d'une plante en fonction des facteurs du climat (Température et Radiation solaire). Thèse de 3ème

- cycle. 115 pages. Faculté de Paris.
- 22 -GILLET (M.), 1970. Sur quelques aspects de la croissance et du développement de la plante entière de Graminées en conditions naturelles. Thèse d'Etat, Université de Poitiers, 185 pages.
- 23 -GRIGNAC (P.), 1965. Contribution à l'étude de *Triticum Durum* Desf. Thèse de 3ème Cycle, Université de Toulouse, 152 pages.
- X 24 -HEBERT (J.), 1969. La fumure azotée du Blé tendre d'hiver. Bulletin technique d'information, 244 (spécial, 755).
- 25 -HENIN (S.), GRAS (R.), MONNIER (G.), 1969. Le profil cultural. Ouvrage de 332 pages, Masson et Cie, Editeurs.
- 26 -HUET (PH.), 1975. Contribution à l'étude des effets résiduels des cultures, comportement du Blé tendre en monoculture. Thèse de Docteur-Ingénieur, Université de Paris-Sud, Centre d'Orsay.
- 27 -HOUDARD (Y.), BARLIER (J.). Incidence de la date de semis sur le développement et le rendement du Blé d'hiver dans l'Est de la France. Document du Service d'Expérimentation et d'Information (Centre de Mirecourt), 32 pages.
- X 28 -JONARD (P.), KOLLER (J.), VINCENT (A.), 1951. Les facteurs de la productivité chez le Blé. Ann. Amélioration Plantes, 1, 256.
- X 29 -JONARD (P.), 1964. Etude comparative de la croissance de deux variétés de Blé tendre. Ann. Amélioration Plantes, 14 (2), 101.
- 30 -LANGER (H.M.), HANIF (M.), 1972. The vascular system of the spikelet in wheat (*Triticum aestivum*). Ann. Bot., 36, 721.
- 31 -LANGER (R.M.), HANIF (M.), 1973. A study of floret development in wheat (*Triticum Aestivum* L.), Ann. Bot., 37, 743.
- 32 -LEGENT (J.F.), 1969. Etude du cycle et du rendement du Blé par analyse quantitative de la croissance. C. R. Ac. Sci., 10, 730.
- 33 -LUPTON (F.G.), ALI (M.), 1966. Photosynthetic studies in the wheat spike. Ann. of appl. Biol., 57, 281.
- 34 -MONTEITH (J.L.), 1965. Analysis of microclimate in cereals and grasses. The growth of cereals and grasses. Milthoye et Ivins Editeurs, 357 pages.
- 35 -ODA (Y.), KOYAMA (S.), 1961. Environmental Control of tillering in cereals with special reference to relation between Diffentiation and growth of leaves on tillers of Spring wheat. Report. Inst. Agric. Res., 12, 1.
- 36 -PERRIER (A.), 1974. Les facteurs climatiques et le peuplement végétal : micro-climat d'une culture. Semis et peuplement, Rendement des cultures, ouvrage I. N. A. P. G., 180 pages.
- 37 -PUCKRIDGE (D.W.), 1972, Distribution of assimilates during stem elongation. Austr. J. of Biol. Science, 25, 455.
- 38 -PUCKRIDGE (D.W.), 1962. Thèse, Département d'Agronomie, Université d'Adelaide Adelaide, Australie. Austr. J. of. Agric. Res, 15, 200.
- 39 -PUCKRIDGE (C. M.), DONALD (D. W.), 1967. Competition among wheat grownd ad differents sowing densities. Austr. J. of Agric. Res., 18, 193.
- 40 -KEMPENEERS (L.), 1975. Est-il possible d'obtenir des rendements de 10 tonnes de grains à l'hectare ? Rev. de l'Agric. Belge, 4, 845.
- 41 -KNOWLES (F.), WATKIN (J.E.), 1931. The assimilation and translocation of plants nutrients in wheat during growth. I. of Agr. Res., 21, 613.
- X 42 -RAYNAL (G.), 1974. Effet de la densité de semis sur l'état sanitaire des cultures annuelles. Semis et peuplement, Rendement des cultures. Ouvrage I. N. A. P. G., 180 pages.
- 43 -RAWSON (H.M.), 1970. Spikelet number, its control and relation to yield per ear in wheat. Austr. J. Biol. Sci., 23, 1.
- 44 -RAWSON (H.M.), EVANS (L.T.), 1971. The contribution of stem reserves to grain development in a range of wheat cultivars of different hieght. Austr. J. Agric., Res., 22, 851.

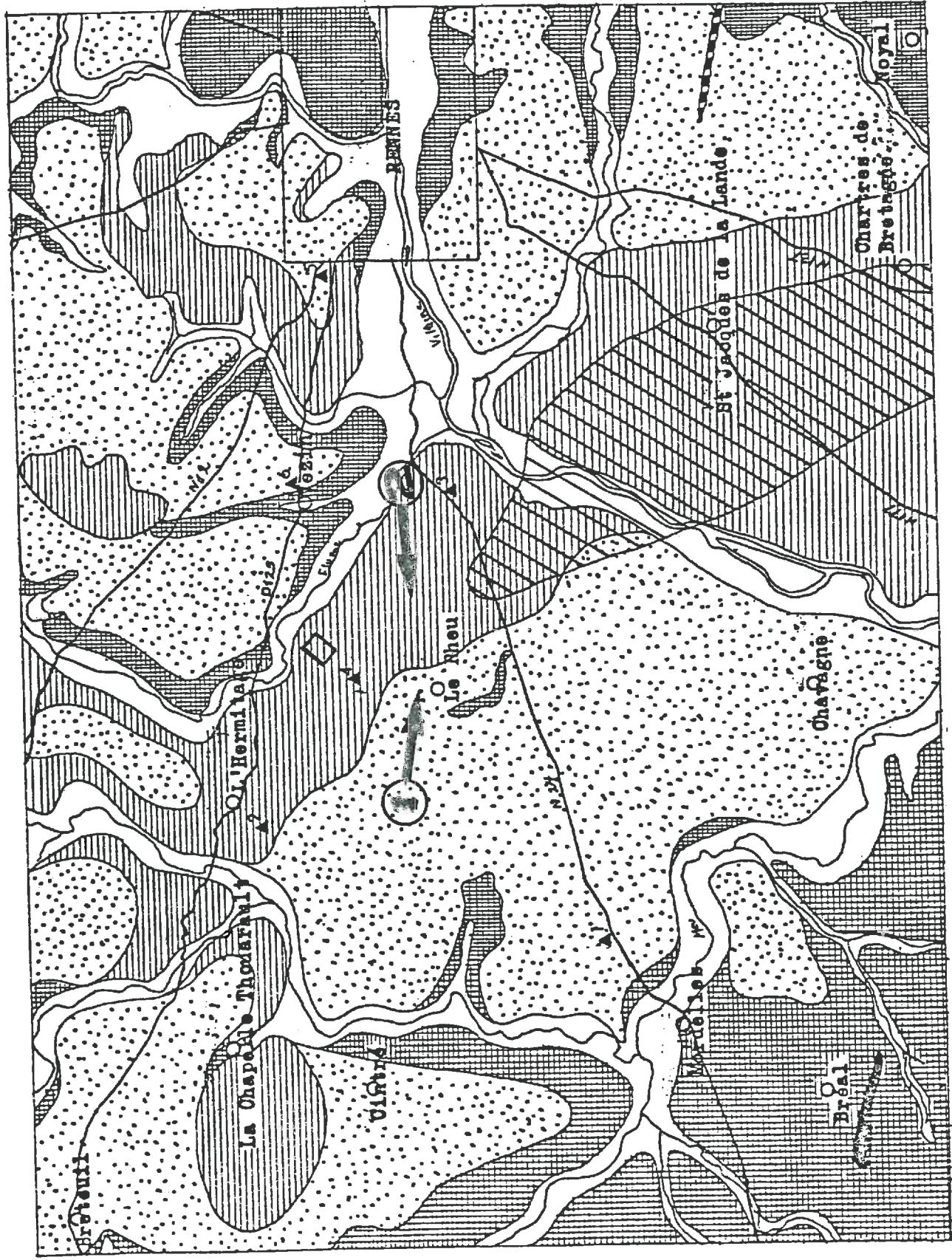
- 45 - RAWSON (H.M.), EVANS (L.T.), 1970. Phosynthesis and respiration by the flag leaf during grain development. Austr. J. of Biol. Sci., 23, 245.
- 46 - REMY (J.C.), 1976. Pas de recettes passe-partout pour la fertilisation du Blé. Numéro spécial de Fermes Modernes : "Le Blé, céréale d'avenir", 89.
- 47 - ROBELIN (M.), BOUCHET (R.J.), 1969. Evapotranspiration potentielle et réelle. Domaine d'utilisation. Portée pratique. Bull.tech.d'Inf., 238, 215.
- 48 - RONCIN (F.), 1974. La conduite du peuplement en début de végétation. Semis et peuplement, Rendement des cultures, ouvrage I. N. A. P. G., 180 pages.
- 49 - SCOTT (M.), DOUGHTERY (A.), LANGER (H.M.), 1968. Analysis of N.Z. J. of Agr. Research, 18, 209.
- 50 - SEBILLOTTE (M.), 1972. Cours d'Agronomie (trois tomes).
- 51 - SEBILLOTTE (M.), BOIFFIN (J.), COUVREUR (F.), 1976. Incidence de la simplification du travail du sol sur l'élaboration des rendements du Blé et du Maïs. Document I. T. C. F. sur "La simplification du travail du sol en production céréalière" Ouvrage de 305 pages.
- 52 - SEBILLOTTE (M.), LE FORT (G.), 1968. Action du gel sur une culture de Blé d'hiver en fonction du micro-relief et de la végétation. Ann. Agron., 19 (6), 685.
- 53 - SCOTT (W.R.), DOUGHERTY (C.T.), LANGER (R.H.M.), 1977. Development and yield components of high-yielding crops. N.Z., J. of Agri. Res., 20, 205.
- 54 - SCHANDLER (R.F.), 1965. Plant morphology and Stand-geometry in relation to Nitrogen. Physiology aspect of crop yield. 505 pages.
- 55 - SLATYER (H.), 1964. The rice culture, 200 pages.
- 56 - SMITH (W.V.), 1964. The influence of nitrogen supply on the fertility of the wheat ear. Austr. J. Exp. Agric. Anim. Husb., 4, 165.
- 57 - STOY (V.), 1963. The translocation of C¹⁴ labellid photosynthetic products from the leaf to the ear in leaf. Phy. Plant., 16, 851.
- 58 TENNINGS (M.), MORTON (R.K.), 1962. Changes in carbohydrate, protein and non-protein nitrogenous compounds of developing wheat grain. Austr. J. of Biol. Sci., 16, 320.
- 59 - THORNE (G.), 1962. Survival of tillers and distribution of dry Matter Between Ear and shoot of Barley varieties. Ann. Bot., N. S., 26, 101, 37.
- 60 - THORNE (G.), 1965. Physiological aspects of grain yield in cereals. The growth of cereals and grasses. Milthorpe et Ivins Editeurs, 357 pages.
- 61 - THORNE (G.), 1962. Effects of applying nitrogen to cereals in the spring or at ear emergence. J. of Agric. Sci., 58, 89.
- 62 - VEZ (A.), 1969. Densité de semis et fumure azotée du froment. Revue suisse de l'Agriculture, 5, 116.
- 63 - VEZ (A.) 19 . La culture du Blé à partir de faibles densités de semis. Revue suisse de l'Agriculture, 8, 257.
- 64 - VEZ (A.), 1971. Influence de la période de semis sur le rendement du froment d'automne. Revue suisse de l'Agriculture, 3, 87.
- 65 - VINCENT (A.), NOLOT (J.M.), PAPY (F.), 1977. Méthode simple de détermination des stades A et B dans une culture de Blé.
- 66 - WALPOLE (P.R.), MORGAN (D.G.), 1973. The effects to floret sterilization on grain number in wheat ears. Ann. Bot., 37, 1041.
- 67 - WARDLAW (I.F.), 1967. The effect of water stress on translocation in relation to photosynthesis and growth. Austr. J. Biol. Sci., 1967, 25-39.
- 68 - WARDLAW (I.F.), CARR (D.J.), ANDERSON (J.), 1965. Relative alimentation of carbohydrates to wheat grains. Austr. J. of Agric., Res., 16, 893.
- 69 - WARDLAW (I.F.), PORTER (H.K.), 1967. The redistribution of stem sugars in wheat during grain development. Austr. J. of Biol. Sci., 20, 309.

- 70 - WELBANK (P.J.), FRENCH (S.A.), WITTS (K.J.), 1965. Rep. Rothamsted exp. Stn. for 1964, 98.
- 71 - WELLINGTON (P.S.), 1966. Germination and seedling emergence. Growth of cereals and grasses, Milthoye, Ivins, Editeurs, 357 pages.
- 72 - WILLEY (R.W.), HOLLIDAY (R.), 1971. Plant population shading and thinning studies in wheat. Austr. J. of Agr. Sci., 77, 453.
-

- ANNEXES -

- SOMMAIRE DES ANNEXES -

	Pages
Annexe A : Caractéristiques Agro-climatiques du milieu expérimental	24
A1 - Le sol	24
A11 - Nature pédologique du bassin de Rennes	24
A12 - Caractéristiques agrologiques du sol expérimental	24
A2 - Le climat	25
A21 - Présentation climatique de la région de Rennes	25
A22 - Position relative des années d'étude par rapport aux valeurs normales	27
Annexe B : Protocole expérimental pour l'approche individuelle	29
B1 - Techniques culturales appliquées au champ d'expérience	29
B11 - Passé cultural	29
B12 - Calendrier cultural	29
B2 - Protocole expérimental	29
B21 - Justification du choix des traitements retenus	30
B22 - Nature et fréquence des observations ou mesures réalisées sur le végétal	30
B23 - Mesures bioclimatologiques	30
Annexe C : Protocole expérimental pour l'approche globale	31
C1 - Techniques culturales appliquées aux champs d'expérience	31
C11 - Passé cultural	31
C12 - Calendrier cultural	31
C2 - Protocole expérimental	32
C21 - Plan d'expérience	32
C22 - Mise en place sur le terrain	32
C3 - Nature des traitements et justification de leur choix	32
C31 - Choix de deux géotypes différents	32
C32 - Choix des deux techniques culturales étudiées	32
C33 - Niveau réel des deux traitements introduits	33
C4 - Nature des observations réalisées	33
C41 - Observations non destructives	33
C42 - Observations destructives	33
C5 - Nature des individus sur lesquels portent les observations précédentes	34
C51 - Etude de la compétition inter-plantes	34
C52 - Etude de la compétition intra-plantes	34



- limons
- pliocène
- schistes briovériens
- alluvions modernes
- bassin sédimentaire III. aire
- diabase
- grès armoricain
- observations pédologiques
- parcelle expérimentale de l'INRA

Echelle : 1 : 80 000



Emplacement
des parcelles
d'étude

Figure A₁ - SITUATION DES LIEUX D'ÉTUDE SUR LA CARTE GÉOLOGIQUE.

Annexe A

CARACTERISTIQUES AGRO-CLIMATIQUES DU MILIEU EXPERIMENTAL

A 1 LE SOL

A 11 Nature pédologique du bassin de Rennes

Un extrait de la carte géologique au 1/80 000ième fixe la position du lieu d'étude (Domaine de La Motte au Vicomte, Station I. N. R. A. LE RHEU), ainsi que l'origine pédologique de son sol (figure (A 1), empruntée à CHEROUVRIER, 1977).

Le bassin de Rennes est constitué d'un vaste plateau de schistes altérés du brioverien, argileux et imperméables. Les argiles noires kaoliniques y côtoient les sédiments tertiaires d'origine lacustre (éocène) ou marine (oligocène, miocène, pliocène). A l'ère quaternaire, des limons argileux, résultant du remaniement éolien, ou fluviatil, et des coulées de solifluxion, apparues pendant les épisodes glaciaires, ont recouvert les formations anciennes. Les alluvions modernes se rencontrent uniquement dans le lit des cours d'eau (description empruntée à BANCELIN, 1976). Le lieu d'étude se trouve sur la formation géologique notée "limon des plateaux".

A 12 Caractéristiques agrologiques du sol expérimental

A 121 Propriétés physiques

L'ensemble des caractéristiques physiques d'un sol constitue la composition granulométrique (pourcentage de présence selon la taille de l'élément), qui détermine son type de comportement ou texture (HENIN, 1969). La géométrie de leur association définit la structure, perceptible par l'examen du profil cultural.

A 1211 Granulométrie et texture

De l'examen du tableau général (figure (A 2), empruntée à CHEROUVRIER, 1977), il ressort que, pour l'ensemble des cinq horizons décrits, les teneurs en limons et en argile avoisinent respectivement (66 %) et (18 %), sans montrer de gradients verticaux prononcés. Ces valeurs rangent ce sol dans la catégorie "argilo-limoneuse", d'après le triangle de texture (HENIN, 1969).

Cette dénomination engendre un certain nombre de propriétés physiques, facilement quantifiables à l'aide de formules empiriquement établies (HENIN, SEBILLOTTE).

Ainsi, ce type de sol gonfle peu à l'humectation, se fend peu en

HORIZON	0-20cm	20-40cm	40-60cm	60-80cm	80-100cm	OBSERVATIONS
GRANULOMETRIQUES						
Refus à 2 mm en % terre entière	4	3	1	1	11	<u>Terre limoneuse</u> Le pourcentage d'argile décroît au niveau de l'hor- rizon 40-60 au pro- fit des limons grossiers pour de- venir constant en- suite. Très peu de graviers.
Eléments < 2 mm en % terre fine						
Argile 0-2 μ	19,3	19,2	18,2	18,0	18,2	
Limons fins 2-20 μ	27,6	28,6	27,3	24,5	23,4	
Limons grossiers 20-50 μ	41,5	40,6	42,6	43,5	41,6	
Limons totaux	69,1	69,2	69,9	68,0	65,0	
Sables fins 50-200 μ	7,3	7,6	7,9	9,6	9,9	
Sables grossiers 200-2 000 μ	4,3	4,6	4,0	4,4	6,9	
Sables totaux	11,6	12,0	11,9	14,0	16,8	
HYDRIQUES						
Teneur en eau en % p^F (4,2)	6,7	6,0	6,0	6,4	6,3	
\bar{d} du poids sec p^F (2,5)	26,3	25,6	25,4	24,5	25,7	
Réserve utile (sur 20 cm) en mm	53,2	53,0	51,6	49,7	53,3	
Réserve utile (sur 1 m) en mm)	260,8					
R - F = U (sur 1m) en mm	174,0					
CHIMIQUES						
p^H eau	5,77	6,00	6,30	6,75	7,15	Sol neutre Teneur en MO normale. Bien pourvue en K_2O et P_2O_5 .
MO %	2,85	2,85	0,10			
C - % de la terre fine	1,66	1,66	0,06			
Na^+ en még/100 g	0,10	0,14	0,08	0,20	0,17	
K^+ en még/100 g	0,21	1,29	0,02	0,34	0,13	
Ca^{++} en még/100 g	9,96	9,65	6,50	8,87	8,65	
Mg^{++} en még/100 g	1,12	1,02	0,95	3,13	3,95	
P_2O_5 Assimilable en %	0,135	0,125	0,11	0,11	0,12	

Figure A₂ - CARACTÉRISTIQUES DU SOL DES CHAMPS EXPÉRIMENTAUX AU COURS
DES DEUX ANNÉES.

été et tend à se reprendre en masse compacte. Peu plastique à l'état humide, il ne colle pas aux outils. Sa stabilité structurale est faible, voire très faible ($\log. 10 s = 1.15$, en surface) et la battance apparaît facilement sur semis, après orage. La capacité au champ (26 % environ) et son point de flétrissement permanent (6 % environ) sont inférieures aux valeurs relevées en terre argileuse, avec pour conséquence une réserve utile sur un mètre élevée (260.8 mm), dont les deux tiers sont considérés comme facilement utilisables (175 mm).

A 1212 Profil cultural type

L'organisation structurale dépend des "itinéraires techniques" empruntés (SEBILLOTTE). Sur la ferme expérimentale de la station du RHEU⁺, l'habitude est prise, pour réaliser un semis de Blé d'automne, d'effectuer un labour assez rapide, à trente centimètres de profondeur, suivi, immédiatement, de deux passages croisés de herse, puis du semis. La réalisation rapprochée de ces opérations réduit au minimum les risques de battance.

Avec une telle succession de techniques culturales, le profil-type au semis se rapproche de celui décrit par PLET et TANGUY, 1974. Ensuite la battance et la reprise en masse progressive font disparaître toute différenciation verticale.

La présence de légères déclivités ou d'une pente plus marquée engendre un écoulement hivernal préférentiel de l'eau, stagnant alors dans les cuvettes et créant des différences d'humidité spatiales prononcées ; ce phénomène étant accru par la lenteur de percolation verticale et de l'écoulement superficiel.

A 122 Propriétés chimiques

Ce sol à pH neutre (figure A 2) apparaît bien fourni en différents composants : teneur en matière organique normale, complexe absorbant saturé par les bases échangeables (surtout le calcium). (Les courbes d'évolution de l'azote nitrique seront données dans l'annexe C). Mais l'insuffisance des apports organiques entraîne une fertilité potentielle faible, qui justifie par ailleurs le choix de ces parcelles d'étude.

A 2 LE CLIMAT

Préciser le climat des deux années d'étude (1976-1977, notée 1977, et 1977-1978, notée 1978) nécessite de situer les grands traits de la région, par rapport au reste de la France. La comparaison de la période d'expérience face aux normales enregistrées depuis trente ans fournira des indications précieuses pour juger du type d'année rencontrée. Cette confrontation sera d'autant plus intéressante qu'elle sera faite en référence au cycle de la culture étudiée, le Blé.

A 21 Présentation climatique de la région de Rennes (ce paragraphe s'inspire largement de l'étude complète sur la région "Bretagne", réalisée par GUYOT, MALET, VERBRUGGHE, dans le cadre du contrat "BOCAGE").

Le climat de la région de Rennes est caractérisé par l'influence océanique, légèrement atténuée par la situation, en retrait, des côtes de cette zone. Le type océanique peut être défini par la faiblesse des amplitudes thermiques, une forte humidité atmosphérique, des précipitations fréquentes, mais peu abondantes. Point par point, nous allons reprendre les caractéristiques climatiques de la région de Rennes, pour en fixer le niveau dans ce contexte général.

A 211 Température (figure A 3)

La température moyenne annuelle, clémente pour la latitu-

+ Chef de Culture : M. DESAGNAT.

Figure A₃(1) - EVOLUTION DES TEMPÉRATURES MOYENNES DÉCADAIRES POUR LA NORMALE
ET LES DEUX ANNÉES ÉTUDIÉES.

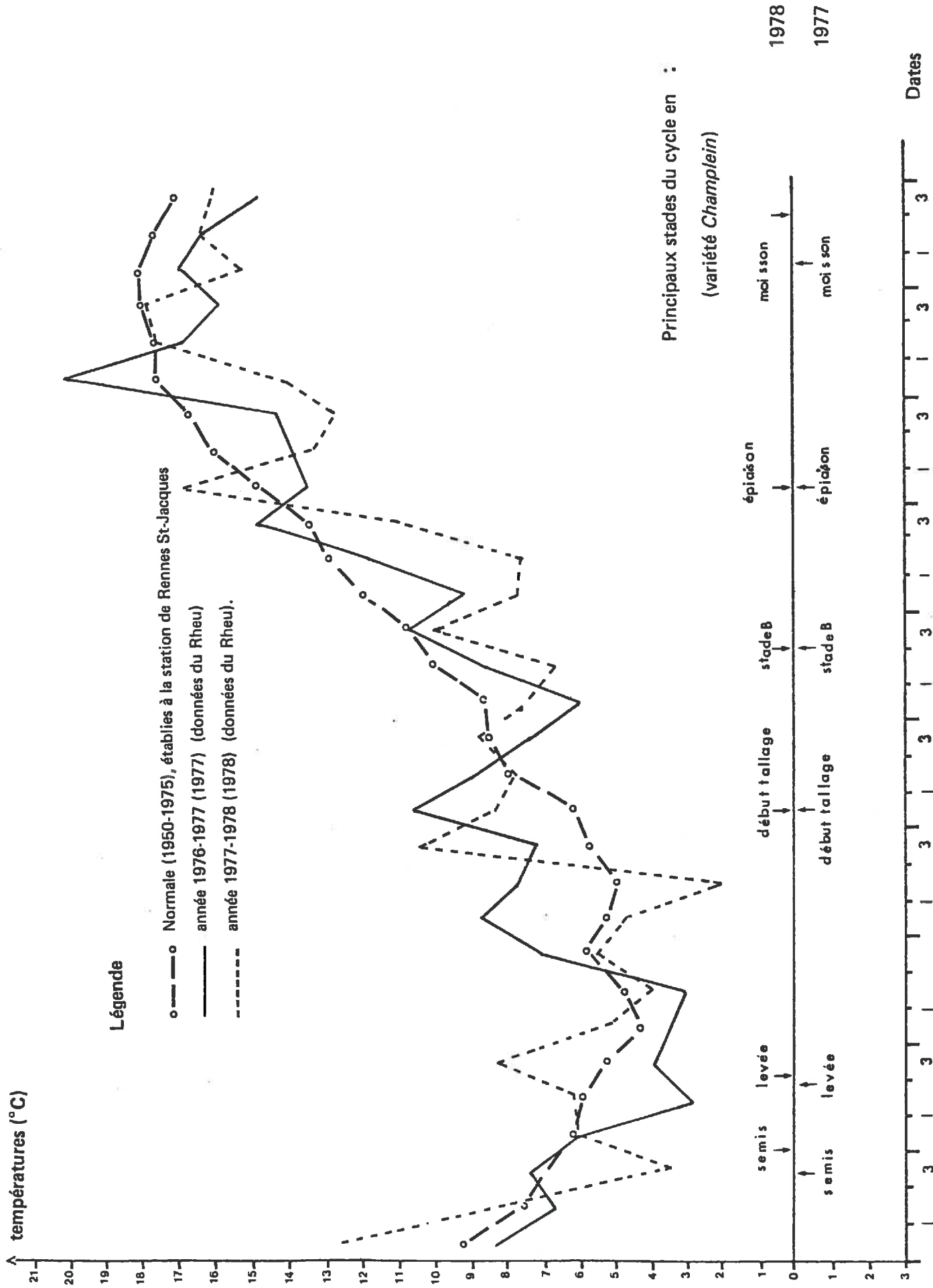
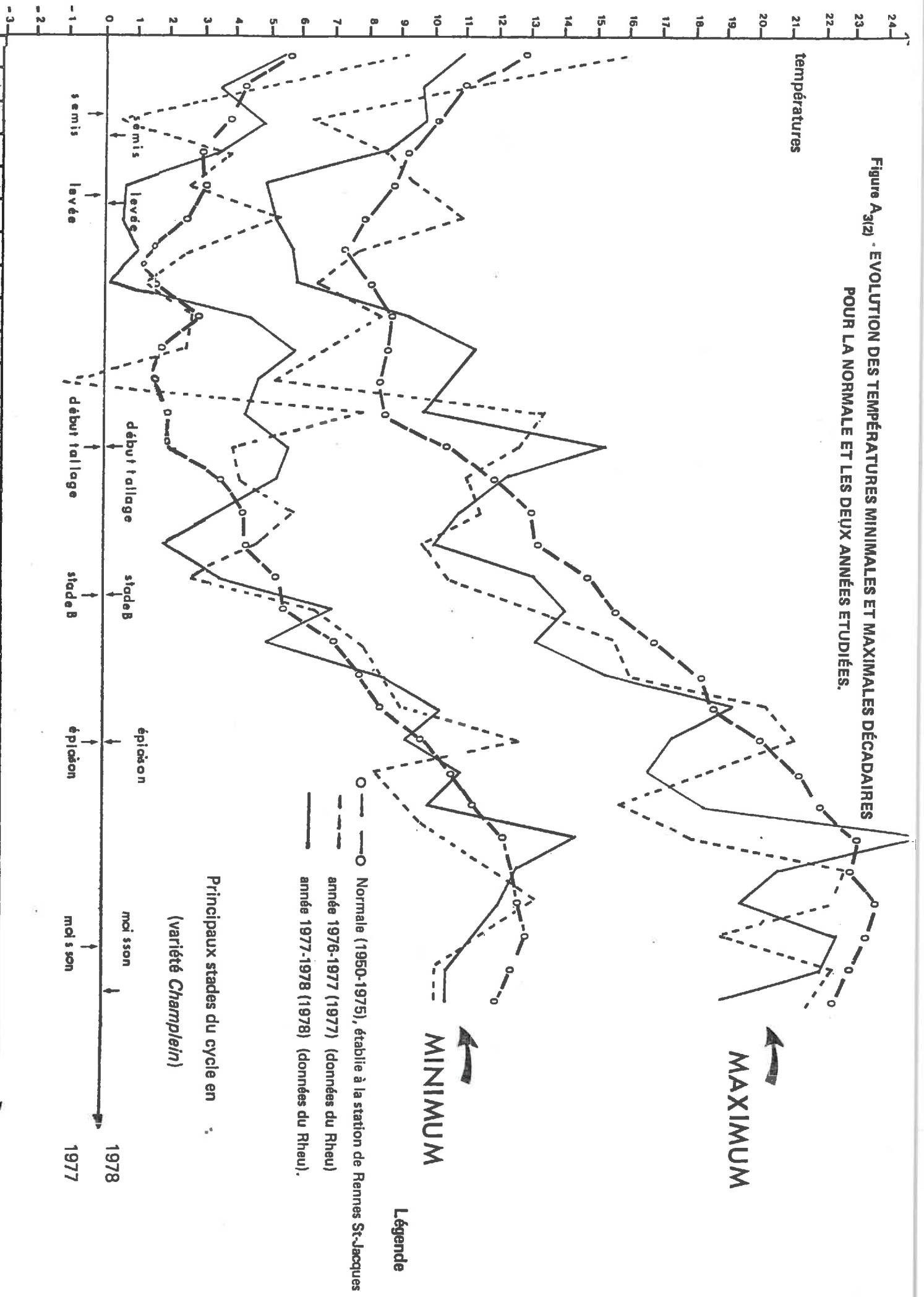


Figure A3(2) - EVOLUTION DES TEMPÉRATURES MINIMALES ET MAXIMALES DÉCAIDAIRES POUR LA NORMALE ET LES DEUX ANNÉES ETUDIÉES.



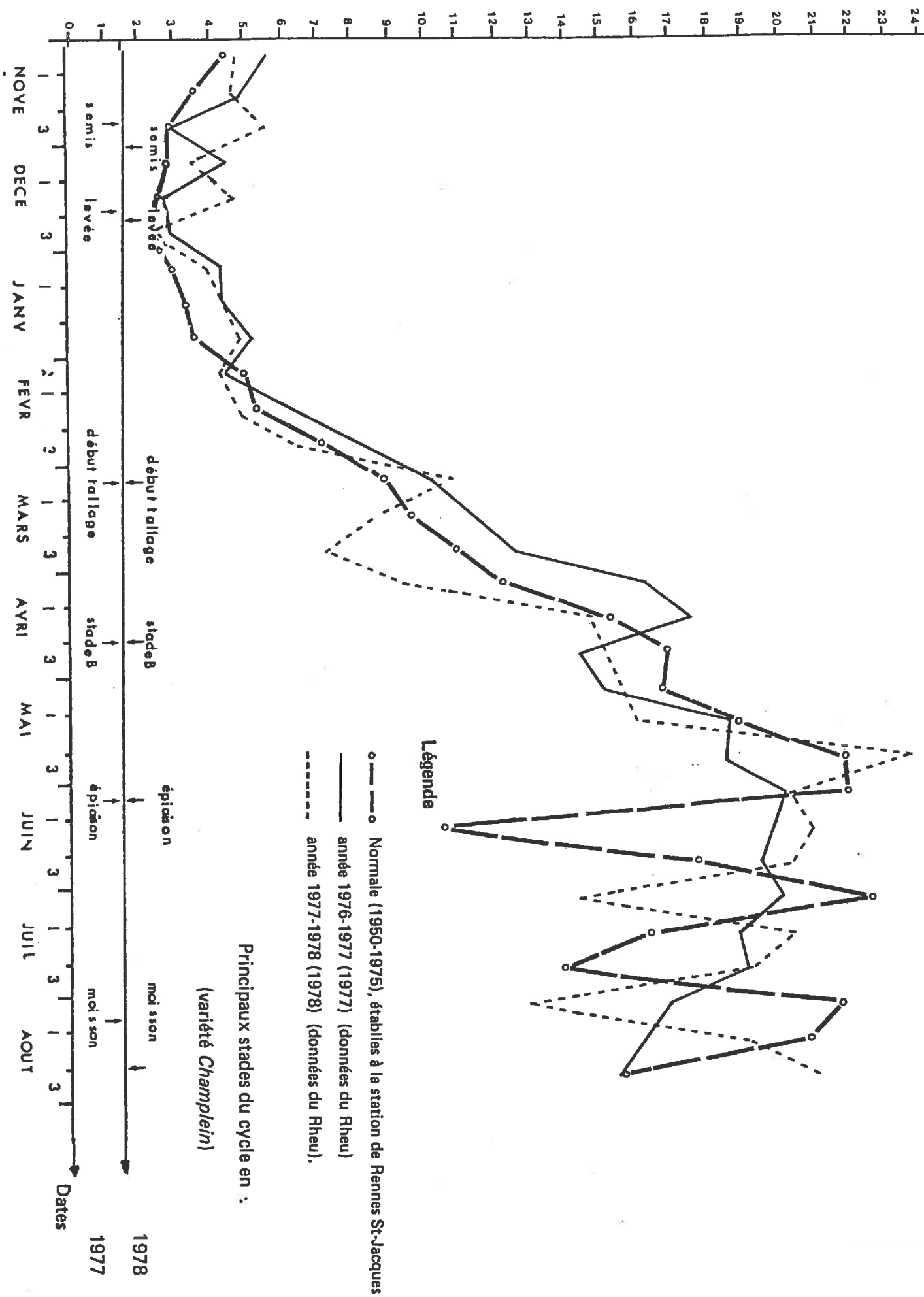


Figure A₆ - EVOLUTION MENSUELLE DE L'ÉVAPOTRANSPIRATION MAXIMALE ET DU BILAN HYDRIQUE POUR LA NORMALE ET LES DEUX ANNÉES ÉTUDIÉES.

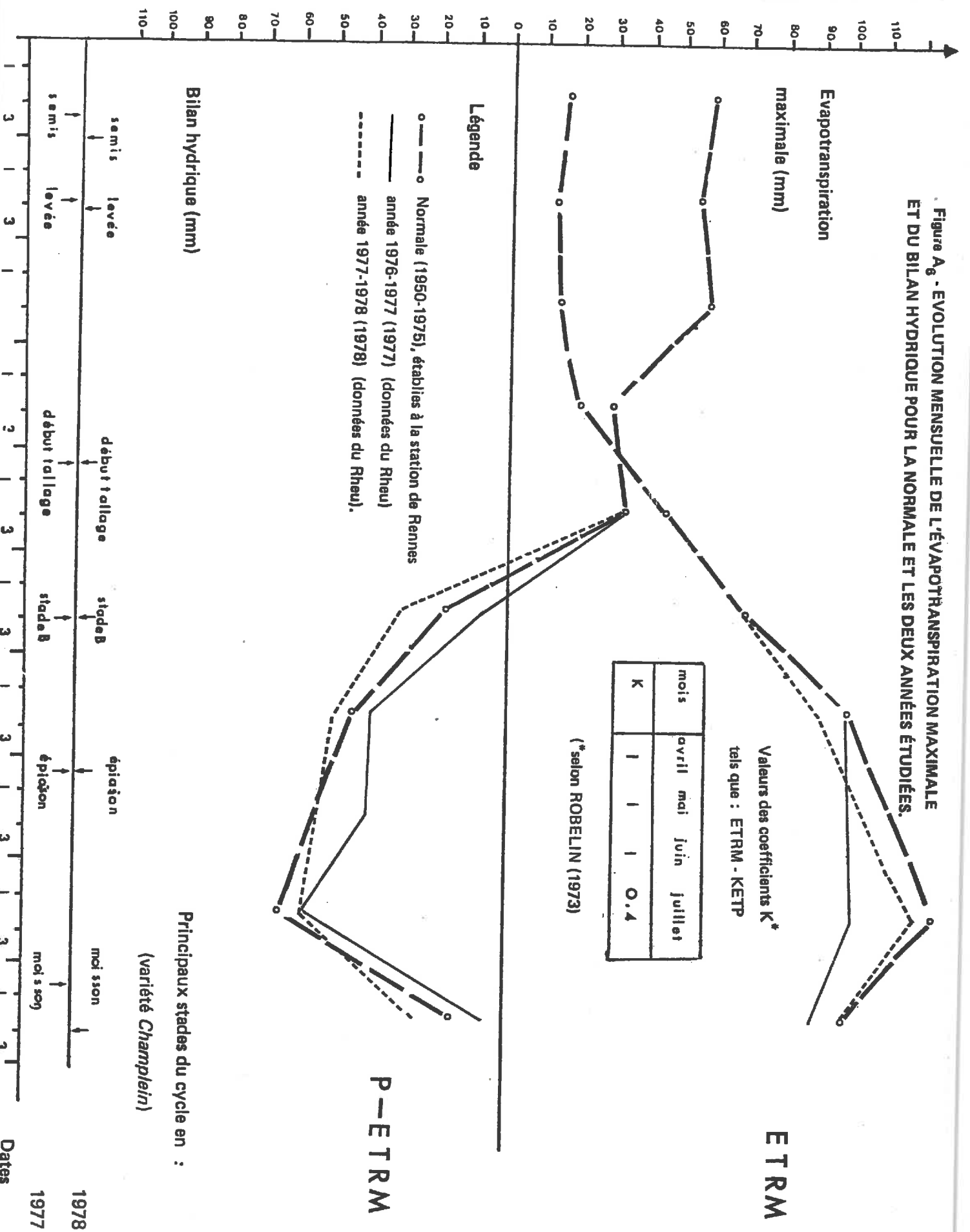
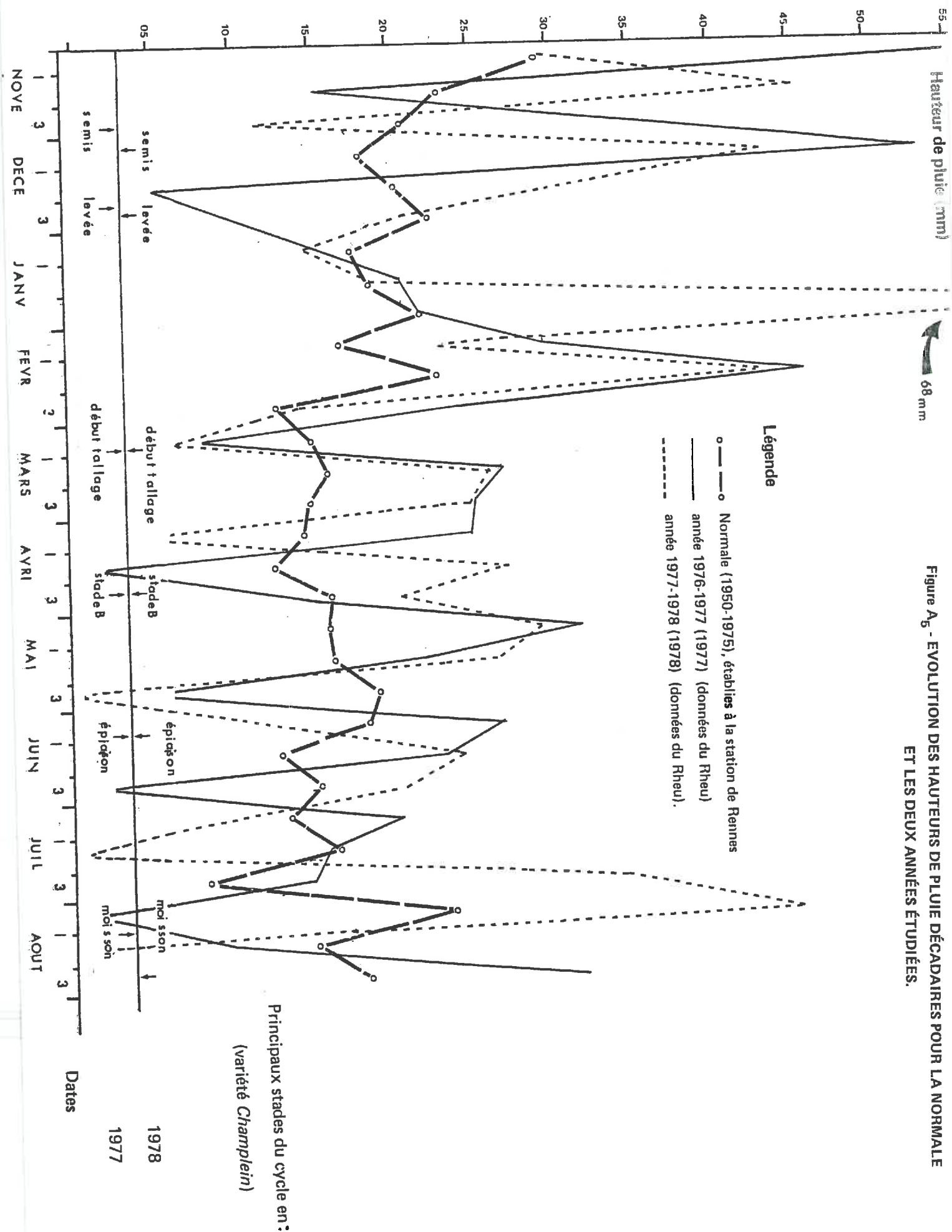


Figure A₅ - EVOLUTION DES HAUTEURS DE PLUIE DÉCADAIRES POUR LA NORMALE ET LES DEUX ANNÉES ÉTUDIÉES.



de, révèle directement l'influence atlantique ; néanmoins, le bassin de Rennes possède, par rapport aux zones côtières, des amplitudes thermiques plus marquées (environ 20 %), par accroissement des températures maximales (15.6° C) et abaissement des minimales (6.9 %).

Les accidents par le gel (fréquence : 3 jours pour mille) et la chaleur (température au-dessus de 30° C, fréquence 0.3 pour mille) y sont très rares.

A 212 Insolation (figure A 4)

La durée d'insolation est élevée pour la latitude, mais moindre à Rennes (1 816 heures) qu'à proximité de la côte Sud (Morbihan 2 055). Cette insolation correcte s'accompagne pourtant d'une forte nébulosité, répartie sur la totalité de la journée.

A 213 Précipitations (figure A 5)

Pour sa hauteur de pluie (662 mm), Rennes est une des régions de Bretagne les moins arrosées, les variations annuelles les plus importantes intervenant de Mai à Septembre. La régularité de répartition annuelle de la pluviosité caractérise cette région. En corollaire à cette régularité pluviométrique, l'humidité moyenne journalière est très élevée (85 %) et varie peu dans l'année.

A 214 Evapotranspiration et bilans hydriques (figure A 6)

La valeur pour l'année de l'évapotranspiration potentielle est de l'ordre de la pluviométrie annuelle, et donc plus faible que sur les côtes du Sud de la Bretagne (où l'ensoleillement et la pluie sont plus forts).

De la demande climatique, ou potentielle (E. T. P.), la culture n'évapore qu'une fraction, même en conditions optima (E. T. R. M. = k E. T. P.) (ROBELIN). La valeur du coefficient correcteur k dépend de la culture considérée et de son stade, ou mieux du taux de couverture du sol (indice foliaire).

En utilisant les valeurs du tableau de la figure A 6, qui montrent que, pour le Blé, E. T. R. M. diffère uniquement mais de façon importante de E. T. R., en Juillet, nous pouvons établir mensuellement la différence (P - E. T. R. M.). Celle-ci devient négative quelque fois en Avril, mais généralement début Mai. L'étude du sol a montré que la Réserve Facilement Utilisable s'élève à 180 mm pour une profondeur d'un mètre (enracinement moyen du Blé). Cette forte valeur fait que les réserves ne sont, en moyenne, pas encore épuisées à la moisson, mais plutôt fin Août.

A cette étude mensuelle, qui prouve l'absence (en moyenne) d'accident climatique pour le Blé à Rennes, il convient d'ajouter une étude plus fine, journalière. Il a été défini (ROBELIN, 1969) pour toute culture, un certain nombre de phases critiques, durant lesquelles l'inadéquation des besoins (demande supérieure à un seuil critique, selon JONARD), est très dommageable (phases C₂-F et M₀-maturité chez le Blé, seuils critiques respectifs : 3 et 5 mm par jour, JONARD). Dans ce cas, la régulation stomatique provoque l'affaissement de la courbe réelle (E. T. R.) par rapport à la demande maximale (E. T. R. M.). Dans nos deux campagnes, la fréquence de telles journées a été peu élevée (2 jours en 1977 et un seul en 1978).

A 215 Le vent

Pendant l'hiver, la Bretagne est soumise à un régime de vents provenant essentiellement du secteur Ouest. Par contre, au printemps, la direction Nord-Est l'emporte et la tendance s'inverse dès l'été. La rose des vents traduit la prépondérance des deux axes Nord-Est et Sud-Ouest.

Conclusions sur le climat général moyen à Rennes.

Pour la culture du Blé d'hiver, les effets directs du climat apparaissent rarement néfastes (clémence océanique). Ce seront plutôt les effets indirects (asphyxie hivernale, développement des maladies) qu'il faut le plus

redouter, en raison de la forte humidité relative de l'air et des pluies fréquentes.

A 22 Position relative des années d'études par rapport aux valeurs normales

Le positionnement des deux années étudiées (1977, 1978) sera réalisé, à partir des conclusions formulées par le COMITE METEOROLOGIQUE DEPARTEMENTAL. Le plan adopté prend comme référence les principales phases du cycle végétatif du Blé d'hiver, dont les grands traits sont consignés dans le tableau A 7.

A 221 Phase semis-début tallage (mi-Novembre à début Mars)

Cette première période peut être grossièrement scindée en deux, avec la mi-Janvier, pour articulation : avant cette date et, notamment, durant la phase germination-levée, la deuxième année est plus chaude que la première, la normale servant de frontière. Du fait d'un fort excès pluviométrique en 1977 (avec deux violents orages après semis), on conçoit que les plantules aient rencontré des conditions de levée plus défavorables en 1977 qu'en 1978. Cette différence explique l'écart de nombre de jours requis pour la levée (26 jours contre 21) et le déchet de germination (40 % contre 20 %).

Après la mi-Janvier, la tendance s'inverse pour les moyennes thermiques : en 1977, la période est nettement plus chaude que la normale, alors qu'en 1978 intervient une série de basses températures et gels (du 5 au 20 Février, température négative). L'excès de pluviométrie reprend, en Février, pour les deux campagnes, spécialement la première (le maximum sur cent ans est atteint (deux fois la normale, soit 110 mm, en 1977)).

A 222 Phase début tallage-épiaison (début Mars-début Juin)

Jusqu'à la mi-Mai, le rayonnement global et la température moyenne ont été supérieurs aux normales en 1977 mais inférieurs en 1978. Si ces déficits en seconde campagne n'ont pas modifié le niveau de tallage, par contre, la montée de la tige fut plus lente, bien que le stade fut atteint à même date les deux années. Jusqu'à l'épiaison, l'évapotranspiration potentielle n'a pas atteint des valeurs suffisamment fortes pour épuiser la réserve hydrique.

A 223 Phase épiaison-récolte (début Juin)

Dès début Juin et pour les deux années, l'éclairement présente un déficit marqué, plus prononcé en 1978, et s'accompagne de températures moyennes très inférieures, surtout en 1978, à la normale. Ces deux caractéristiques expliquent le retard de maturation d'une vingtaine de jours environ et donc de la moisson, mais ont interdit le développement de maladies. Il n'en va pas de même en 1977, où le mois de Juillet, chaud et très humide, a favorisé l'expansion de nombreux parasites (notamment : Oidium (ERYSIPHE graminis), la Rouille brune (PUCCINIA tritricina)), limitant le poids des grains. En 1978, de violents coups de vent, intervenant de fin Juin à fin Juillet, ont provoqué une verse sélective parcelles à forte densité et fumure azotée abondante, fin Juin, puis presque totale fin Juillet, rendant la moisson difficile.

Dans ce contexte, le déficit hydrique n'a jamais atteint les valeurs critiques indiquées plus haut, susceptibles de provoquer l'échaudage.

Conclusions : les caractéristiques majeures du climat :

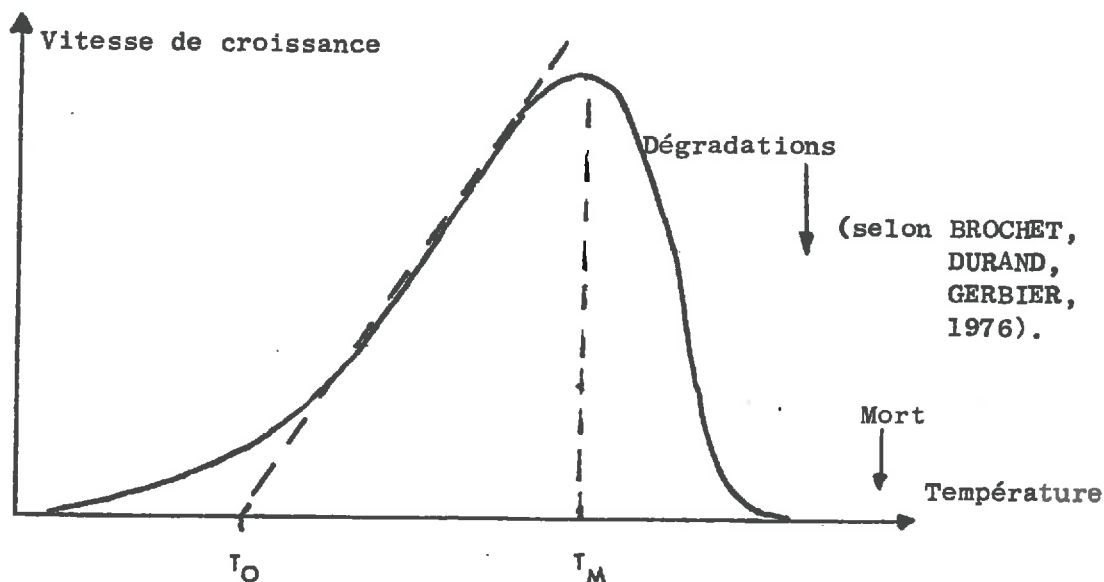
1/ Sur les deux campagnes étudiées

L'excès de pluviométrie, au cours de la levée (principalement 1977), le déficit d'ensoleillement dès Mars jusqu'à la récolte (1978) et les maladies (1977) sont les faits majeurs des campagnes étudiées.

2/ Sur les relations (climat-plante)

Pour mieux cerner les relations entre les facteurs climatiques et le comportement végétal, il est tentant d'élaborer un certain nombre d'indices

synthétiques, comme, par exemple, la mesure du déficit hydrique citée précédemment. La forme de réduction des données thermiques la plus courante réside en la somme des températures, au-dessus d'un seuil (0° C généralement chez le Blé). Cette expression sous-entend un certain nombre d'hypothèses, souvent oubliées :



Entre les deux valeurs (T_0) et T_M), la vitesse est proportionnelle à la température, soit :

$$\theta \, dl = v \, dt \quad \begin{array}{l} v = \text{vitesse à la température} \\ dl = \text{croissance élémentaire} \end{array}$$

d'où : $L = \int_{t_1}^{t_2} v \, dt$ et :

$$L = a (\theta - \theta_0)$$

La valeur de a caractérise spécifiquement la variété, ce qui justifie l'emploi des sommes de températures pour la recherche de normes écologiques. Une telle approche peut être réalisée sur d'autres critères, par exemple l'indice héliothermique de GESLIN (1944) (où la température est pondérée par la racine-carrée du rayonnement), ou même le Q_{10} , augmentation de croissance lorsque la température augmente de 10° C.

Annexe B

PROTOCOLE EXPERIMENTAL POUR L'APPROCHE INDIVIDUELLE

La description suivante concerne les essais sur lesquels porte la première partie de la thèse ("étude des relations sociales"). Ils furent implantés en 1977-1978 (noté ultérieurement 1978), dans la même parcelle que celle dévolue à l'essai (densité x azote) (voir figure C1), et comprenaient trois densités et profondeurs de semis.

B 1 TECHNIQUES CULTURALES APPLIQUEES AU CHAMP D'EXPERIENCE

B 11 Passé cultural

A travers le passé cultural du champ d'étude (figure C 1), on perçoit un changement de rotation accompagnant la suppression des haies dans le bassin de Rennes : le retournement de la prairie permanente est suivi de l'adoption d'un système céréalier (Blé-Maïs), pouvant être interrompu par une légumineuse.

B 12 Calendrier cultural (figure C 2)

Le semis a été effectué le premier Décembre, après labour (à 30 cm) et deux passages croisés de herse, dans la même journée. L'obtention pour un même peuplement (D_2) des trois profondeurs moyennes de semis (P_1 à P_3) se fit par utilisation des différents réglages existant sur un semoir de grande culture (largeur : 2,80 m ; distance entre rangs : 20 cm). Pour semer les trois densités requises, nous avons employé le semoir norvégien (décrit dans l'annexe C 2).

En cours de végétation, un apport manuel de soixante unités d'ammonitrate (à 33 %, de formes ammoniacale et nitrique à part égale) fut réalisé le neuf Mars ; puis, successivement, deux apports de Bayleton total assurèrent une protection fongique correcte. Pour plus de précisions sur cette description, en particulier pour l'évolution des nitrates, se reporter à l'annexe C 4).

B 2 PROTOCOLE EXPERIMENTAL

B 21 Justification du choix des traitements retenus

L'étude des relations sociales entre individus nécessitait, a priori, de disposer d'une gamme de peuplements (figure B 1) pouvant créer une étendue de situations susceptibles d'engendrer des différences dans la réponse végétale. Par le biais des trois densités, choisies suffisamment dispersées autour de la densité agricole, en fonction de la campagne précédente, et de trois profondeurs de semis, engendrant un étalement d'apparition (et peut-être de vigueur), les réactions individuelles d'une culture monospécifique et monovariétale (Champlein) étaient ainsi susceptibles d'étaler leur réponse, permettant la compréhension des relations sociales. Dans le but de mieux cerner les objets de compétition, l'apport azoté devait éviter, dans un premier temps, toute concurrence importante pour cet élément.

B 22 Nature et fréquence des observations ou mesures réalisées sur le végétal

Les observations, faites au cours de la campagne 1978 sur ce type d'essai, peuvent globalement se ranger en deux groupes, selon leur nature.

B 221 Observations non destructives

Elles se cantonnent à la levée et concernent la notation de la date d'apparition, au-dessus de la surface du sol du coléoptile et de la distance d'une plante à ses deux voisines les plus proches. La première manipulation consiste en une dépose, à proximité du coléoptile, d'un bâtonnet de couleur différente selon le jour de la levée. La seconde opération revient à mesurer, avant l'émission de la seconde feuille, les écarts de distances entre coléoptiles ; cette étude suppose la linéarité du rang de semoir (voir, pour plus de détails, la description complète au paragraphe 121 du document principal).

B 222 Mesures destructives

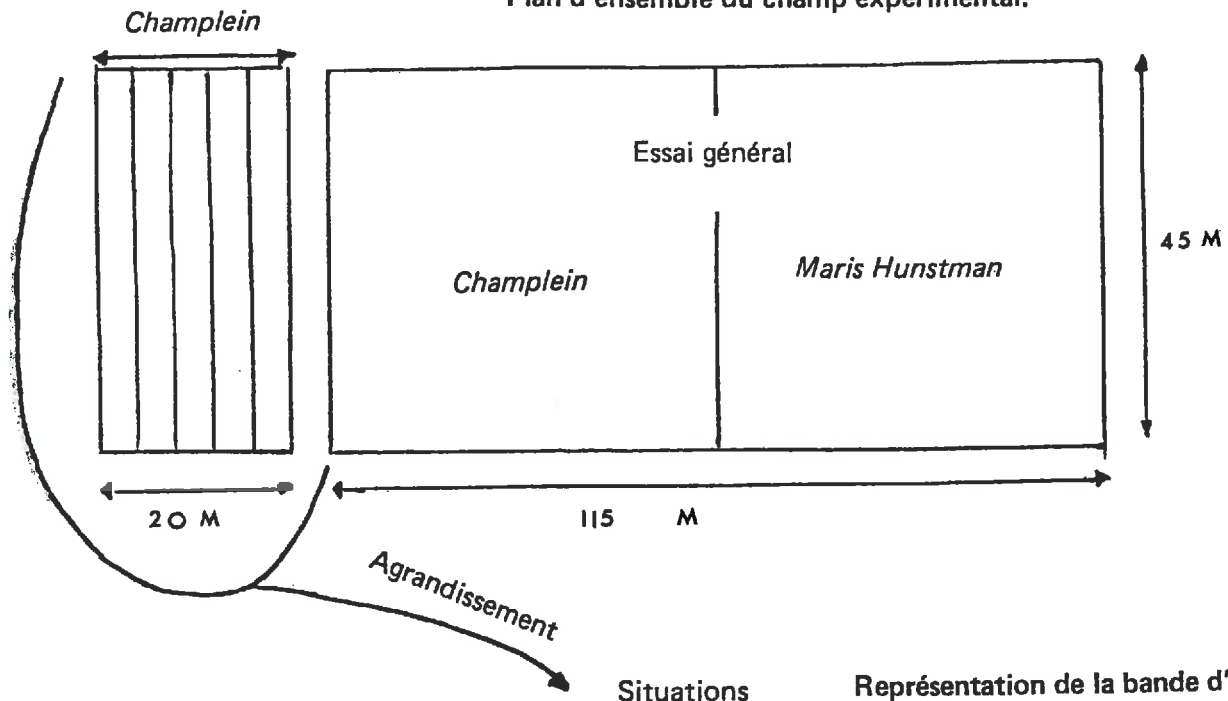
Pour les cinq situations choisies, chaque parcelle élémentaire (figure C 1) a fait l'objet d'un prélèvement à une date tirée au sort et selon une fréquence bidécadaire. Dans le but de ne pas perturber l'agencement exact des pieds, une bande de terre, correspondant au rang, était découpée et rapportée au laboratoire. Chaque pied, repéré par son rhizome, était répertorié par son numéro d'ordre, dans le sens du semis, ainsi que par sa date de levée, par la distance à ses deux voisins et par son poids sec (passage pendant 48 heures à l'étuve 105° C).

Cette description était complétée pour chaque plante, par son coefficient de tallage et la longueur de tige sous l'apex du maître brin (ou du moins de la tige la plus longue), décomptée à partir du plateau de tallage (cf. conventions définies dans l'annexe C).

B 23 Mesures bioclimatologiques

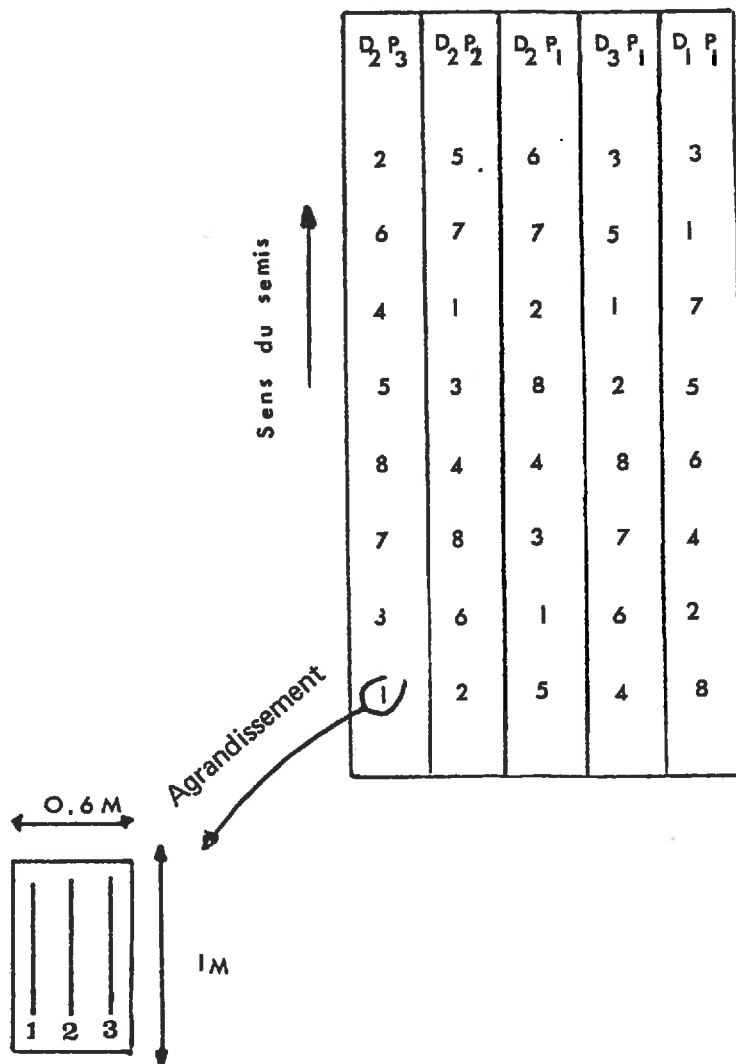
En vue de cerner d'éventuelles modifications de températures induites par l'entassement des plantes, il fut installé, courant Février, un ensemble de capteurs, formés par l'association de deux métaux (cuivre et constantan), formant un thermocouple (CHEROUVRIER, 1977). Après diverses tentatives, ces capteurs furent groupés par cinq et disposés en surface du sol (-1 mm), de manière à tamponner les oscillations fréquentes de températures aériennes dues aux nuages et au vent.

Plan d'ensemble du champ expérimental.



Situations

Représentation de la bande d'étude.



Légende

$D_1 = 50$ plantes

$D_1 = 50$ plantes/m²

$D_2 = 200$ "

$D_3 = 400$ "

$P_1 = 20$ mm

$P_2 = 60$ mm

$P_3 = 85$ mm

Dates de prélèvements :

1 = 10/3 ; 2 = 28/3 ; 3 = 11/4 ; 4 = 25/4

5 = 9/5 ; 6 = 23/5 ; 7 = 15/6 ; 8 = 20/7

(Le chiffre indique, au sein de chaque parcelle élémentaire, la date du prélèvement.)

Une parcelle élémentaire

Figure B₁ - PROTOCOLE DES ESSAIS INDIVIDU

Annexe C

PROTOCOLE EXPERIMENTAL POUR L'APPROCHE GLOBALE

La description suivante concerne les essais sur lesquels porte la deuxième partie de la thèse ("Influence de deux techniques culturales sur les composantes de rendement"). Ils concernent les deux années d'étude (1976-1977, notée 1977 et 1977-1978, notée 1978), et deux champs distincts (voir figure (A 1)), situés à proximité du domaine I. N. R. A. du RHEU.

C 1 TECHNIQUES CULTURALES APPLIQUEES AUX CHAMPS D'EXPERIENCE

C 11 Passé cultural

Outre l'objectif (signalé en B 11) de respecter le changement de rotation accompagnant l'élargissement de la maille bocagère, le choix des deux parcelles devait respecter le même précédent (ici le Maïs) (figure C 1). L'installation sur les terres du domaine expérimental s'explique par la commodité de surveillance des interventions agricoles spécifiques à ce genre d'essai (désherbage au semis, protection phytosanitaire...).

C 12 Calendrier cultural (figure C 2)

Les semis eurent lieu les vingt-trois Novembre et premier Décembre, respectivement en première et deuxième campagnes. Dans les deux cas, un labour rapide et deux coups de herse avaient préparé le sol, dans la même journée. Un désherbage en post-semis-prélevée fut réalisé (produit Herbalt, matière active : Nitrofène + Nébriron).

A l'épiaison, la protection fongique fut correctement assurée en (1978) par apport de Bayleton total (matière active : Triadimefon - Carben-dazine). Par contre, en 1977, le développement de nombreuses maladies, dû aux conditions climatiques favorables (voir annexe A) et à une protection moins adéquate (violente attaque de rouille brune sur Maris-Hunstman et, moins prononcée, d'oïdium sur Champlain), a réduit le poids des grains par destruction prématurée du feuillage.

A cette rapide description, il convient d'ajouter les techniques culturales étudiées dans l'essai. (azote et dose de semis), exposées plus loin.

Figure C₁ - PASSÉCULTURAUX DES DEUX CHAMPS EXPÉRIMENTAUX.

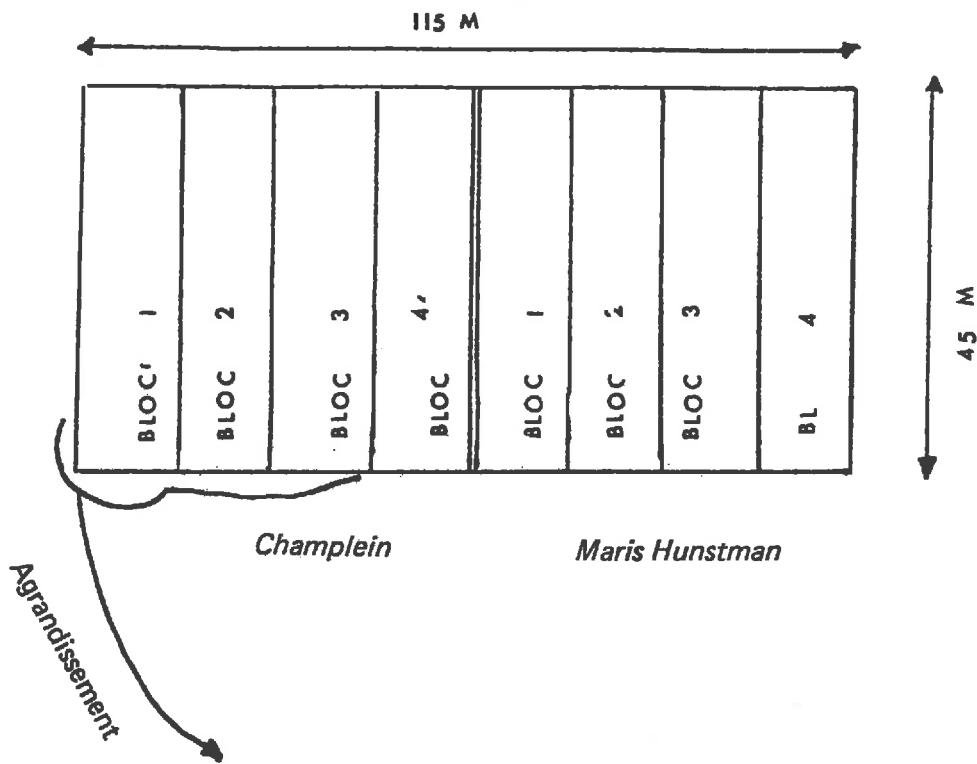
ANNEES	LA MOTTE (ESSAI 1976-1977)	LA BOUVETIERE (ESSAI 1977-1978)
1972 ⁺	Blé grande culture	Maïs (essais)
1973	Maïs grande culture	Blé grande culture
1974	Blé grande culture	Féverole (essais)
1975	Choux (essais)	Blé grande culture
1976	Maïs grande culture	Maïs grande culture

+ Avant cette date, les deux parcelles étaient en prairie permanente.

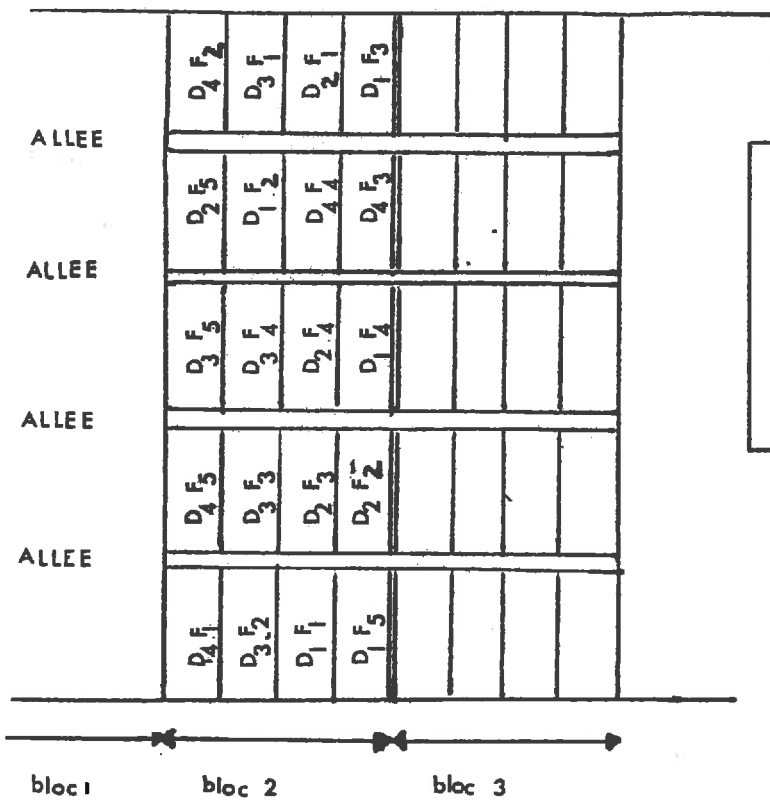
Année	Phase semis- levée	Levée- "4 feuilles"	"4 feuilles" montée	Montées- épiaison	Epiaison- moisson
1977	JOURS: 21 (22/12) (°C) :141	: 90 (10/3) :450	: 40 (20/4) :505	: 44 (4/6) :1 820	: 60 (3/8)
1978	JOURS: 27 (20/12) (°C) :156	:105 (25/3) :475	: 25 (20/4) :280	: 44 (4/6) :1 325	: 87 (20/8) :1 705

(+ Valable pour la variété Champlain).

Figure C₂ - TABLEAU RÉCAPITULATIF DES PRINCIPALES ÉTAPES COMPARATIVES DU CYCLE.⁺



Plan général de l'essai.



LEGENDE
 D_1, D_2, D_3, D_4 : densités
 F_1, F_2, F_3, F_4, F_5 : doses azotées
 (voir figure C₄₍₂₎)

Représentation simplifiée de trois blocs.

Figure C₄₍₁₎ - PROTOCOLE DES ESSAIS (DENSITÉ X AZOTE).

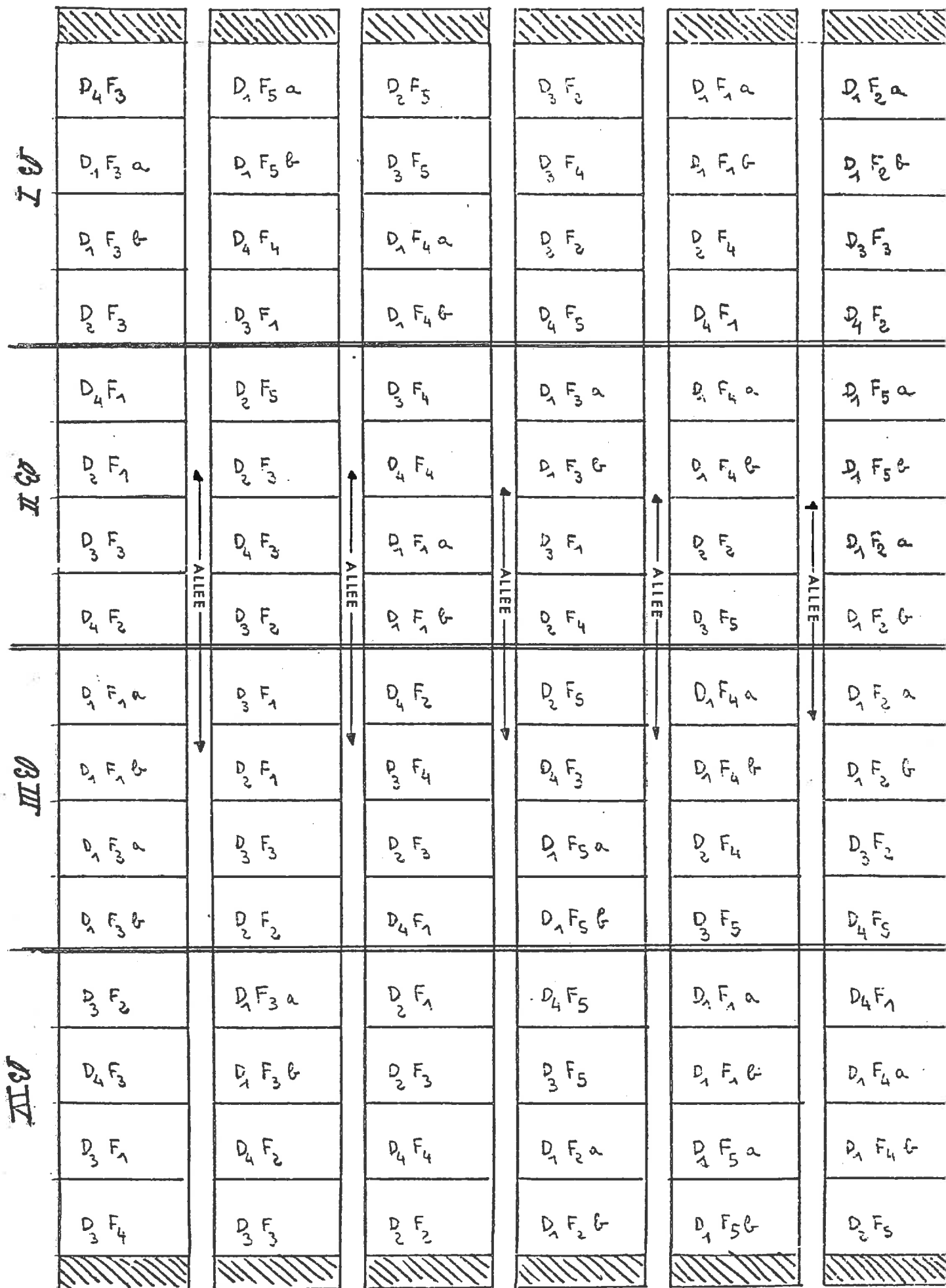


Figure C₃ - EXEMPLE DU DISPOSITIF "PARCELLES ÉLÉMENTAIRES" SUR LE TERRAIN.

C 2 PROTOCOLE EXPERIMENTAL

C 21 Plan d'expérience

Sur l'ensemble des deux campagnes, quatre dispositifs factoriels en blocs de Fisher (2 variétés x 2 années) furent implantés. Chacun comporte un système de quatre blocs, comprenant un jeu de vingt parcelles élémentaires, dont l'emplacement est aléatoire pour chaque bloc. Ces vingt modalités (figures C 9) correspondent aux couples (densité x azote), dont la définition est donnée sur la figure (C 2). L'expérience de première campagne incita à modifier les densités de semis en seconde année, pour éviter un certain recouvrement.

C 22 Mise en place sur le terrain

La parcelle élémentaire (figure C 3) correspond à une association factorielle (densité x azote), et comprend trois passages de semoir constitués chacun de six rangs équidistants de vingt centimètres. L'ensemble des parcelles d'une même rangée se jouxte, de manière à éviter les effets des "vides" (Dans chacune quatre rangs sont éliminés, pour tenir compte des effets de bordure).

Le passage central est réservé à l'estimation du rendement, après récolte, avec une moissonneuse-batteuse réservée aux essais (type : Hege, de largeur égale au semoir). Les passages latéraux servent aux prélèvements opérés en cours de végétation.

C 3 NATURE DES TRAITEMENTS ET JUSTIFICATION DE LEUR CHOIX

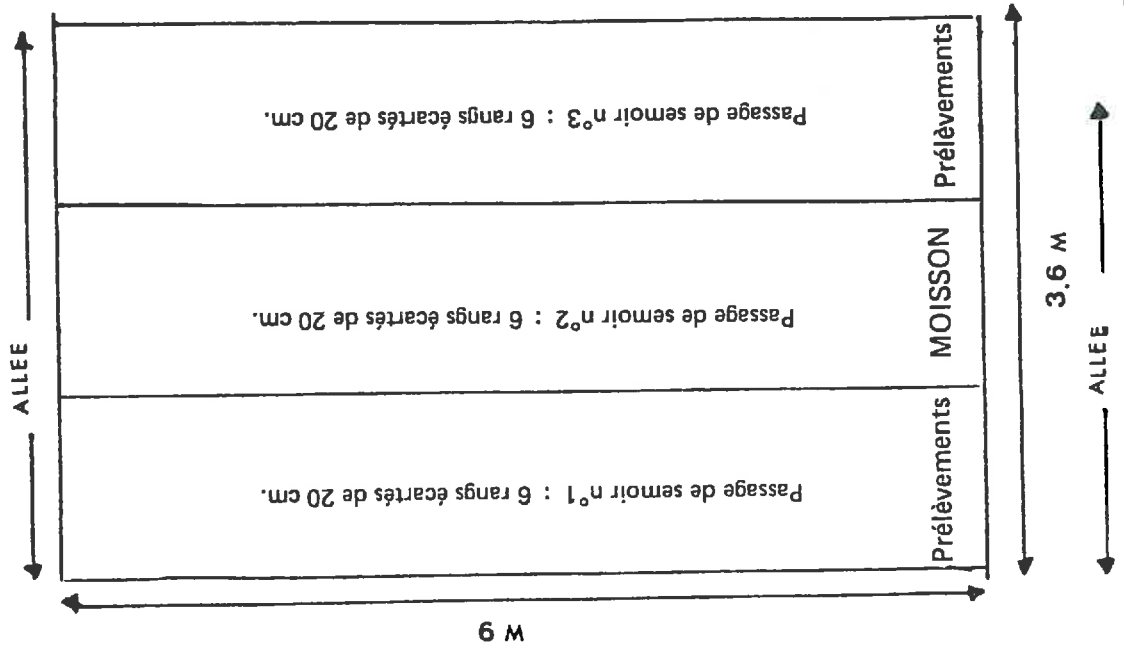
C 31 Choix de deux génotypes différents

Les deux variétés retenues, CHAMPLEIN et MARIS HUNSTMANN, constituent des situations plutôt que des traitements : il s'agit de deux essais indépendants, dont la présence est supposée créer des situations assez différentes. Cette hypothèse repose sur leurs caractéristiques assez divergentes (figure C 5), notamment sur leur possibilités distinctes de tallages herbacé et épi, et leur niveau de productivité pour cinq années d'essais, l'Institut Technique des Céréales Français signale une supériorité de 13 % pour la variété fourragère. Parmi l'ensemble des variétés cultivées en France, il existait des couples plus divers encore que moins connus. Le choix s'est porté sur celui-ci, en raison d'études antérieures (les deux variétés ont fait l'objet de nombreuses expériences lors du contrat "BOCAGE"), qui avaient montré des différences nettes pour la date de montaison et le rythme d'allongement caulinaire, le jeu des composantes de rendement (importance du tallage épi chez Champlain, rôle du poids de grains chez Maris Hunstmann,...).

C 32 Choix des deux techniques culturales étudiées

Par le biais de la dose de semis et de l'apport azoté, se trouvent modifiées les potentialités alimentaires du milieu, ce qui retentit directement sur le degré de compétition existant entre et dans les plantes. Les niveaux (figure C 3) de ces deux facteurs furent déterminés en fonction de la pratique agricole du bassin de Rennes.

Détails d'une parcelle élémentaire



Modalités des deux facteurs étudiés.

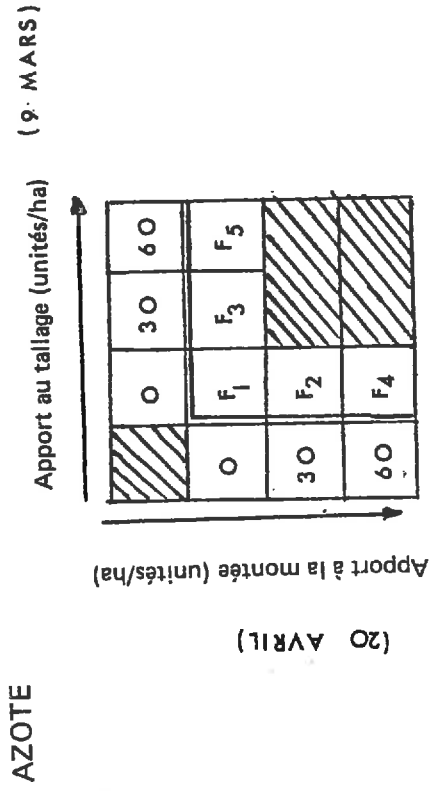


Figure C₄₍₂₎ - PROTOCOLE DES ESSAIS (DENSITÉ X AZOTE).

C 33 Niveau réel des deux traitements introduits

C 331 Densité réelle de semis

Le semoir utilisé (type autrichien) crée une forte dispersion dans la structure des densités réelles. Cette importante imprécision du semis (pour les deux années) a nécessité la mise au point, durant la première année, d'une méthodologie d'échantillonnage, décrite dans la deuxième partie de la thèse (cf. 211). Elle a eu, en effet, pour conséquence un recouvrement des histogrammes de densités réelles provenant des différents traitements moyens.

C 332 Evolution temporelle des nitrates du sol⁺ (figure C 5)

L'absence, ou du moins, le contenu très réduit de forme ammoniacale (QUINOUX, 1977), explique pourquoi l'analyse s'intéresse seulement aux nitrates. Celle-ci montre, sur l'ensemble du profil, des quantités bien supérieures en première année, du moins jusqu'à l'épiaison : cette différence (environ 40 unités début tallage) peut s'expliquer essentiellement, par une libération azotée très élevée en 1977 après l'été sec de 1976, qui aurait compensé le lessivage hivernal (SYLVESTRE et FELIX, 1977).

Les apports azotés (60 unités tallage ou montée) ont provoqué le même surplus d'unités par rapport au témoin, pour les deux années : celui-ci a eu la même durée de persistance selon les deux campagnes.

L'étude de la localisation sur le profil de l'azote montre que celui-ci est essentiellement concentré dans l'horizon le plus profond (60-90 cm).

C 4 NATURE DES OBSERVATIONS REALISEES

De la même façon que pour les essais individuels, les observations et mesures peuvent être rangées selon leur nature.

C 41 Observations non destructives

Les mesures stadiales ont pour but de déterminer avec précision la date où la moitié de l'effectif réalise le stade étudié (exemple : levée) ; elles peuvent permettre de connaître la structure de l'acquisition (comptages quotidiens) ou de repérer l'individu ultérieurement (marquage par couleur de twist de la sortie de chaque épi, prélevé plus tard).

L'autre aspect non destructeur consiste en la détermination de la densité réelle d'une placette de prélèvement, positionnée sur le terrain dans la parcelle élémentaire par un jeu de piquets en plastique (voir 211, document général).

C 42 Observations destructives

Les mesures suivantes portent sur le lot de plantes provenant des placettes repérées.

C 421 En cours de végétation

Au poids sec furent adjoints, dans le but d'une meilleure description, le nombre de talles herbacées (primaires, secondaires), la hauteur de l'apex de chaque talle selon sa catégorie. Occasionnellement, le rythme de dessiccation de l'épi a été étudié.

C 422 A la récolte

Sur ces bottillons fut compté, en plus des mesures précédentes, le nombre de grains par épi, et mesuré le poids de mille grains (après battage manuel). A ces opérations, il convient d'ajouter la collecte

+ Analyses effectuées par LE PIERRES, Chaire de Phytotechnie, E. N. S. A. R..

CHARACTERISTIQUES	CHAMPLEIN	MARIS-HUNSTMAN
ORIGINE	France	Plant breeding Institute
DATE D'INSCRIPTION	1969	1973
ALTERNATIVITE	Demi-hiver Demi-alternatif	très hiver
PRECOCITE D'EPIAISON	Demi-précoce à précoce	Demi-précoce (Champlein)
APTITUDES CLIMATIQUES (1)		
- FROID	- -	+
- EGRENAGE	+ -	-
- GERMINATION AU PIED	-	-
TALLAGE EPI-HERBACE	Très fort - moyen	fort - très fort
HAUTEUR DE PAILLE	Assez courte	Moyenne
RESISTANCE A LA VERSE	Très bonne	Bonne
MALADIES (1)		
- OIDIUM	-	+
- PIETIN-VERSE	- -	-
- ROUILLES	- -	- - -
- FUSARIOSES		
VALEUR BOULANGERE	Moyenne	Médiocre (blé fourrager)
PRODUCTIVITE	Assez élevée	Très bonne

(1) Echelle de sensibilité :

---- très sensible	+ - peu sensible
--- sensible à très	+ assez résistant
-- sensible	++ résistant.
- assez sensible	

Figure C₅ - CARACTÉRISTIQUES AGRONOMIQUES DES DEUX VARIÉTÉS SUPPORTS DE L'ÉTUDE.

du passage central, qui donna lieu à l'estimation du rendement et d'une seconde façon du poids unitaire de grain.

C 5 NATURE DES INDIVIDUS SUR LESQUELS PORTENT LES OBSERVATIONS PRECEDENTES

L'individu-référence varie selon le niveau de compétition considéré.

C 51 Etude de la compétition inter-plantes

L'ensemble des talles herbacées (puis des tiges), issues du même grain, constitue l'individu-plante, niveau élémentaire d'étude. Leur dénombrement, effectué à la levée (voir C 41) est à nouveau vérifié au moment du prélèvement, par sécurité.

C 52 Etude de la compétition intra-plantes

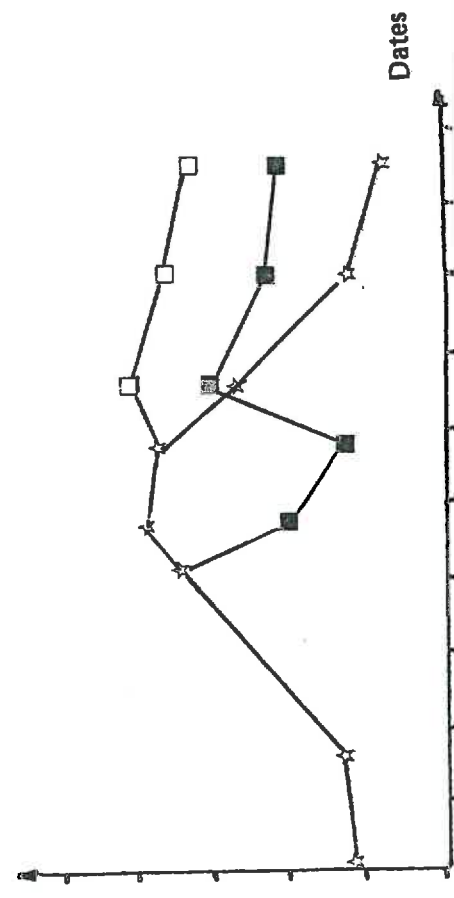
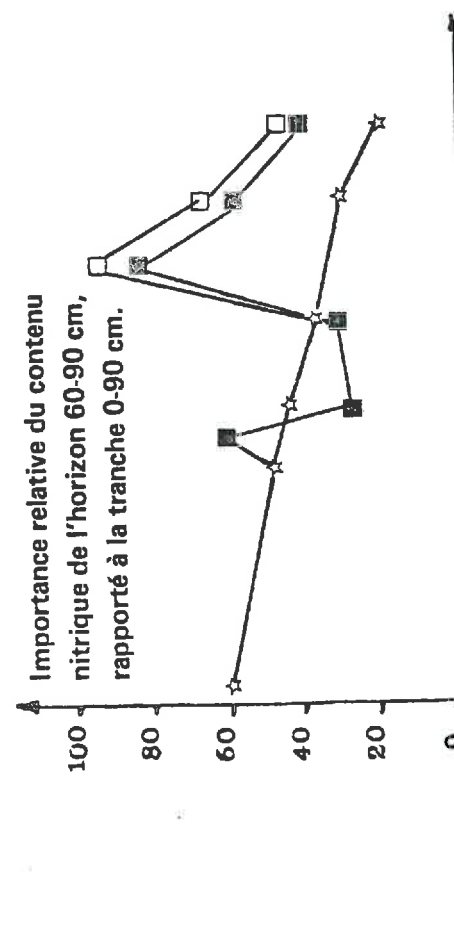
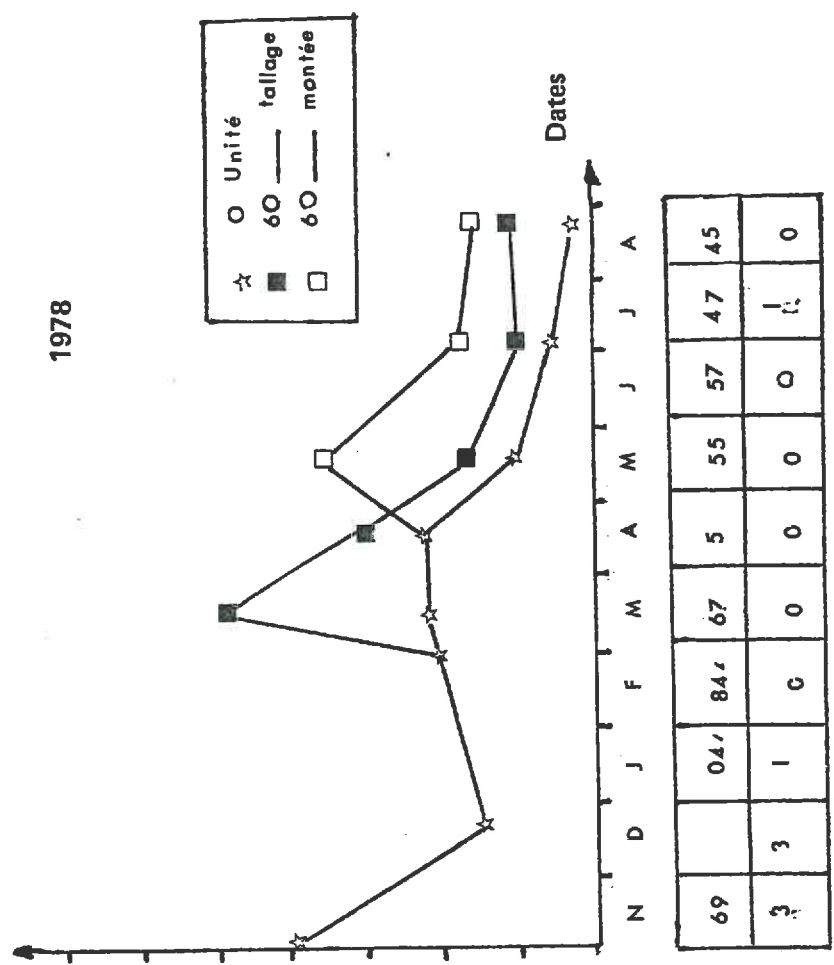
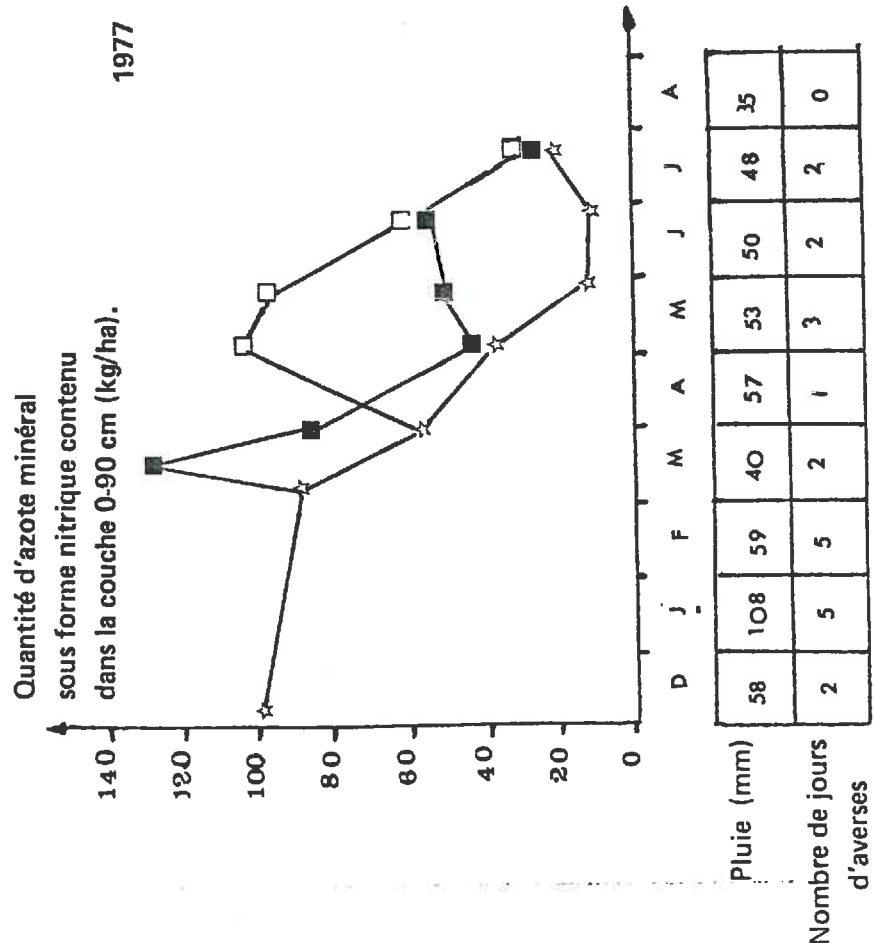
Pour percevoir le degré de compétition entre les ramifications (talles) d'une même plante, il devient nécessaire de partitionner celle-ci en ses différents éléments : l'individu-talle.

Jusqu'à l'épiaison, la croissance de chaque talle et sa différenciation florale reflète sa date d'apparition ; jusqu'à ce stade, l'ensemble des talles reste, d'ailleurs, très dépendant du brin-maître origine. Ainsi, il est relativement aisé de séparer les différentes talles (talles primaires 1, 2, 3 ; talles secondaires d'ordre 1, 2, 3...) d'une plante.

Après l'épiaison, la partition devient plus difficile ; en 1977, l'étude de la séquence d'épiaison (marquage par un twist de couleur, cf. C. 41) permit d'établir une liaison forte entre date de sortie et taille de l'épi. Se fondant sur ce résultat, nous avons, en seconde année, classé les tiges d'une même plante selon la longueur de l'épi. Cette classification n'est pas strictement exacte pour tout pied, mais reste, en moyenne, correcte.

Enfin, il faut noter que la lenteur de toutes ces opérations nous a contraint à nous limiter à un seul bloc (toujours le même) pour chaque variété.

Figure C₆ - EVOLUTION TEMPORELLE DES PROFILS D'AZOTE NITRIQUE DANS LE SOL
POUR LES DEUX CAMPAGNES.



- GRAPHS ET FIGURES -

PREMIERE PARTIE
DE LA THESE

Fig. I₁ - APPRÉCIATION DE LA PROFONDEUR INDIVIDUELLE DES CARYOPSES.*

* estimées sur 900 caryopses, après raffermissement du sol, par mesure de la partie souterraine.

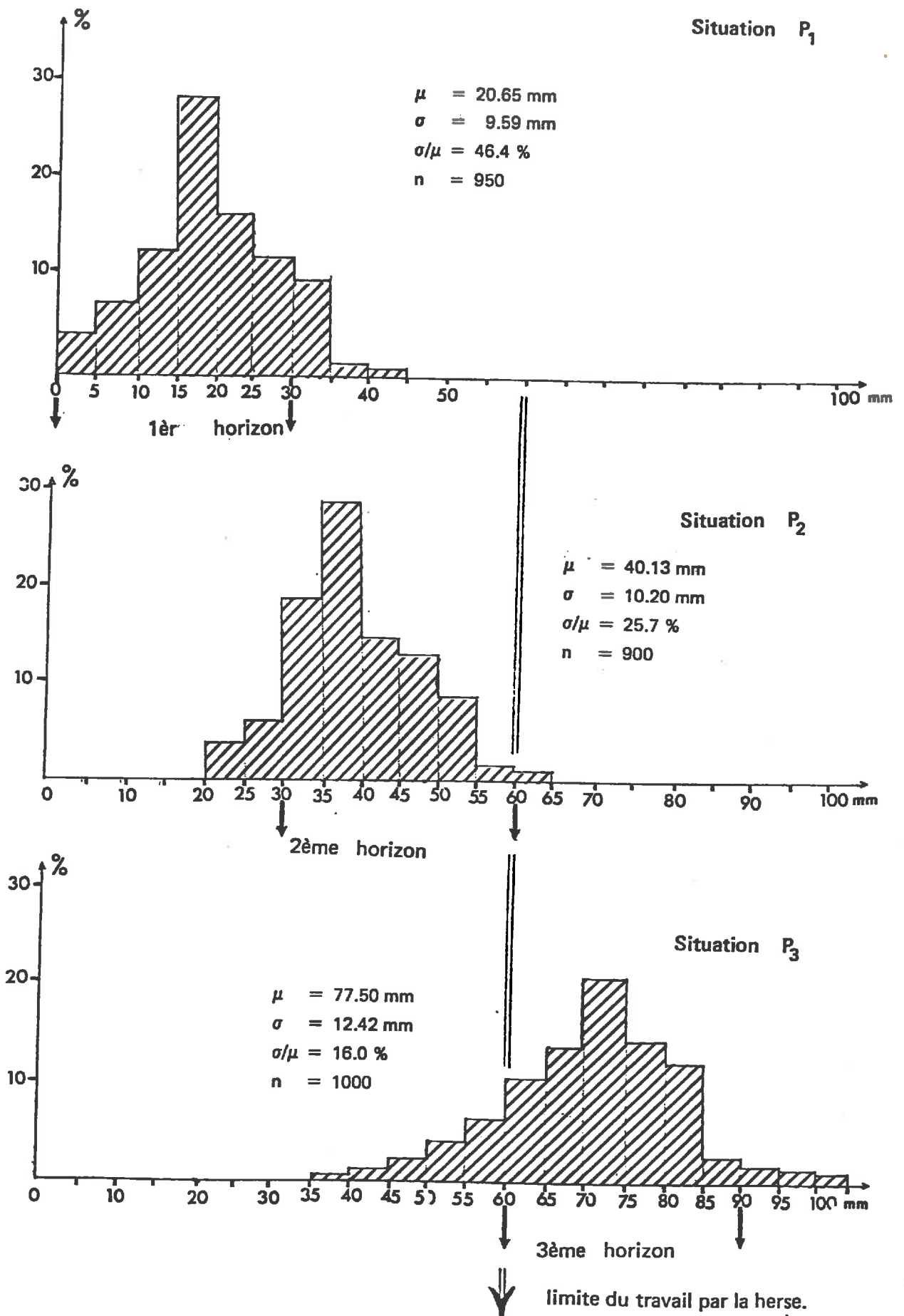
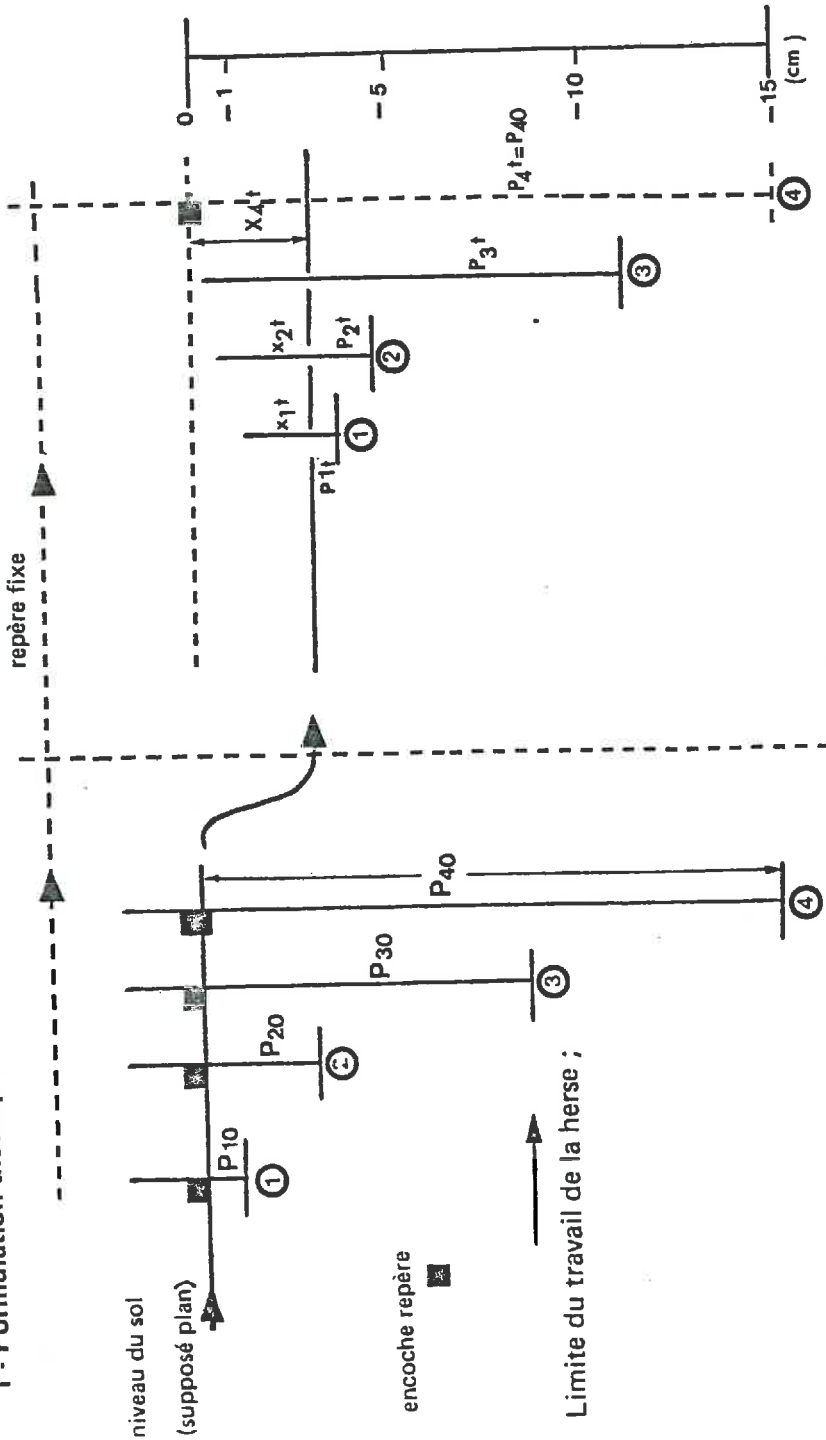


Fig. I₂ - DESCRIPTION DU DISPOSITIF D'ÉTUDE DU RAFFERMISSEMENT "in situ".

1 - Formulation théorique



Au temps $t = d$, on sait que :

$$P_{1,0} = 2 \text{ cm}, \quad P_{2,0} = 5 \text{ cm}$$

$$P_{3,0} = 8,5 \text{ cm}, \quad P_4 = 15 \text{ cm}$$

$$X_{i,0} \neq 0 \text{ cm} \quad \text{pour tout } (i).$$

Soit $P_{i,t}$ la profondeur de la plaque (i) au temps (t).

Soit $X_{i,t}$ la hauteur dont cette plaque dépasse du sol. au temps (t).

Soit $P_{i,t}$ la profondeur de la plaque (i) au temps (t).

Soit $X_{i,t}$ la hauteur dont cette plaque dépasse le sol. au temps (t).

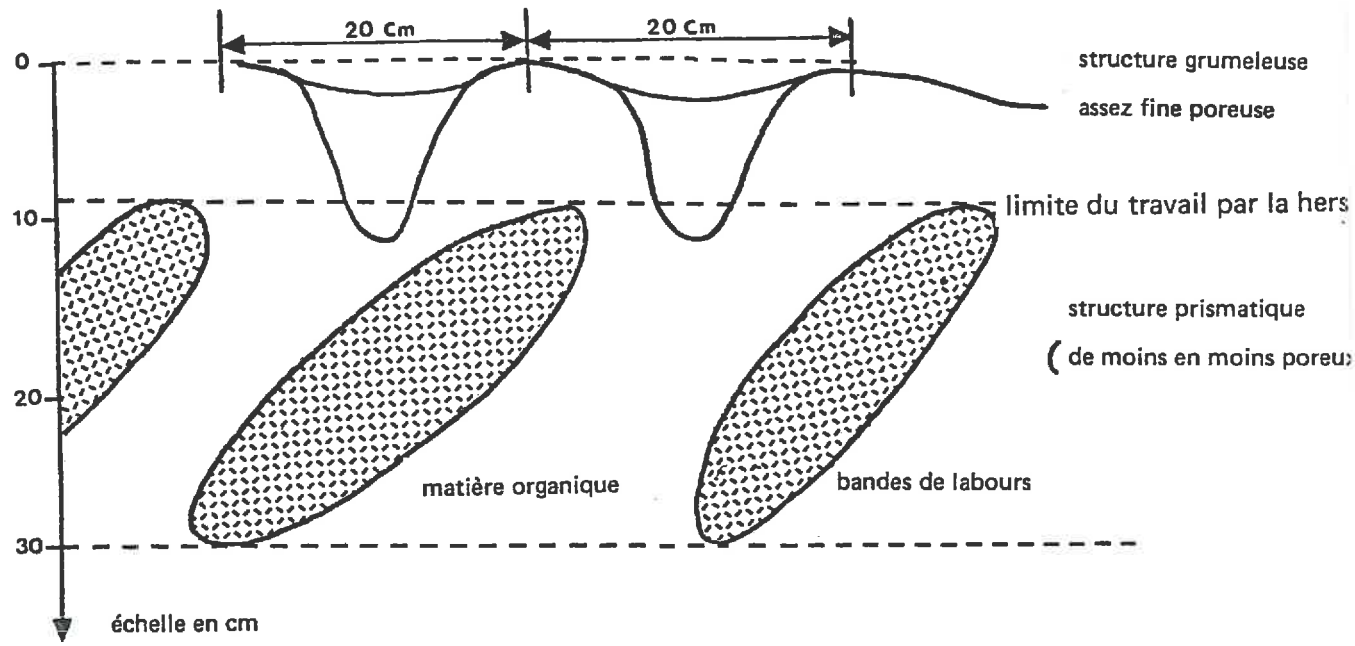
La plaque (4) est supposée fixe (fond du profil).

$$P_{4,t} = P_{4,0} \quad \text{pour tout } (t).$$

Alors il vient :

$$P_{i,t} = P_{i,0} + (X_{4,t} - X_{i,t}).$$

2 - Profil du semis





Densité volumique (en grammes par centimètre cube).

Fig. 14 - EVOLUTION DE LA DENSITÉ VOLUMIQUE POUR LES HORIZONS SUPERFICIELS A DEUX PROFONDEURS MOYENNES DE SEMIS.

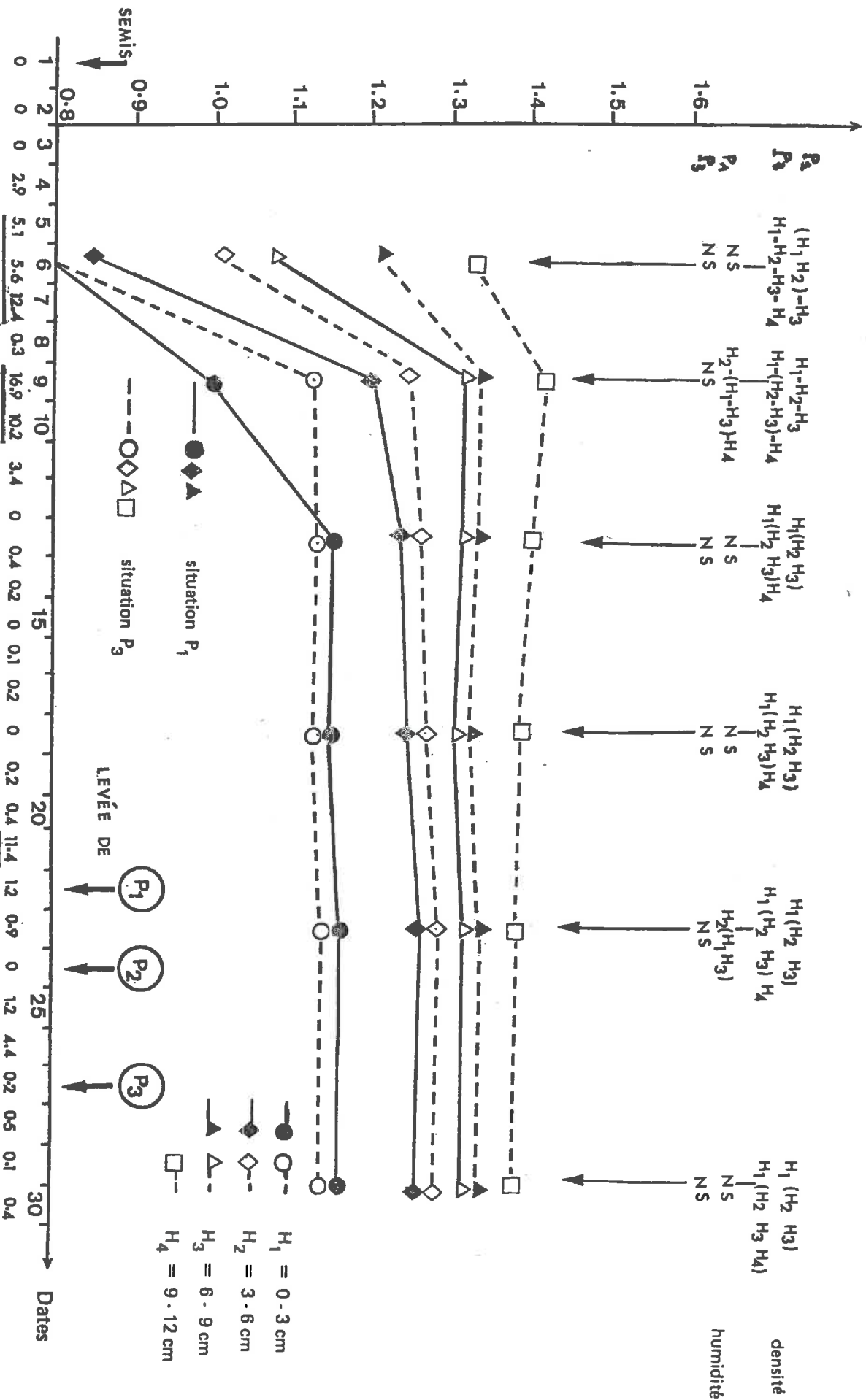


Fig. I₅ - DÉCOUPAGE EN CARACTÉRISTIQUES CLIMATIQUES HOMOGÈNES DE LA PÉRIODE SEMIS-LEVÉE.

Critères	JOURS																										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Température moyenne (°C)	A'			B'			C'						B'						C'								
Amplitude thermique (°C)	B			A						B			A			C			A			C					
Pluie (mm).	A''			B''			C''			A''			B''			C''			A''								

Semis

Levée de P₁ Levée de P₂ Levée de P₃

Définition des classes :

Température moyenne (°C). A' = [2.3 ; 5.6 [B' = [5.6 ; 8.9 [C' = [8.9 ; 13.2 [

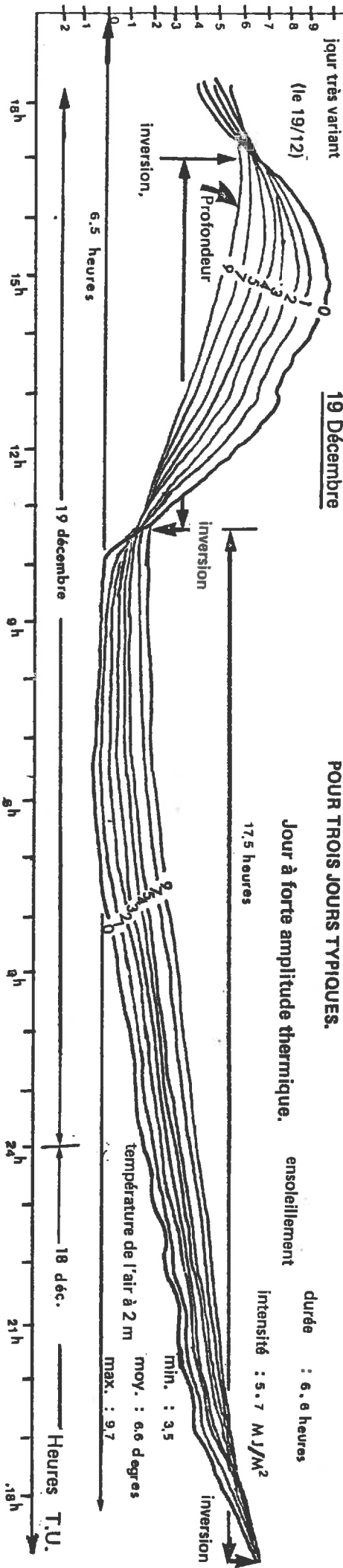
Amplitude thermique (°C). A = [1.6 ; 5.1 [B = [5.1 ; 8.6 [C = [8.6 ; 12.1 [

Pluie (mm). A'' = [0 ; 5 [B'' = [5 ; 10 [C'' = [10 ; 15 [

Température en °C

19 Décembre

jour très variant
(le 19/12)



jour à forte amplitude thermique.

17.5 heures

durée : 6.6 heures
ensoleillement intensité : 5.7 MJ/M²

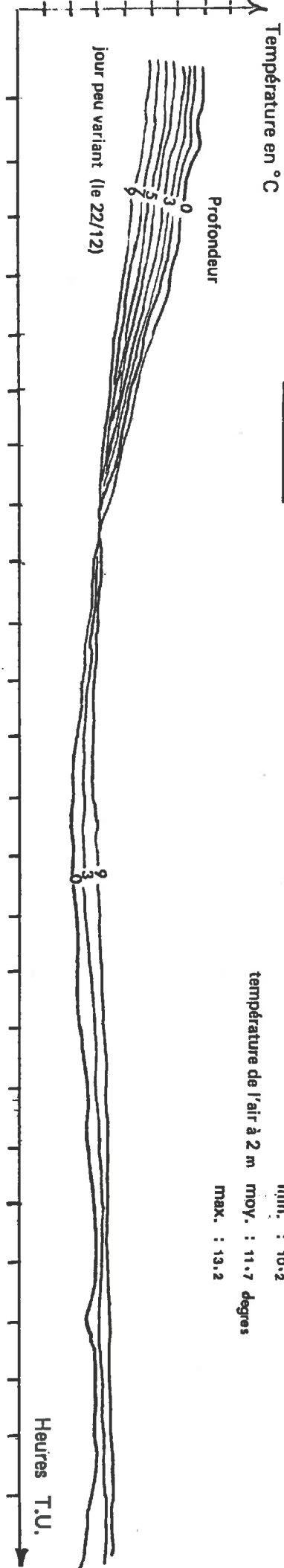
température de l'air à 2 m
min. : 3.5
moy. : 6.6 degrés
max. : 9.7

18 déc.

jour à faible amplitude thermique.

26 Décembre

jour peu variant (le 22/12)

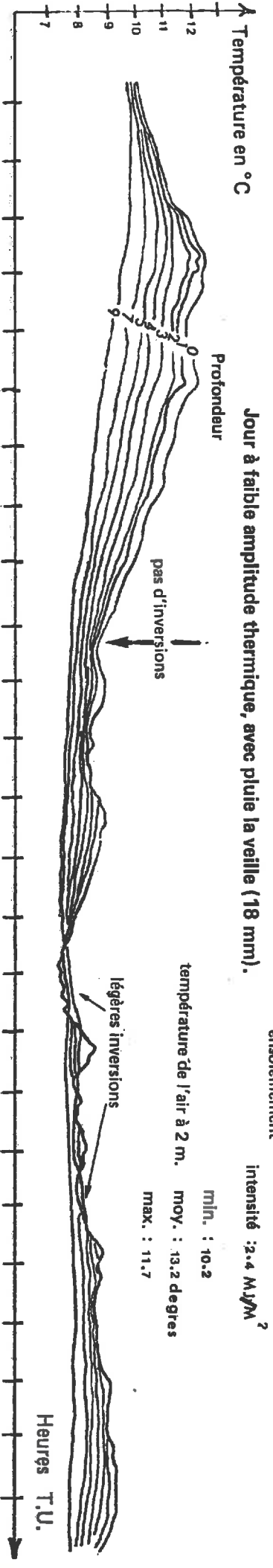


température de l'air à 2 m
min. : 10.2
moy. : 11.7 degrés
max. : 13.2

durée : 1.4 heure
ensoleillement intensité : 2.4 MJ/M²

22 Décembre

jour à faible amplitude thermique, avec pluie la veille (18 mm).



température de l'air à 2 m.
min. : 10.2
moy. : 13.2 degrés
max. : 14.7

durée : 1.4 heure
ensoleillement intensité : 2.4 MJ/M²

Fig. I₈ - EVOLUTION DE LA TEMPÉRATURE DU SOL SELON LA PROFONDEUR POUR TROIS JOURS TYPQUES.

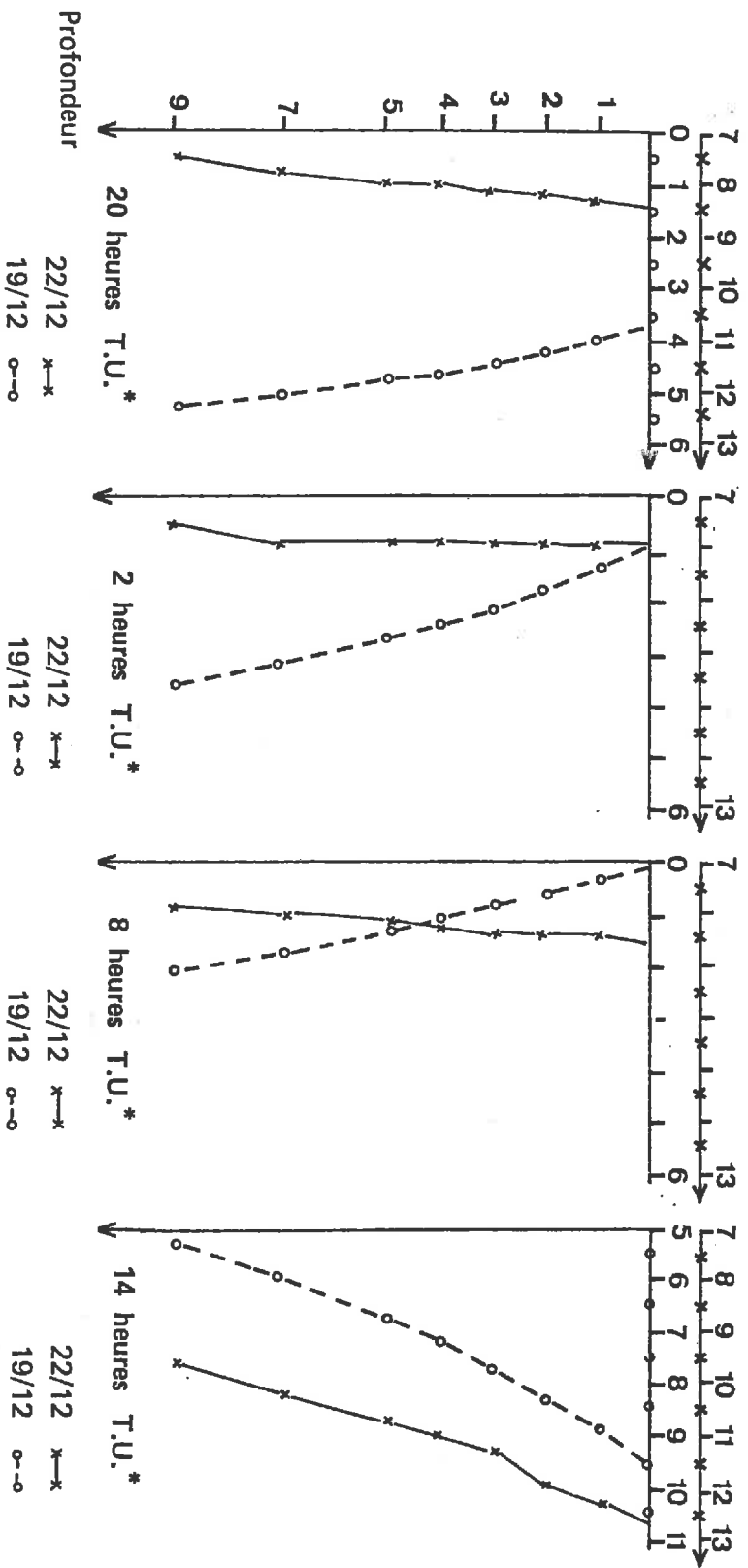
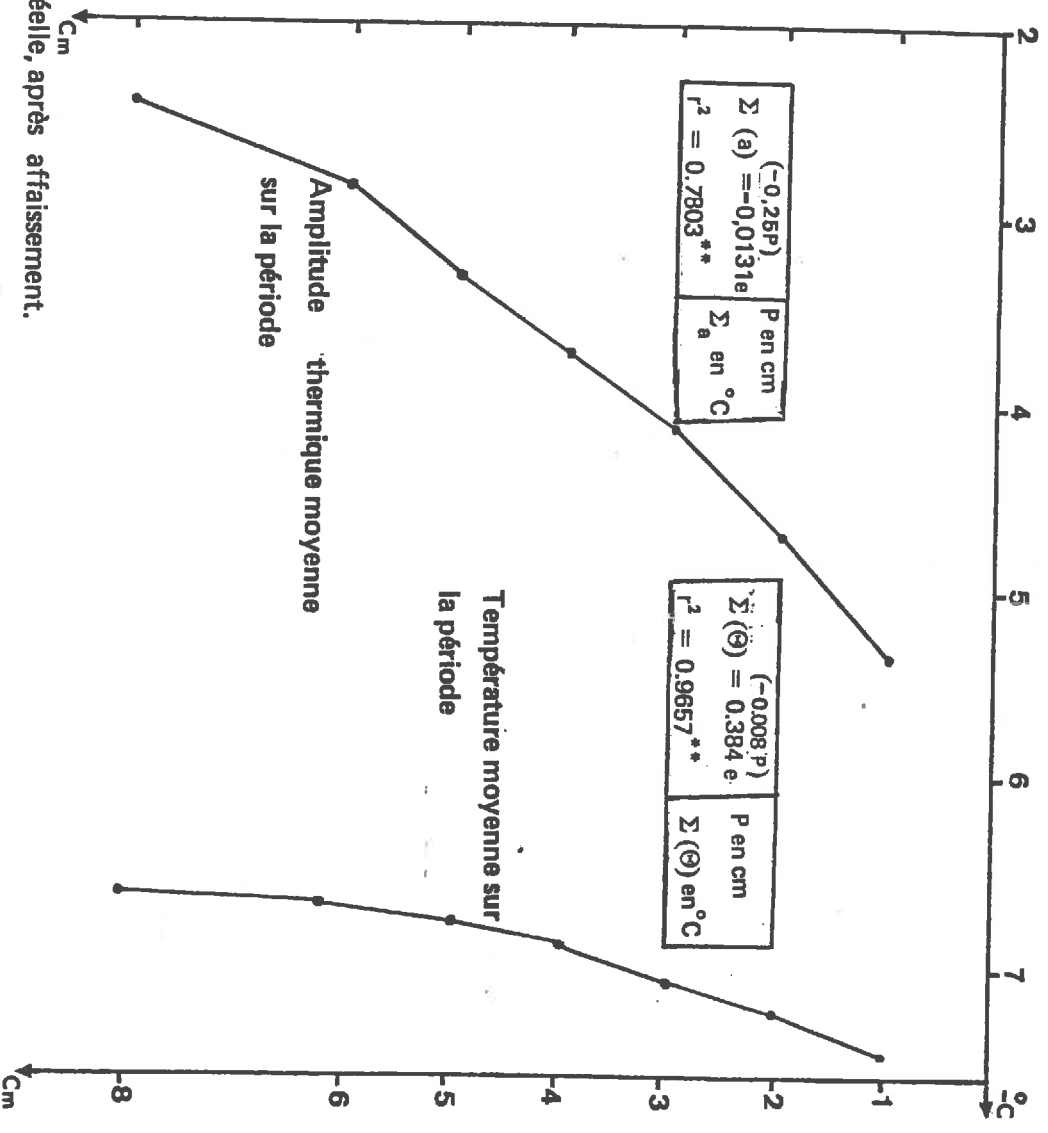


Fig. 17 - PROFILS DE TEMPÉRATURE A QUATRE MOMENTS DE LA JOURNÉE
POUR DEUX JOURS TYPIQUES.

22/12 Jour très variant
19/12 Jour peu variant

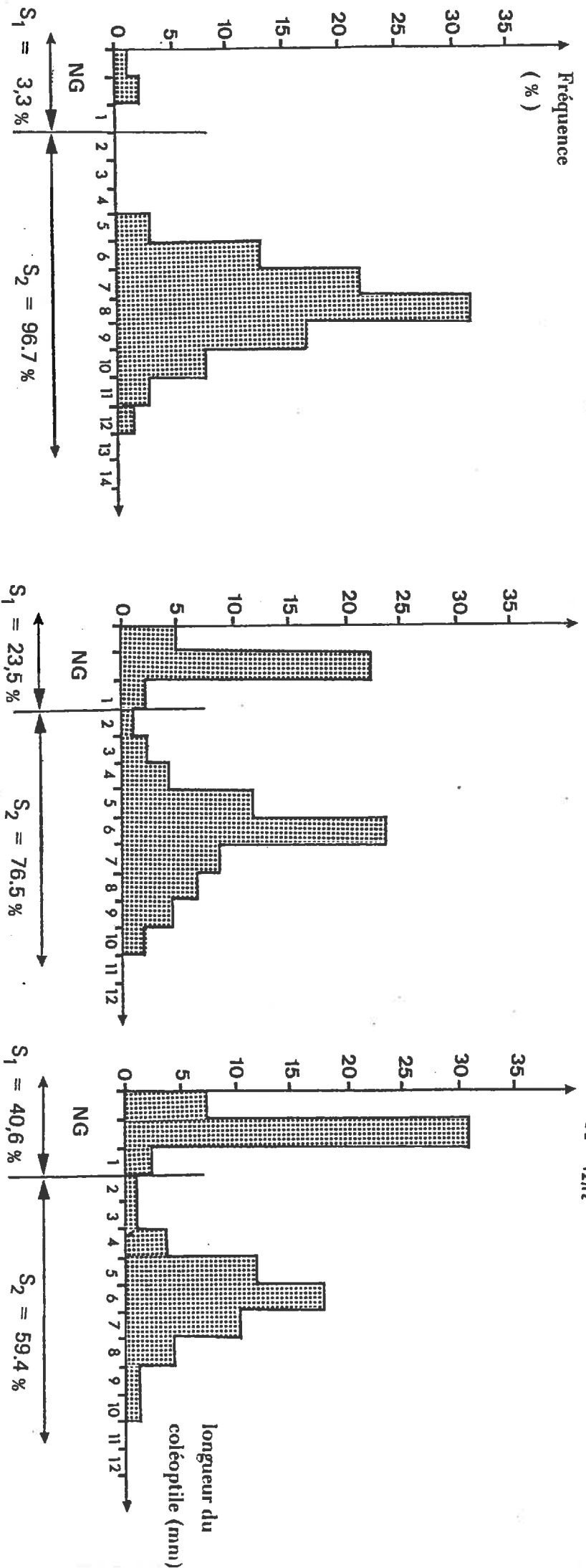
Fig. 1g - REPRESENTATION DES PROFILS THERMIQUES MOYENS (TEMPÉRATURE MOYENNE ET AMPLITUDE) POUR LA PHASE SEMIS-LEVÉE.



Moyenne	Amplitude
261.09	180.69
253.33	164.22
247.18	144.35
240.88	130.49
235.39	117.31
232.75	99.62
230.10	84.15

Profondeur (P) réelle, après affaissement.

Fig. 1₉ - DISJONCTION DU LOT DE SEMENCES EN DEUX SOUS-POPULATIONS ET EXIGENCES THERMIQUES POUR LEUR GERMINATION RESPECTIVE. * Champlain LE 1212



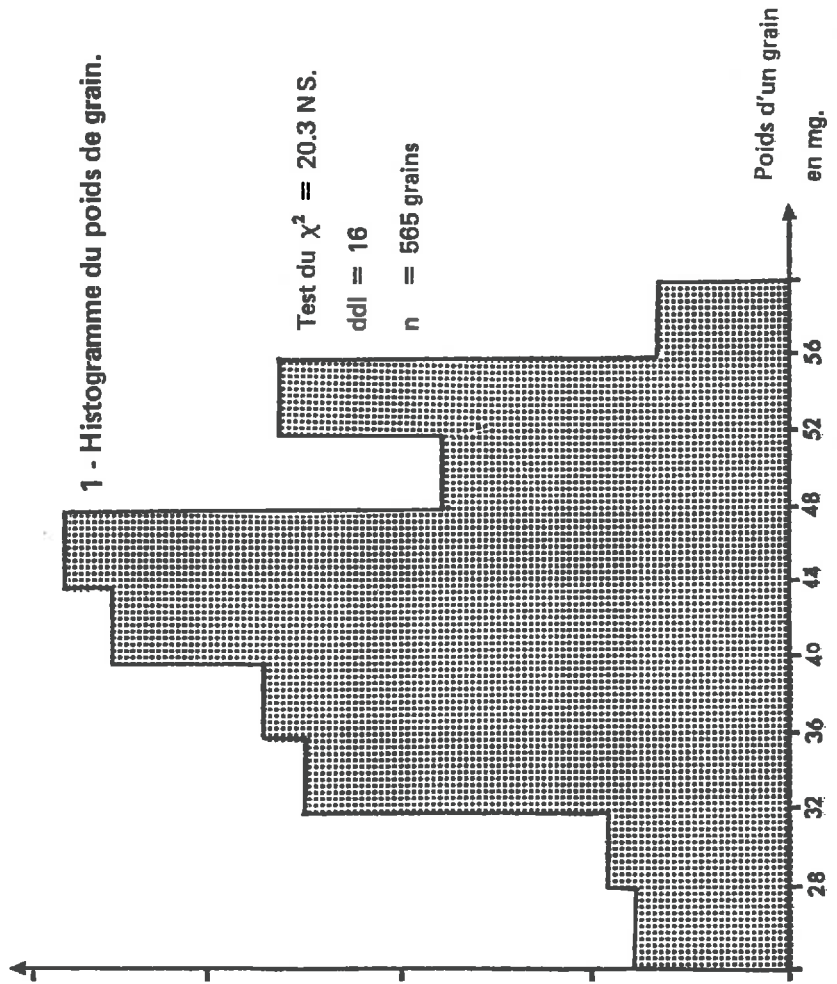
Situation	Somme des amplitudes thermiques au 12/12	Somme des températures moyennes pour germination de S_1	Somme de températures moyennes pour germination de S_2	Somme des températures moyennes pour germination de ($S_1 + S_2$).
P ₁ 32 mm	37.0	Restes non germés	45.5	47.0
P ₂ 60 mm	24.8	10.0	48.0	60.2
P ₃ 89 mm	17.4	10.5	52.0	73.5

Fig. 10 - INFLUENCE SUR LA GERMINATION ET LA CROISSANCE DE L'AMPLITUDE THERMIQUE. EXPERIENCE CONDUITE EN CHAMBRE CONDITIONNEE.

2 - Procédure pratique.

100 grains (variété *Champlein*), répartis en trois classes, sont placés dans six bassines, installées dans des chambres obscures et régulées thermiquement. (Température moyenne 7°C). La moitié d'entre elles reste à température constante, l'autre subit une amplitude quotidienne de 6°C. Le contrôle des températures s'effectue à l'aide de thermocouples placés au niveau des grains.

1 - Histogramme du poids de grain.



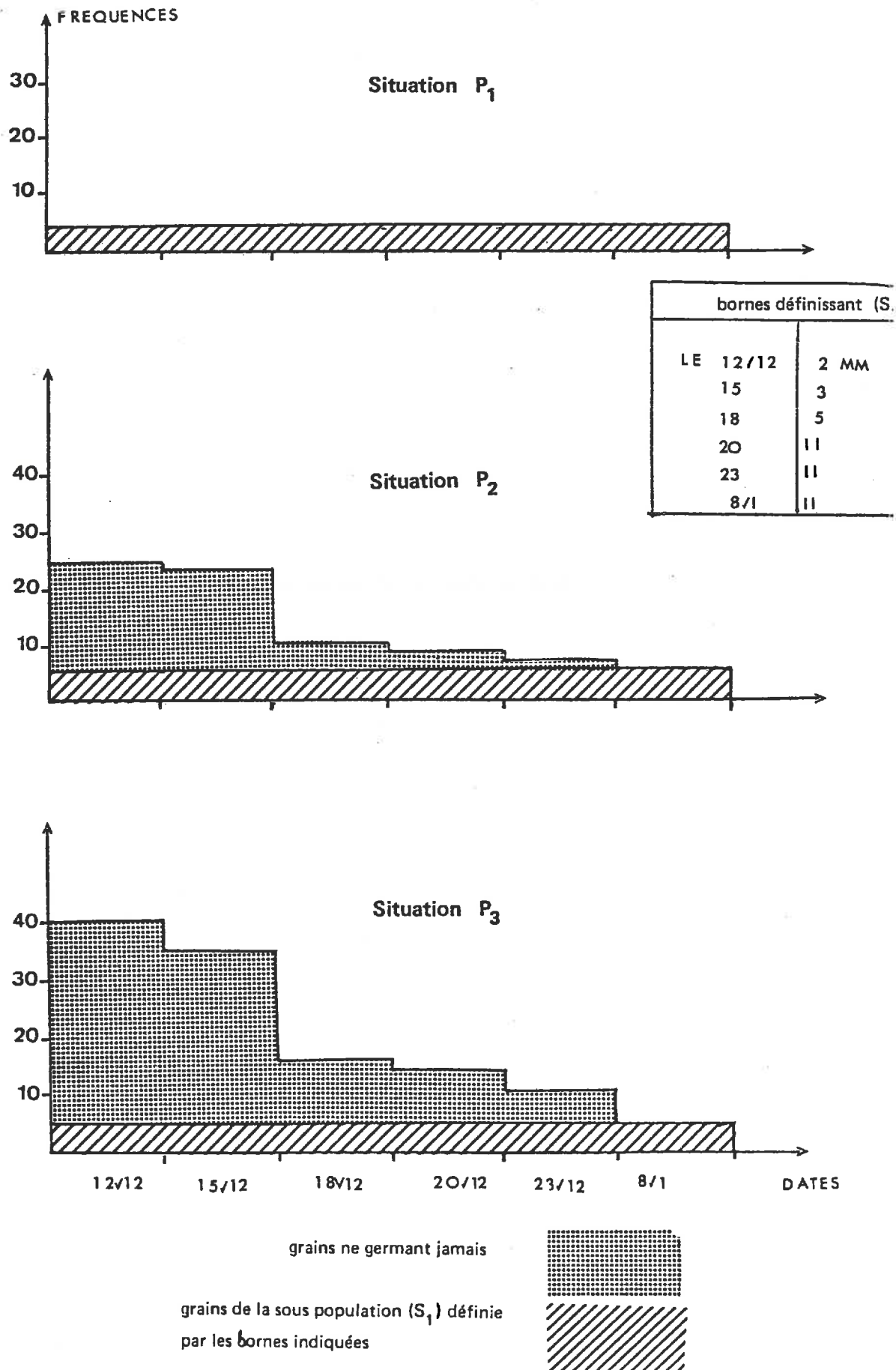
3 - Présentation des résultats.

TRAITEMENT	BASSINES n ^a	CLASSE A	CLASSE B	CLASSE C
CONSTANTE	1	5.5 (21) ^a	7.2 (15) ^b	6.6 ^a (12) ^b
	2	5.9 (08)	6.2 (06)	6.9 (06)
	3	6.7 (03)	8.4 (00)	8.5 (06)
ALTERNEE	1	11.9 (03)	13.9 (00)	15.0 (04)
	2	14.6 (03)	13.6 (00)	14.7 (00)
	3	13.0 (00)	14.0 (00)	12.1 (00)

Source de variation	ddl	^a F calculé	^b F calculé
répétition (bassines)	2		
Traitement	8		
- classe poids	2	3.1 ^x	1.1
- amplitude	1	13.7 ^{xvv}	8.3 ^{yvv}
- interaction	5	0.18	0.25

^a LONGUEUR du COLEOPTILE	^b TAUX de GERMINATION

Fig. I₁₁ - EVOLUTION DES PARTS RESPECTIVES DES DEUX SOUS-POPULATIONS DE GRAINS, DU SEMIS A LA LEVÉE.^x



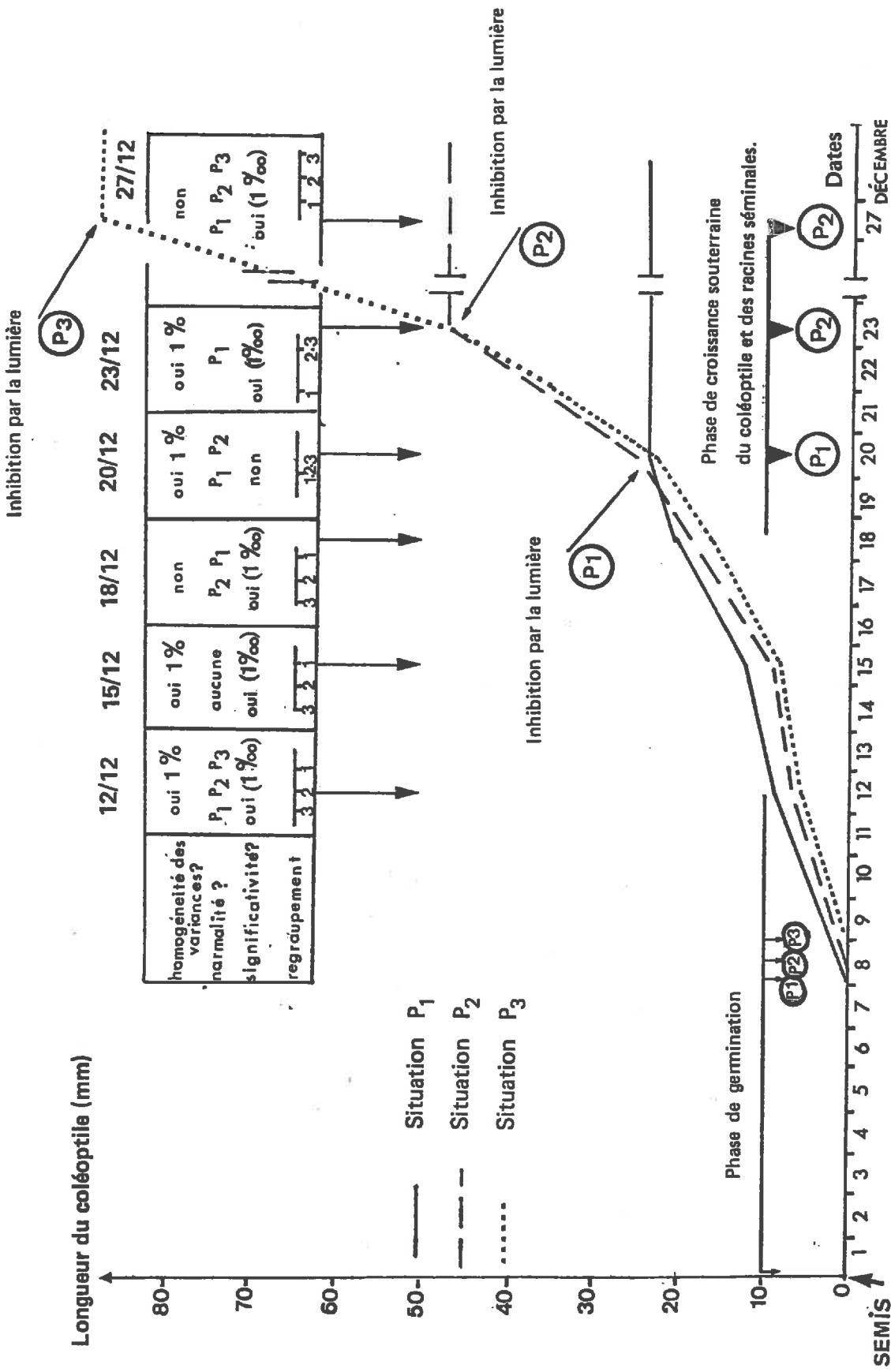
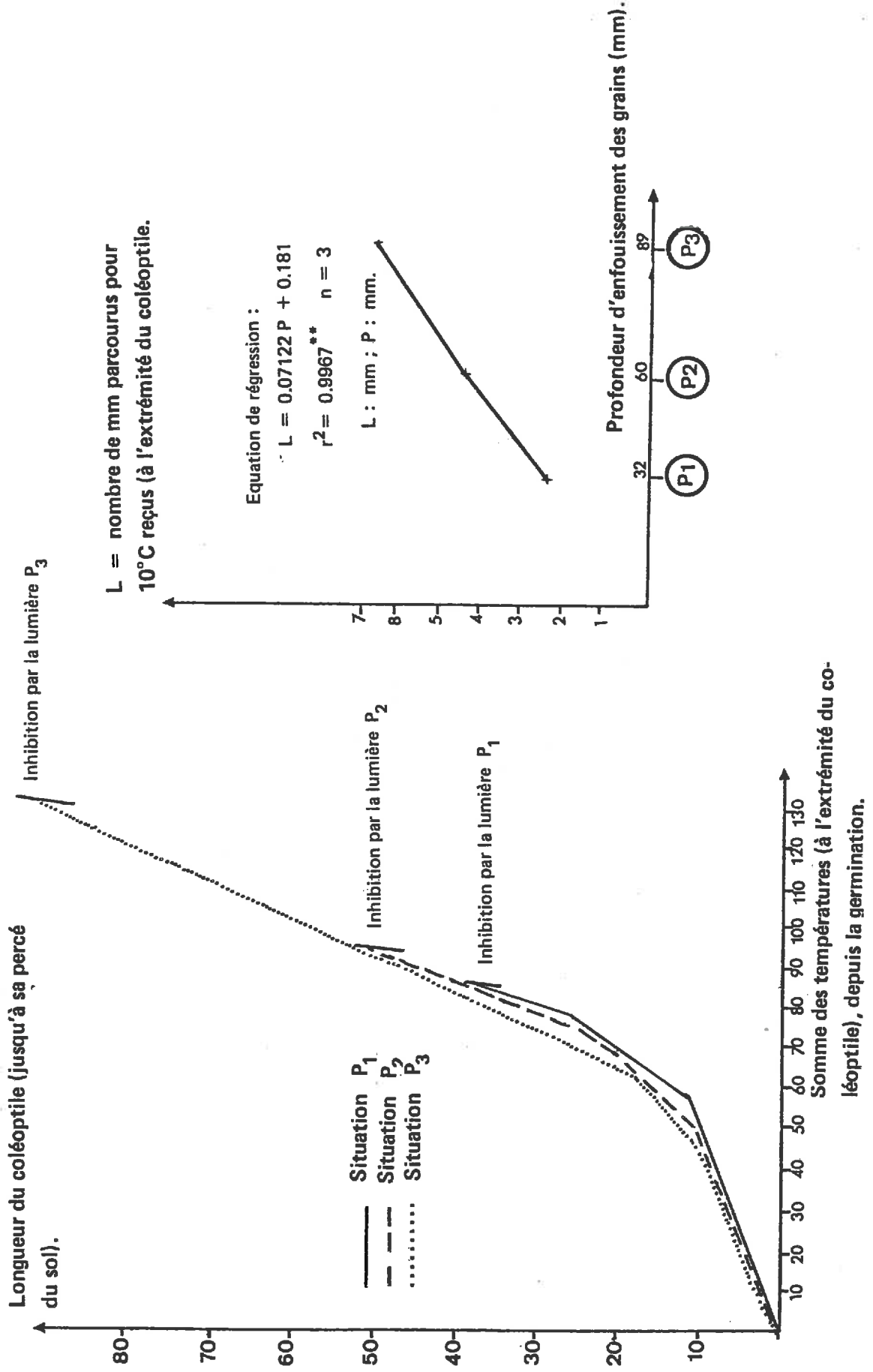


Fig. I₁₂ - CROISSANCE DES COLÉOPTILES CHOISIS A "VIGUEUR FIXÉE"

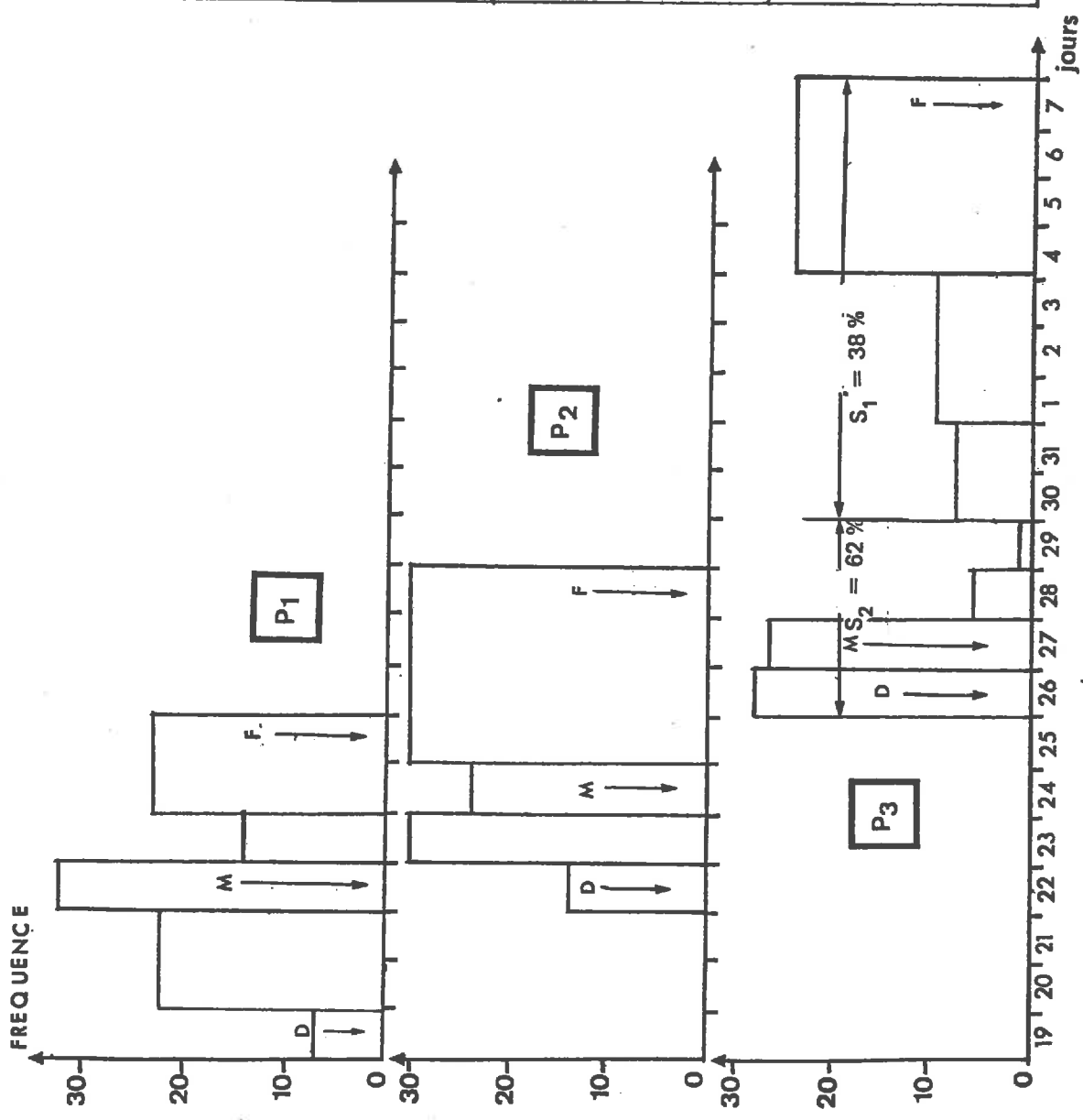
Variété *Champlein* 1978

Fig. I₁₃ - RELATIONS ENTRE LA CROISSANCE DU COLÉOPTILE ET LA SOMME THERMIQUE CUMULÉE DEPUIS LA GERMINATION*.



*Echantillon de caryopses à "vigueur fixée".

Fig. 14 - DESCRIPTION DE LA DYNAMIQUE DE LEVÉE SUR LA POPULATION ENTIÈRE.



Date 50% Levée = M	Date fin Levée = F	établissement en jours
19	25	7
22	28	7
26	7	13

Fig. I₁₅ - RELATION ENTRE SOMME THERMIQUE, GERMINATION ET LEVÉE.

—G— Comparaisons des données expérimentales
à celles de GESLIN (1944)

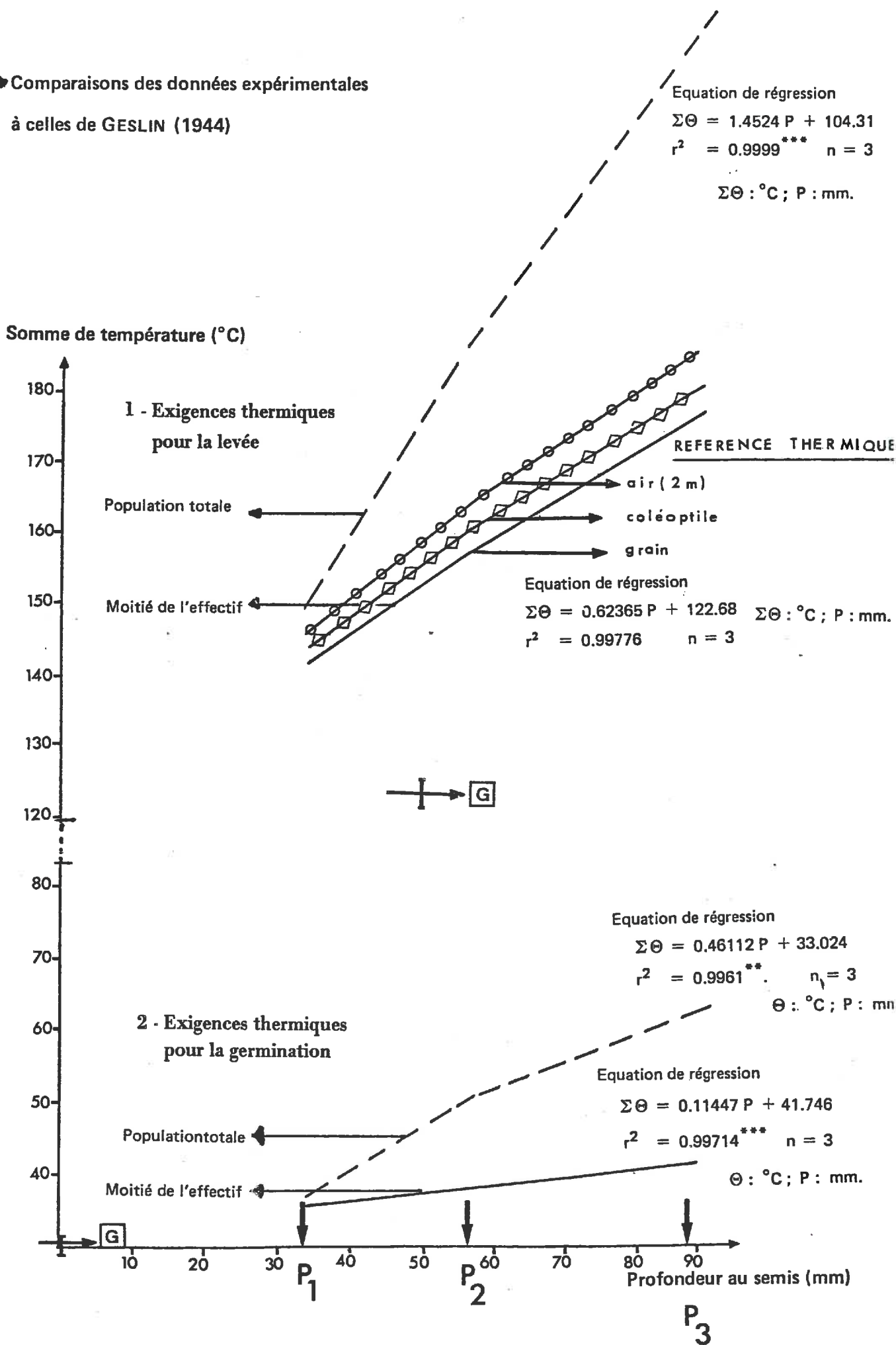


Fig. I₁₆ - BREF RAPPEL SUR LA THÉORIE DE LA COURBE DE CROISSANCE.

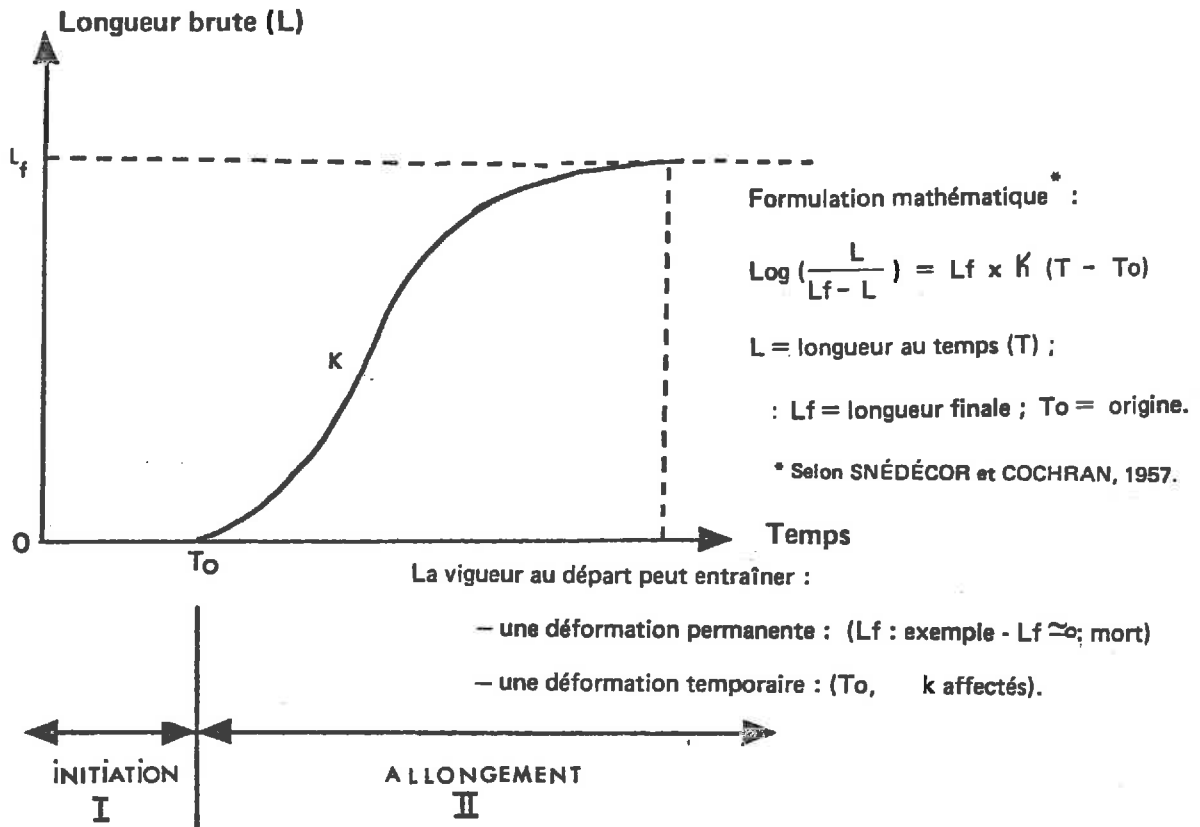
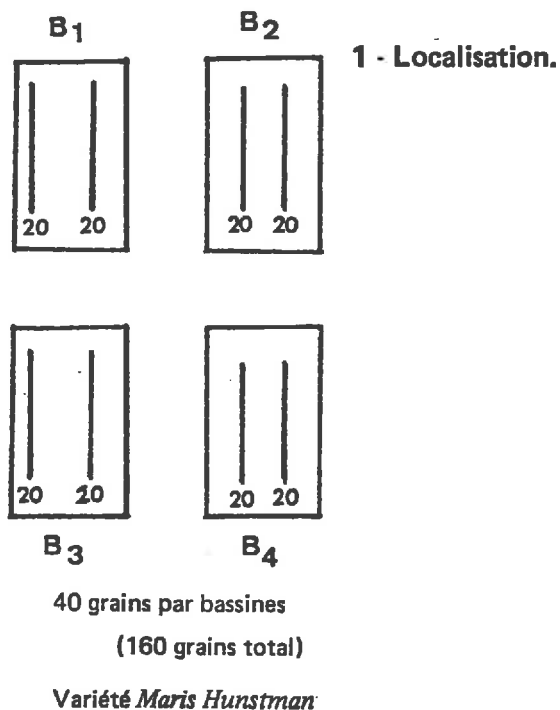


Fig. I₁₇ - DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL DESTINÉ A PRÉCISER LA NOTION DE VIGUEUR ET LES RELATIONS DE CROISSANCE ENTRE ORGANES.



2 - Conditions de milieu.

- Température constante (18°C).
- Eclairage artificiel : photopériode (Jour = 8 h)
- Humidification et milieu de culture :
 - pesée quotidienne des bassines pour les maintenir à 26 % d'eau.
 - mélange terreau-sable

Typologie catégorielle	Importance relative* (en %)
1 = Non germés	2,1
2 = Germination anormale	4,9
3 = Germination normale puis mortalité	7,0
4 = Normaux restant vivants	86,0

*Effectif : 160 grains

Fig. I₁₈ - CLASSEMENT GERMINATIF DU LOT DE SEMENCES

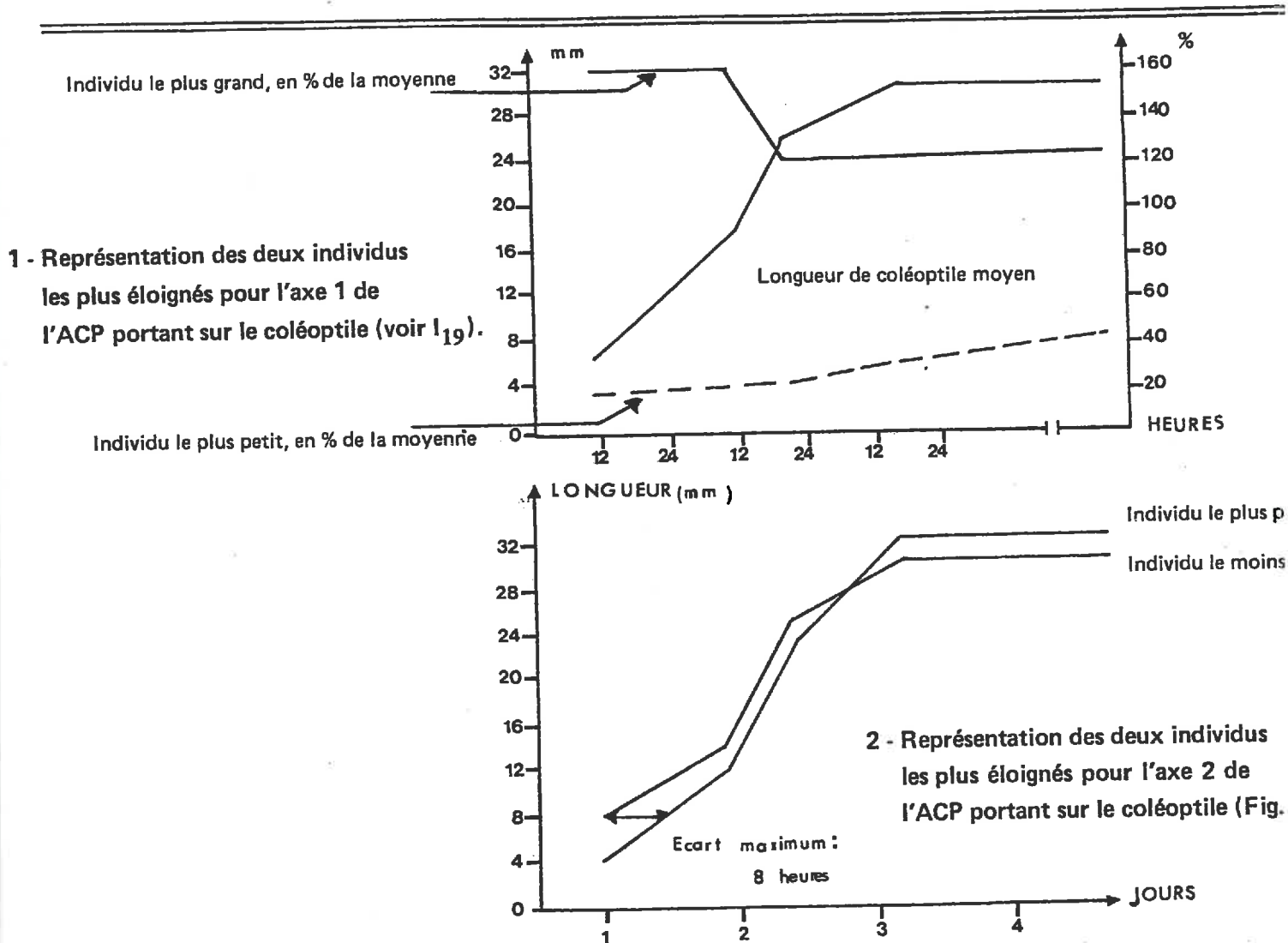


Fig. I₂₀ - REPRÉSENTATION DE L'ENVELOPPE, DES COURBES DE CROISSANCE DU COLÉOPTILE CHOISI A VIGUEUR ABSOLU FIXÉE.

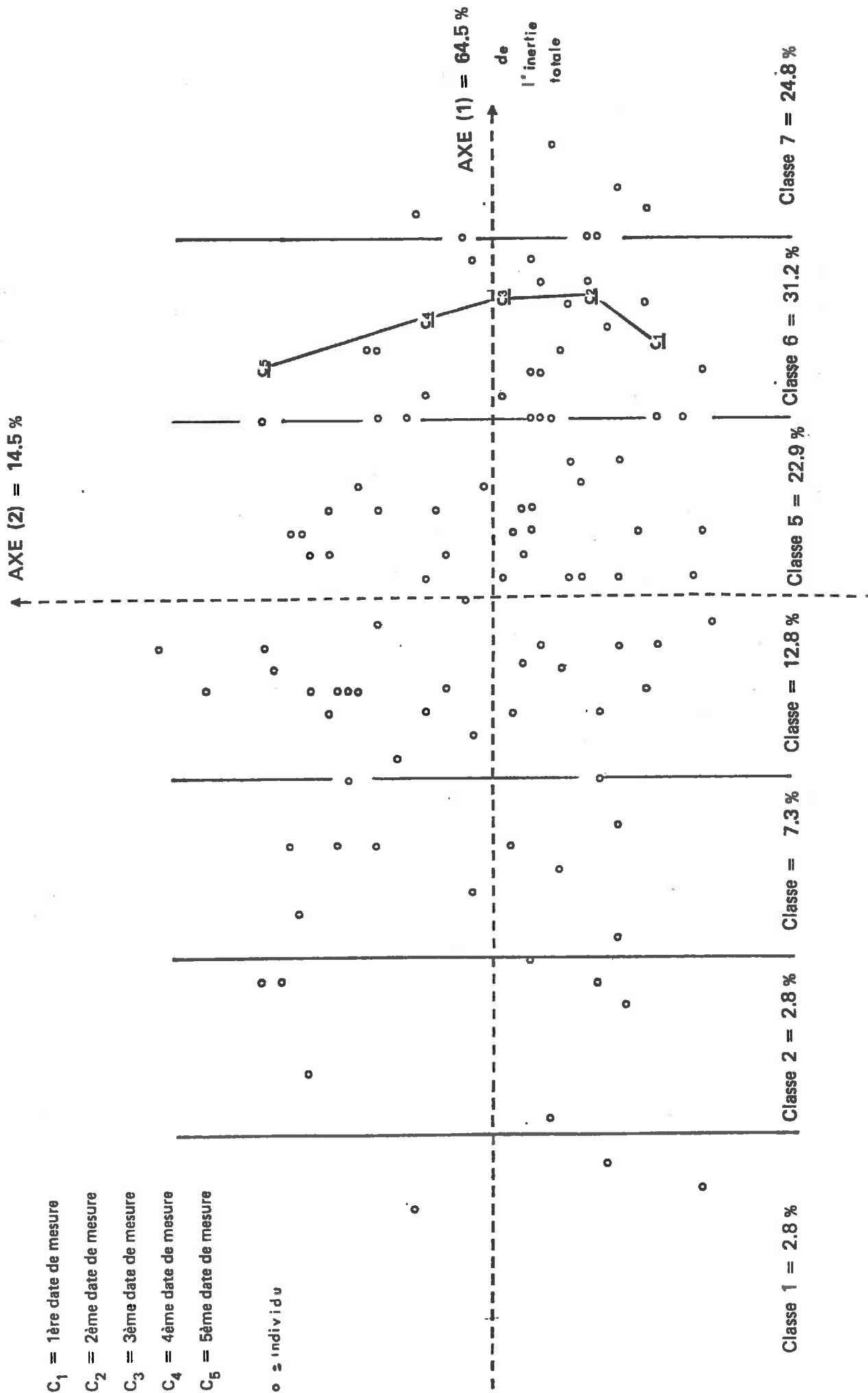


Fig. I₁₉ - ANALYSES EN COMPOSANTES PRINCIPALES, NORMÉE ET RÉDUITE SUR LES LONGUEURS BRUTES DU COLÉOPTILE.

- C = coléoptile
- F₁ = 1ère feuille
- F₂ = 2ème feuille
- F₃ = 3ème feuille
- F₄ = 4ème feuille

1, 2, 8, 8 : ordre des dates de mesure.

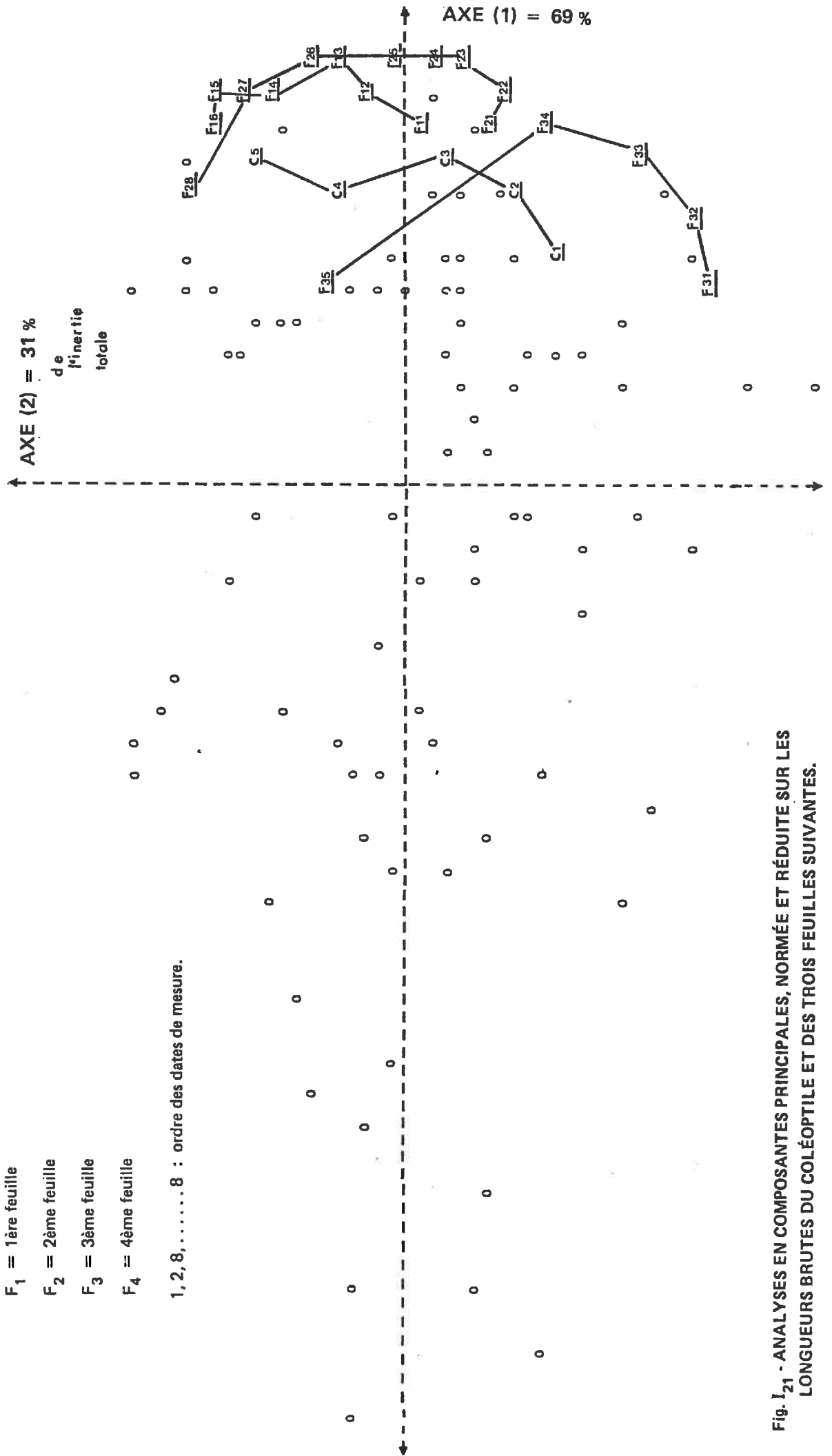
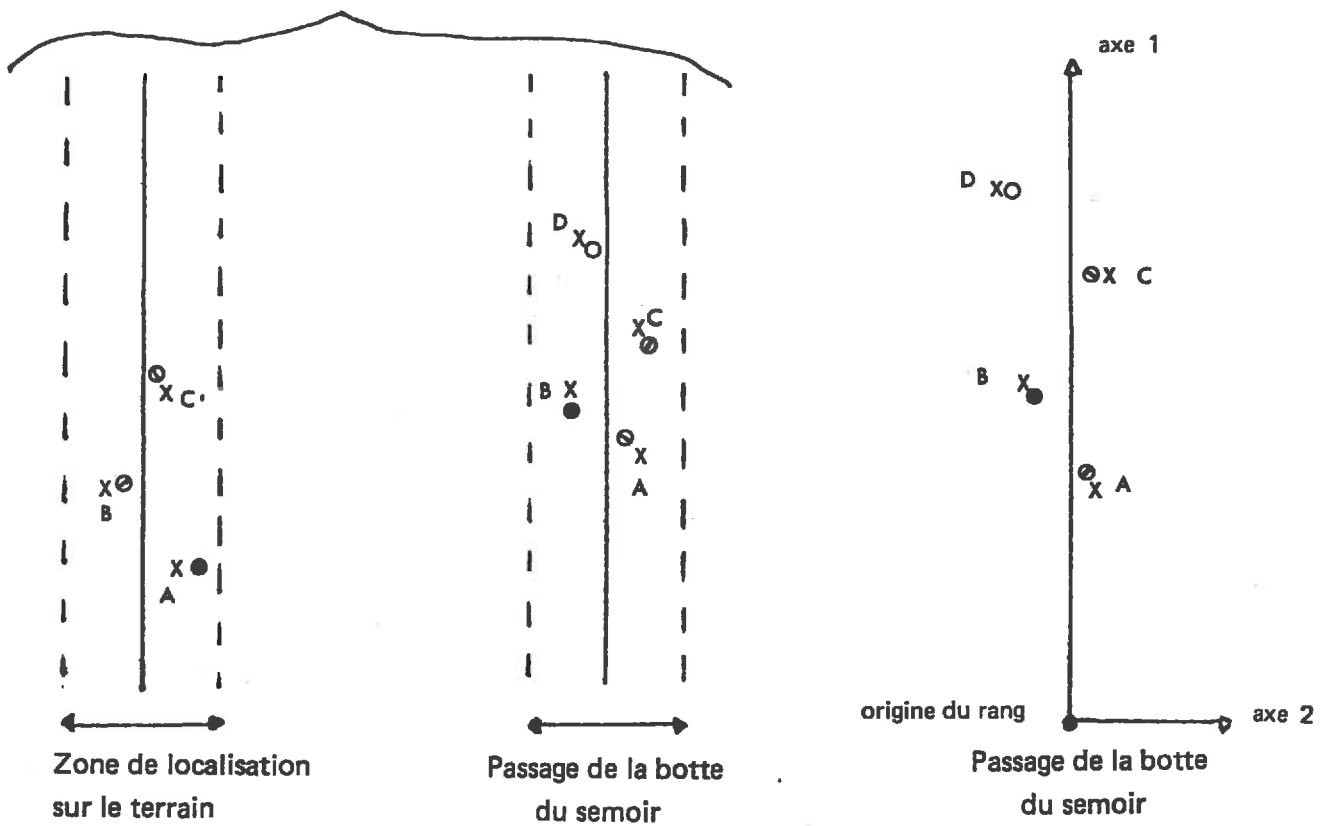


Fig. 1₂₁ - ANALYSES EN COMPOSANTES PRINCIPALES, NORMÉE ET RÉDUITE SUR LES LONGUEURS BRUTES DU COLÉOPTILE ET DES TROIS FEUILLES SUIVANTES.

Technique employée en 1978.

Méthode proposée pour améliorer la technique.



10 cm sur le terrain

X	Coléoptile
● ○ ○ ○	Bâtonnets de couleurs différentes selon la date de levée, placés à proximité du coléoptile,

Détermination de la date de levée.

Passage quotidien sur les rangs et pôle d'un bâtonnet de couleur (fixée selon le jour) le plus près possible du coléoptile.

Détermination des distances entre plantules.

Avant l'émission de la deuxième feuilles (= début Janvier), mesure de la distance aux deux plus proches voisines de la plante considérée (longueurs AB, BC, CD, sur le croquis).

Figure I₂₂ - MODALITÉS PRATIQUES POUR DÉTERMINER LA DATE DE LEVÉE ET L'ESPACE DISPONIBLE DE CHAQUE PLANTE.

	D ₁ · P ₁	D ₃ · P ₁	D ₂ · P ₁	D ₂ · P ₂	D ₂ · P ₃
Profondeurs moyennes de semis (mm).	17	20	21	40	75
Profondeurs extrêmes de semis (mm).	02-40	09-43	06-50	22-62	37-120
Dates moyennes de levée (jours de Décembre).	22	22	22	24	27
Etalements de la levée (en jours).	7	7	7	8	12

Légende :

D₁ = 50 plantes par m²

D₂ = 210 plantes par m²

D₃ = 400 plantes par m²

P₁ = 20 mm

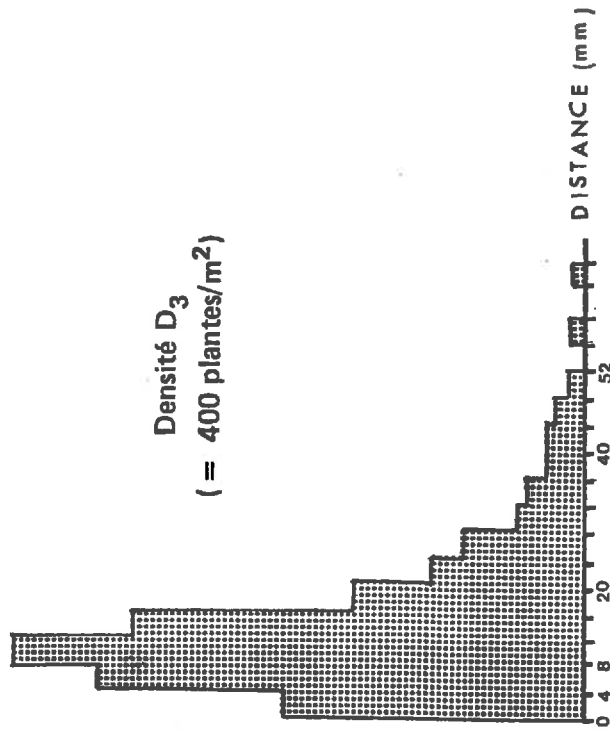
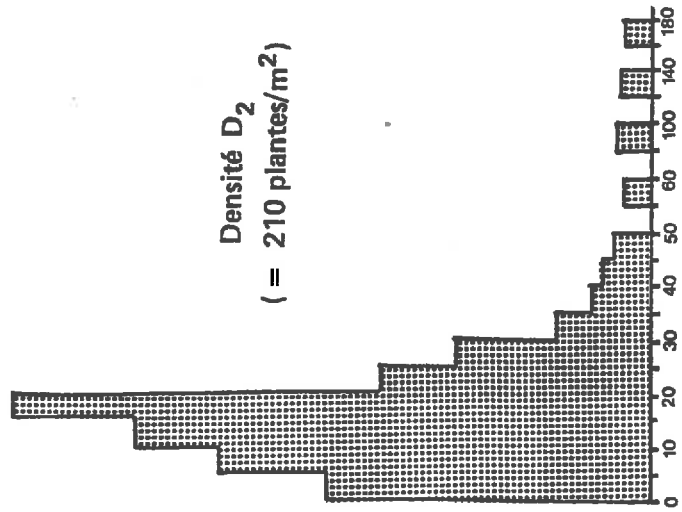
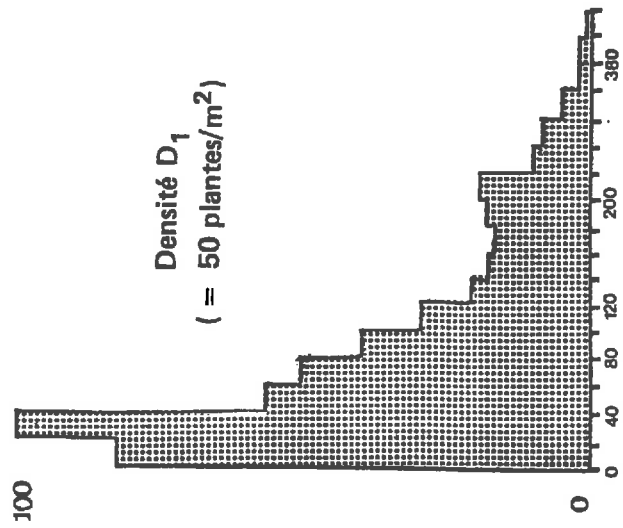
P₂ = 60 mm

P₃ = 90 mm

Figure 1₂₃ - RAPPEL DES CARACTÉRISTIQUES DE LA DATE DE LEVÉE ET DE LA PROFONDEUR DU SEMIS POUR LES CINQ SITUATIONS RETENUES.*

* Variété : *Champlein*, Année : 1978

Pourcentage de l'effectif total

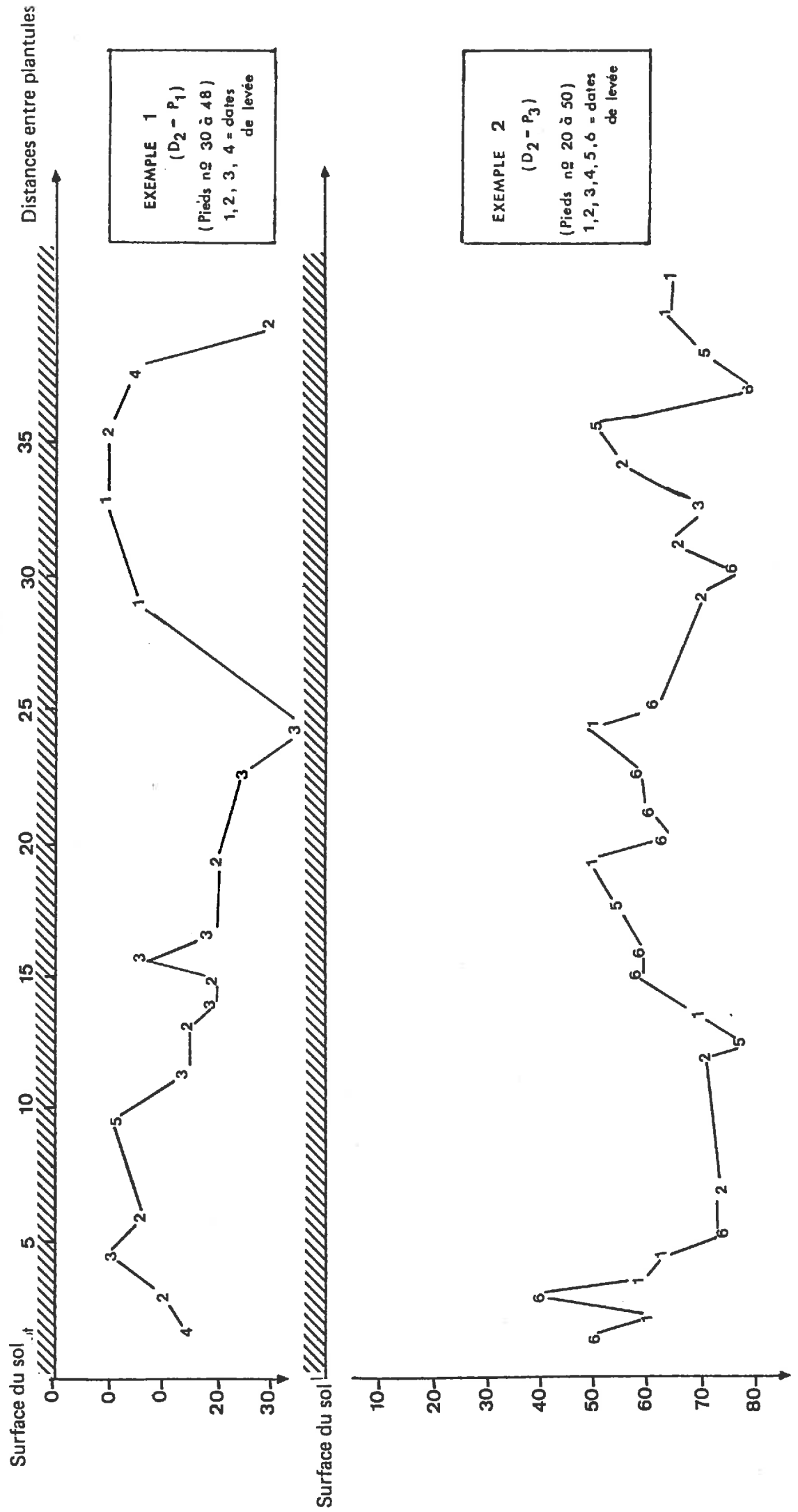


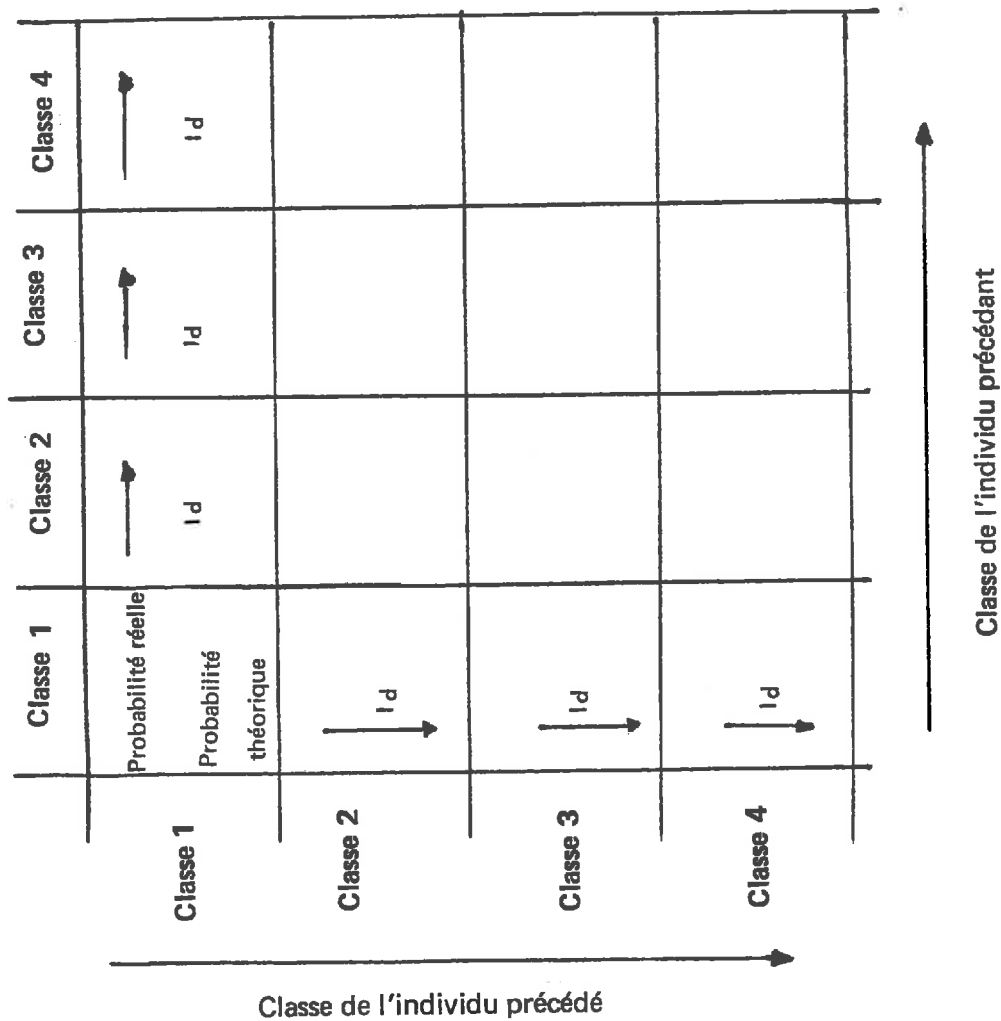
	D ₁ P ₁	D ₂ P ₁	D ₃ P ₁
Distance théorique (DFH) en mm.	100	23.8	12.5
Distance moyenne réelle (DTR) en mm.	89.6	21.7	14.9
Coefficient de variation (%)	101.2	95.3	86.3
Coefficient β_1^*	2.7622+ M.S.	2.3900+ M.S.	2.2439+ M.S.
Coefficient β_2^*	8.2500 M.S.	8.2500 M.S.	7.8957+ M.S.
Nombre d'individus	920	950	908

Significations :
 + au niveau 2 % , $\beta_1 = 0.16$
 + au niveau 2 % , $\beta_2 = 3.43$
 (pour n = 900)

Figure 1₂₅ - EXEMPLES DE RÉPARTITION SPATIALE DES PLANTULES DE BLÉ
SUR LE RANG DE SEMIS.

Variété *Champlein*, Année : 1978





La matière de transition indique les probabilités réelles, P_{tij} , d'obtenir, dans cet ordre, le couple de classes (i, j) sur le rang de semoir.

La probabilité théorique P_{tij} est donnée par $P_{tij} = P(i|j) = \frac{P(i)}{P(j)}$

La comparaison, classe par classe, des deux probabilités peut être réalisée par un test du χ^2

$$\chi^2 = \sum_{i,j} \left(\frac{N_{rij} - N_{tij}}{N_{tij}} \right)^2$$

N_{rij} = effectif réel

N_{tij} = effectif théorique.

Figure 1₂₆ - THÉORIE DE LA MATRICE DE TRANSITION (EN VUE D'ÉTUDE SI LA RÉPARTITION LINÉAIRE EST ALÉATOIRE).

SITUATION	D ₁ P ₁	D ₃ P ₁	D ₂ P ₁	D ₂ P ₂	D ₂ P ₃
VARIABLE	Sans ^x : Avec ⁺	Sans : Avec	Sans : Avec	Sans : Avec	Sans : Avec
Date de levée	: 12.23 : 6.21	: 11.50 : 5.42	: 13.20 : 5.49	: 10.51 : 6.35	: 11.23 : 4.25
Profondeur	: 19.02 ⁺ : 9.03	: 15.33 : 10.1	: 18.26 ^x : 8.23	: 17.95 ^x : 5.21	: 19.85 ^{xx} : 5.35
Distance	: 19.24 ^x : 8.51	: 19.20 ^x : 7.22	: 20.33 ^{xx} : 7.82	: 25.52 ^{xx} : 9.35	: 18.52 ^x : 8.25

+ Sans regroupement des taches de même classe.
 Avec = avec regroupement des taches de même classe.
 x Significatif à 10 %, xx à 5 %.

LEGENDE : D₁ = 50 plantes/m² P₁ = 20 mm
 D₂ = 200 plantes/m² P₂ = 60 mm
 D₃ = 400 plantes/m² P = 90 mm
 D₄ = 3

La probabilité de dépasser, avec 11 degrés de liberté, la valeur 17.28 (19.68) est de 10 % (5 %).

Figure 1,27 - TEST DU χ^2 SUR LA RÉPARTITION DES PIEDS ET DES TACHES LE LONG DU RANG DE SEMOIR, PAR SITUATION, POUR TROIS CRITÈRES.

VARIABLE	SITUATION	D_1-P_1 (1)	D_2-P_1 (1)	D_2-P_1 (1)	D_2-P_2 (1)	D_2-P_3 (1)
DATE	N. P.	115	203	131	110	65
	N. T.	22	28	23	21	13
	N. P./N. T.	5.2	7.3	5.7	5.2	5.0
PROFONDEUR	N. P.	219	292	266	320	228
	N. T.	40	35	42	52	25
	N. P./N. T.	5.5	8.3	6.33	6.15	3.12
DISTANCE	N. P.	180	201	186	200	251
	N. T.	35	40	38	37	45
	N. P./N. T.	5.4	5.0	4.89	5.1	5.1

(1) Effectif total ramené à 1 000 pieds.

Situations $D_1 D_3$ semées avec un semoir différent des situations P_1, P_2, P_3 .

Convention : 1 tache comprend au moins 4 pieds.

VARIETE CHAMPLEIN - ANNEE 1978.

LEGENDE : N. P. = nombre de pieds appartenant à des taches.

N. T. = nombre de taches.

N. P./N. T. = nombre de pieds moyen par tache.

D_1 = 50 plantes/m² P_1 = 20 mn

D_2 = 200 " P_2 = 600 "

D_3 = 400 " P_3 = 90 "

Figure 1₂₈ - FRÉQUENCE ET TAILLE DES TACHES⁽¹⁾, SELON TROIS CRITÈRES D'UNE POPULATION DE MILLE INDIVIDUS ET POUR CINQ SITUATIONS ÉTUDIÉES.

TRAITEMENT(1)	1	2	3	4	5	6	7	8	ENSEMBLE
D ₁ - P ₁	-0.010	+0.20 ⁺	+0.255 ^{xx}	+0.80	+0.210 ^x	+0.120	+0.123	+0.140	0.210 ^x
D ₃ - P ₁	+0.270 ^{xx}	+0.190	+0.253	+0.22 ^x	+0.321 ^{xxx}	+0.244 ^x	+0.138	+0.108	+0.230 ^x
D ₂ - P ₁	+0.160	+0.200 ^x	+0.180	+0.250 ^x	+0.324 ^{xxx}	+0.156	+0.160	+0.135	+0.225 ^x
D ₂ - P ₂	+0.185	+0.021	+0.208 ^x	+0.236 ^x	+0.152	+0.012	+0.190 ^x	+0.145	+0.195 ^x
D ₂ - P ₃	-0.013	+0.176 ^x	-0.017	+0.207 ^x	+0.255 ^{xx}	+0.173	+0.215 ^x	+0.148	+0.235 ^x

(1) Par prélèvement, n = 120 plantes.

(2) Pour n = 120, les valeurs critiques sont : 0,1946 au niveau 5 % +
0,2540 au niveau 1 % ++
0,3211 au niveau 1 % +++

Figure 129 - NIVEAU DES CORRÉLATIONS ENTRE DATES DE LEVÉE ET PROFONDEUR DE SEMIS,
PAR DATE DE PRÉLÈVEMENT ET POUR L'ENSEMBLE DES DATES, AU SEIN DE CHAQUE
SITUATION (PROFONDEUR ET PEUPEMENT)

Date de pré- lèvement	11/4/78	25/4/78	9/5/78	23/5/78	Ensembles
n°	3	4	5	6	
Traitement(1)					
	(2)				
D ₁ - P ₁	-0.136	-0.213 ^x	-0.320 ^{xxx}	-0.256 ^{xx}	-0.220 ^x
D ₃ - P ₁	-0.160	-0.275 ^{xx}	-0.335 ^{xxx}	-0.367 ^{xxx}	-0.250 ^x
D ₂ - P ₁	-0.120	-0.200 ^x	-0.280 ^{xx}	-0.256 ^{xx}	-0.198 ^x
D ₂ - P ₂	-0.178	-0.235 ^x	-0.286 ^x	-0.343 ^{xxx}	-0.253 ^x
D ₂ - P ₂	-0.130	-0.205 ^x	-0.235 ^x	-0.260 ^{xx}	-0.245 ^x

(1) Par prélèvement : n = 120 plantes.

Variété : Champlain -

(2) pour n = 120, les valeurs critiques sont :

Année 1978.

0.1944 au niveau 5 %

0.2540 " " 1 %

0.3211 " " 1 %

LEGENDE :

D₁ = 50 plantes par m²

D₂ = 210 plantes par m²

D₃ = 400 plantes par m²

P₁ = 20 mm

P₂ = 50 mm

P₃ = 90 mm

Figure I₃₀ - NIVEAU DES CORRÉLATIONS SIMPLES ENTRE LA HAUTEUR DE L'APEX DU MAÎTRE-BRIN ET LA DISTANCE DU PIED À SES DEUX PLUS PROCHES VOISINS.

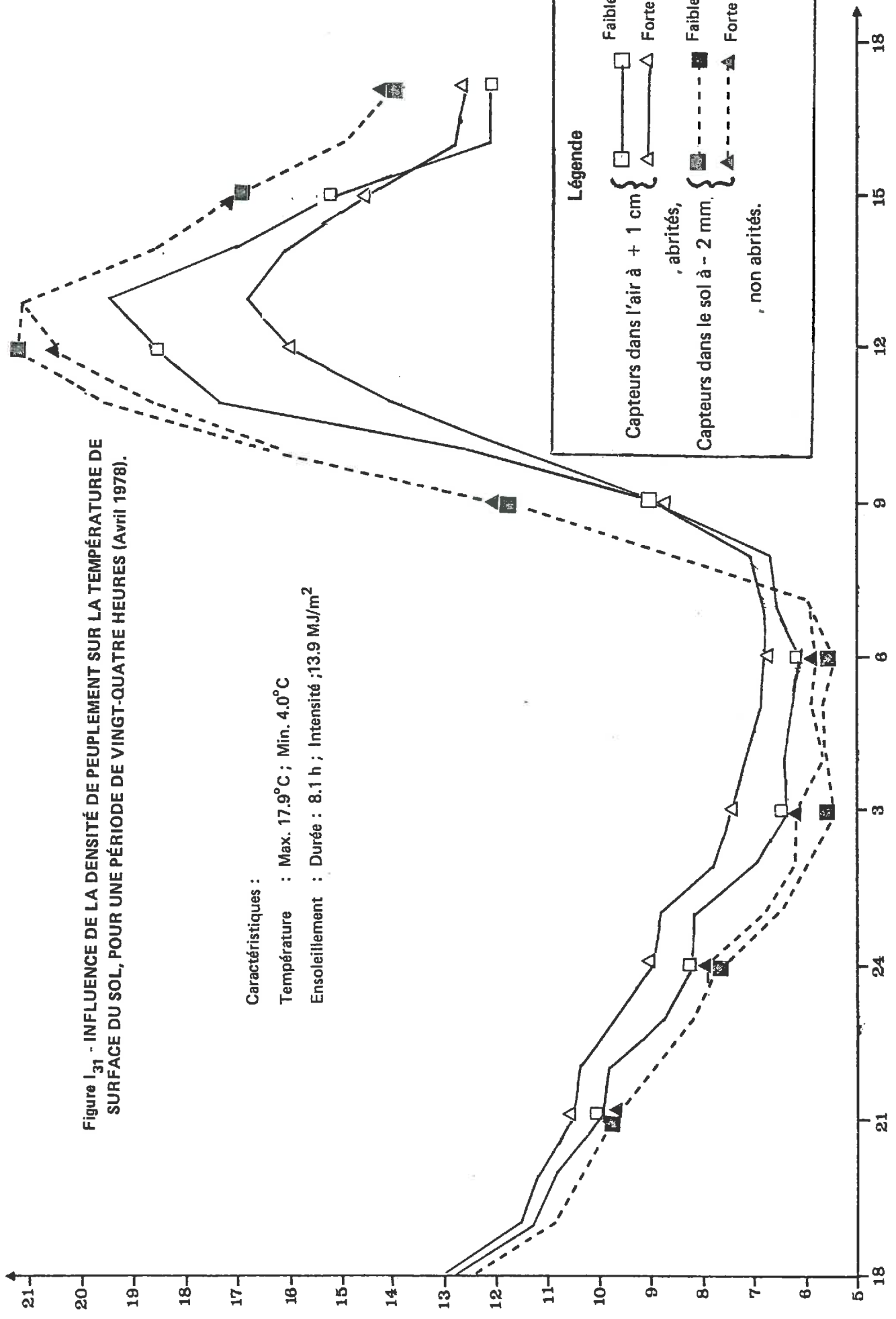
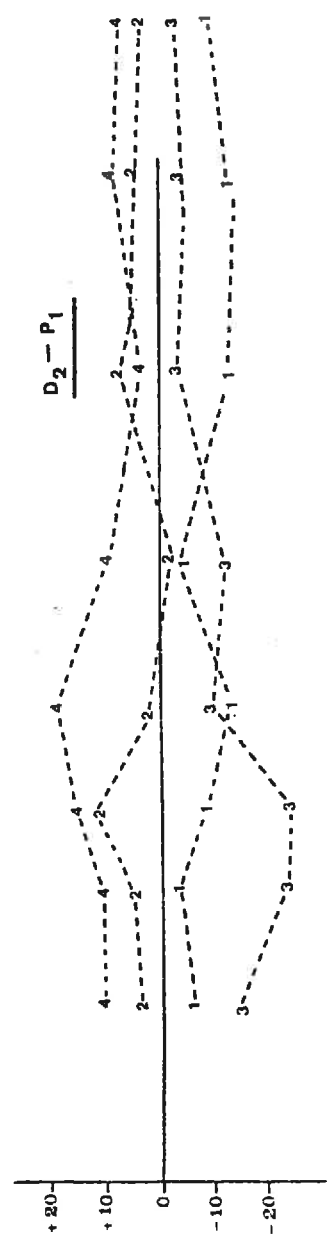
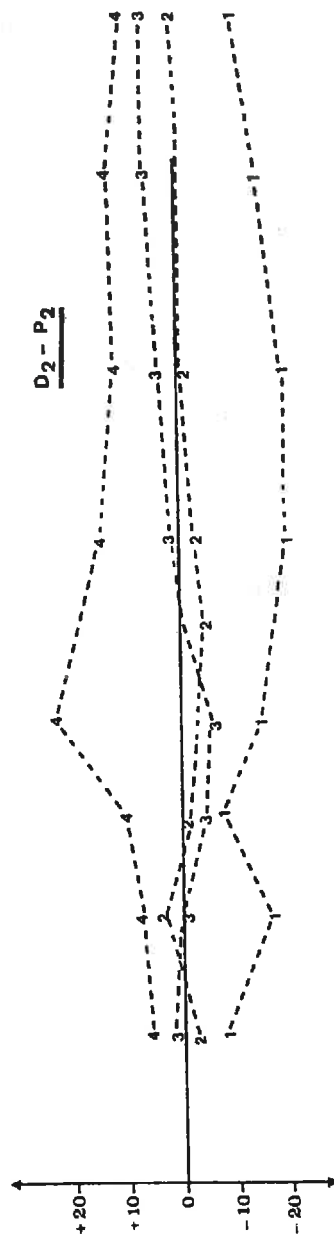
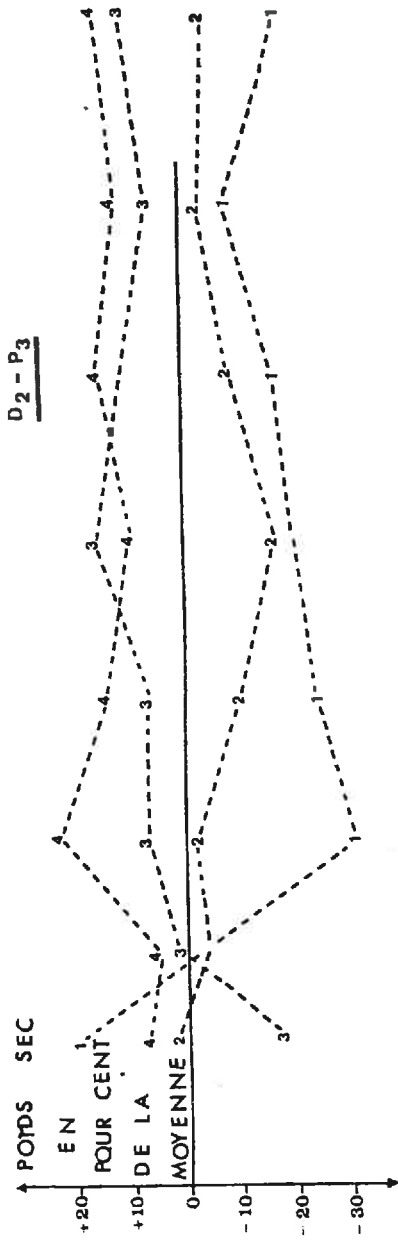


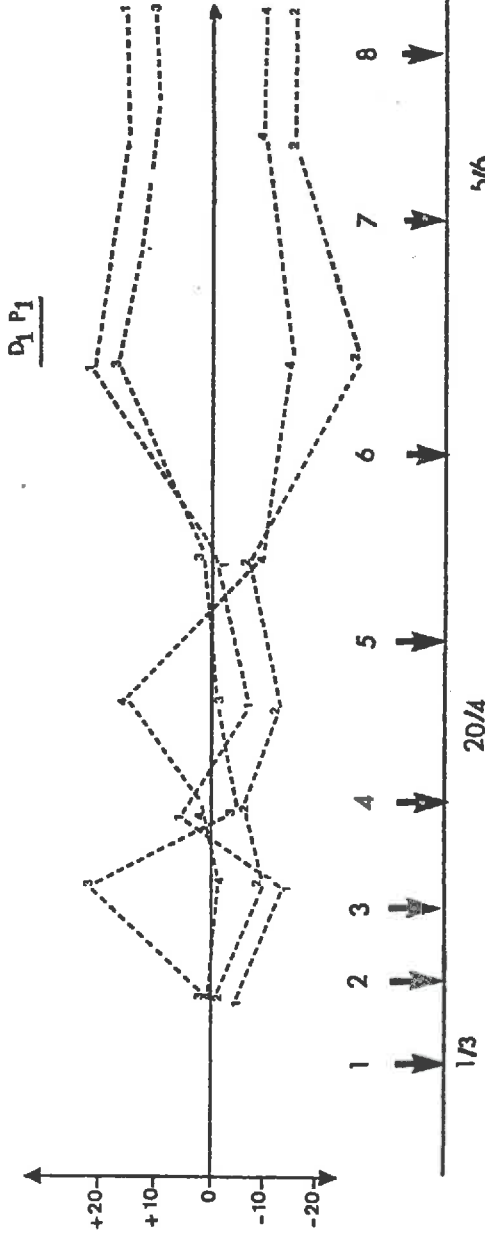
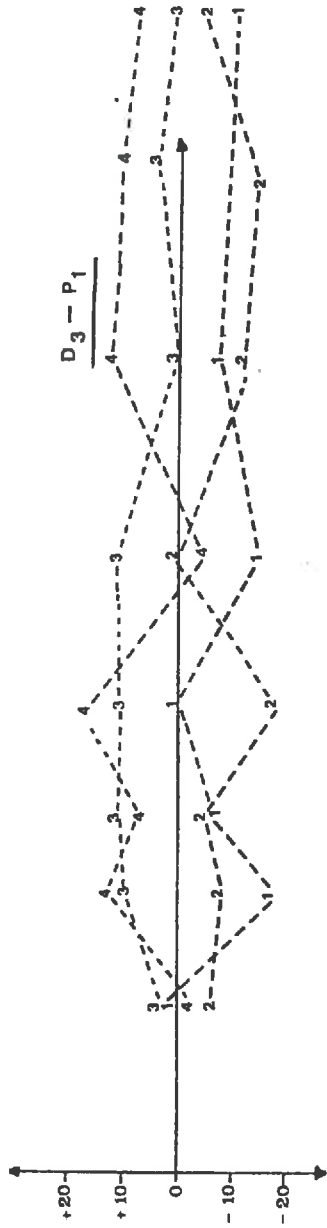
Figure 1₃₁ - INFLUENCE DE LA DENSITÉ DE PEUPELEMENT SUR LA TEMPÉRATURE DE SURFACE DU SOL, POUR UNE PÉRIODE DE VINGT-QUATRE HEURES (Avril 1978).

Temps universel

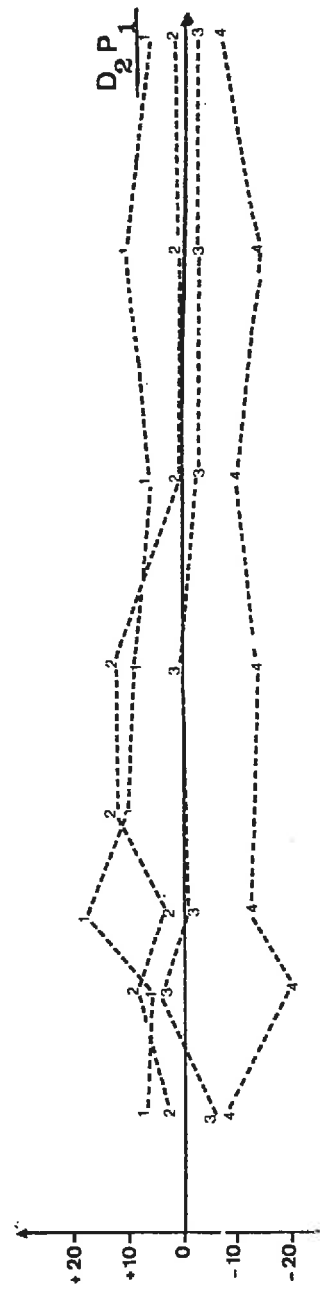
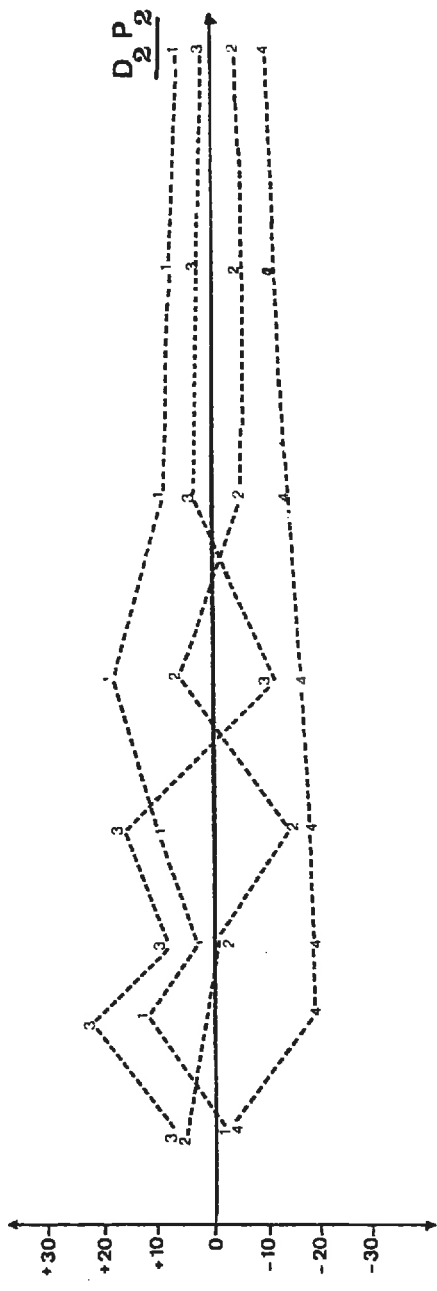
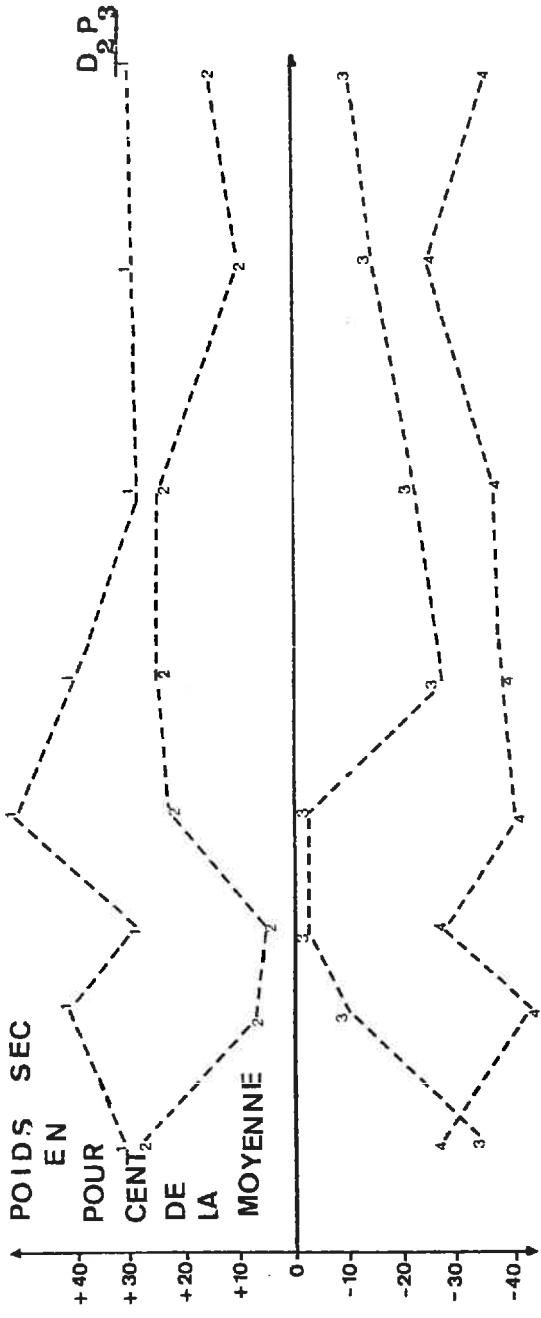




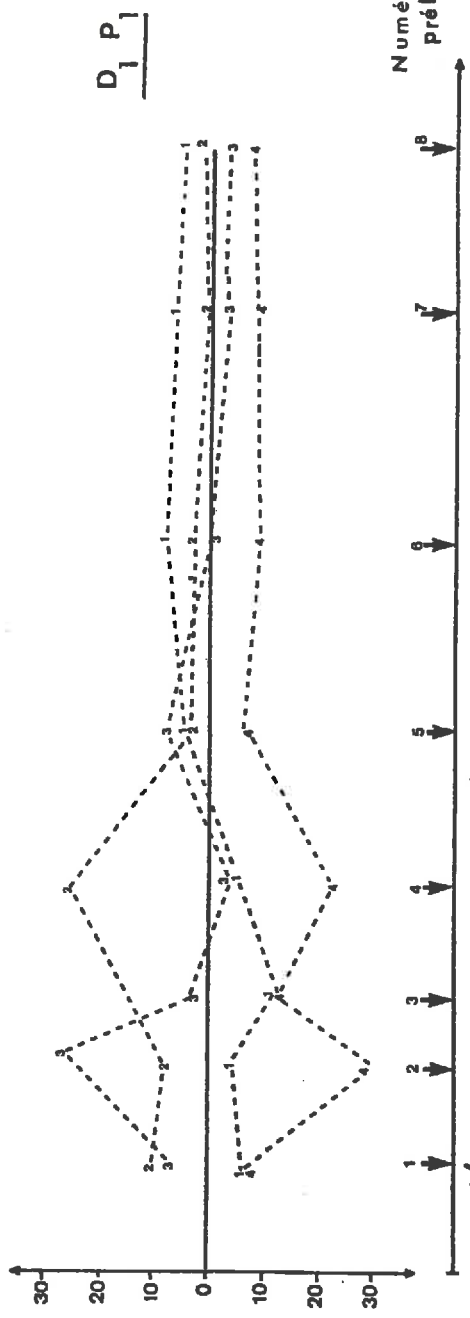
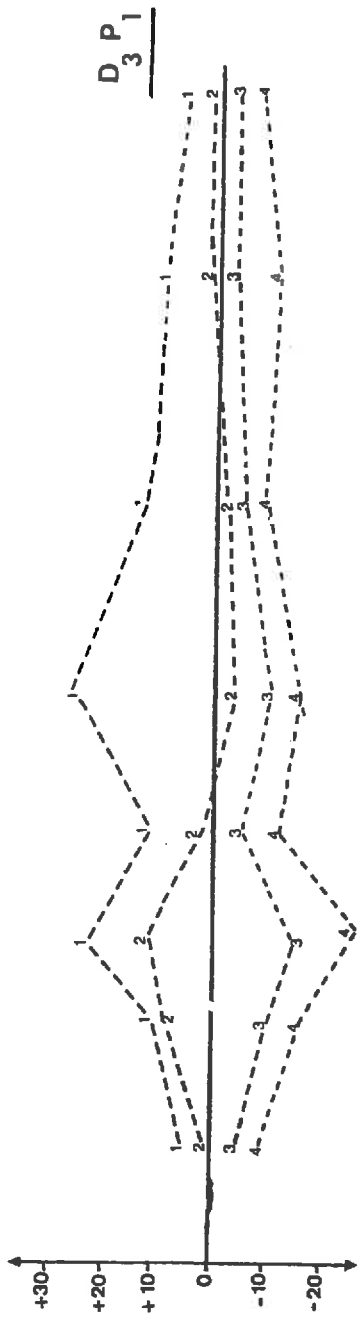
PACE DISPONIBLE⁽¹⁾, DU POIDS SEC DES PLANTES, EXPRIMÉ EN POUR CENT DE LA MOYENNE.



CLASSE	D ₁ P ₁		D ₃ P ₁ *		D ₂ P ₁ *		D ₂ P ₂ *		D ₂ P ₃ *	
	[]	[]	[]	[]	[]
1	0	90	0	7.5	0	25	0	25	0	25
2	90	150	7.5	24.5	25	33	25	33	25	33
3	150	240	24.5	38.5	33	50	33	50	33	50
4	240	600	38.5	96	50	180	50	180	50	180



34141
 DE LEVÉE, DU POIDS SEC DES PLANTES, EXPRIMÉ EN POUR CENT DE LA MOYENNE.



Numéro du prélèvement
 Echelles des temps
 1/3 20/4 5/6 7/8 9/10

	D ₁ P ₁	D ₃ P ₁	D ₂ P ₁	D ₂ P ₂	D ₂ P ₃
1	19-29	19-21	19-20	22	26
2	21	22	21-22	23	26
3	22	23	23	24-25	28-3
4	23-25	24-25	24-25	26-28	4-7

* en jours de Décembre (et Janvier).

SITUATION :		D ₁ P ₁	D ₃ P ₁	D ₂ P ₁	D ₂ P ₂	D ₂ P ₃					
TALLAGE :	CLASSE N°	V	D ⁺	V	D ⁺	V	D	V	D		
	1	10.2	12.0	2.5	2.5	7.6	5.8	5.7	5.0	3.3	2.1
	2	10.2	12.0	2.6	2.6	7.1	8.2	5.3	5.3	3.0	2.5
	3	8.7	10.5	2.2	3.0	6.7	6.5	4.9	5.8	2.5	2.7
	4	8.4	9.0	2.1	3.3	6.5	6.9	4.0	5.9	2.0	2.9
	1	6.2	7.0	2.0	1.3	3.0	2.0	3.10	8.2	3.4	1.6
	2	5.5	6.8	11.6	2.0	2.8	2.2	3.0	2.4	2.1	1.8
	3	5.5	6.5	1.5	2.3	2.5	2.5	2.6	2.7	1.9	2.2
	4	2.8	6.2	1.3	3.2	2.5	2.7	2.2	2.7	1.3	2.8

FLEURY, 1974	
EN SITUATION D ₂ P ₁	
Ecart (cm)	tallage
	épi
0 - 1.50	1.39
9.5 - 2.50	1.34
(2.5, 3.75)	1.48
3.75	1.60

D₁ P₁, D₃ P₁ : semoir Newagien
D₂ P₁, D₂ P₂, D₂ P₃ : semoir de grande culture.
LEGENDE :
D₁ = 50 plantes/m²
D₂ = 200 " "
D₃ = 400 " "
V = classe de vigueur
D = classe de distance,

Figure 133 - NIVEAU DU TALLAGE (HERBACÉ ET - ÉPI) PAR PLANTES, POUR QUATRE CLASSES ÉQUIPROBABLES DE DATES DE LEVÉE ET DE DISTANCES. AU SEIN DE CINQ SITUATIONS.

DATES ET STADES	NUMERO	SITUATION	D ₁ - P ₁	D ₃ - P ₁	D ₂ - P ₁	D ₂ - P ₂	D ₂ - P ₃
DU PRELEVEMENT							
10/3/78	1	Test Fisher	2.121	2.040	2.851	18.226 xxx	12.339 xxx
(début tallage)		Test t sur date	-1.76	-1.602	1.980 x	-4.419 xxx	-4.97 xxx
		Test t sur distance	+1.039	+2.05 x	+0.01	+1.33 x	+0.281
28/3/78	2	Test Fisher	2.241	3.860 x	5.958 xxx	5.158 xxx	12.139 xxx
		Test t sur date	-1.56	-1.290	-2.837 xxx	-3.019 xxx	-4.942 xxx
		Test t sur distance	+1.49	+2.69 xxx	+2.840 xxx	1.818	+1.751
11/4/78	3	Test Fisher	0.256	1.894	7.203 xxx	16.069 xxx	5.475 xxx
		Test t sur date	-0.710	-1.430	-3.204 xxx	-4.873 xxx	-2.851 xxx
		Test t sur distance	+0.105	+1.605	+1.975 x	+2.447	+0.675
25/4/78	4	Test Fisher	3.19 x	1.798	8.152 xxx	16.88 xxx	16.385 xxx
(début montée)		Test t sur date	-2.271 xx	-1.718 x	-1.95 x	-5.514 xxx	-5.031 xxx
		Test t sur distance	+0.513	+1.993	+3.580 xxx	+0.71	1.9
9/5/78	5	Test Fisher	3.05	3.669 x	13.514 xxx	10.55 xxx	10.771 xxx
		Test t sur date	-1.85	-1.61	-2.891 xxx	-4.071 xxx	-4.461 xxx
		Test t sur distance	+1.92	+2.06 x	+3.322 xxx	+1.248	+1.141
23/5/78	6	Test Fisher	3.25 x	4.417 xx	8.260 xxx	8.921 xxx	7.48 xxx
		Test t sur date	-1.97 x	-1.900	-2.556 xx	-3.498 xxx	-3.87 xxx
		Test t sur distance	+1.50	+2.108 x	+9.857 xxx	0.83	+1.13
20/6/78	7	Test Fisher	4.50 xx	5.551 xxx	6.880 xxx	7.003 xxx	8.329 xxx
(15 j après épiaison)		Test t sur date	-2.10 x	-1.30	-2.256 x	-3.750 xxx	-2.881 xxx
		Test t sur distance	+1.8	+2.23 x	+2.890 xxx	1.531	+1.956 x
20/7/78	8	Test Fisher	7.177 xxx	5.256 xxx	6.823 xxx	6.332 xxx	10.737 xxx
(Moisson)		Test t sur date	-3.03 xxx	-1.74	-2.391 xx	-2.531 xx	-2.58 xxx
		Test t sur distance	+1.90	+2.93 xxx	+2.750 xxx	-1.802	+2.510 xx

LEGENDE : Test significatif à 1 % xxx

1 % xxx	Limites de significativité (n = 90)	- du Test de Student
2,5 % xx	- du test de Fisher	3.29 pour = 1 %
5 % x	7.50 pour = 1 %	2.58 " = 1 %
	4.98 " = 1 %	2.33 " = 2 %
	3.90 " = 2.5 %	1.96 " = 5 %
	3.10 " = 5 %	

Figure 134 - COMPORTEMENT DES CINQ SITUATIONS ÉTUDIÉES FACE AU MODÈLE DE RÉGRESSION LINÉAIRE A DEUX VARIABLES.

:DOSE DE SEMIS :INITIALE EN KG/HA ⁺	0,4	2,0	10	50	220
:Densité de plantes: :/m ²					
:- Au semis	1.4	7	35	184	1 078
:- A 119 jours	1.4	7	35	190	694
:- A 182 jours	1.0	7	35	154	447
:% disparition	0	0	0	16	58

+ Variété de blé INSIGNIA - Waite Institute Adelaide (Australie).

Figure 1₃₅ - EVOLUTION EN RÉPONSE AUX VARIATIONS DE LA DENSITÉ - ORIGINE.
(Selon PUCKRIDGE, 1962).

Figure 1₃₆ - EVOLUTION TEMPORELLE DU COEFFICIENT β_1 DE PEARSON, POUR LE POIDS SEC INDIVIDUEL, SELON TROIS DENSITÉS DE SEMIS.

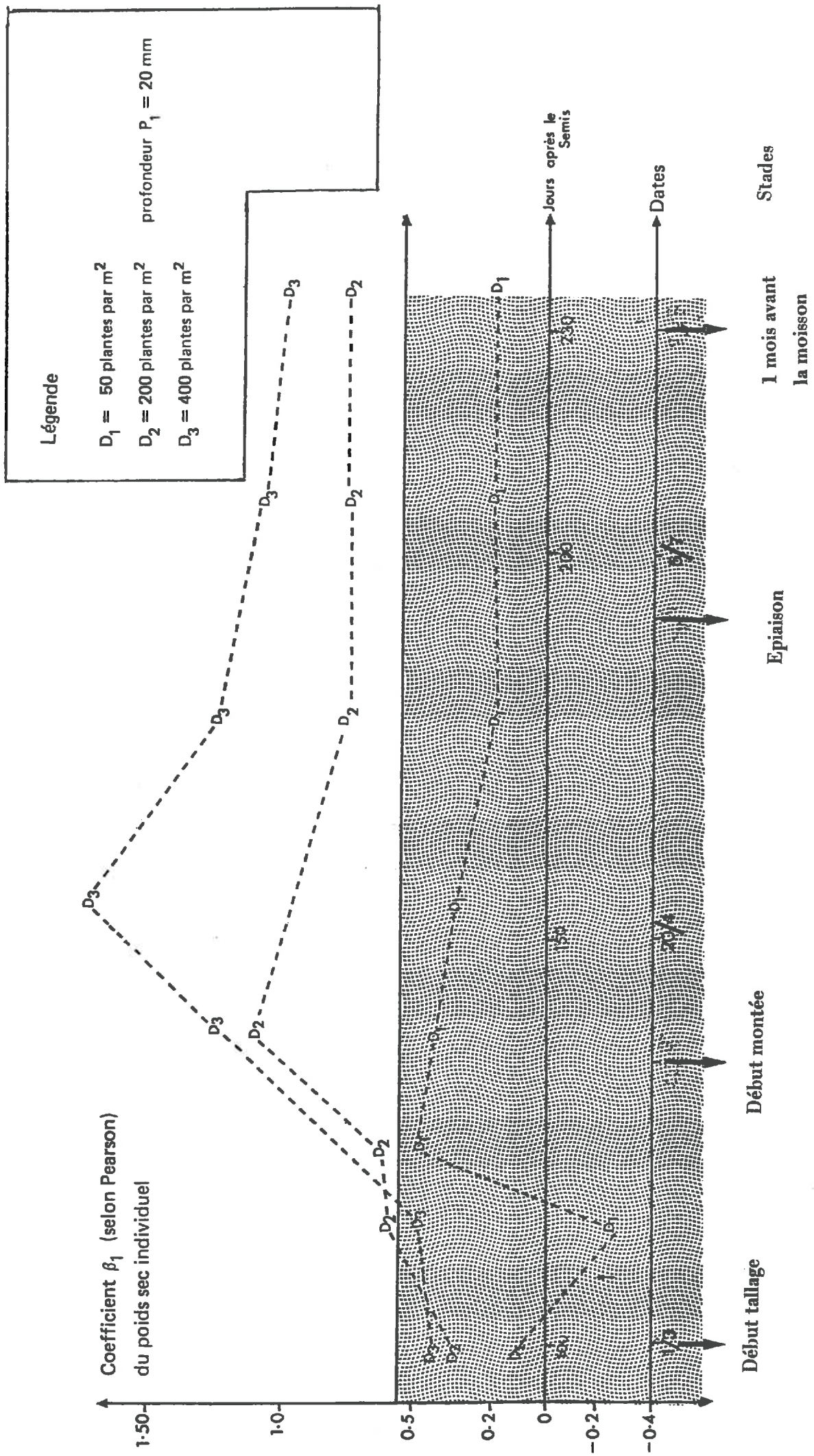


Figure 137 - EVOLUTION TEMPORELLE DE L'ÉCART-TYPE DU POIDS SEC INDIVIDUEL
 POUR TROIS DENSITÉS MOYENNES DE SEMIS.

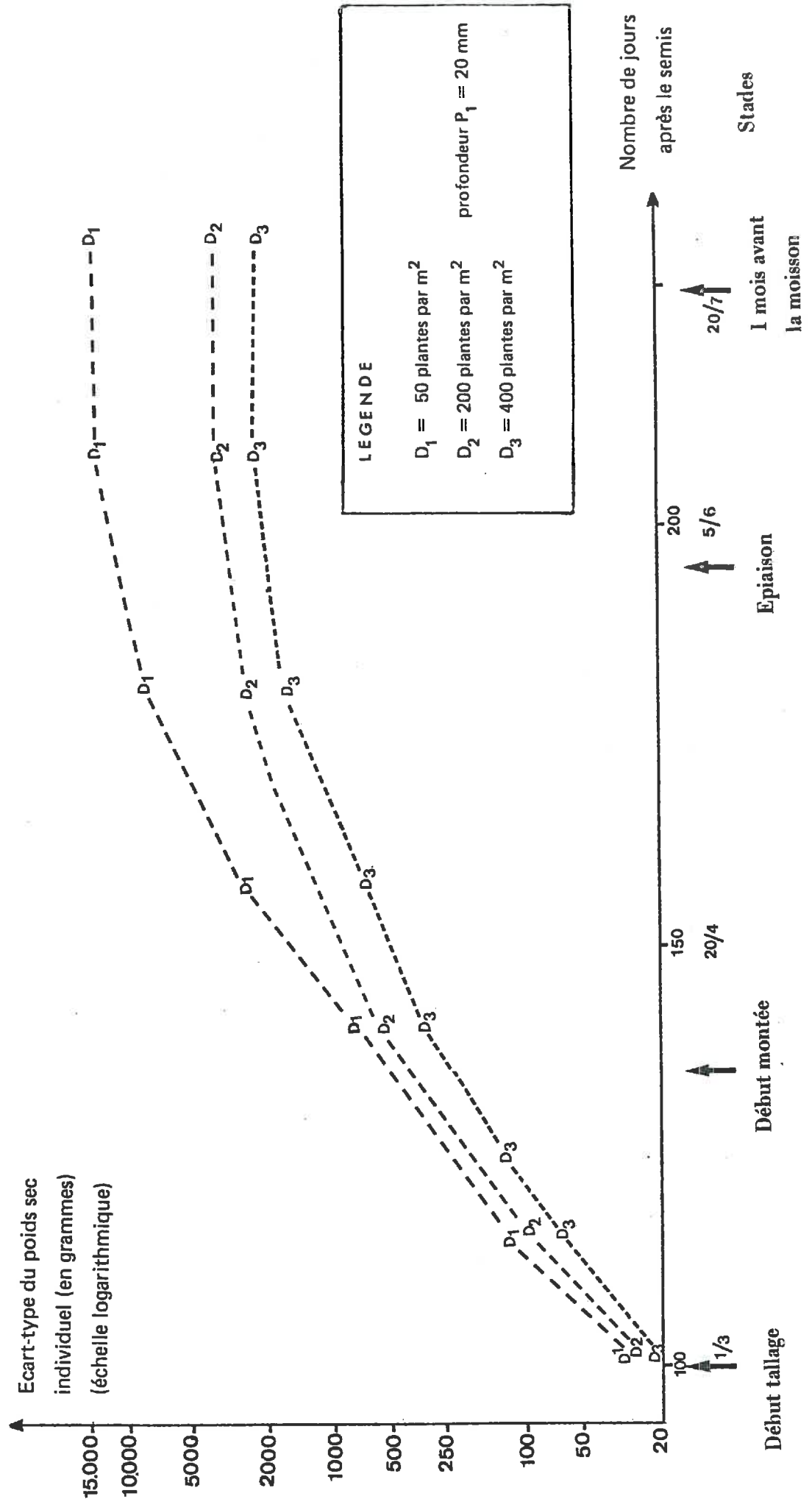


Figure 138 - EVOLUTION TEMPORELLE DU COEFFICIENT MOYEN DE VARIATION DU POIDS SEC INDIVIDUEL POUR TROIS DENSITÉS MOYENNES DE SEMIS.

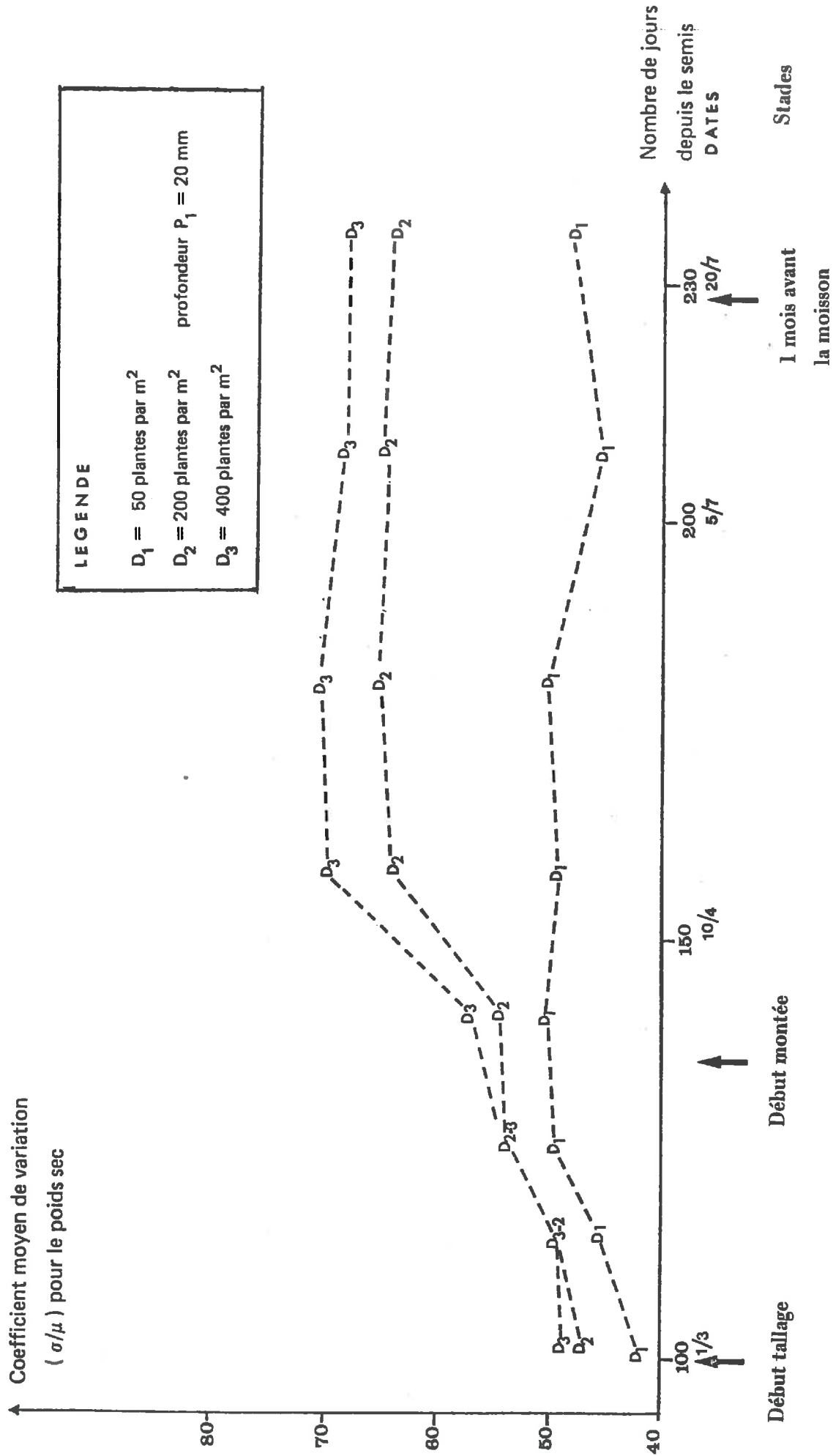
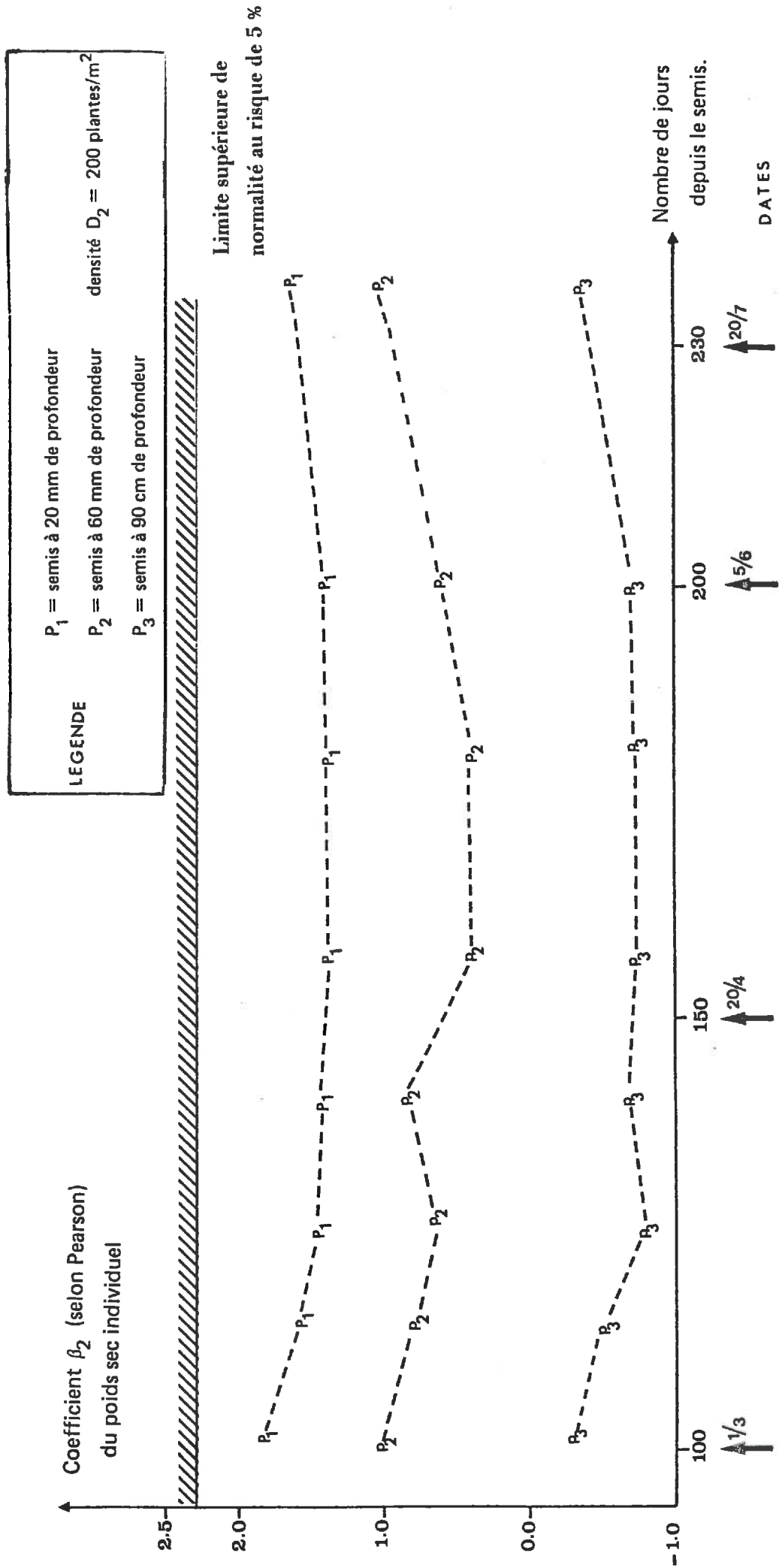


Figure 139 - EVOLUTION TEMPORELLE DU COEFFICIENT β_2 DE PEARSON, POUR LE POIDS SEC INDIVIDUEL, SELON TROIS PROFONDEURS DE SEMIS.



- GRAPHES ET FIGURES -

DEUXIEME PARTIE

DE LA THESE

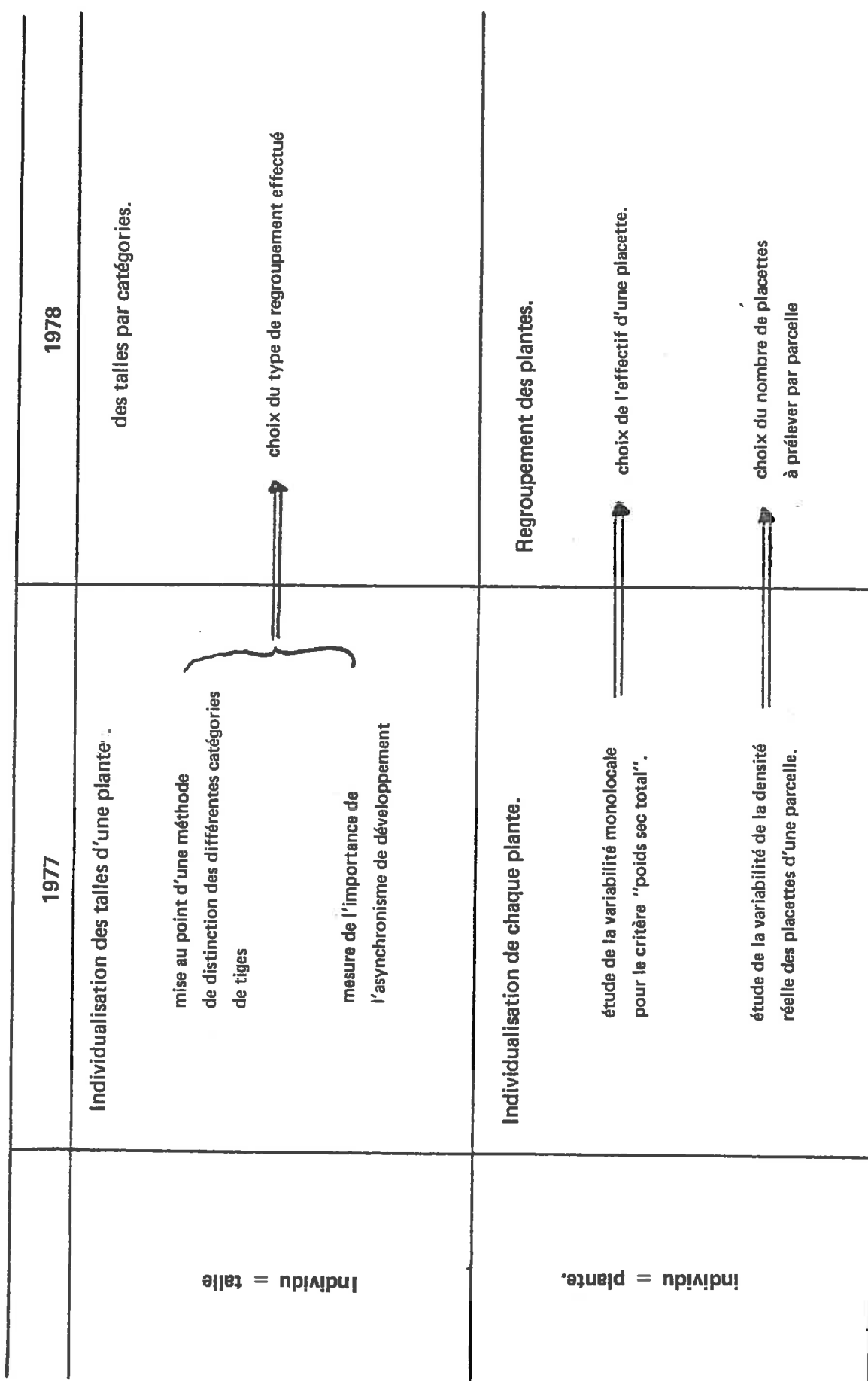


Fig. II₁ - ENCHAINEMENT POUR LA DÉMARCHE ET LES MESURES EFFECTUÉES ENTRE LA PREMIÈRE ET LA SECONDE ANNÉE D'ÉTUDE.

DATE ET STADE	VARIÉTÉ CONSIDÉRÉE	PRÉCISION AUTOUR DE LA MOYENNE (%)				
		5 %	10 %	15 %	20 %	25 %
11/3 début tallage	CHAMPLEIN MARIS-HUNSTMAN	864 1013	216 253	96 113	54 63	35 41
20/4 Début montée	CHAMPLEIN MARIS-HUNSTMAN	1301 1493	325 374	145 166	81 93	52 60
24/5 Vers épisaison	CHAMPLEIN MARIS-HUNSTMAN	1374 1580	343 395	153 176	86 99	55 63
4/7 Vers maturité	CHAMPLEIN MARIS-HUNSTMAN	1087 1250	272 313	121 139	68 78	44 50
2/8 Moisson	CHAMPLEIN MARIS-HUNSTMAN	975 1120	243 280	109 125	61 90	43 49

Formule $n = \left(\frac{2t}{k} \times \frac{\sigma}{\bar{M}} \right)^2$ + Pour le critère matière sèche par plante.

Fig. 11₂ - RELATION ENTRE L'IMPRÉCISION AUTOUR DE LA MOYENNE ET L'EFFECTIF A PRÉLEVER SELON L'ÉPOQUE DU CYCLE ET LE CULTIVAR.

1 - Géométrie du Semis.

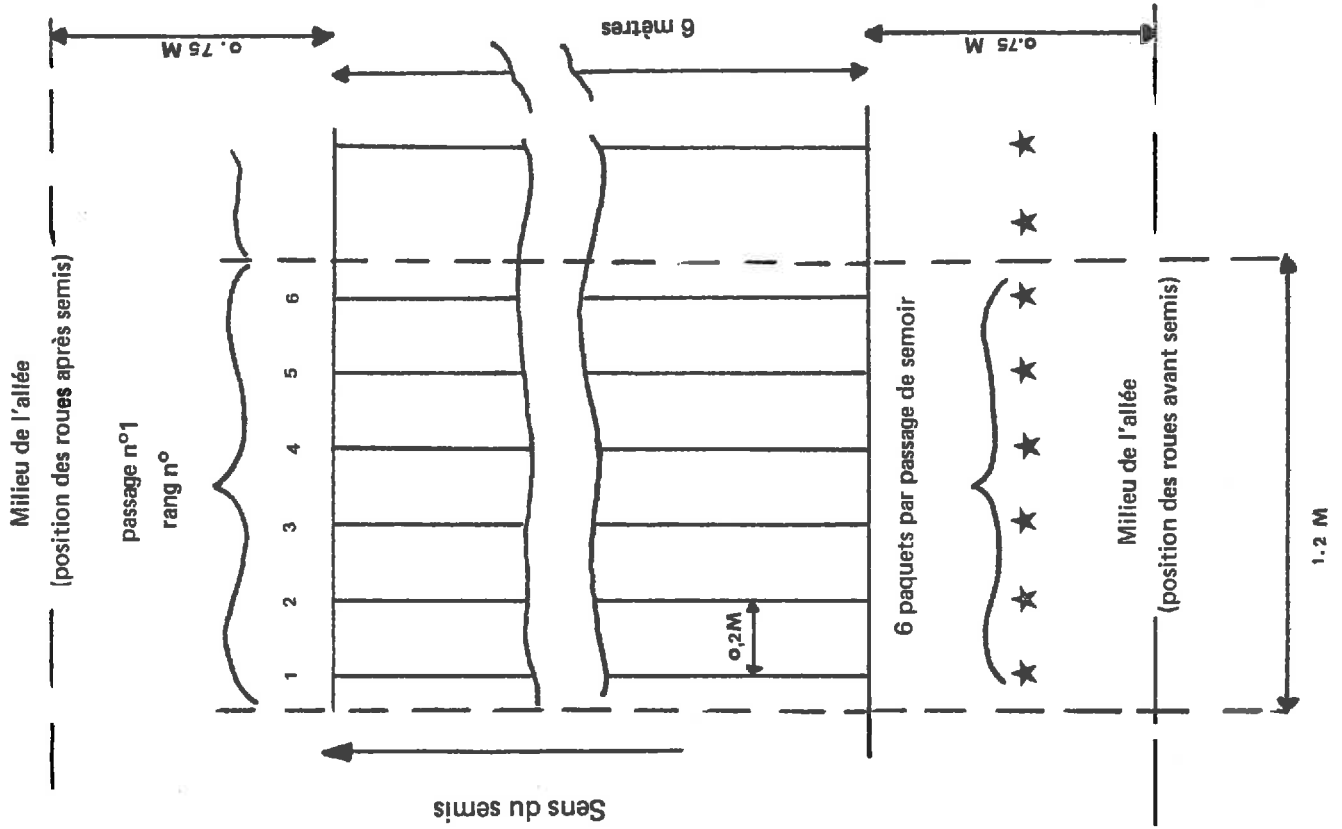


Fig. 11₃ - GÉOMÉTRIE DU SEMIS ET PRÉVISION DE LA QUANTITÉ DES GRAINS A FOURNIR POUR UN PASSAGE.

2 - Prévision de la quantité de grains à déposer dans le bol pour un passage de semoir.

-- Surface réelle semée :

Deux alvéoles déversent avant semis leur contenu sous forme de paquets :

$$S = (1.2 \times 6) \left(1 + \frac{2}{32}\right) = 7.65 \text{ m}^2$$

-- Prise en compte du déchet de germination observé en laboratoire :

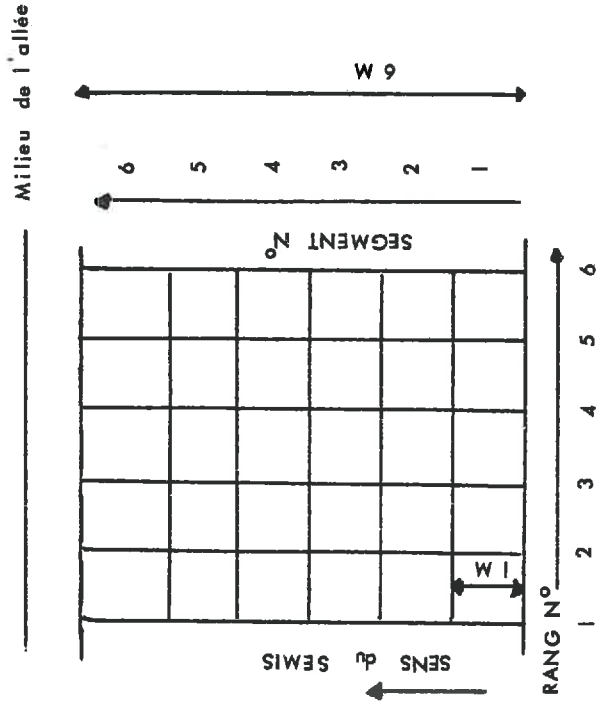
$$P = S \times a$$

P = poids de grains pour un passage

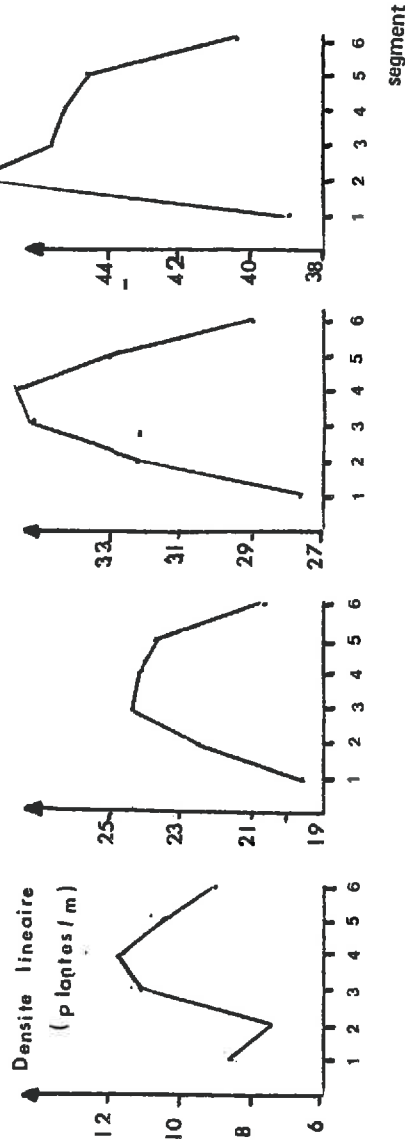
a = déchets (en %)

Fig. II₄ - ANALYSE DE L'HÉTÉROGÉNÉITÉ INTRA PARCELLAIRE DE RÉPARTITION DES PLANTES A LA LEVÉE.

1 - Quadrillage d'une parcelle en vue d'étudier son hétérogénéité de peuplement.



3 - Analyse interparcelles de l'hétérogénéité.



2 - Analyse intraparcélleire de l'hétérogénéité de peuplement.

: Pourcentage de la longueur totale à prélever pour avoir 10 % d'imprécision (1) :		: Maris Huntsman :		: Champlein :	
Densité	: Bloc :	1977	1978	1977	1978
	1	78	55 %	68.1	47.1
D_1	2	79	48.2	60.3	75.0
= 50 plantes/m ²	3	72	63.6	74.5	60.0
	4	66	60.1	51.2	57.2
	1	43	40.6	45.3	35.7
D_2	2	52	28.7	41.1	55.6
= 130 plantes/m ²	3	50	22.6	51.2	55.2
	4	39	47.0	52.6	30.0
	1	40	11.9	36.5	47.9
	2	35	23.6	26.4	23.0
	3	33	30.0	36.3	28.6

(1) La longueur à prélever pour obtenir une fois sur vingt un échantillon non représentatif (s'écartant de plus de 10 % de la moyenne générale), est donnée par :

$$N = \frac{No}{1 + \frac{No}{N}}$$

$$t = \frac{N \cdot S}{r \cdot \bar{Y}}$$

$\frac{S}{\bar{Y}}$ = coefficient moyen de variation.

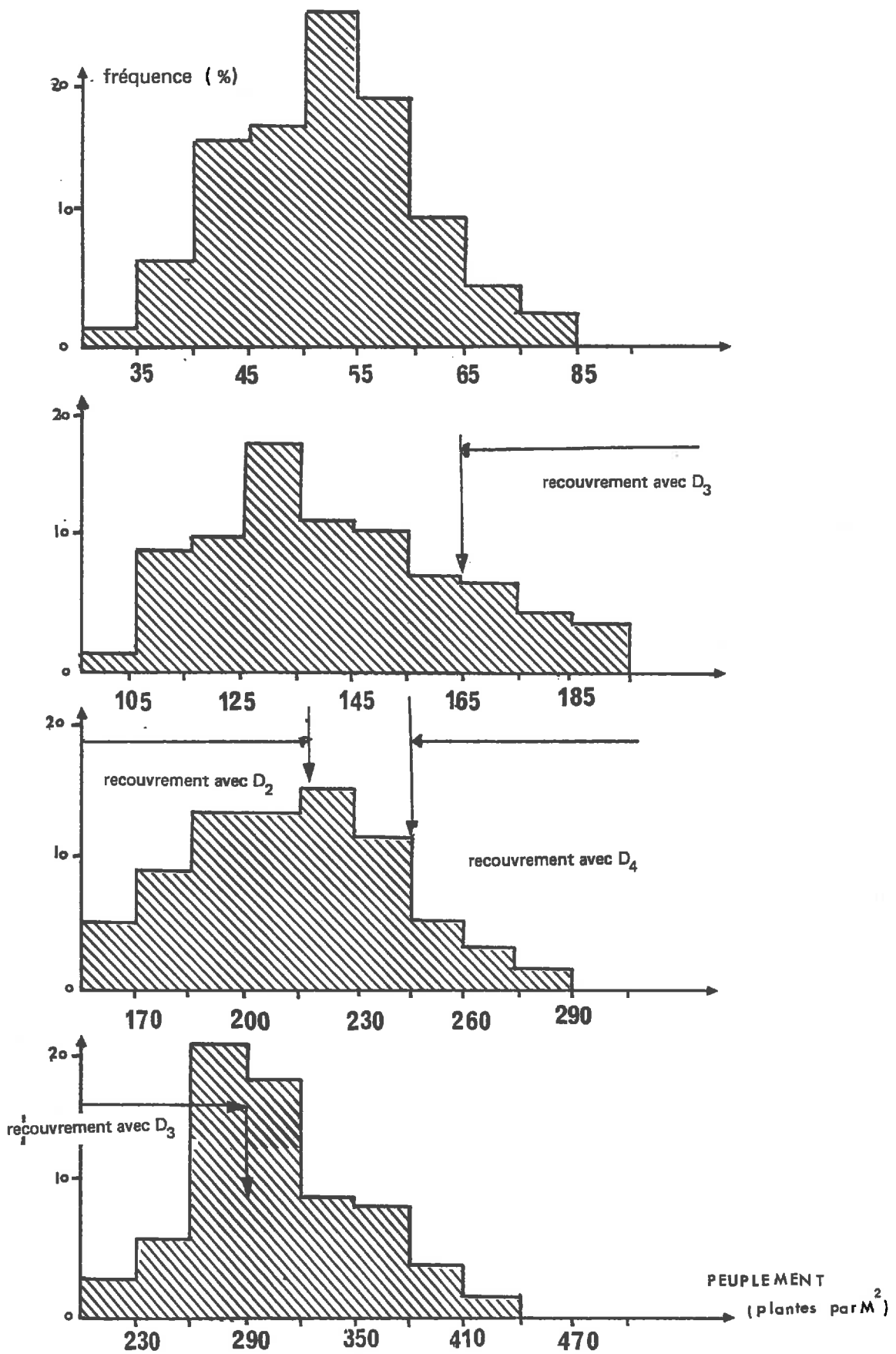


Fig. II₅ - DENSITÉ RÉELLE MULTI LOCALE DES PLACETTES LINÉAIRES*.

* Année 1977, variété *Champlein*

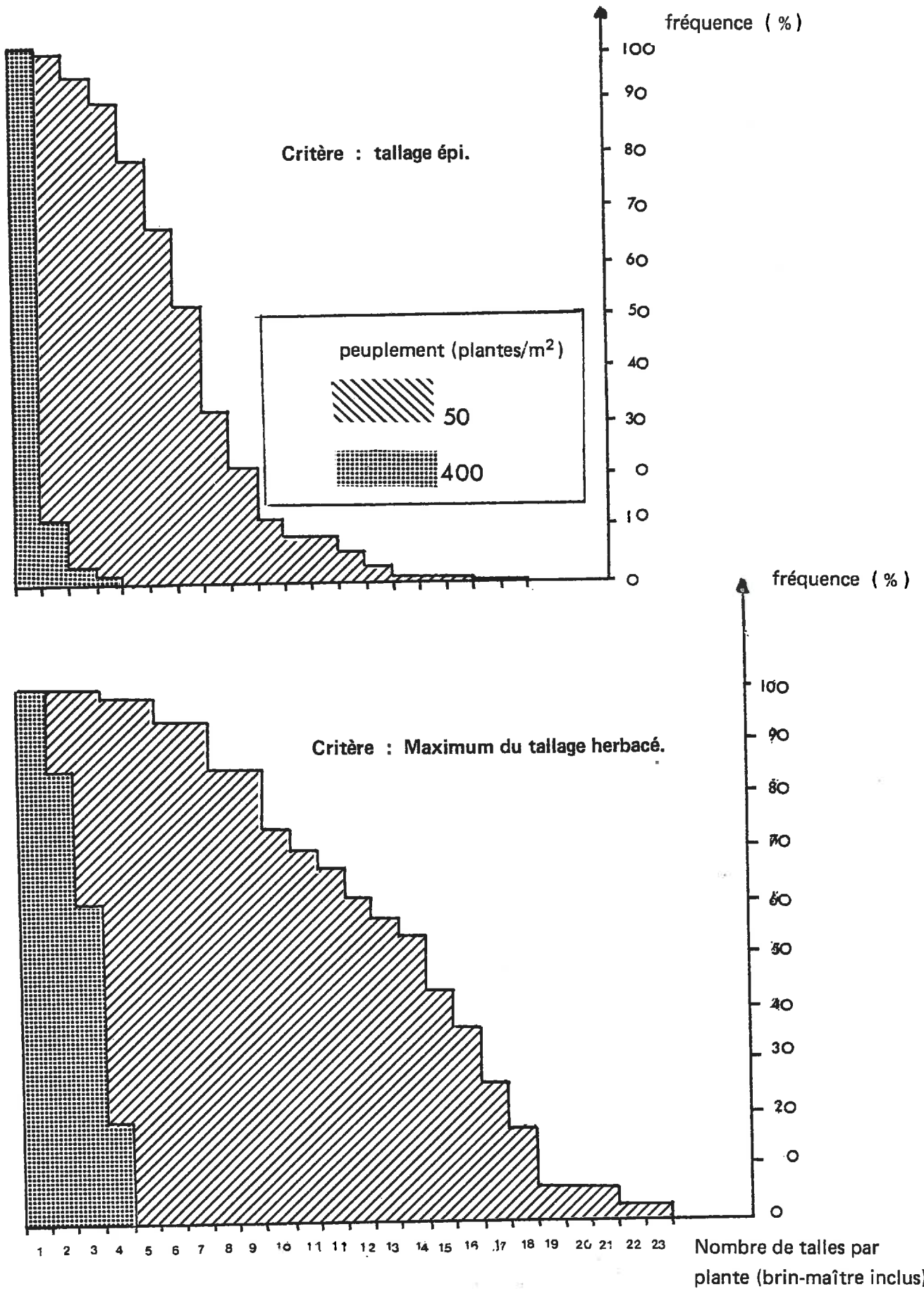


Fig. II₆ - STRUCTURES EXTREMES DES TALLAGES HERBACÉ ET ÉPI. ★

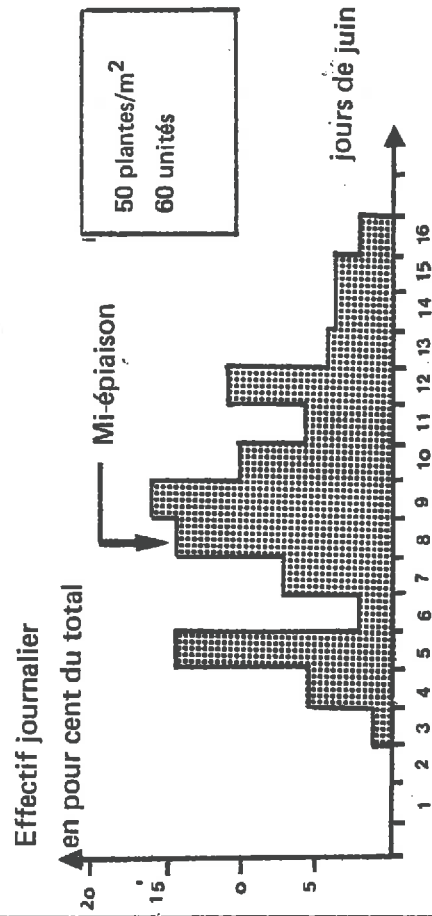
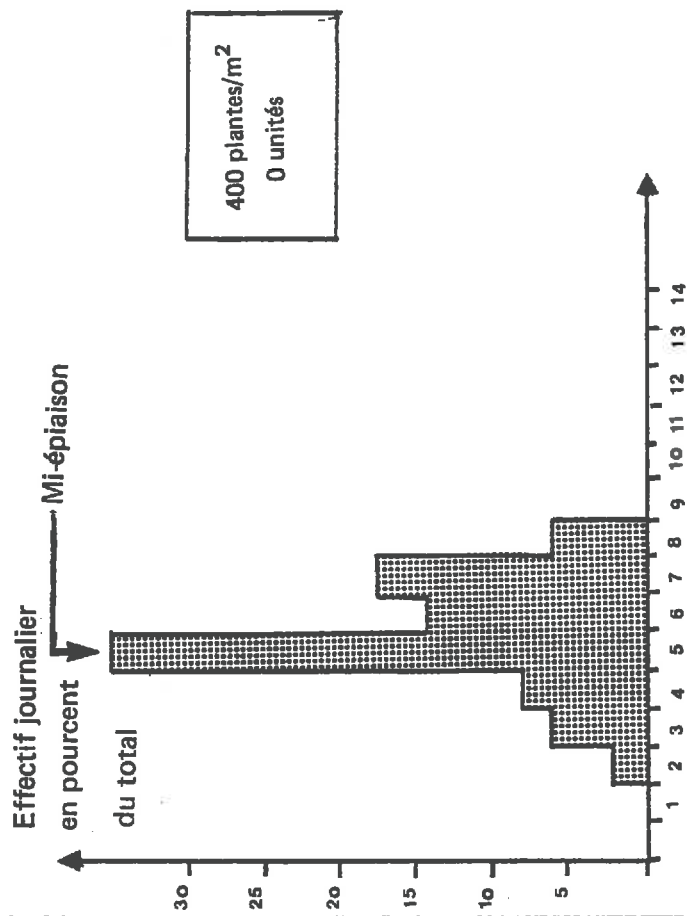
* Année 1977, variété *Champlein*

1 - Dates d'épiaisons de *Champlein* selon la technique culturale (1978).

Densité Modalité azote	50	110	220	400
0 unité	8	5	4	4
30 unités montée	8	5	3	3
30 unités tallage	7	5	3	3
60 unités montée	8	6	4	4
60 unités tallage	8	6	4	3

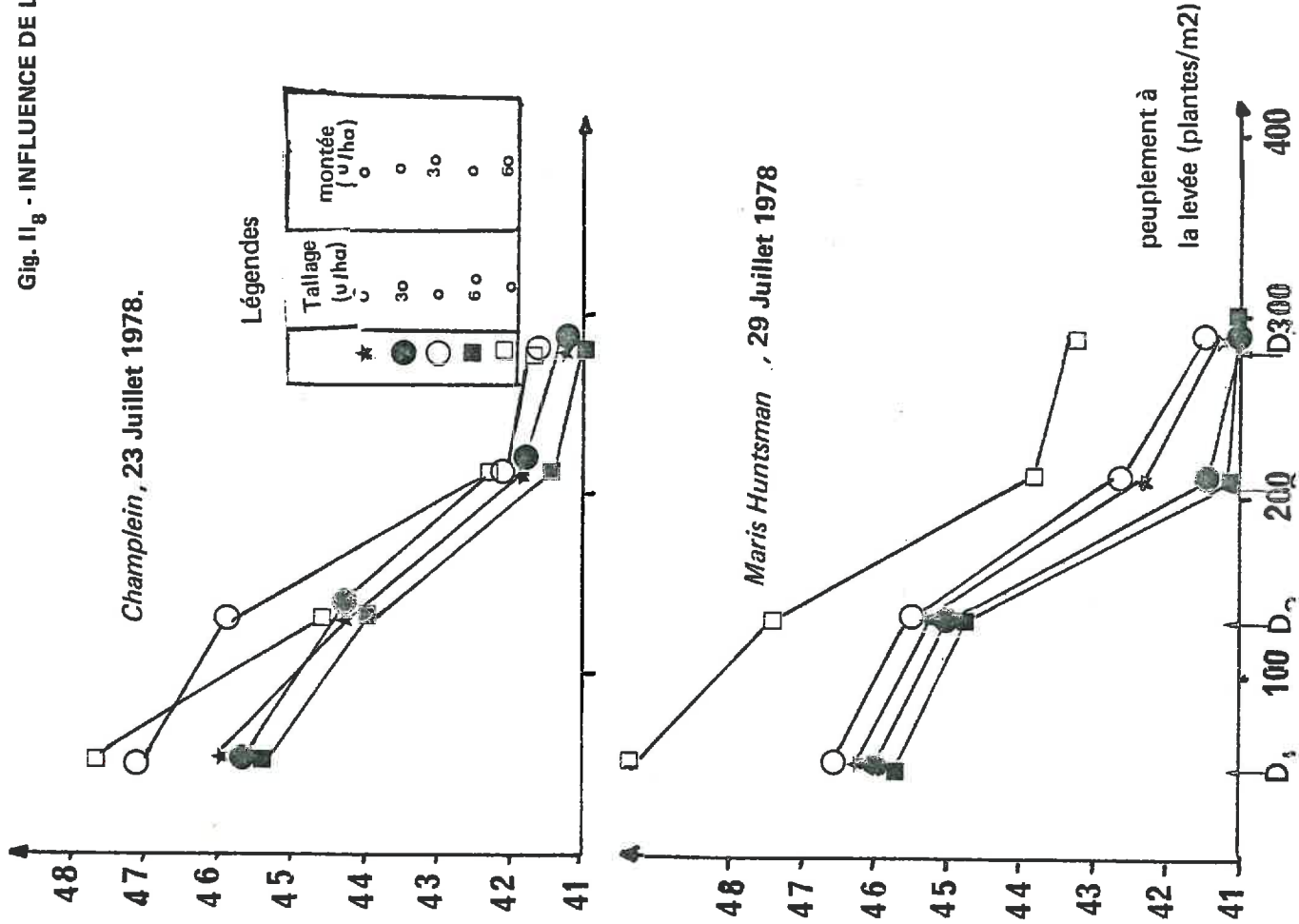
2 - Dates moyennes d'épiaison des génotypes pour les deux campagnes.

Situation Densité (Pl/m ²)	CA 77	CA 78	MH 77	MH 78
50	8	8	9	11
≥ 300	3	3	5	6



3 - Dispersion des épiaisons quotidiennes pour deux traitements extrêmes.

Fig. 11_g - INFLUENCE DE LA TECHNIQUE SUR LA DESSICCATION DE L'ÉPI.



Source de variation	Degrés de liberté	Carré moyen	F. calculé	Niveau de signification
Blocs	3	57,765	-	-
Densité	3	272,220	29,08	1 %
Fumure azotée	4	9,725	0,78	N.S.
Interaction	12	70,408	1,87	N.S.
Résiduelle	57	177,864	-	-

Source de variation	Degrés de liberté	Carré moyen	F. calculé	Niveau de signification
Blocs	3	22,439	-	-
Densité	3	368,317	39,90	1 %
Fumure azotée	4	112,838	9,17	1 %
Interaction	12	22,699	0,61	N.S.
Résiduelle	57	175,876	--	-
Azote "montée" par rapport au témoin			7,50	1 %
Azote tallage par rapport au témoin			2,34	N.S.

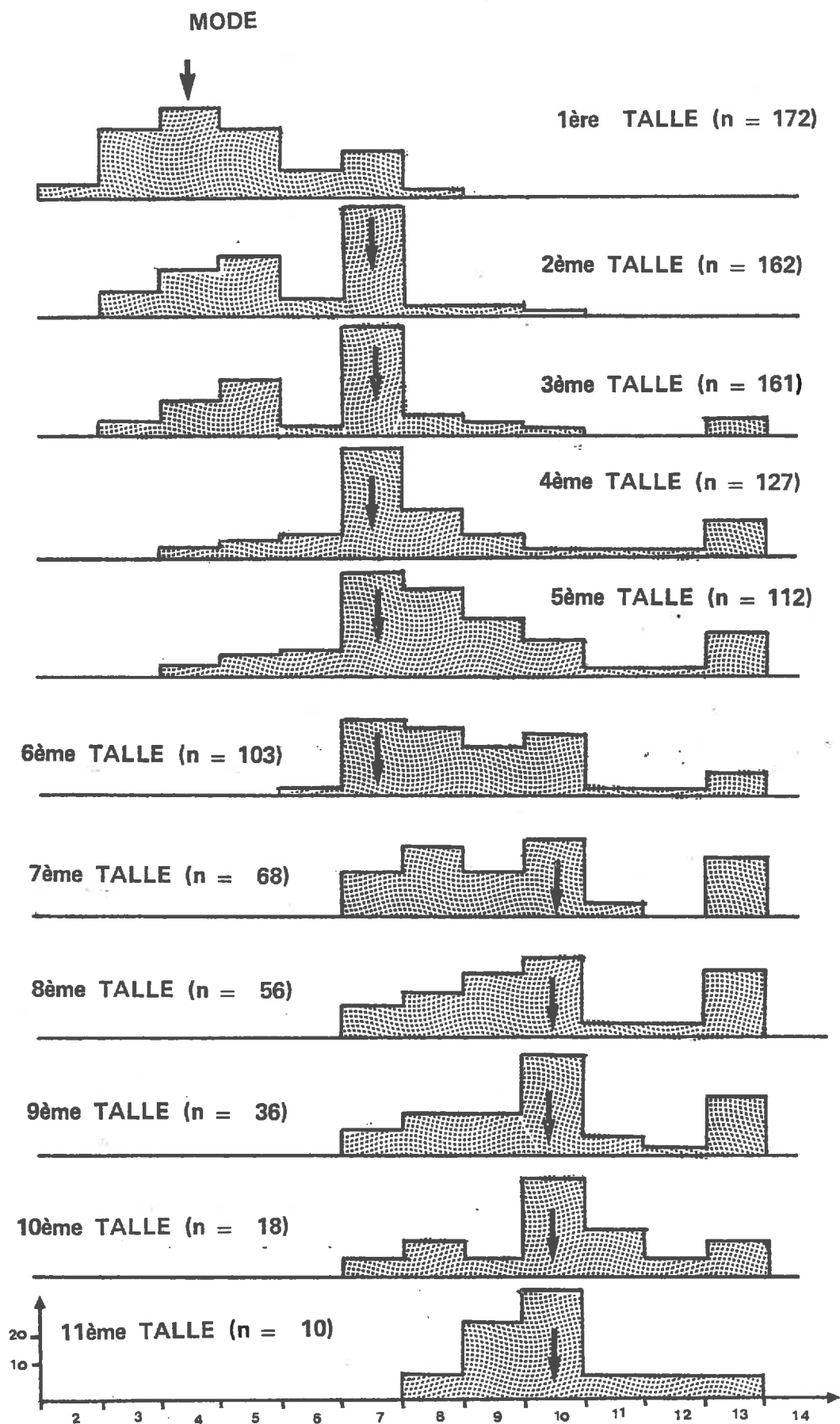


Fig. II₉ - HISTOGRAMMES DES ÉPIAISONS SELON LE NUMÉRO D'ORDRE DE LA TALLE
POUR DEUX TRAITEMENTS EXTREMES*.

Rythme d'acquisition
de la taille finale

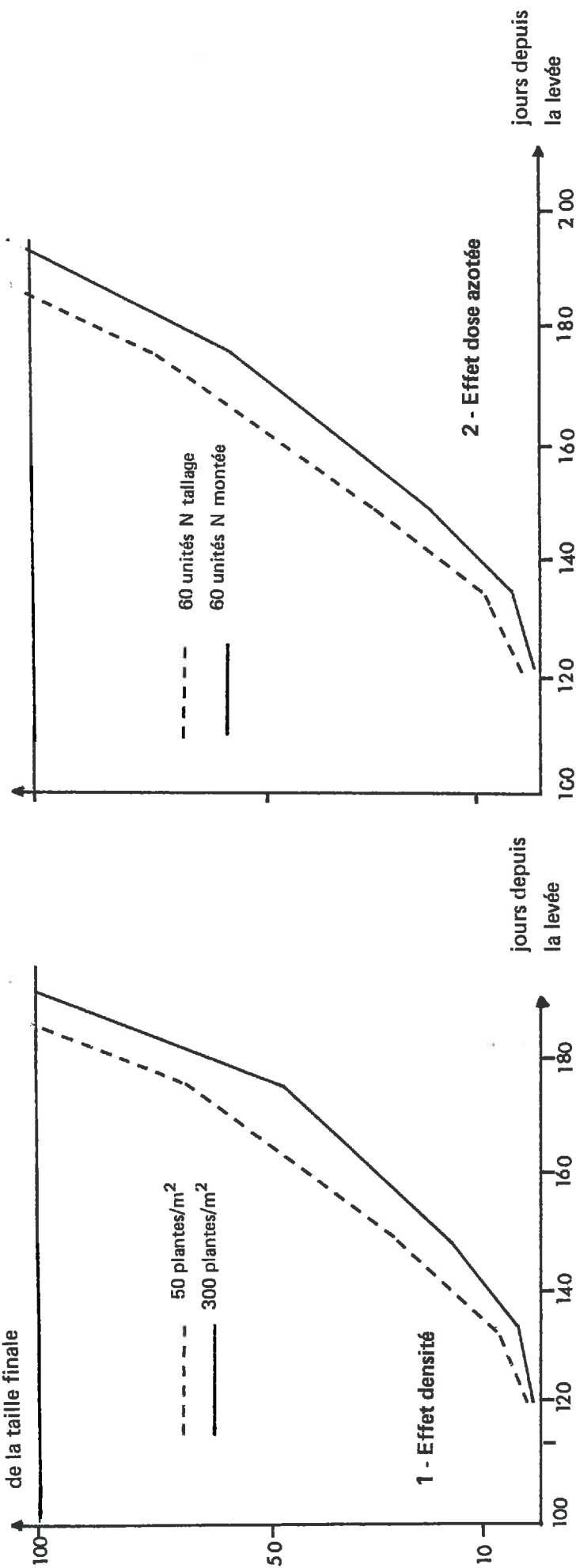


Fig. 11₁₀ - MODALITÉS DE L'ÉLONGATION CAULINAIRE DU MAÎTRE-BRIN
SELON LA DENSITÉ, L'APPORT AZOTÉ ET L'ANNÉE.

Maris Huntsman

Fig. II₁₁ - EVOLUTION RELATIVE DE LA MATIÈRE SÈCHE TOTALE DES BRINS-MAÎTRES ISSUS DE DEUX SITUATIONS EXTRÊMES*.

*Variété *Champlein*, Année 1978.

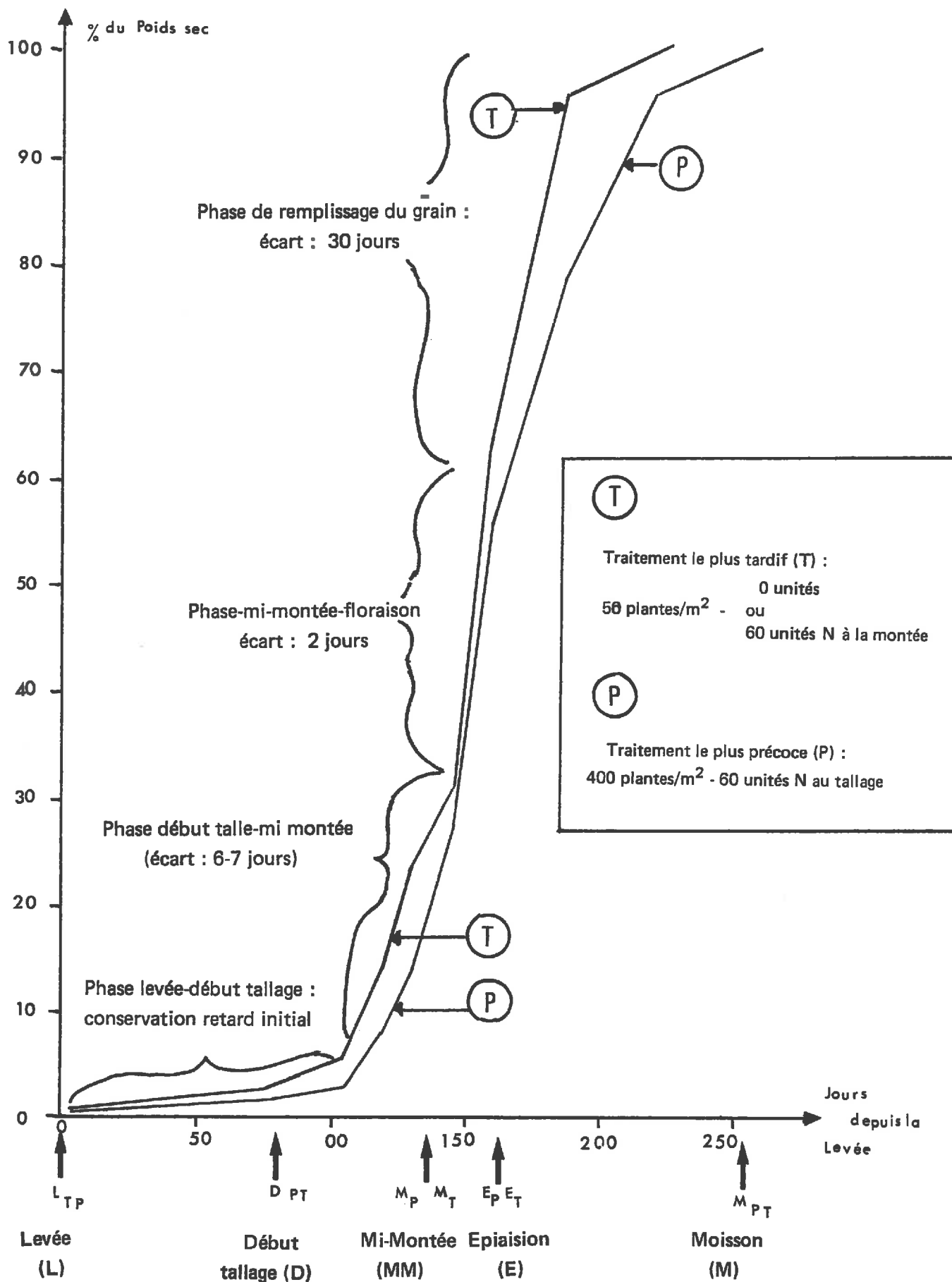
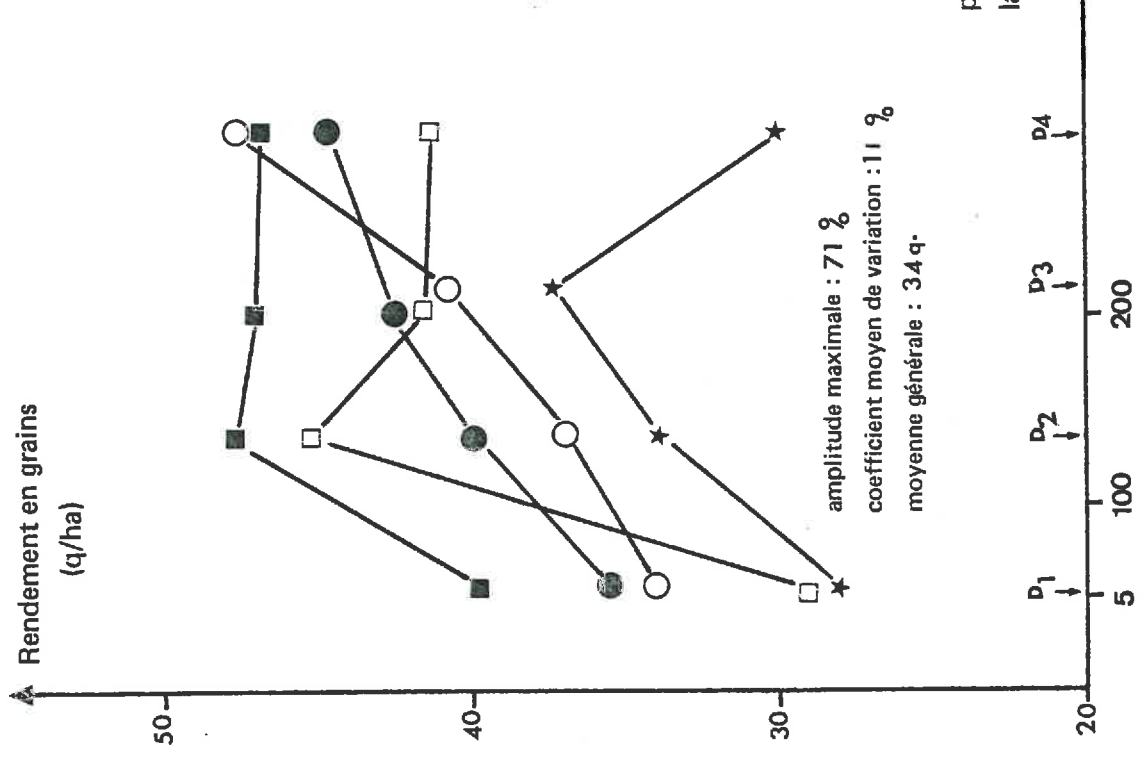
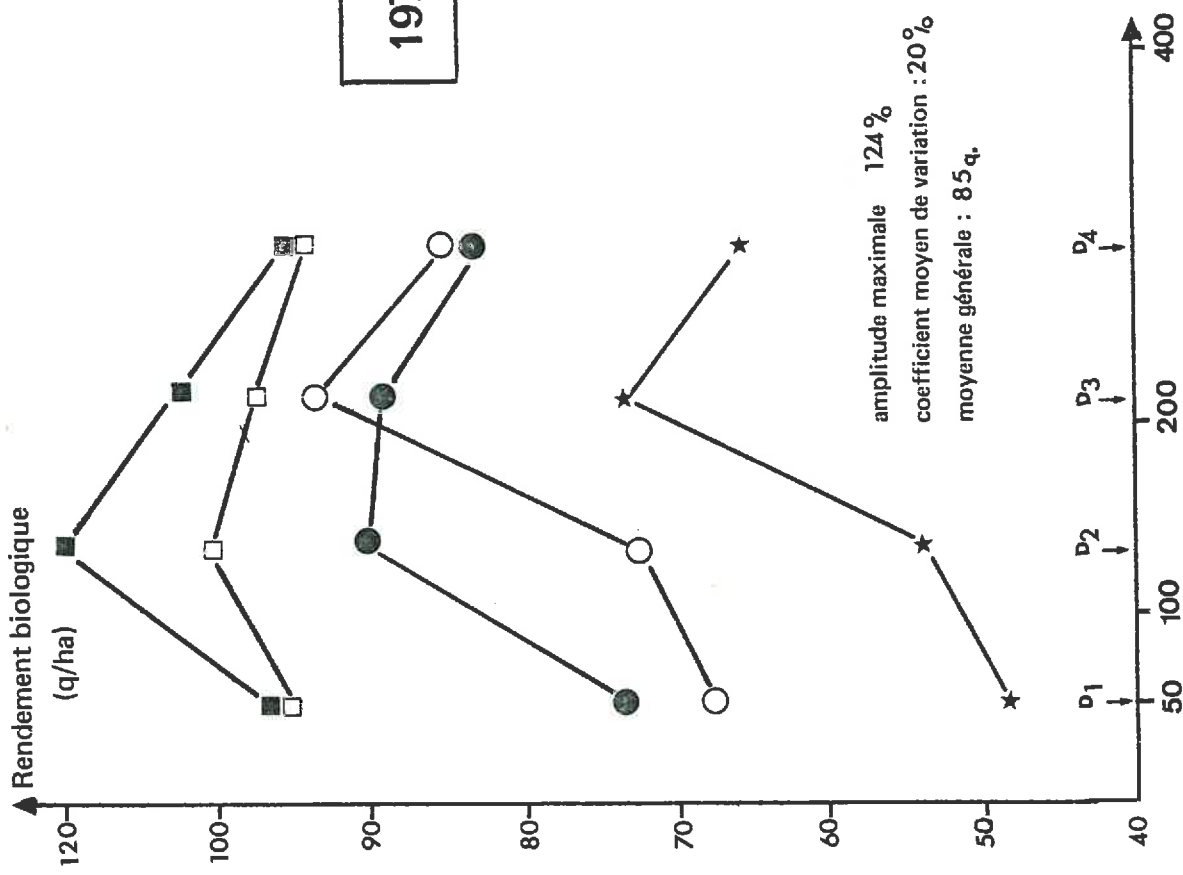


Fig. II 12(1) - NIVEAUX DES RENDEMENTS EN GRAINS SECS POUR LA VARIÉTÉ CHAMPLEIN.
 (Rapporté à 0%)



Légendes

Séquence azotée	
Tallage	montée
☆	0
○	30
●	0
□	60
■	0

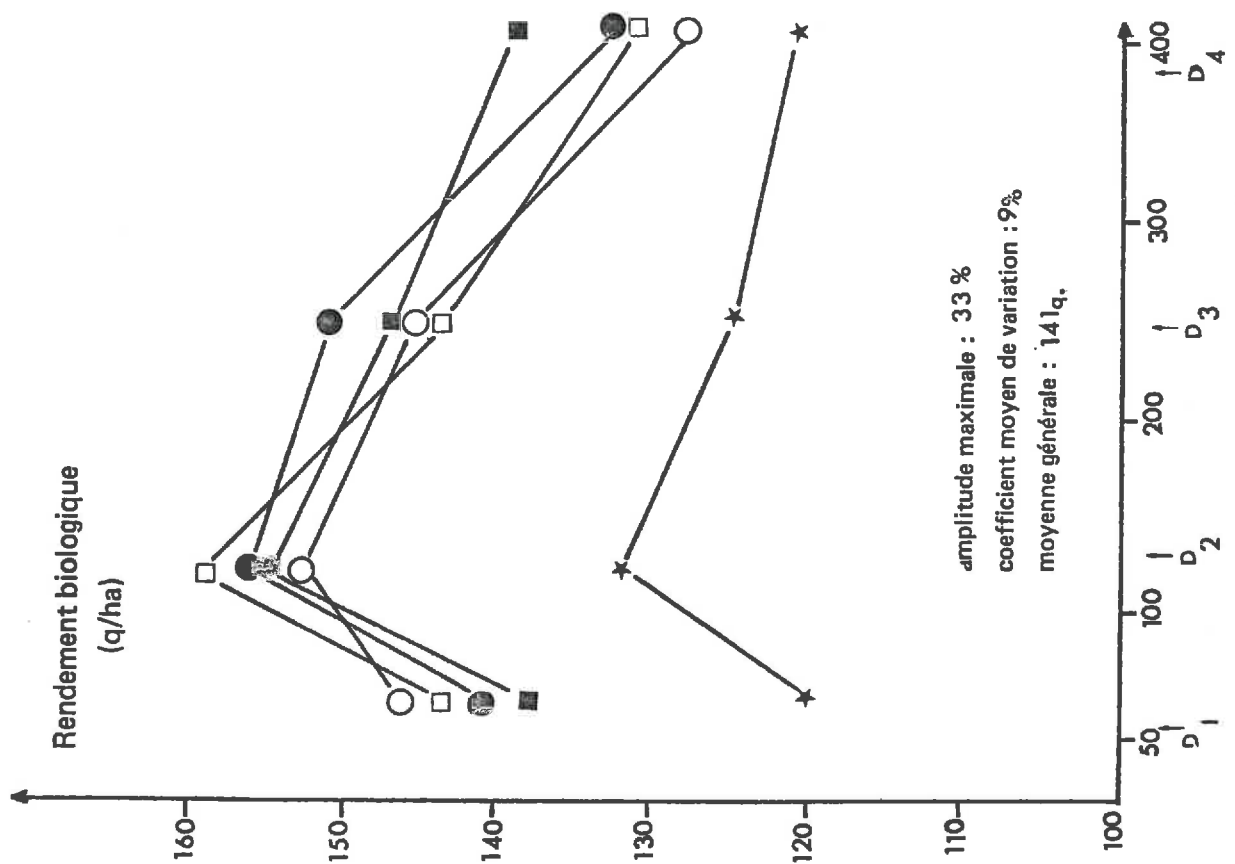
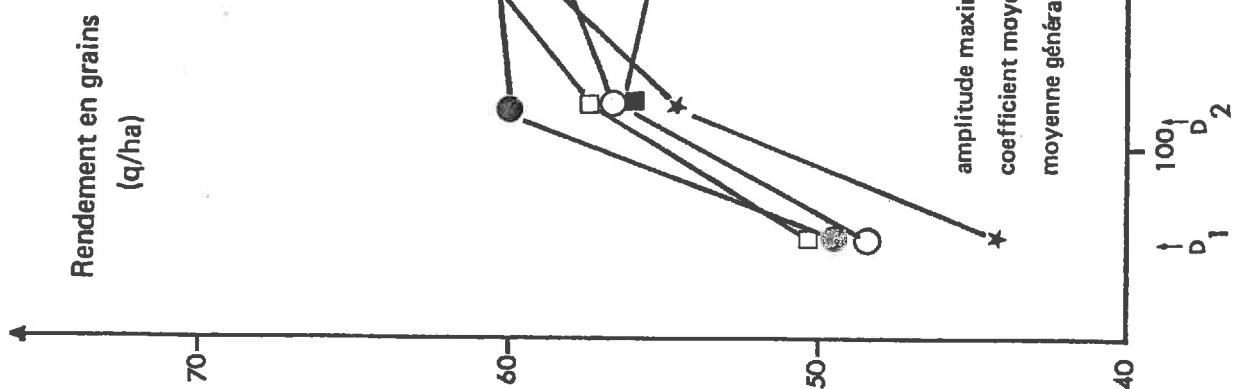
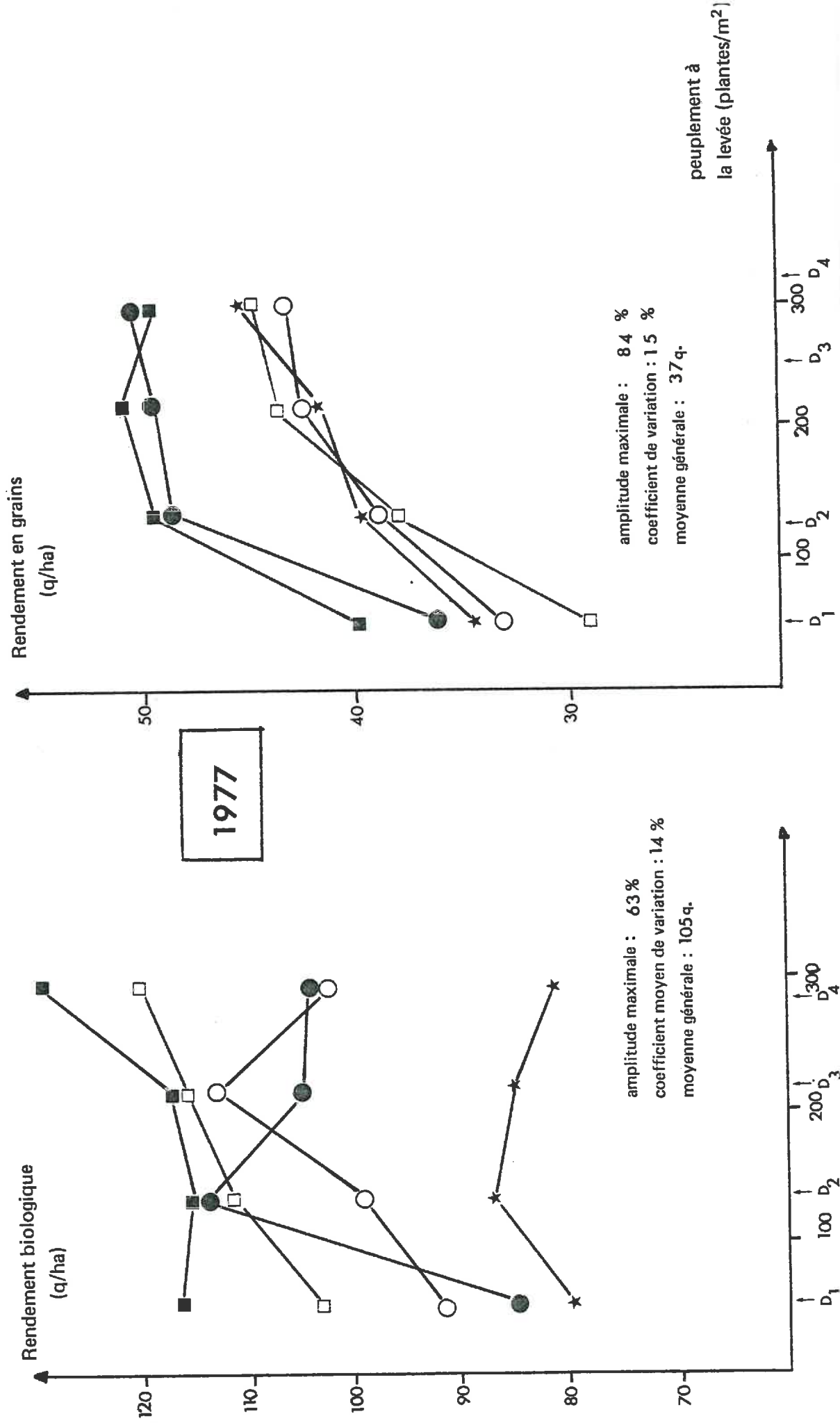


Fig II 120) SUITE

Fig. 11 12(2) - NIVEAUX DES RENDEMENTS EN GRAINS POUR LA VARIÉTÉ MARIS HUNSTMAN.

(* Rapporté à 0%)



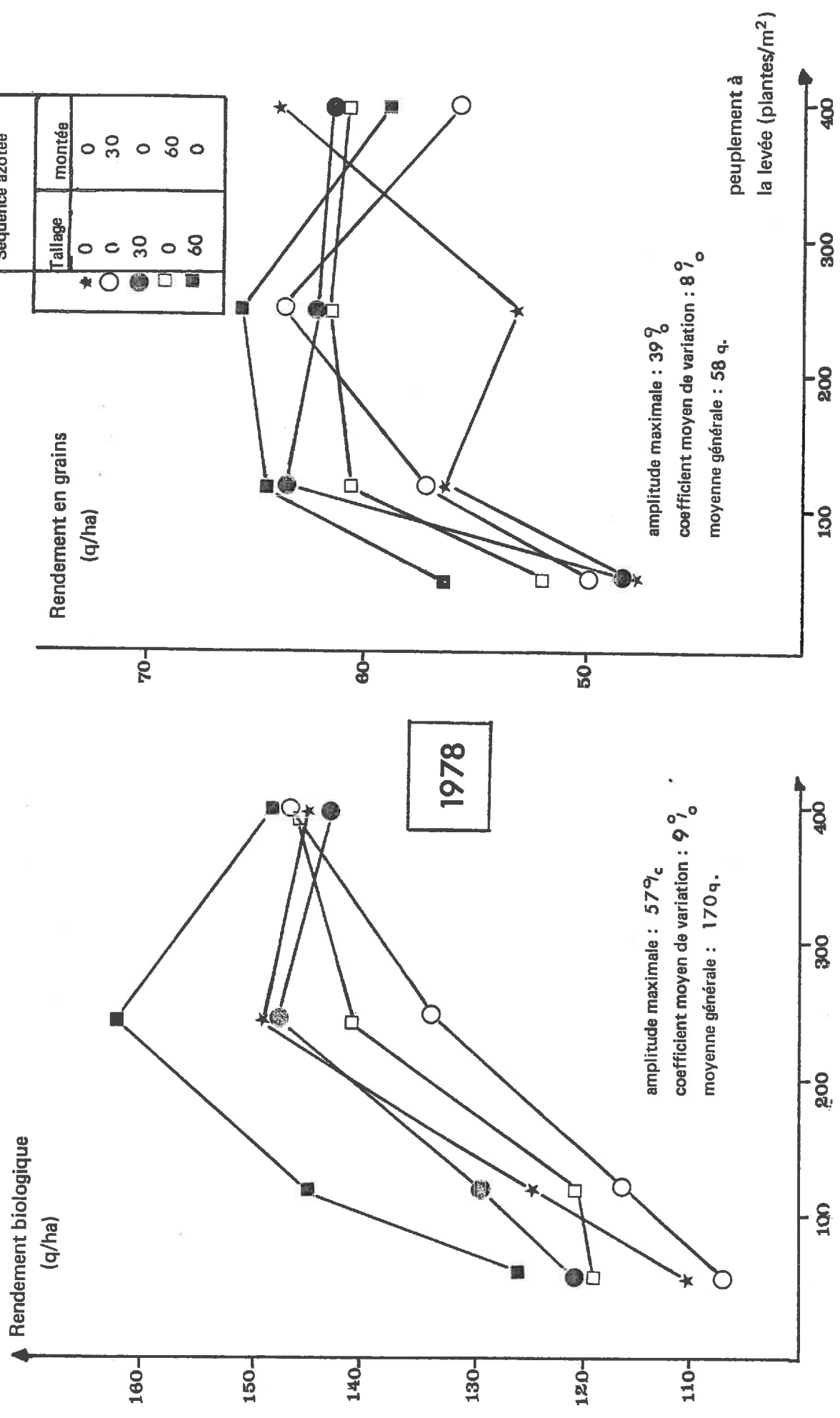


Fig-II 12 (2) SUITE

SITUATION	TABLEAU ANALYSE DE VARIANCE F	REGROUPEMENT DES TRAITEMENTS (P P D S NEWMANS ET KAULS)		CONTRASTES SUR LES MODALITES AZOTEES		RECHERCHE DE LA FONCTION DE PRODUCTION	
		D	D ₁ D ₂ D ₃ D ₄	TEST F	COMPO- SANTS	DENSITE	SEQUENCE AZOTEE
CHAMPLEIN 1977	DENSITE	6.14 ^{xx}	(2)	N/TEMOIN	23.6 ^{xxx} (+)	Constan-	
	AZOTE	5.52 ^{xxx}	D ₁ D ₂ D ₃ D ₄		te	27.0	27.7
	DENSITE x AZOTE	1.93 ^x	30T, 60M, 30M, 60T (3)		Linéaire	+0.0703	+0.177
	C.V.M. (1)	15.6%			Quadra-		
CHAMPLEIN 1978	DENSITE	27.85 ^{xxx}	(2)	N TALLAGE/N MONTEE NS	Cubique	0	-0.00394
	AZOTE	1.78	D ₁ D ₂ D ₃ D ₄		Constan-		
	DENSITE x AZOTE	1.27	60T 0 30M 60M 30T (3)		te	43.4	56.6
	C.V.M. (1)	8.9%			Linéaire	+0.123	0
MARIS HUNSTMAN 1977	DENSITE	13.47 ^{xxx}	(2)	N TALLAGE/N MONTEE NS	Cubique	0	
	AZOTE	45.30 ^{xxx}	D ₁ D ₂ D ₃ D ₄		Constan-		
	DENSITE x AZOTE	1.38	60T 30T 0 60M 30 M (2)		te	23.6	36.4
	C.V.M. (1)	97%			Linéaire	+0.0703	+0.33
MARIS HUNSTMAN 1978	DENSITE	8.55 ^{xxx}	(2)	N TALLAGE/N MONTEE NS	Cubique	0	
	AZOTE	1.97	D ₁ D ₂ D ₃ D ₄		Constan-		
	DENSITE x AZOTE	1.43	60T 0 30M 60M 30T (3)		te	48.1	57.6
	C.V.M. (1)	12.4%			Linéaire	+0.0947	0

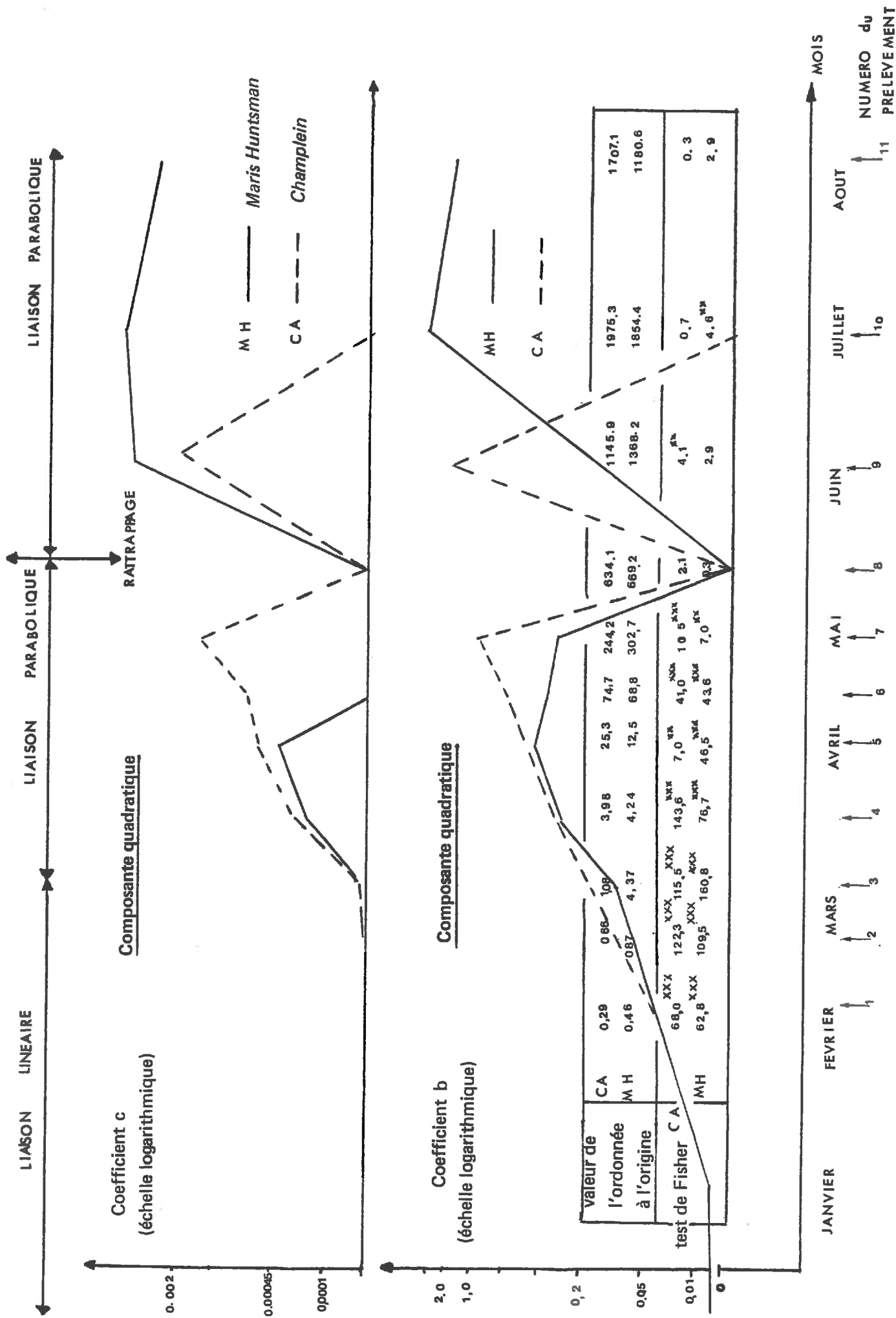
Légende : (1) C.V.M. = coefficient moyen de variation.

(2) D₁, D₂, D₃, D₄ : densités de semis.

(3) 0, 30T, 60 T : doses azotées.

Fig. II 13 - ANALYSE STATISTIQUE DES RENDEMENTS EN GRAINS SECS.

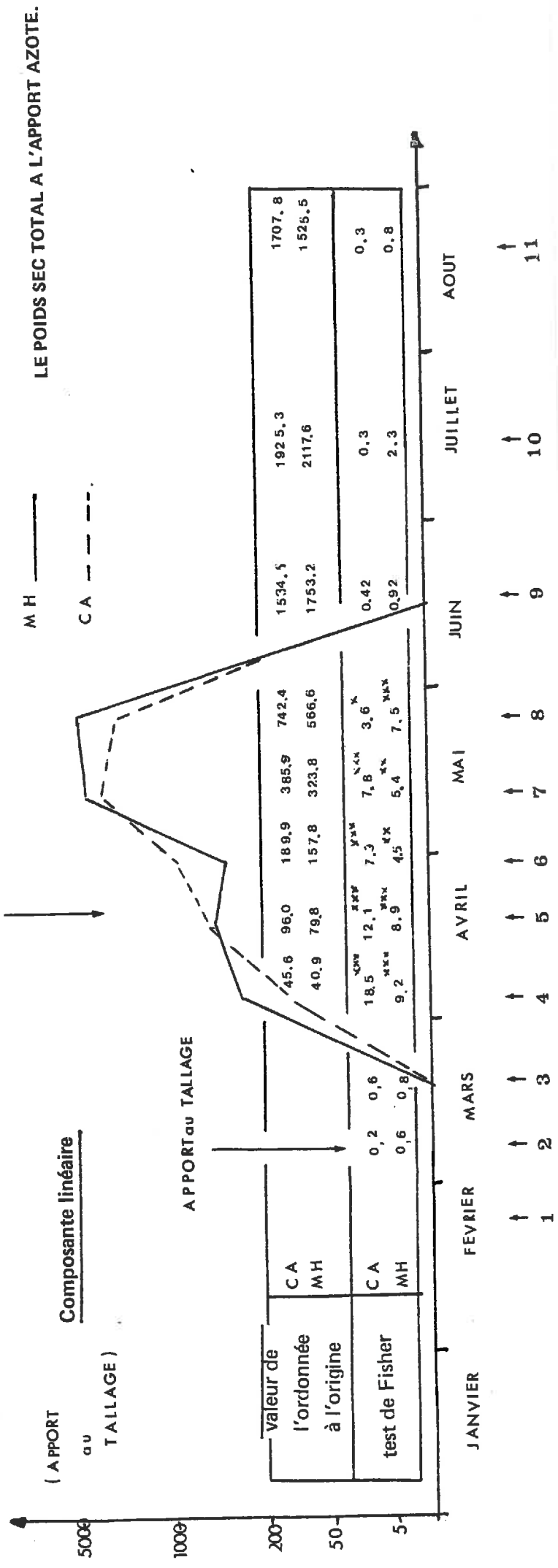
Fig. 11.14 - FONCTION MATHÉMATIQUE LIANT LE POIDS SEC TOTAL A LA DENSITÉ DE SEMIS.



	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Numéro									
Champlein									
CA				0.004	0.443	0.005	0.007	0.3	0.002
C. V. M.		9.3	12.6	14.1	18.7	19.6	21.4	21.6	21.2
Maris Huntsman									
MH				0.373	11.0	145	3.99	0.783	0.003
C. V. M.	10.2	11.6	18.7	15.1	18.0	20.2	22.2	2.22	2.70



Coefficient b (échelle logarithmique) $\times 10^{-3}$ Fig. 11₁₅ - FONCTION MATHÉMATIQUE LIANT



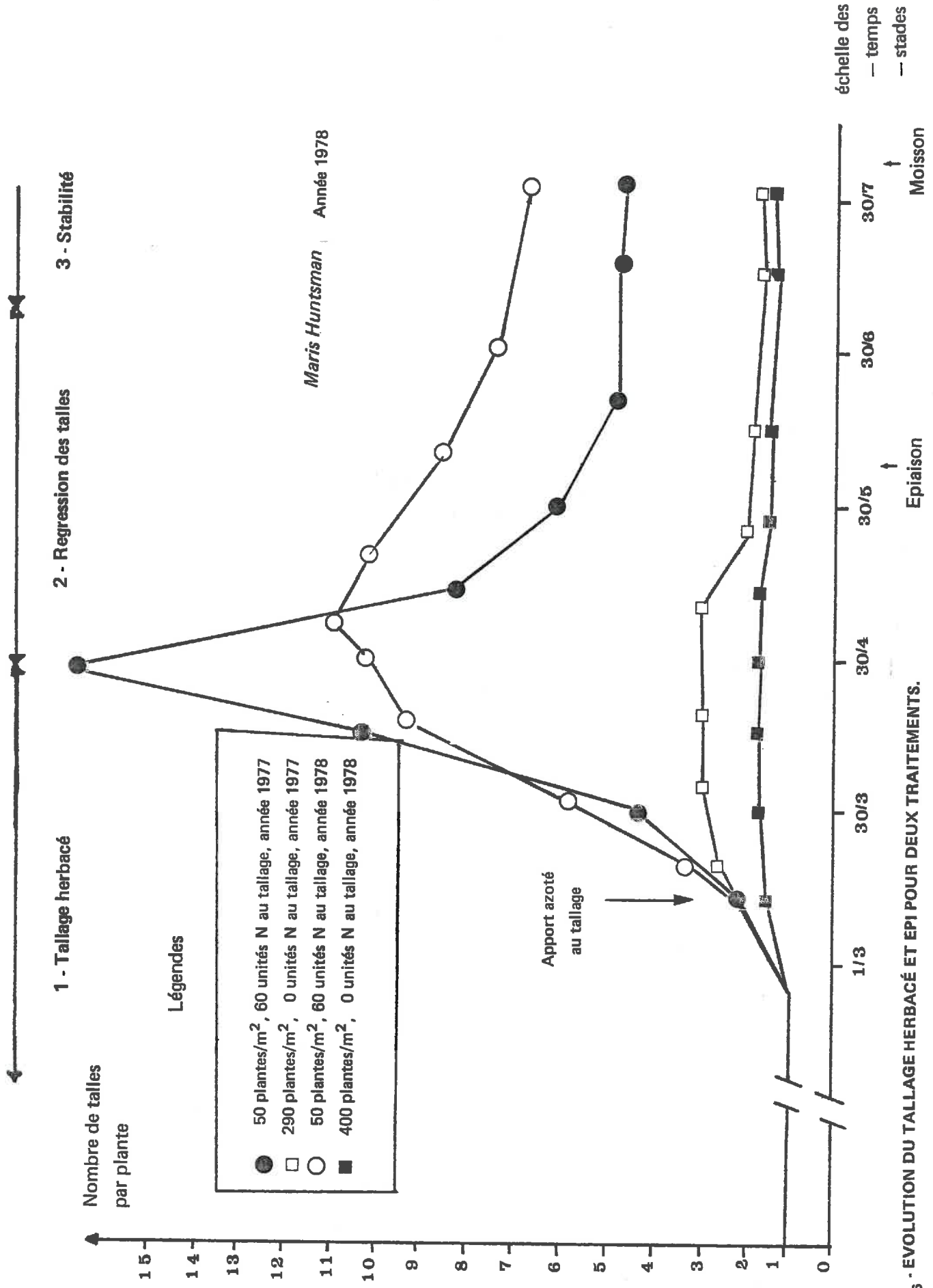
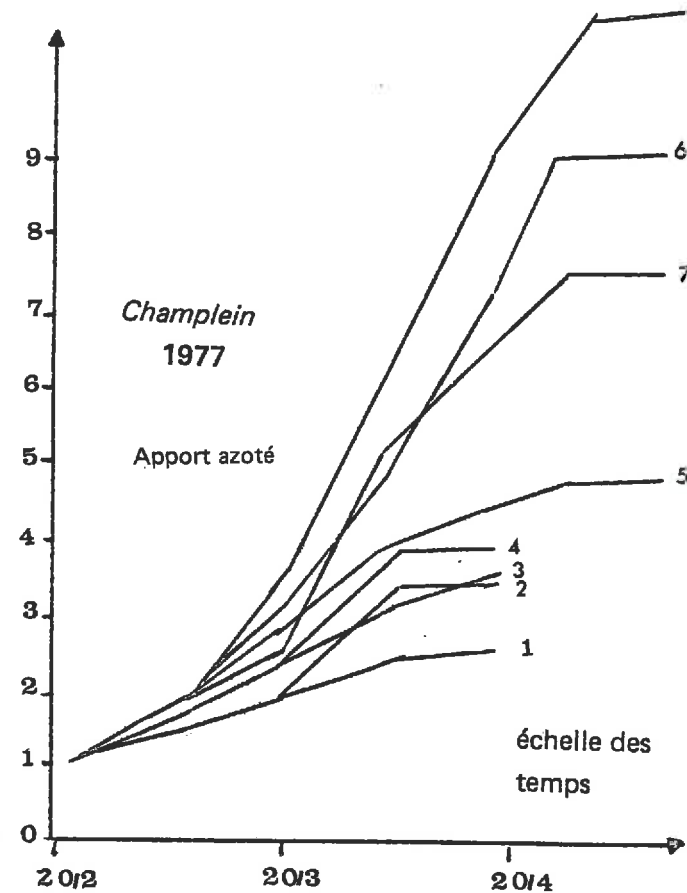
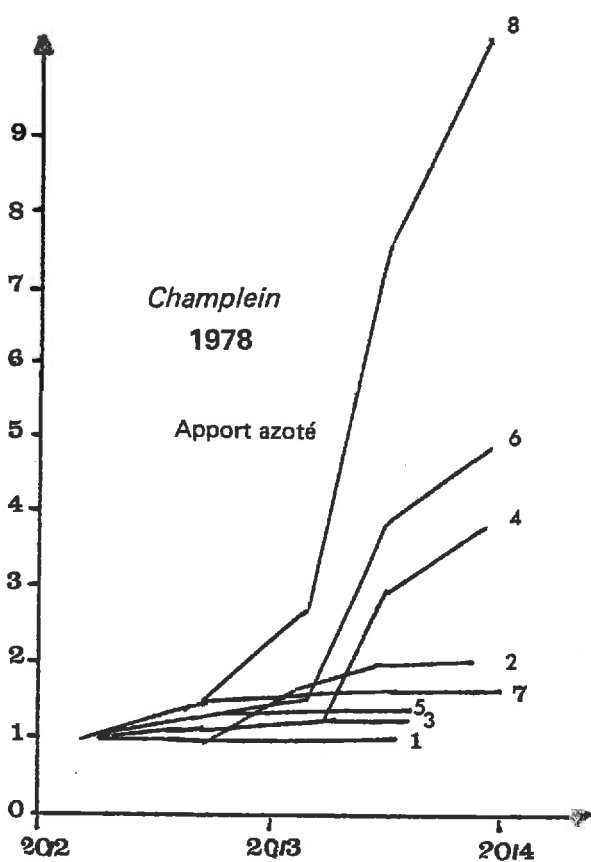
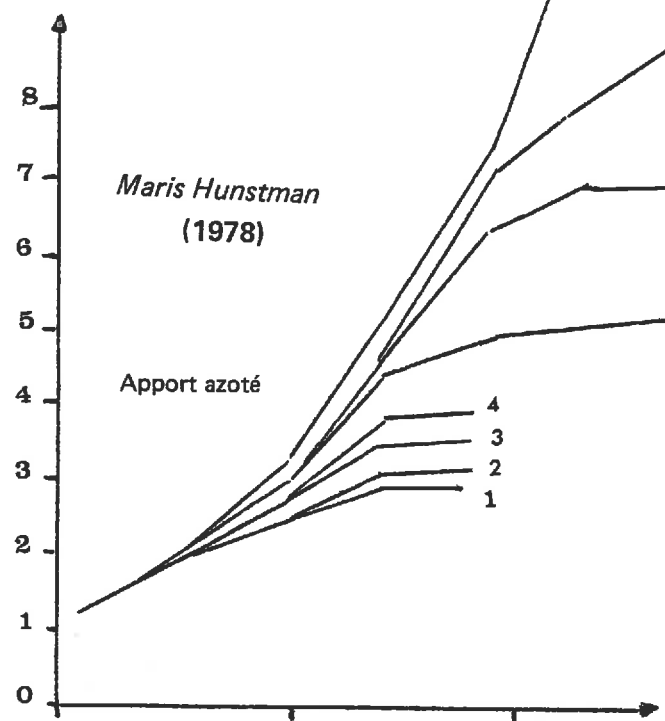
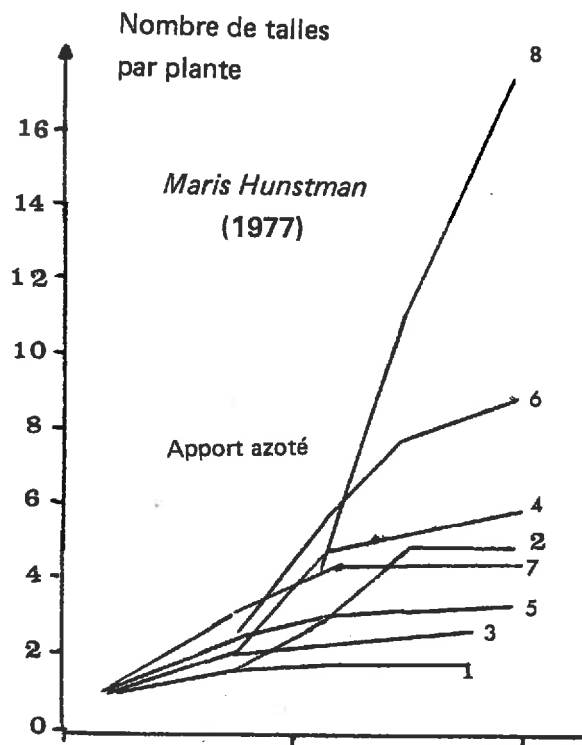


Fig. 11₁₆ - EVOLUTION DU TALLAGE HERBACÉ ET EPI POUR DEUX TRAITEMENTS.



DOSE (v/ha)	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄
0	7	5	3	1
60	8	6	4	2

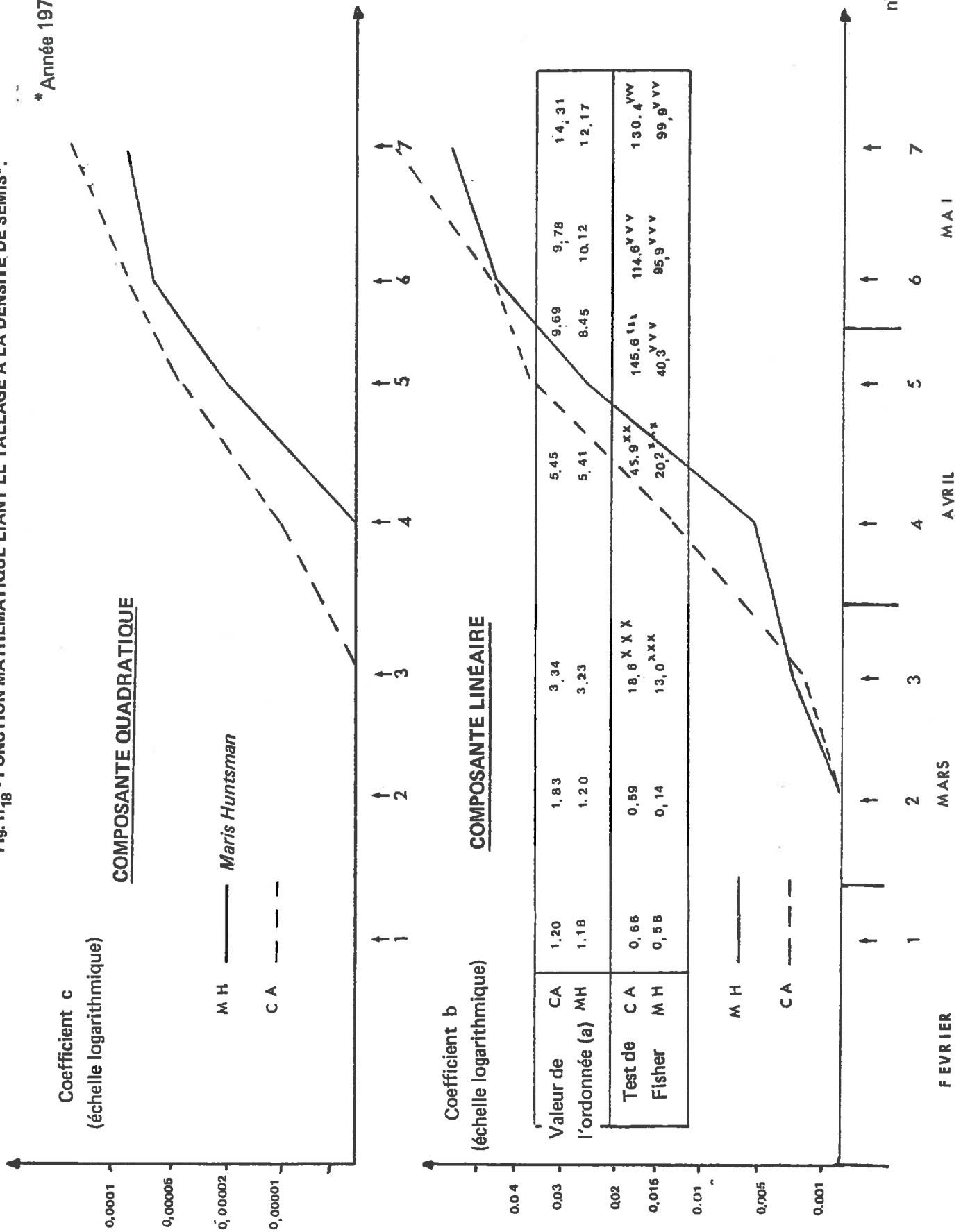
D ₁	50	50
D ₂	130	120
D ₃	210	250
D ₄	290	400

plantes / m²

Fig. II₁₇ - EVOLUTION DYNAMIQUE DU TALLAGE HERBACÉ.

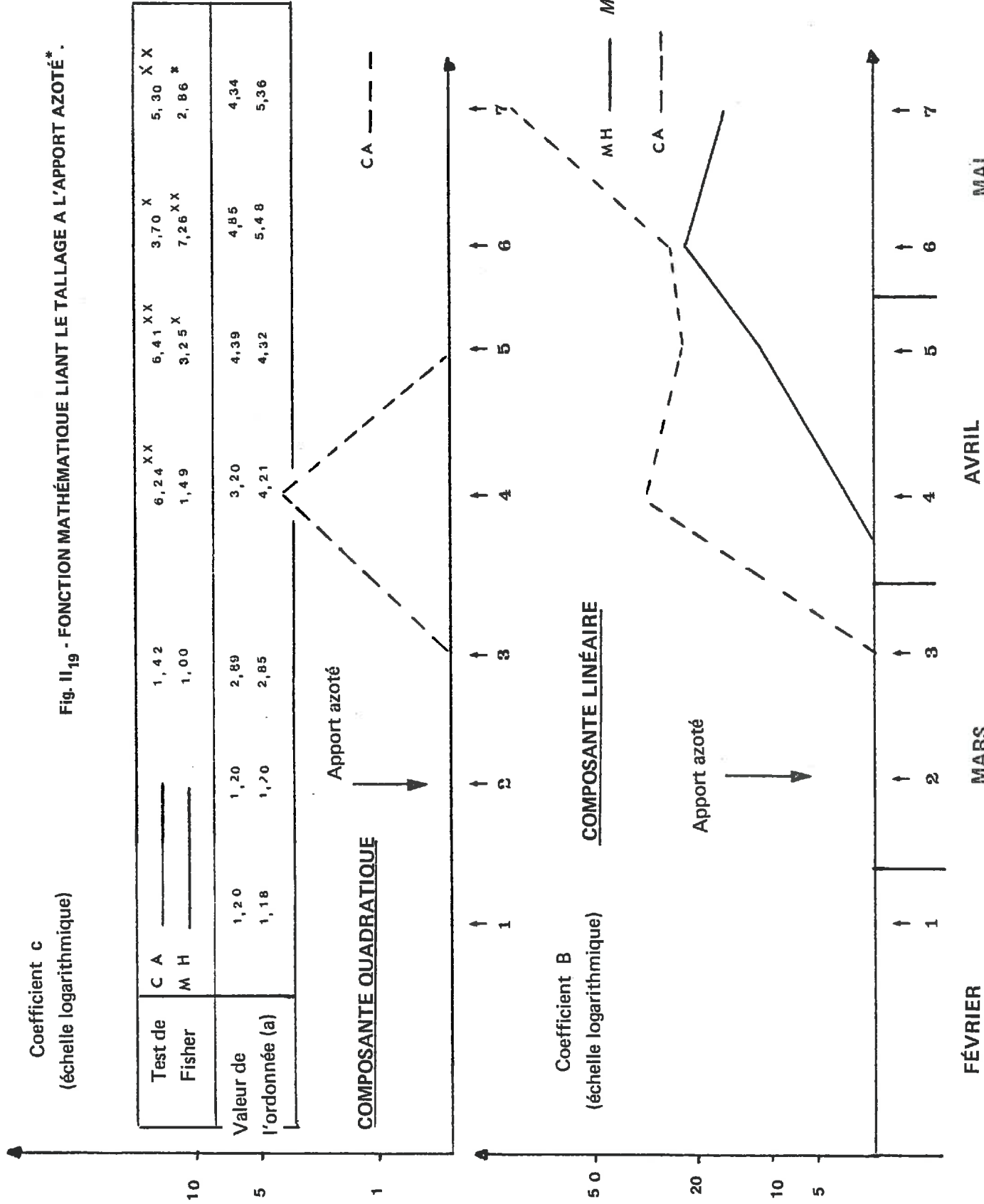
Fig. II₁₈ - FONCTION MATHÉMATIQUE LIANT LE TALLAGE A LA DENSITÉ DE SEMIS*.

* Année 1978



* Année 1978

Fig. II 19 - FONCTION MATHÉMATIQUE LIANT LE TALLAGE A L'APPORT AZOTÉ *



Nombre de tailles par plante
au maximum de tallage

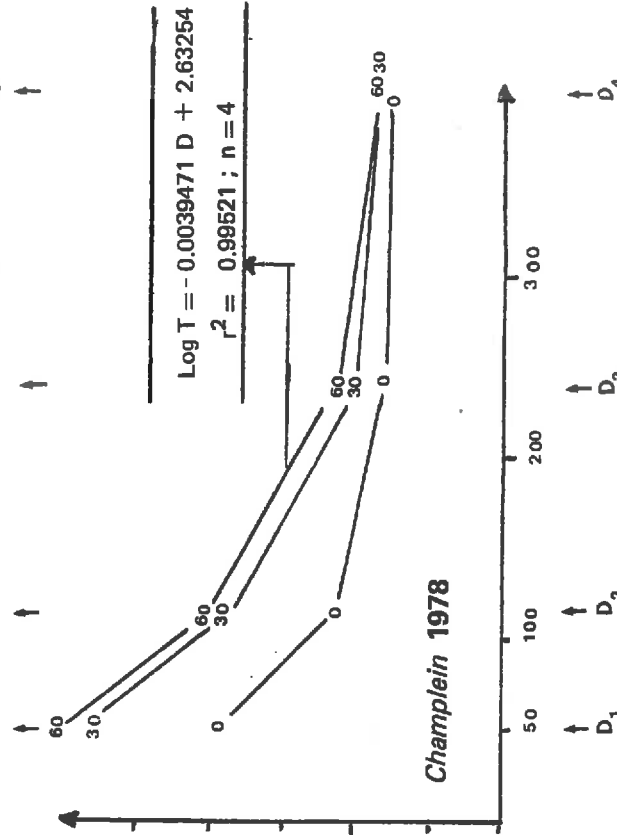
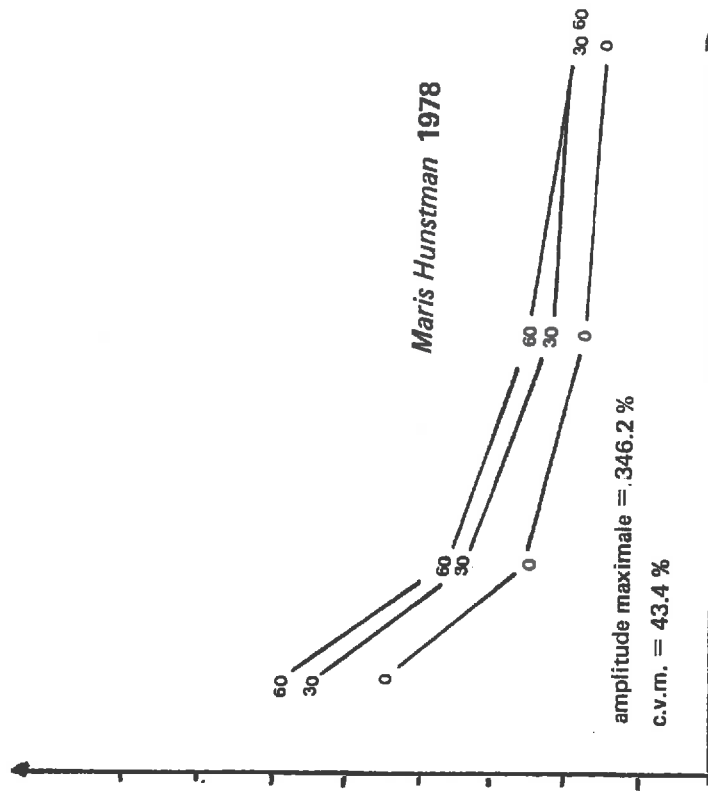
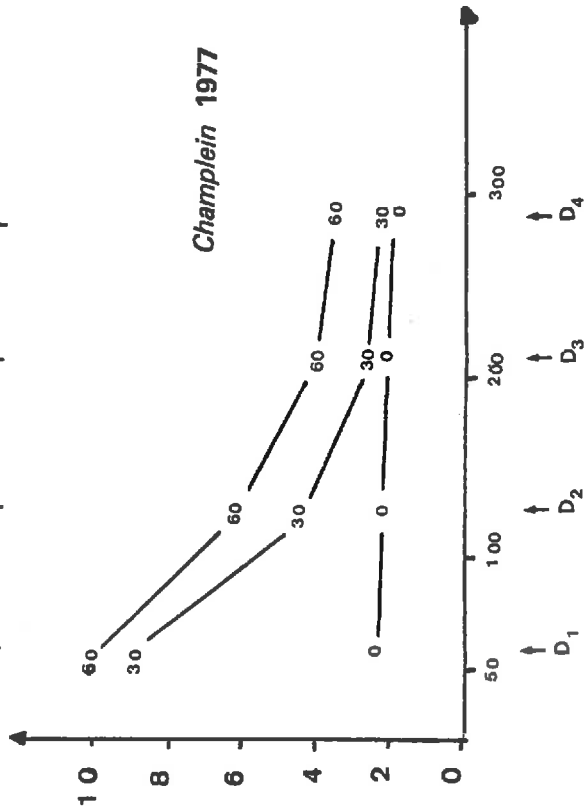
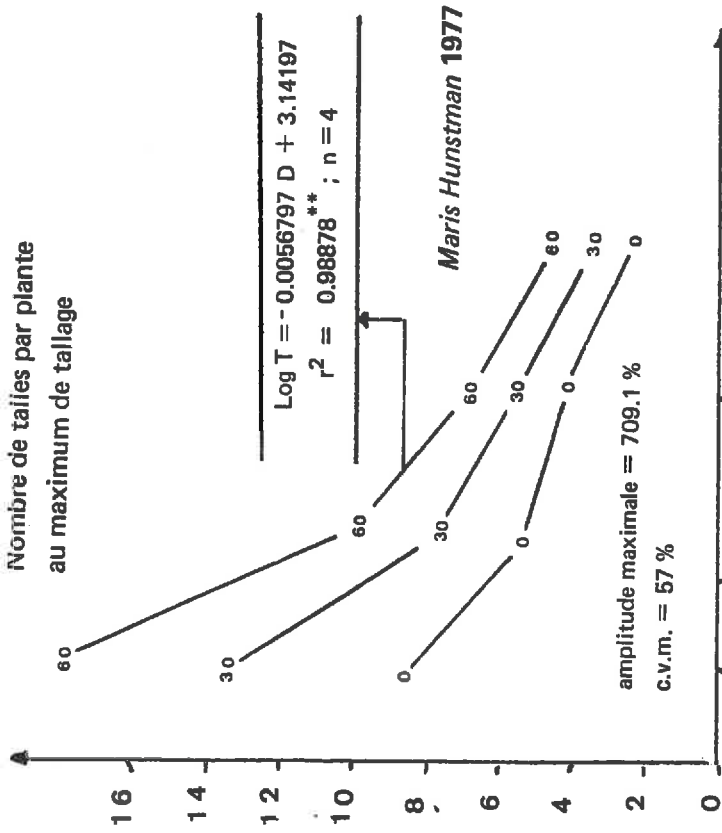
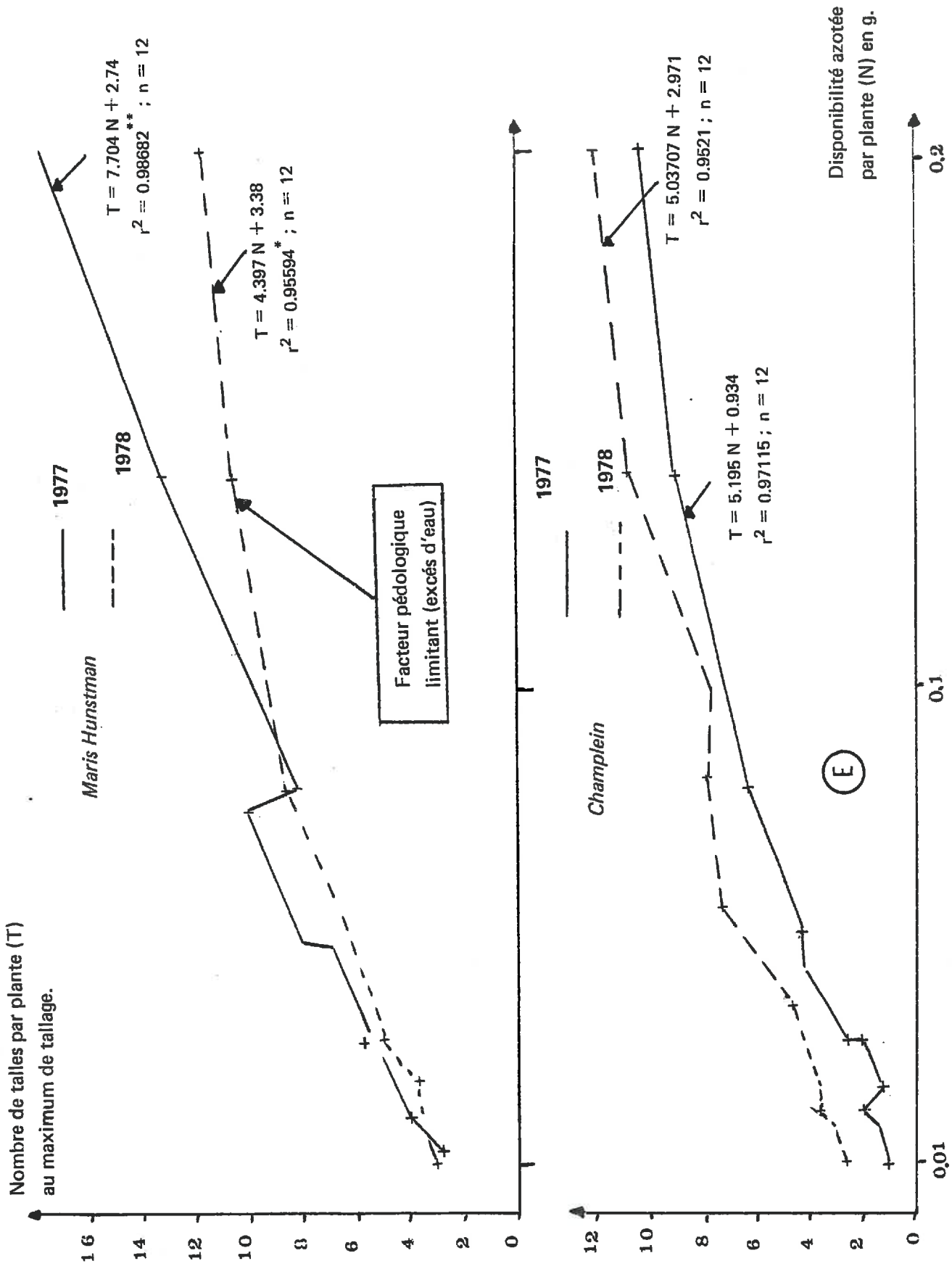


Fig. 1120 - VARIATION INDIVIDUELLE DU TALLAGE HERBACÉ MAXIMUM SELON L'ANNÉE, LA VARIÉTÉ ET LA TECHNIQUE CULTURALE.

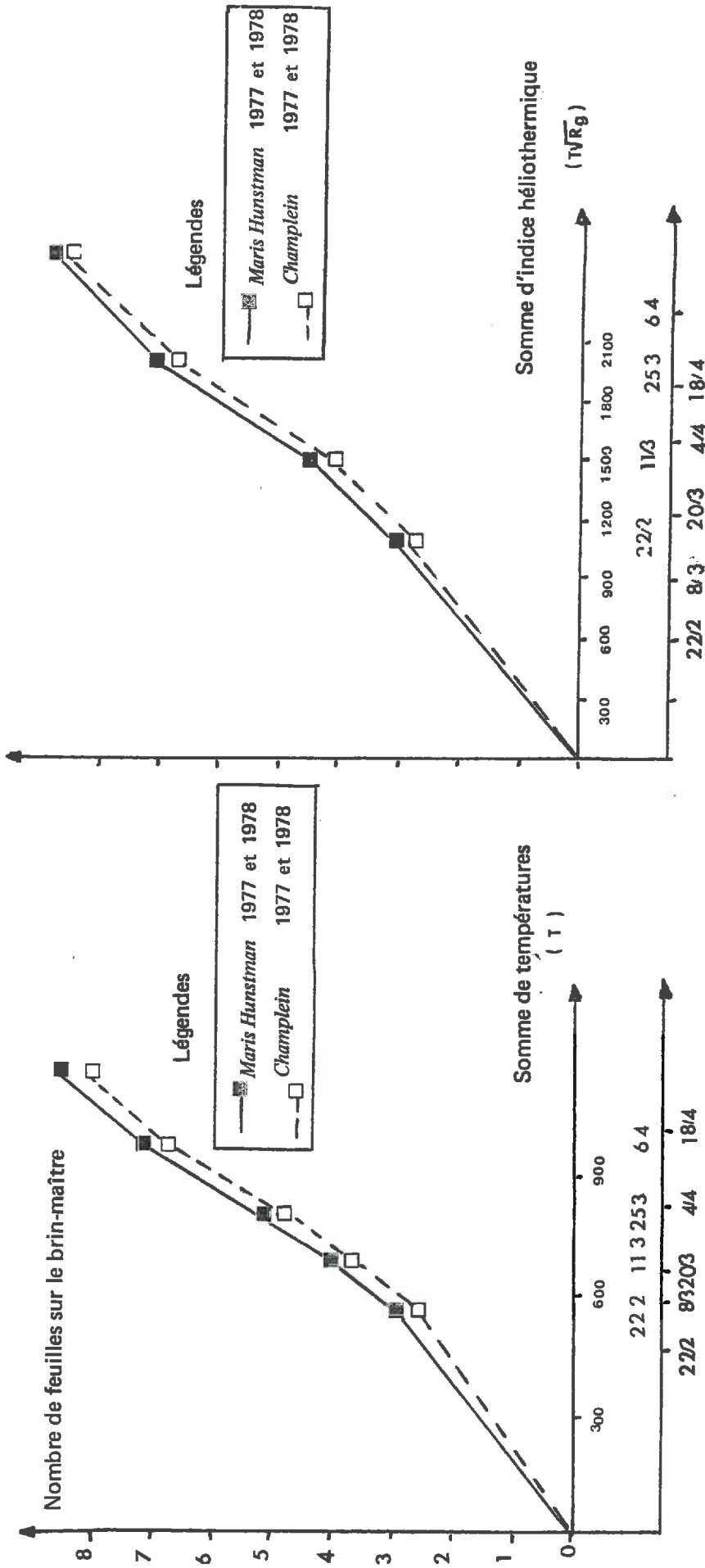
peuplement
à la levée (plantes/m²)



* Son calcul supposé 40 unités contenues dans le profil pour chacune des deux

Fig. 11.51 - TALLAGE MAXIMUM INDIVIDUEL ET FOURNITURE AZOTÉE PAR PLANTE.

Fig. II 22 - EMISSION FOLIAIRE ET CLIMAT.



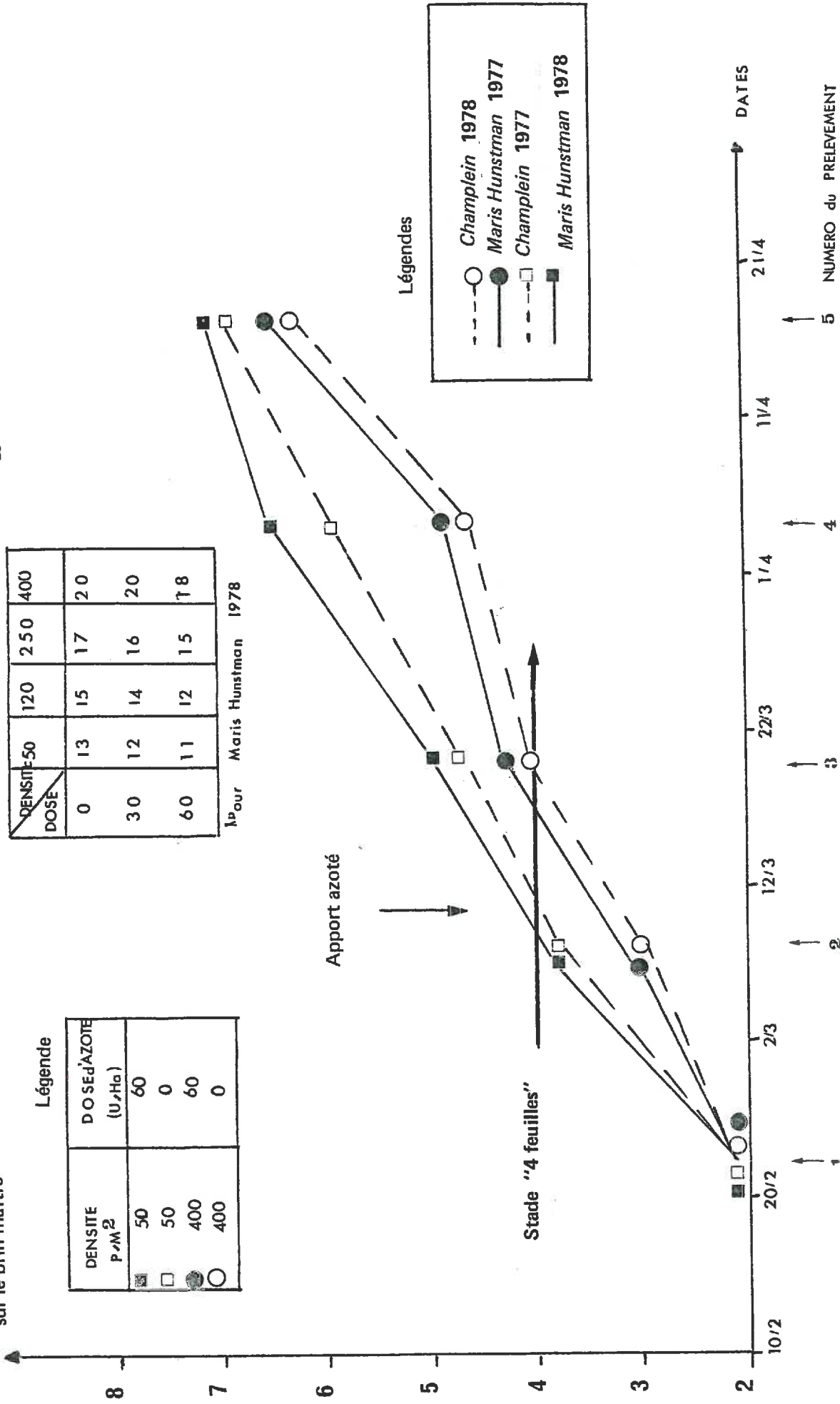
1 - Echelle de somme thermique.

2 - Echelle de somme héliothermique.

Situation considérée	Date de réalisation du Stade "4 feuilles" sur le brin-maître
Maris Huntstman 1978	7 MARS
Maris Huntstman 1977	23
Champlein 1977	10
Champlein 1978	25

jours de mars où le stade
"4 feuilles" est atteint ¹

Nombre de feuilles présentes
sur le brin-maître



1 - Selon le régime de compétition.

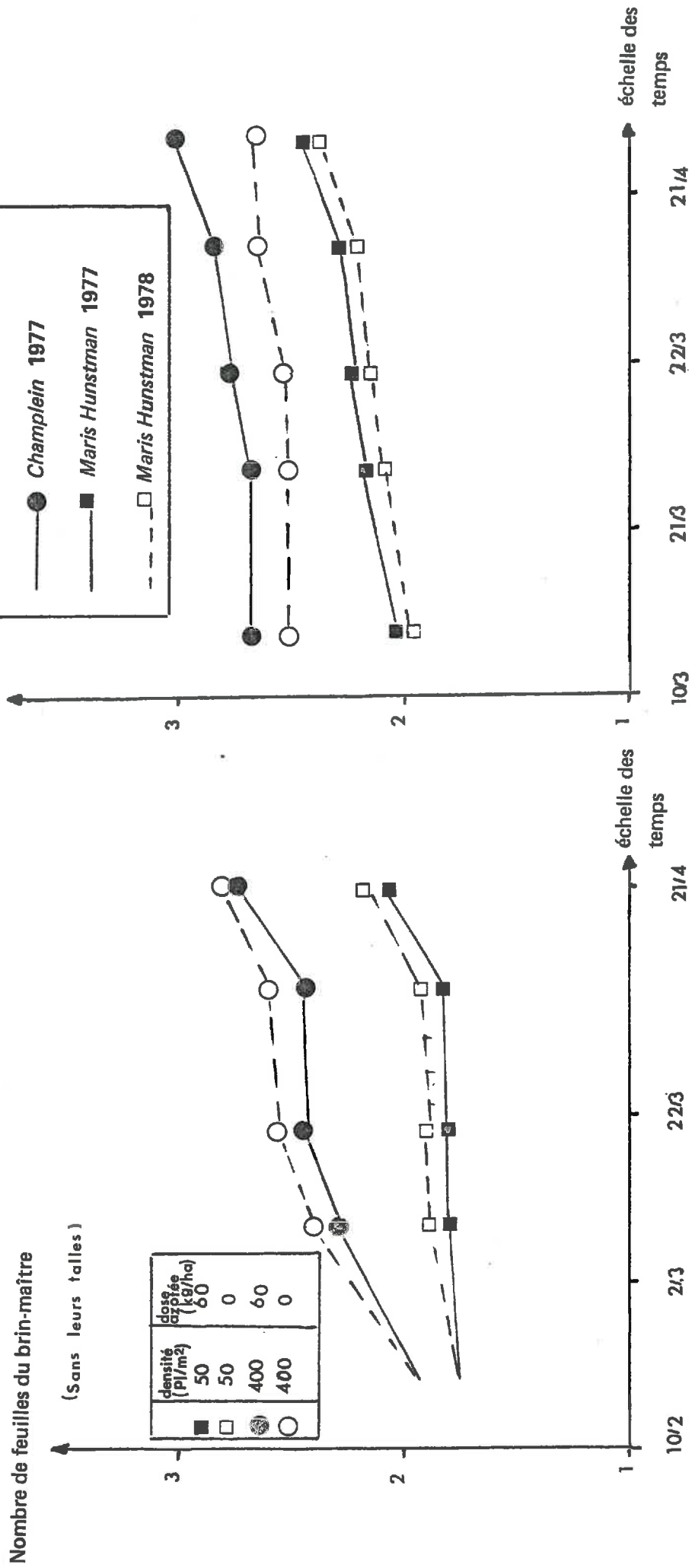
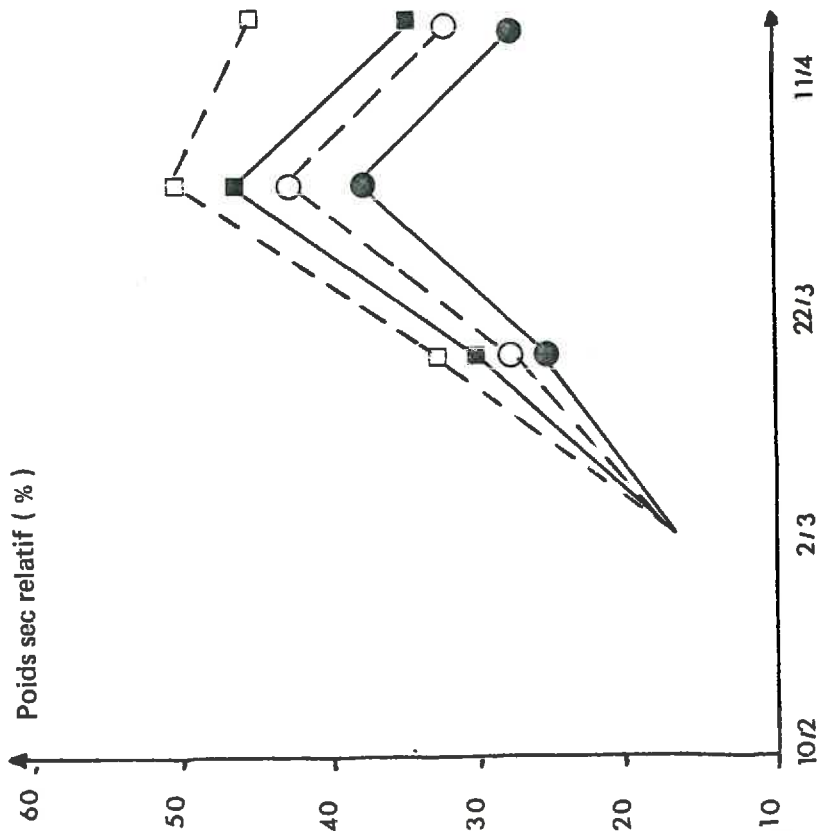


Fig. II₂₄ - ETUDE DU NOMBRE DE FEUILLES SUR LE BRIN-MAÎTRE.

1 - Cas d'une talle primaire par rapport à un brin-maître moyen.



2 - Cas d'une talle secondaire par rapport à une talle primaire

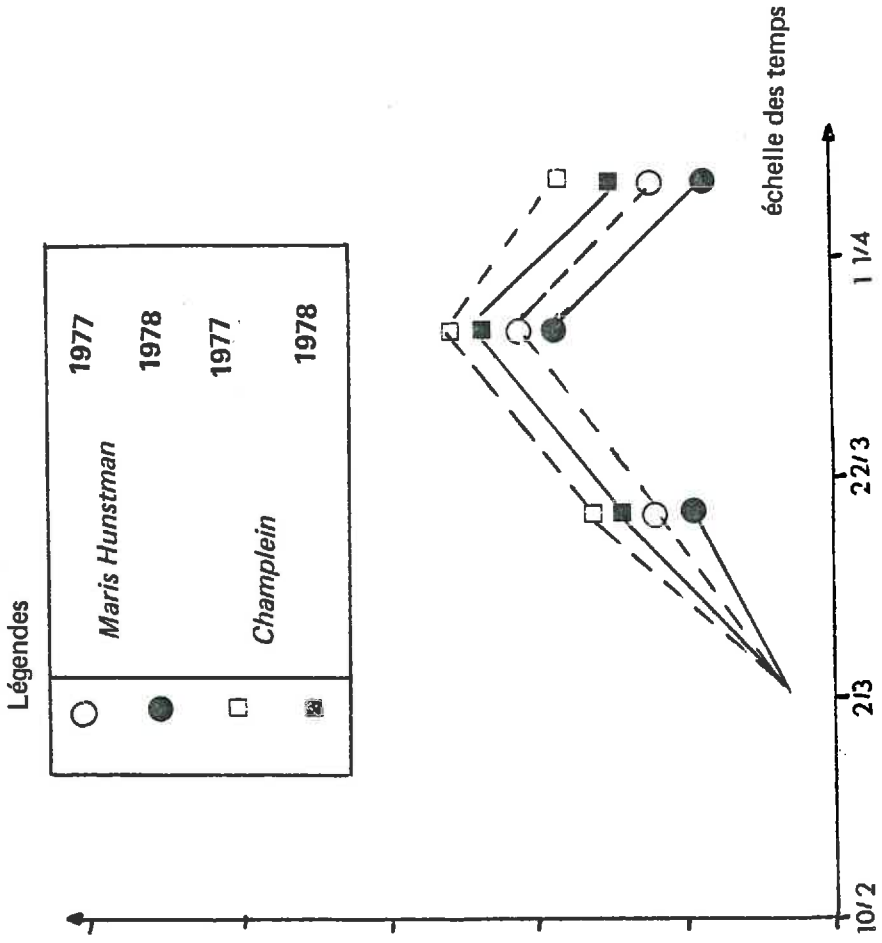
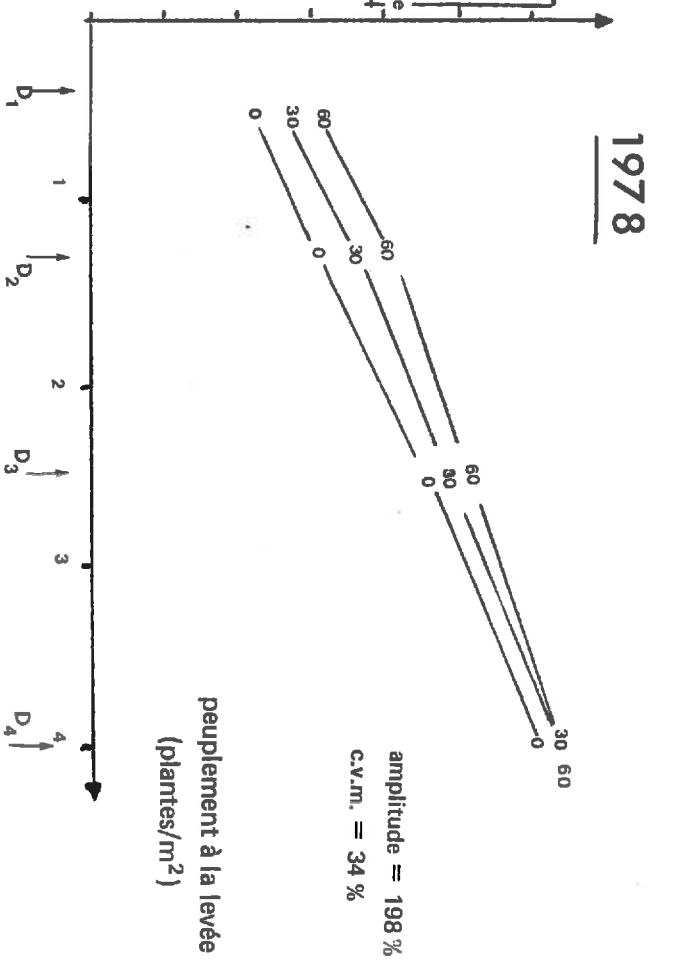
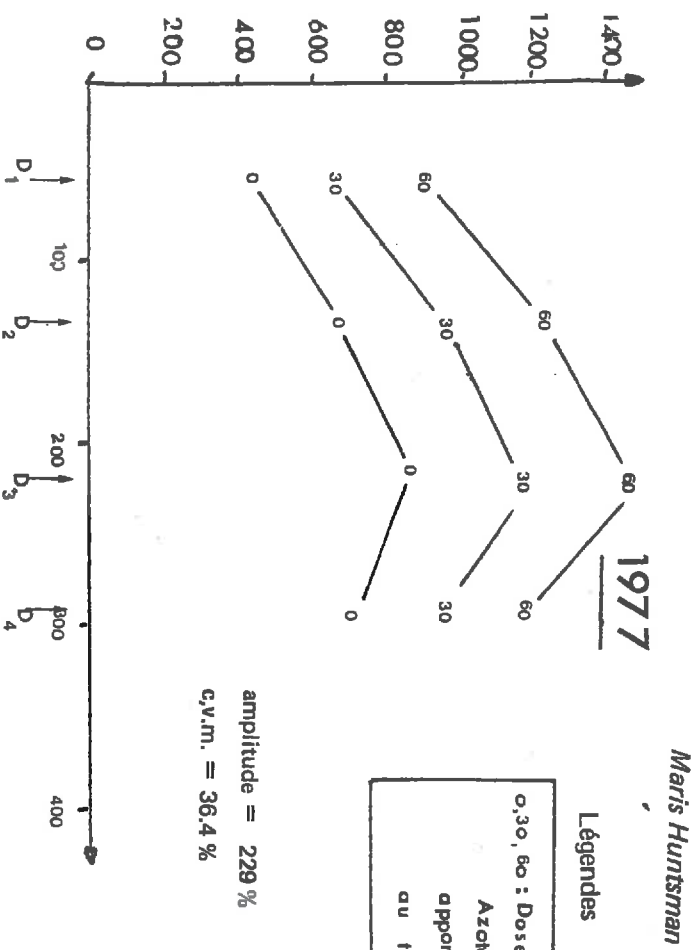
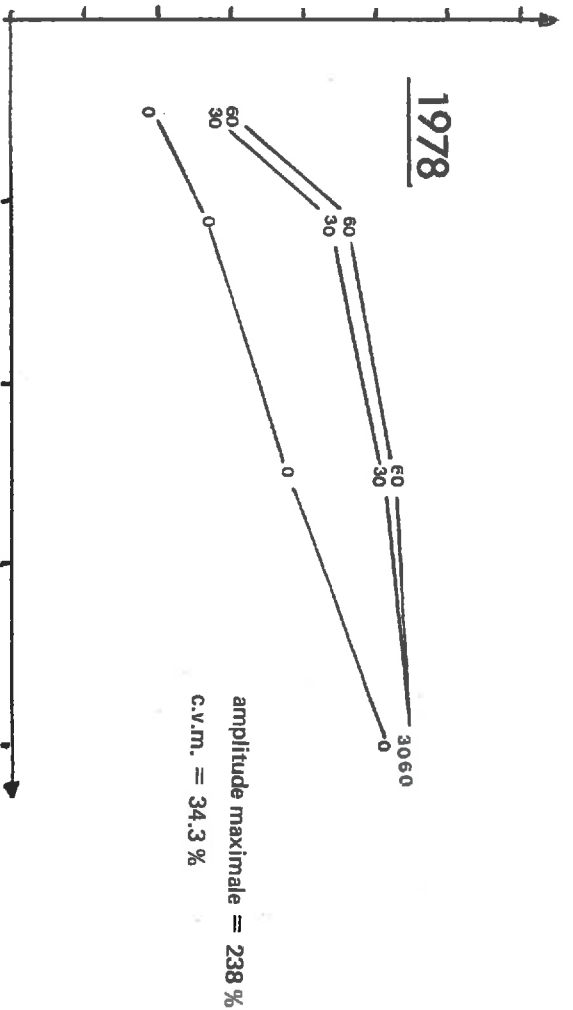
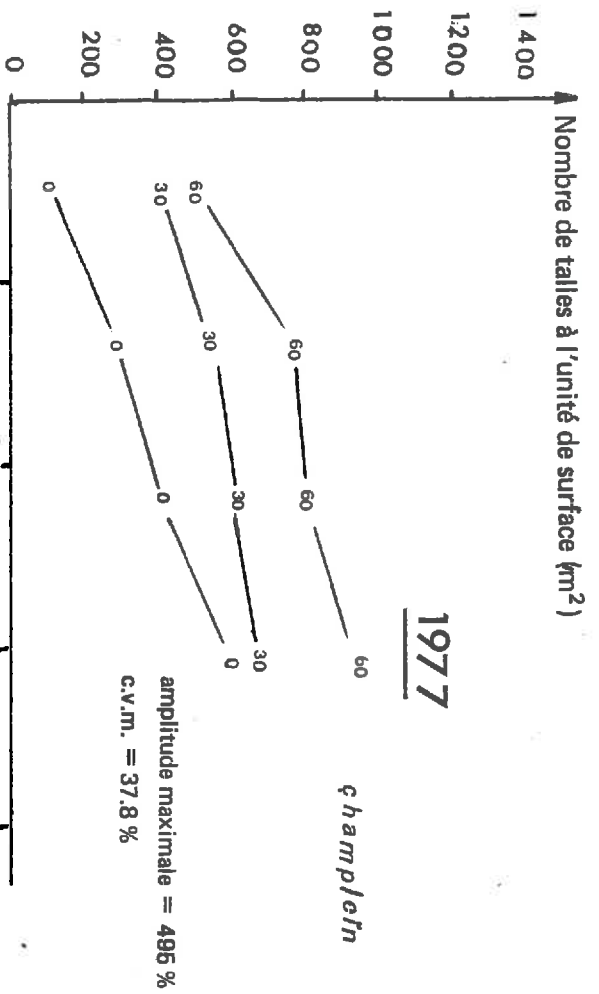


Fig. 11₂₅ - ETUDE RELATIVE DE LA CROISSANCE PONDÉRALE EN MATIÈRE SÈCHE SELON LA CATÉGORIE DE TIGES.

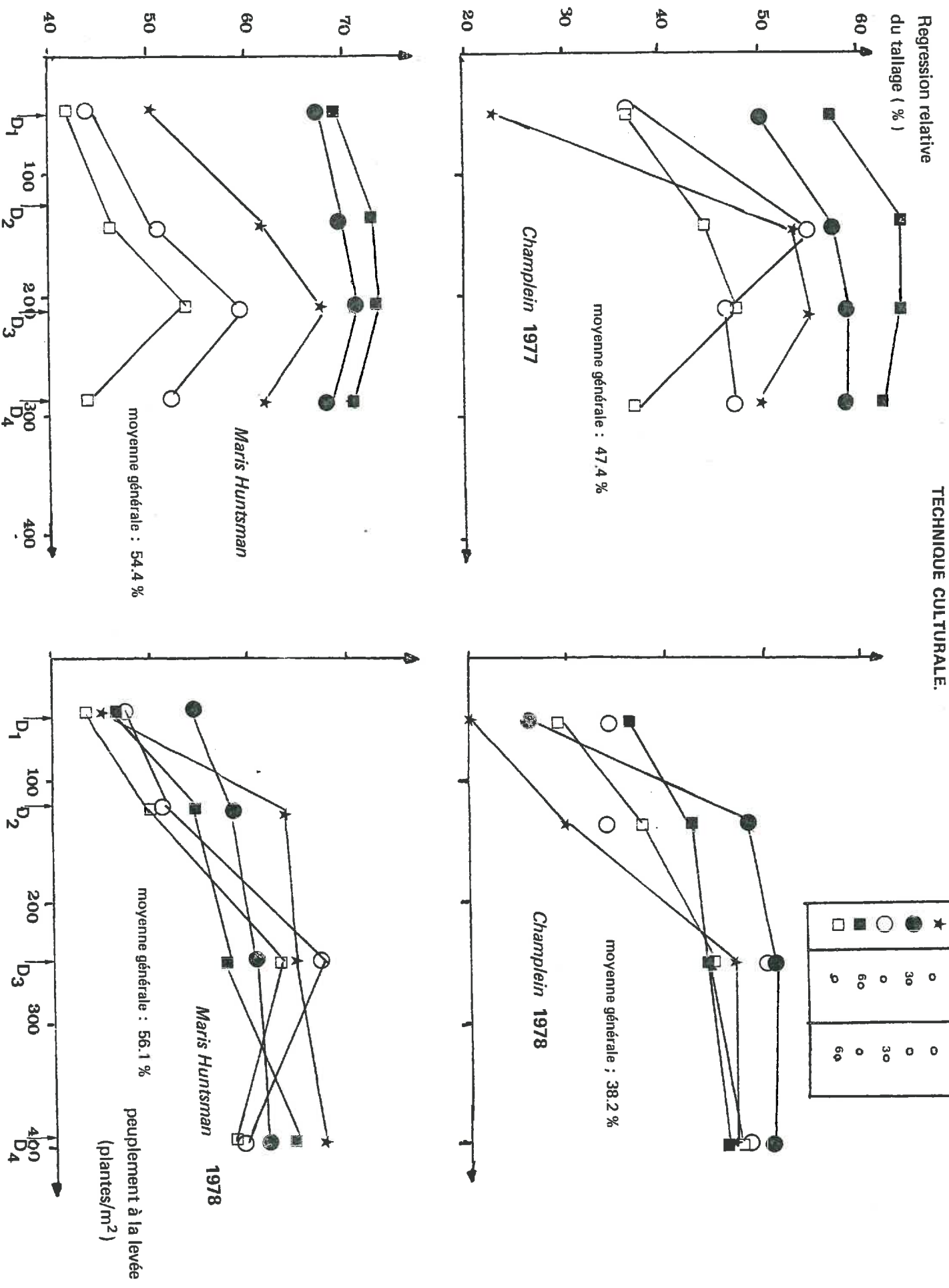


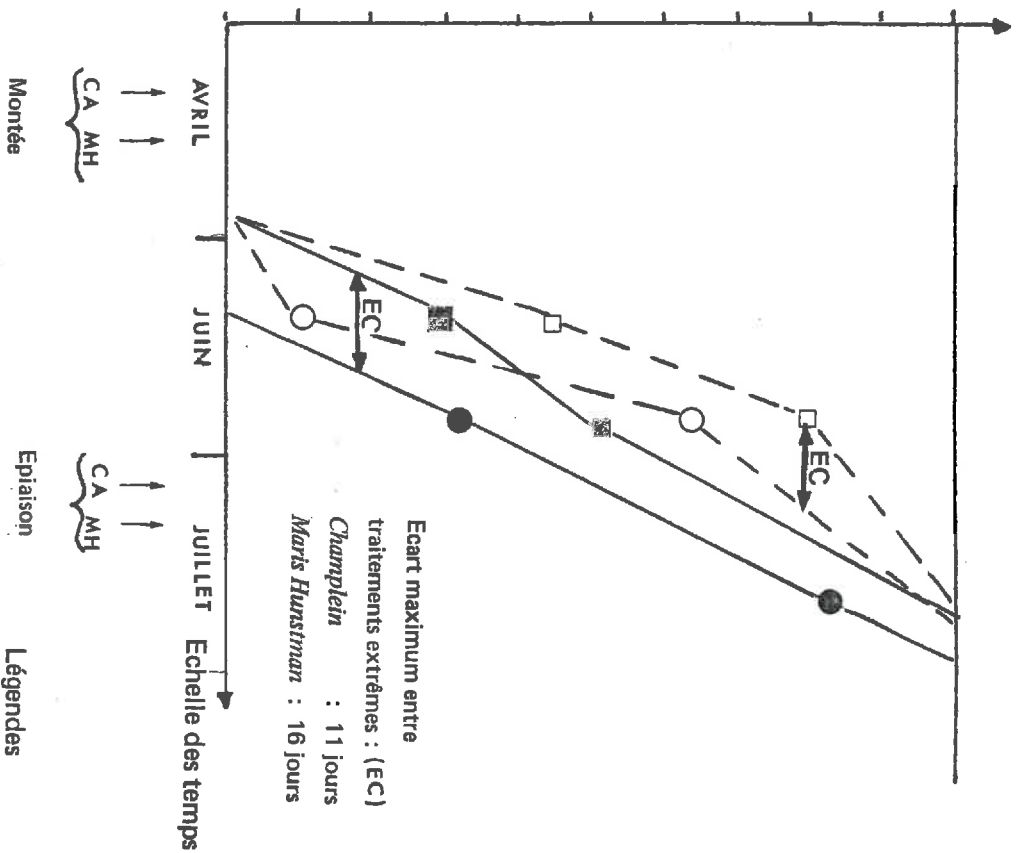
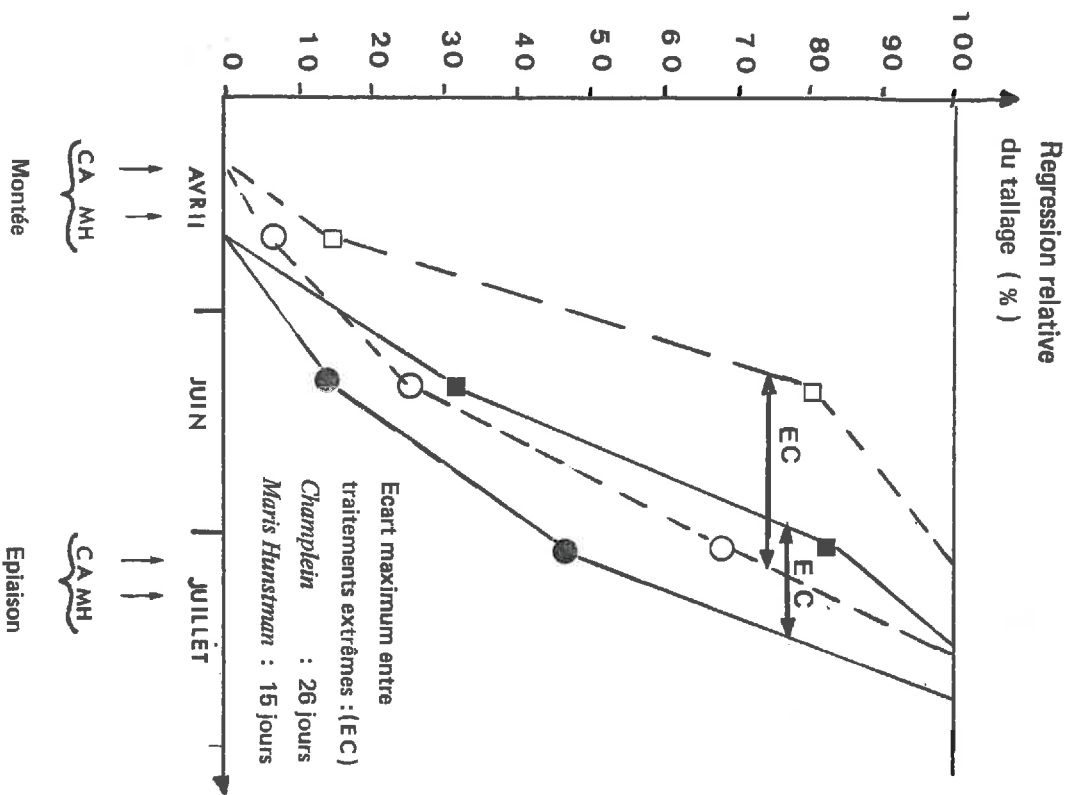
Légendes

○, 30, 60 : Doses
Azclées
apportées
au tallage

Fig. 11. 26 - PEUPELEMENT DE TALLES HERBACÉES A L'UNITÉ DE SURFACE SELON LE CULTIVAR,

Fig. 11.27 - TAUX DE RÉGRESSION DU TALLAGE SELON L'ANNÉE, LA VARIÉTÉ ET LA TECHNIQUE CULTURALE.





Légendes

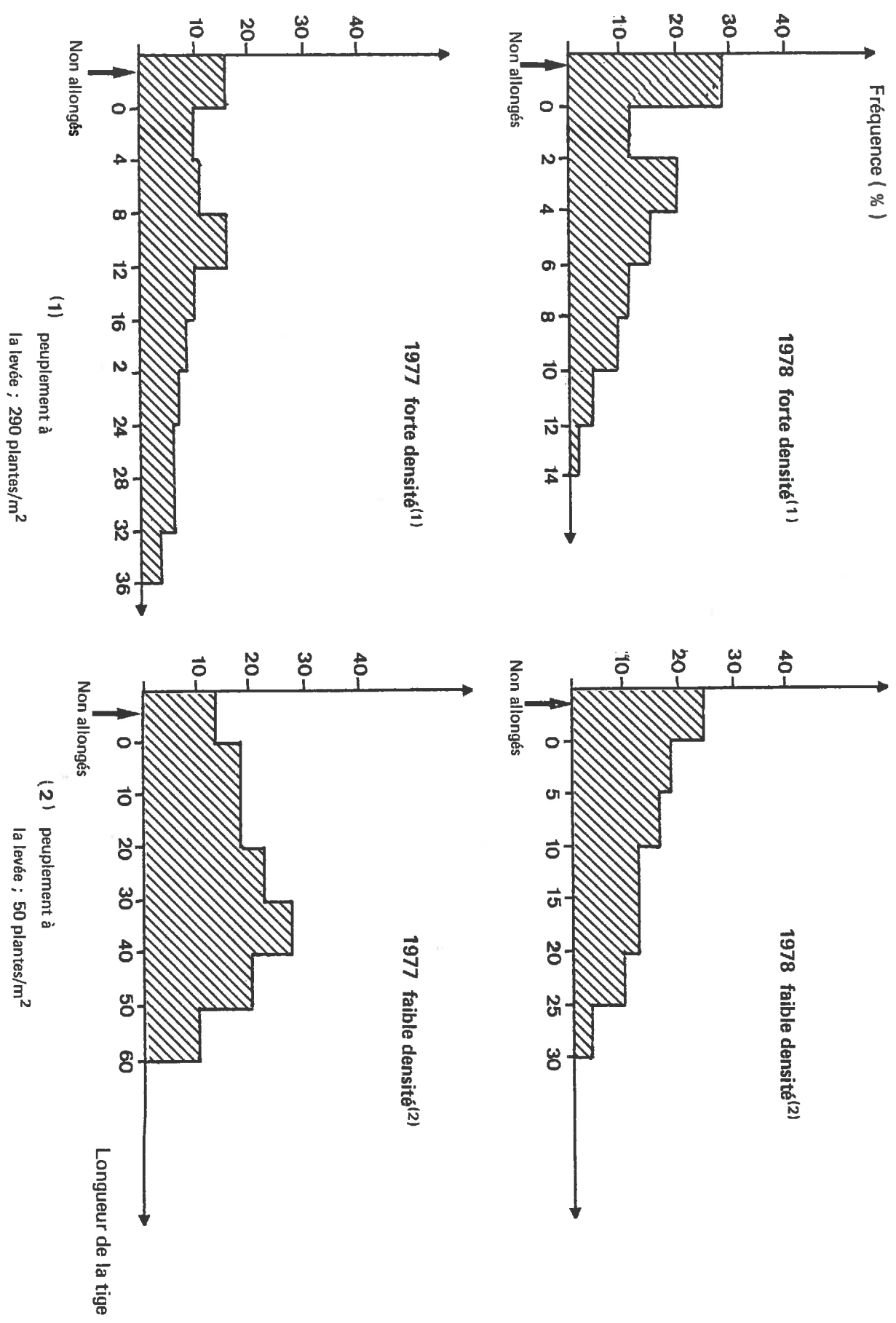
□	400 plantes/m ² , 60 unités au tallage	CA 77
■	50 plantes/m ² , 60 unités à la montée	CA 78
○	400 plantes/m ² , 60 unités au tallage	MH 77
●	50 plantes/m ² , 60 unités à la montée	MH 78

Fig. 1128 - EVOLUTION TEMPORELLE RELATIVE DE LA RÉGRESSION HERBACÉE*

* pour deux traitements extrêmes

Fig. 11₂₉ - HAUTEUR MOYENNE DE LA TIGE LORSQUE LA TALLE COMMENCE A JAUNIR
 POUR DEUX ANNÉES ET DENSITÉS* .

* Variété *Champlein*



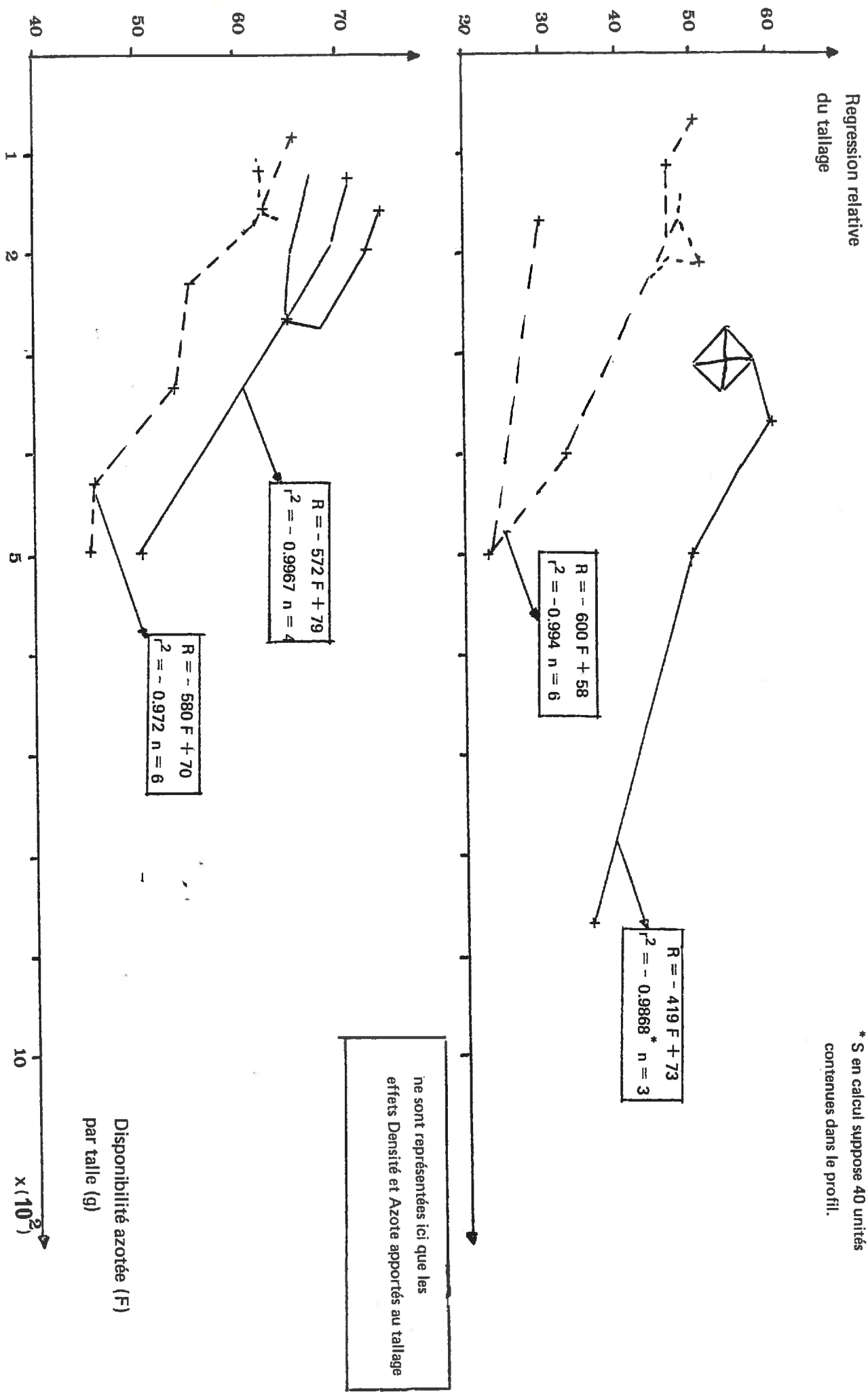
Date	Traitement	Hauteur de l'apex (mm) selon la catégorie de tige										
		B.M. ⁽¹⁾	T ₁ ⁽¹⁾	T ₂ ⁽¹⁾	T ₁₁ ⁽¹⁾	T ₃ ⁽¹⁾	T ₂₁ ⁽¹⁾	T ₁₂ ⁽¹⁾	T ₂₂ ⁽¹⁾	T ₄ ⁽¹⁾	T ₁₁₁ ⁽¹⁾	
10 Mai 1977	400 plantes/m ²	180	90	45	40	35	30	6 (2)	- (3)	-	-	
	0 unité azote											
	60 plantes/m ²											
20 Avril 1977	60 unités tallage	150	125	112	100	80	60	35	15	10	10	
	400 plantes/m ²											
	0 unité azote	65	40	25	3	2	0	0	0	-	-	
	50 plantes/m ²											
	60 unités tallage	32	15	10	12	12	8	0	0	0	0	

Variété Maris Huntsman, 1977.

(1) Pour les conventions, voir le texte principal (en 2121).
 (2) "0" signifie apex non monté mais présent.
 (3) "-" signifie talle non reproductive (ou absente).

Fig. 11₃₀ - STRUCTURE DES HAUTEURS DE TIGE AU SEIN D'UNE PLANTE POUR DEUX TRAITEMENTS EXTREMES.

Fig. 11₃₁ - RÉGRESSION HERBACÉE ET FOURNITURE AZOTÉE PAR TALLE.



* S en calcul suppose 40 unités contenues dans le profil.

Fig. 11₃₂ - NIVEAUX DU PEUPELEMENT ÉPI SELON L'ANNÉE, LE CULTIVAR ET LA TECHNIQUE CULTURE.

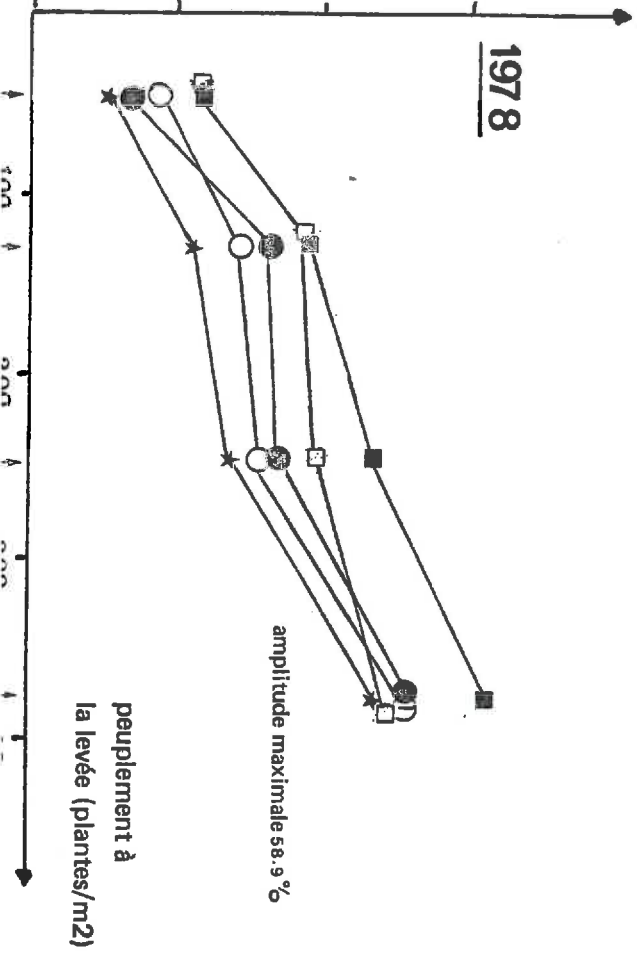
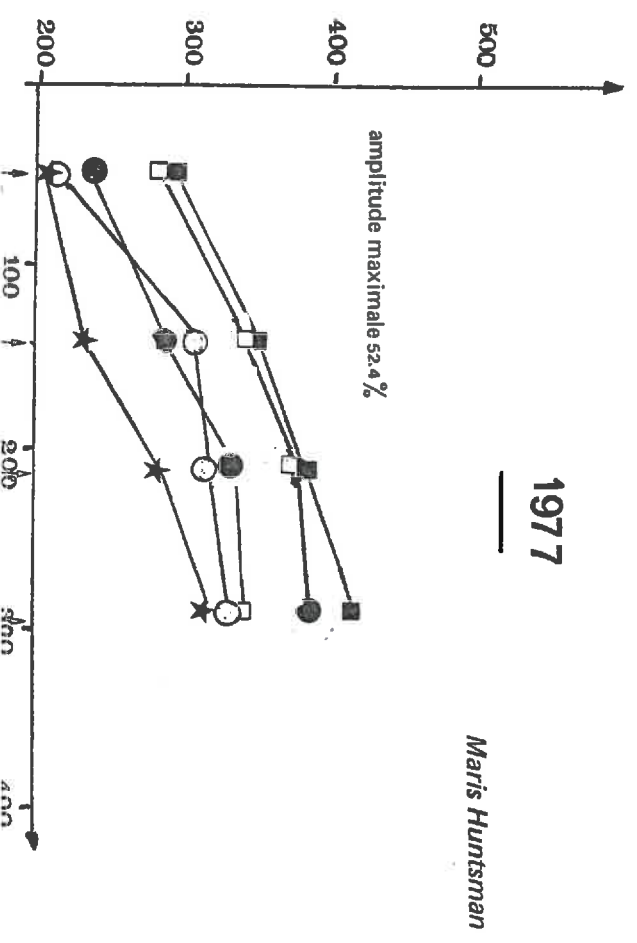
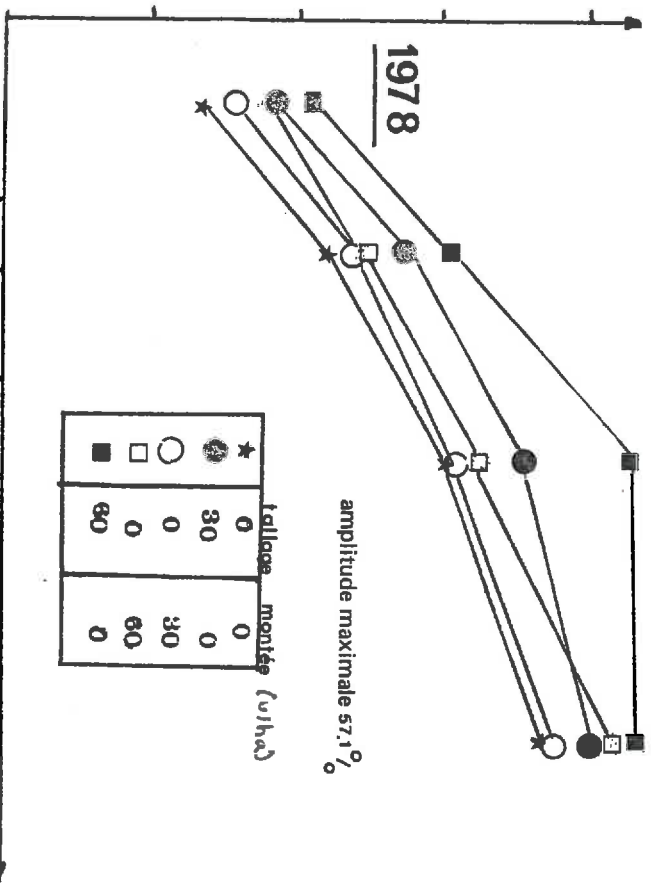
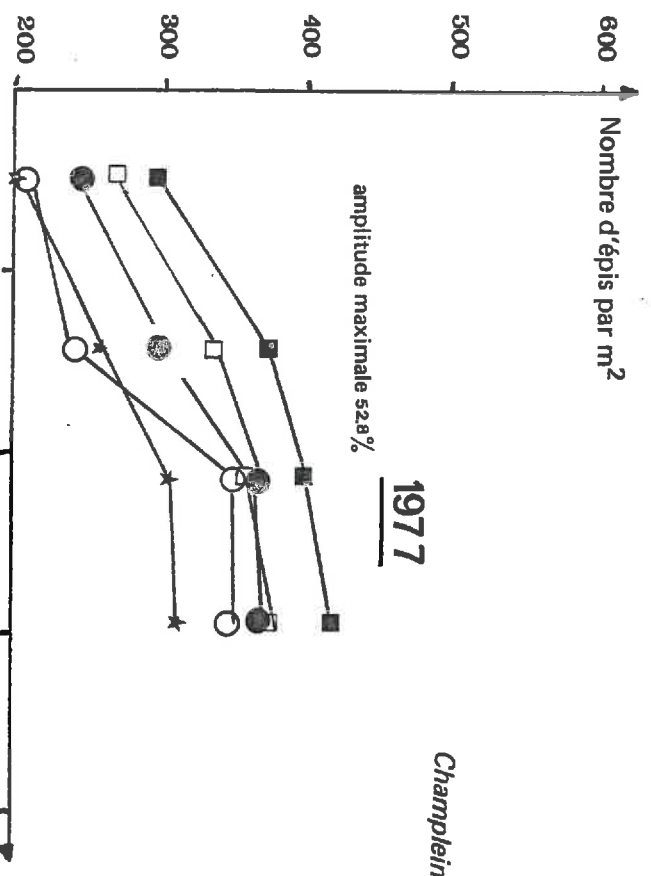


Fig. 11.34 - DIFFÉRENCE RELATIVE D'ESTIMATION DE LA FERTILITÉ PAR LES MÉTHODES DIRECTES (BATTAGE MANUEL) ET INDIRECTES (CALCUL).

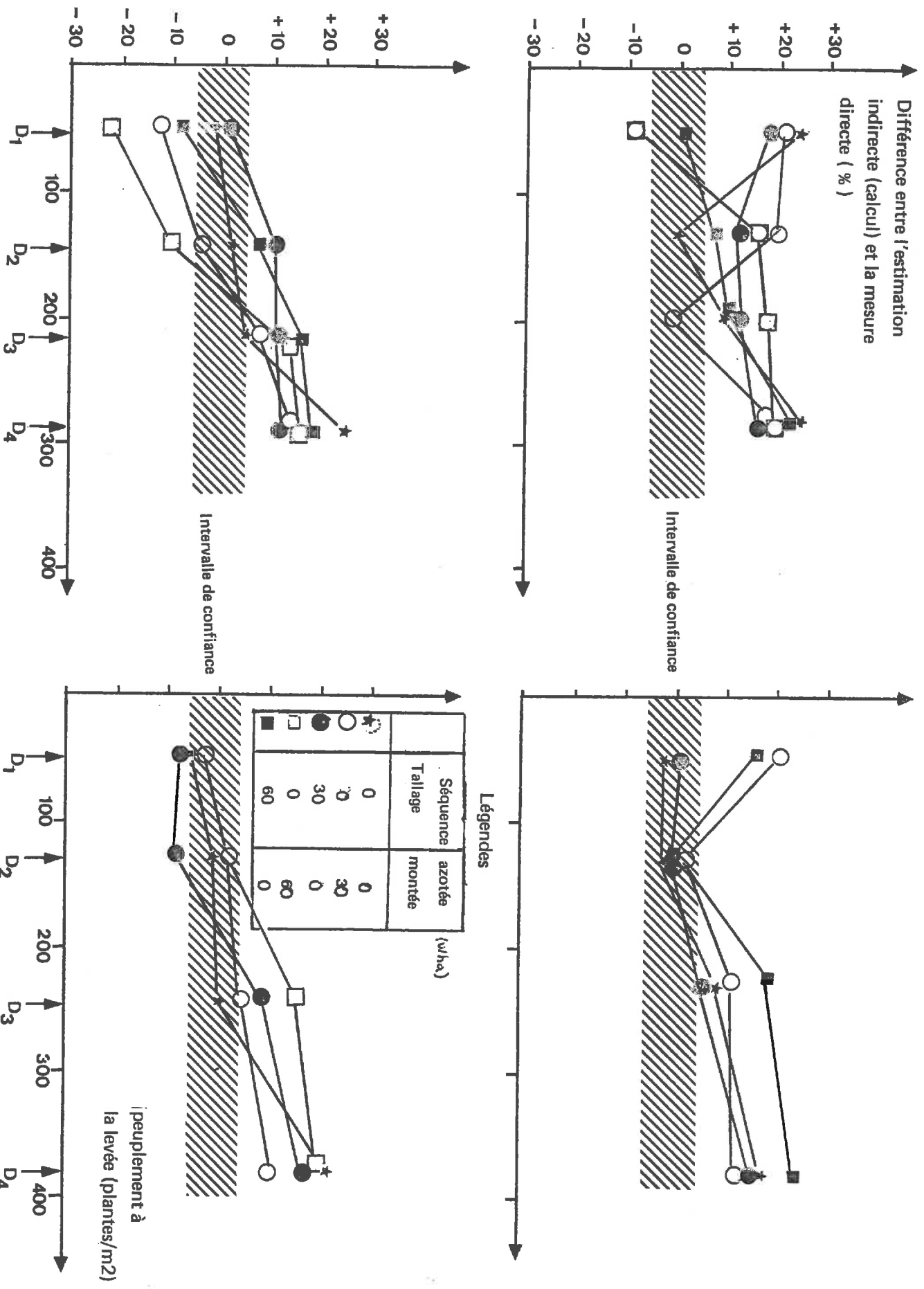


Fig. 1135 - VALEUR DU NOMBRE D'ÉPILLETS TOTAUX PAR ÉPI SELON LE CULTIVAR, L'ANNÉE ET LA TECHNIQUE CULTURALE.

Légendes

Séquence azotée

taille	montée (vr/ha)	(vr/ha)
0	0	*
0	30	○
30	0	●
0	60	■
60	0	□

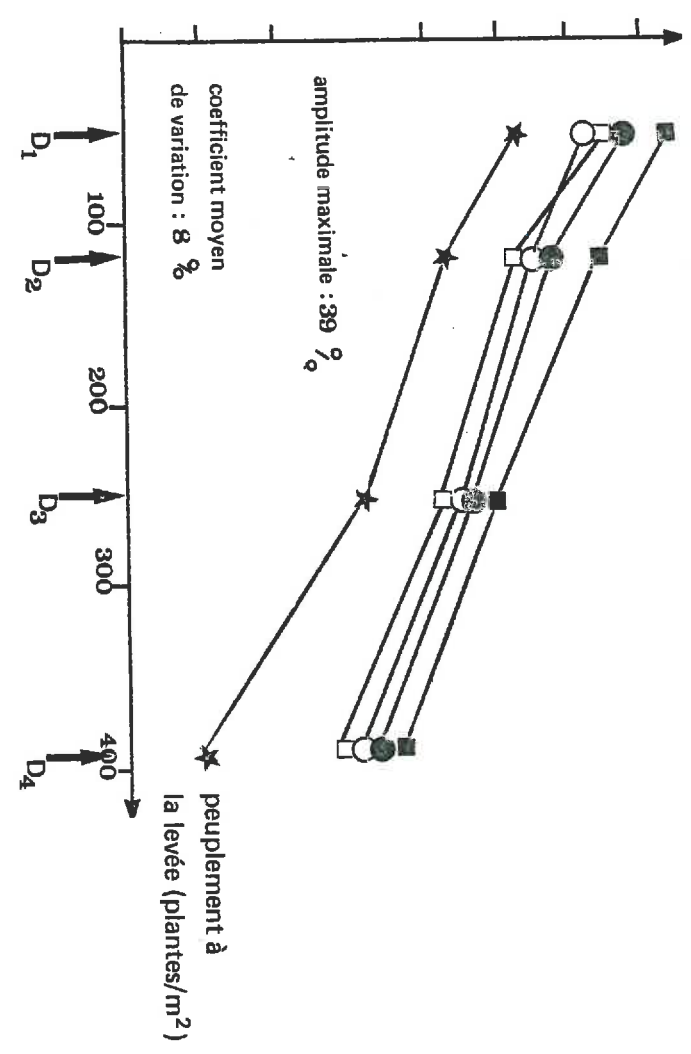
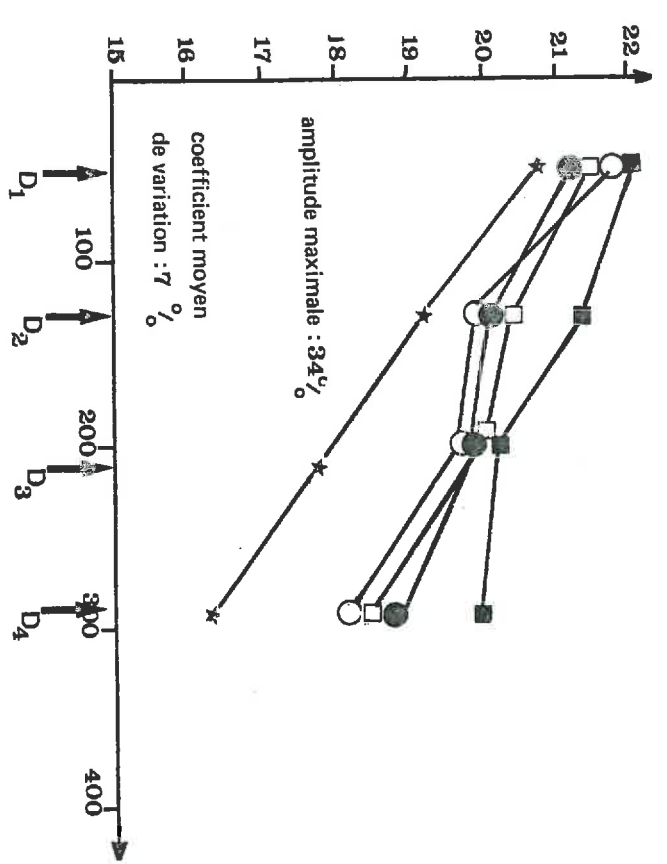
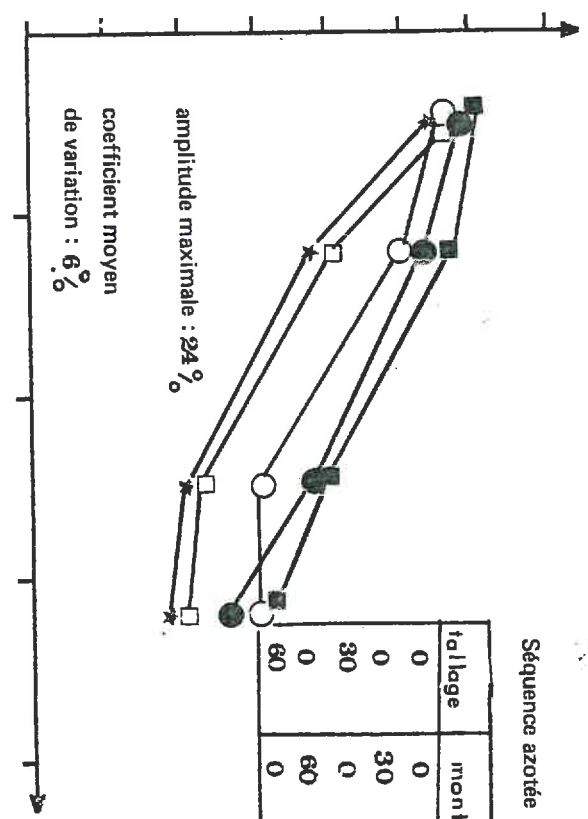
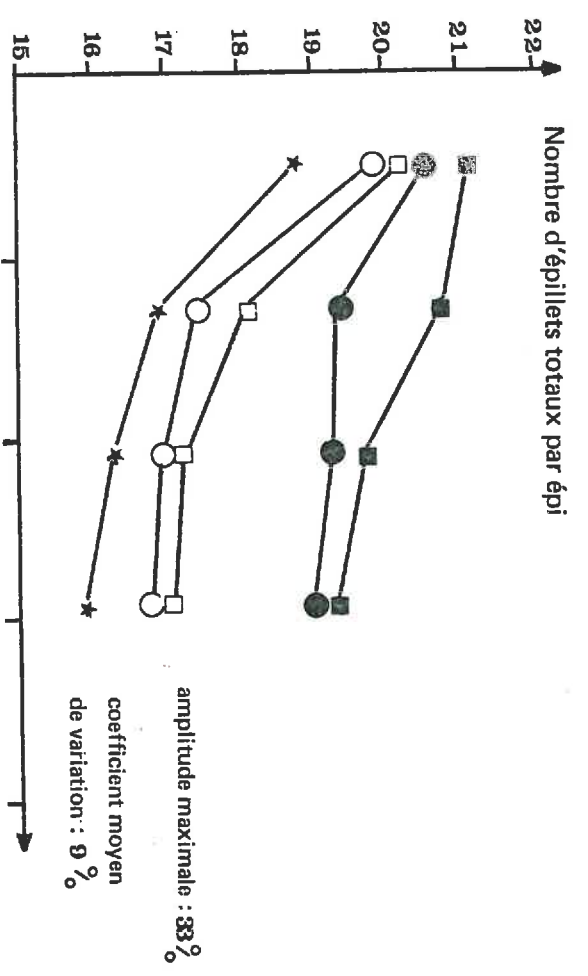
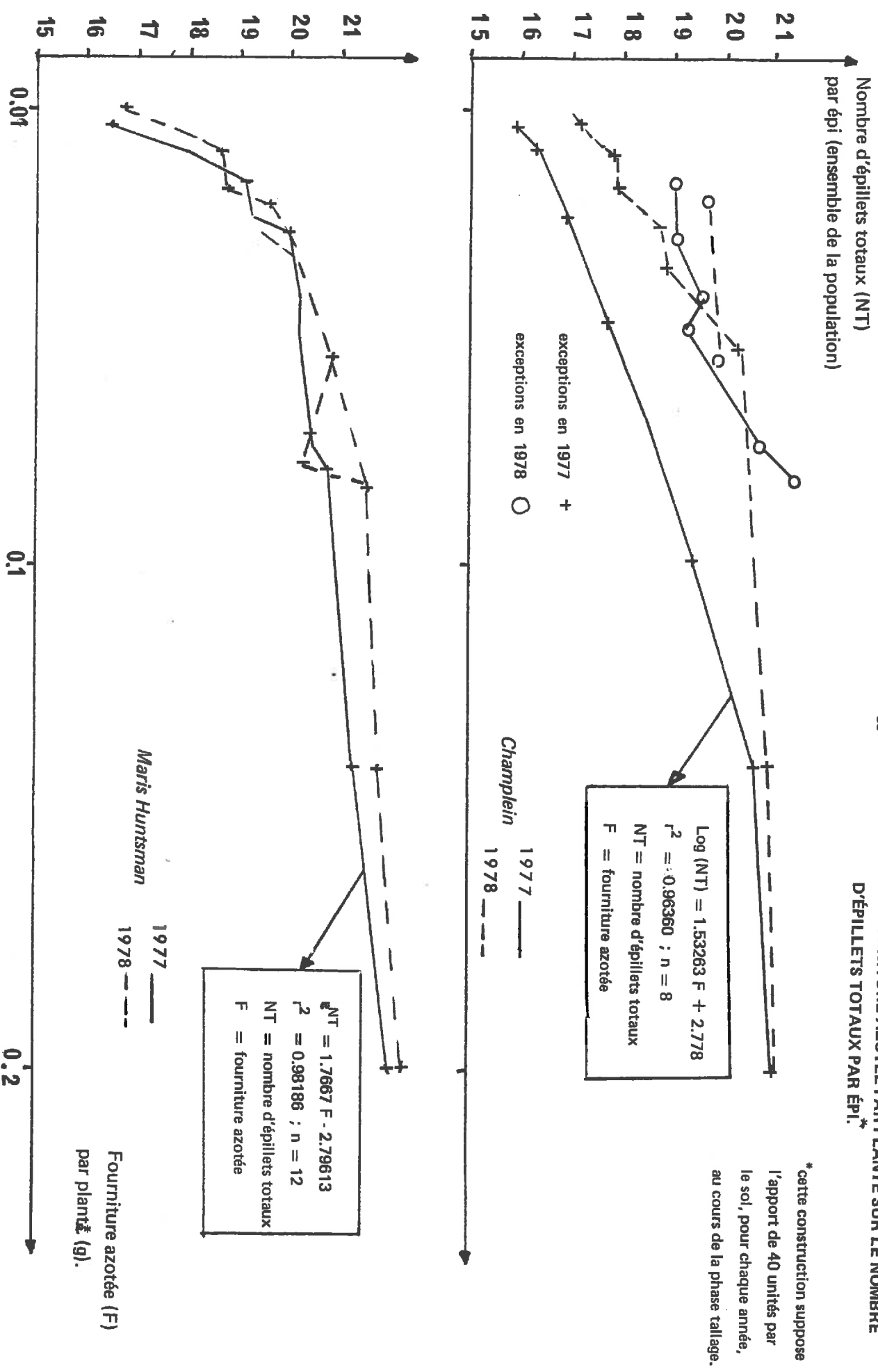


Fig. 11₃₆ - INFLUENCE DE LA FOURNITURE AZOTÉE PAR PLANTE SUR LE NOMBRE D'ÉPILLETES TOTAUX PAR ÉPI.*



* cette construction suppose l'apport de 40 unités par le sol, pour chaque année, au cours de la phase tallage.

Nombre d'épillet totaux
par épi (brins-mâitres seulement)

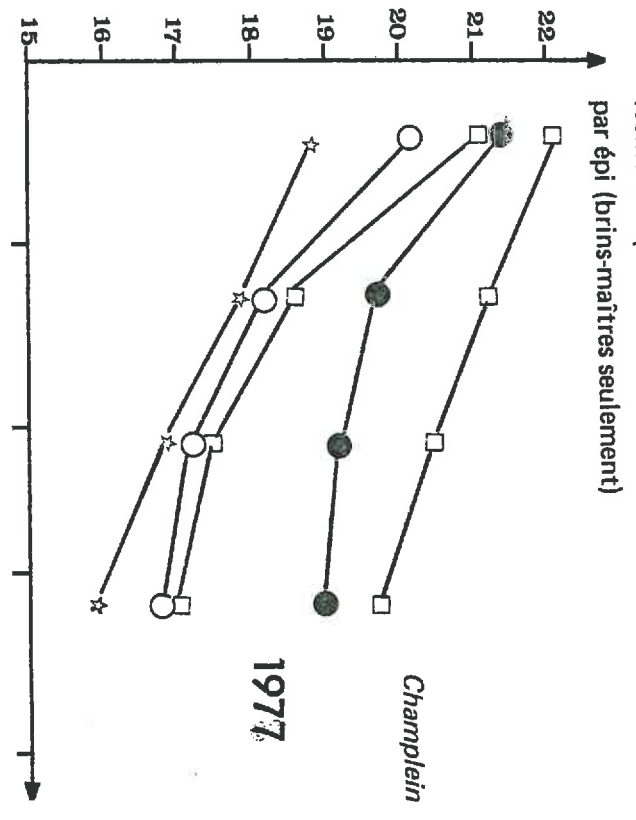
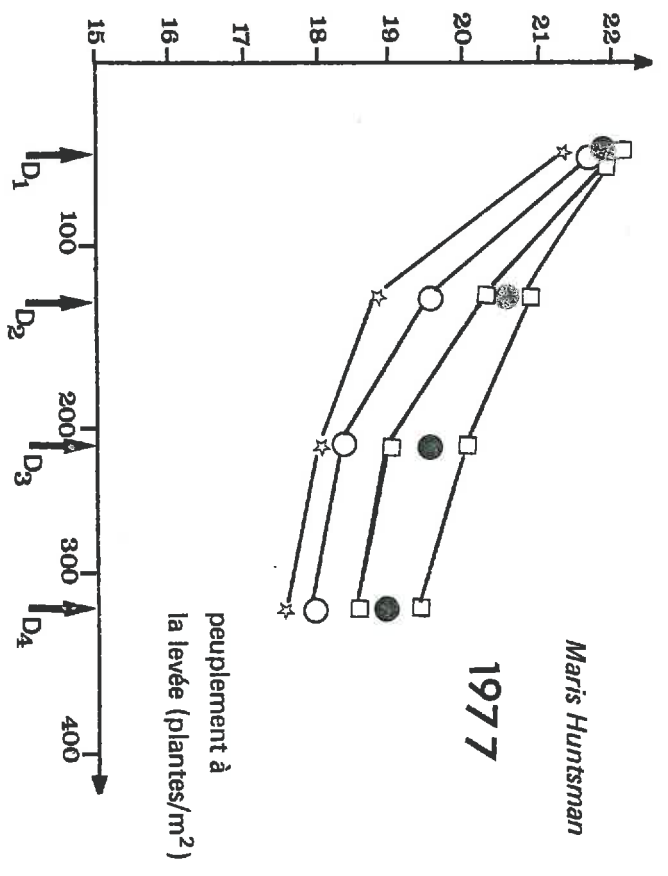
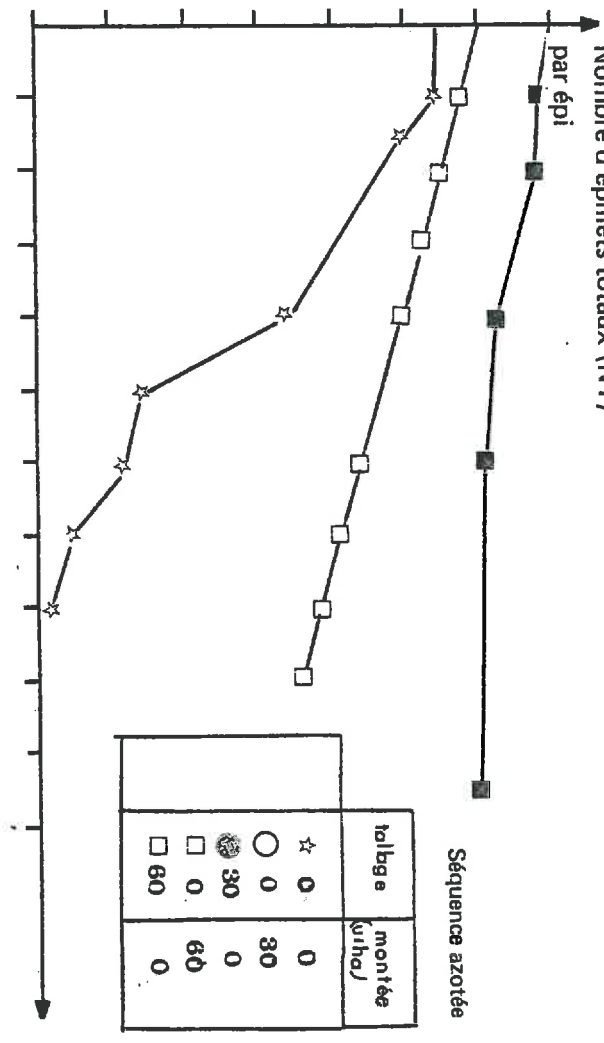


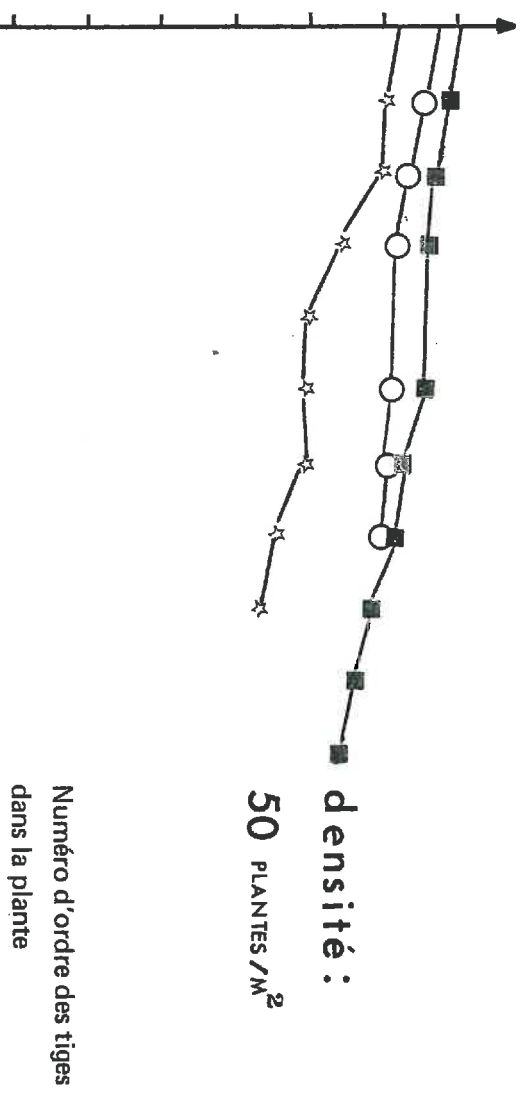
Fig. 11₃₇ - INFLUENCE DU NUMÉRO D'ORDRE DE LA TIGE DANS LA PLANTE SUR LE NOMBRE D'ÉPILLETES TOTAUX PAR ÉPI, SELON LE CULTIVAR, L'ANNÉE ET LA TECHNIQUE CULTURALE.



Nombre d'épilletes totaux (NT)
par épi



	Séquence azotée	
talbe	0	30
montée (q/ha)	0	30
☆	0	30
○	0	30
●	30	0
□	0	60
□	60	0



Numéro d'ordre des tiges
dans la plante

Fig. 11.38 - VALEUR DU NOMBRE D'ÉPILLETS REGRESSÉS PAR ÉPI SELON LE CULTIVAR, L'ANNÉE ET LA TECHNIQUE CULTURALE.

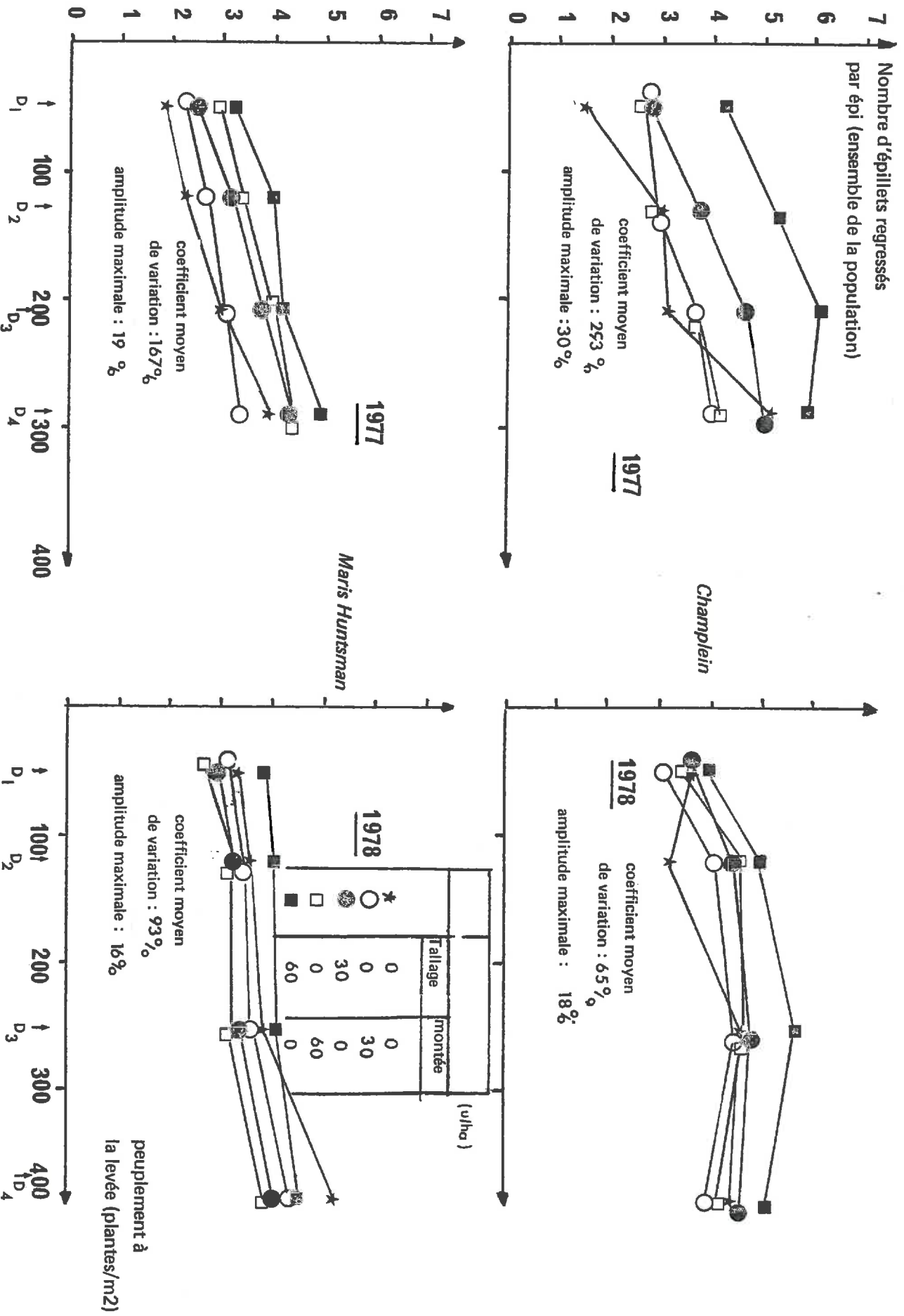


Fig. 11.39 - INFLUENCE DU NUMÉRO D'ORDRE DE LA TIGE DANS LA PLANTE SUR LE NOMBRE D'ÉPILLETS REGRESSÉS PAR ÉPI, SELON LE CULTIVAR, L'ANNÉE ET LA TECHNIQUE CULTIVAR.

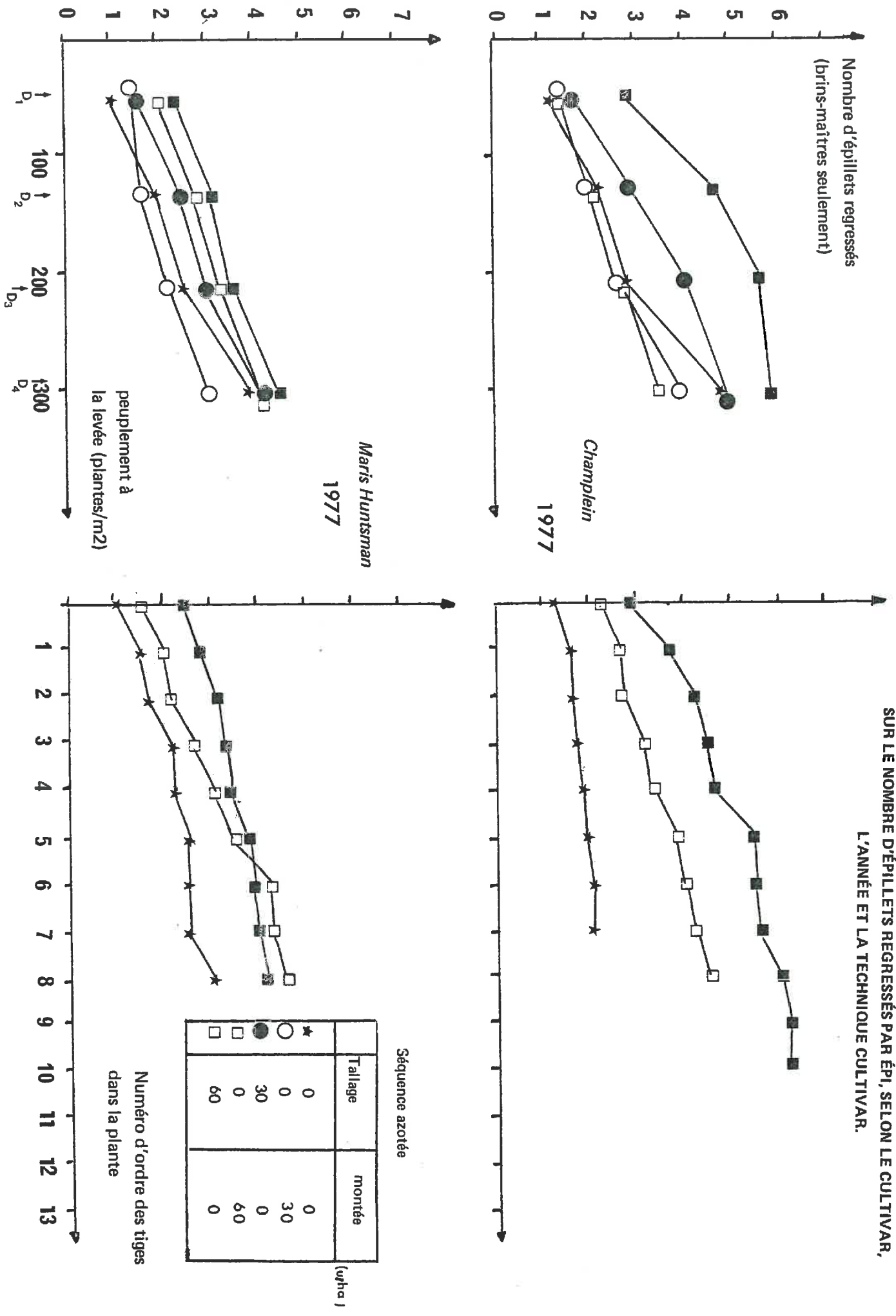
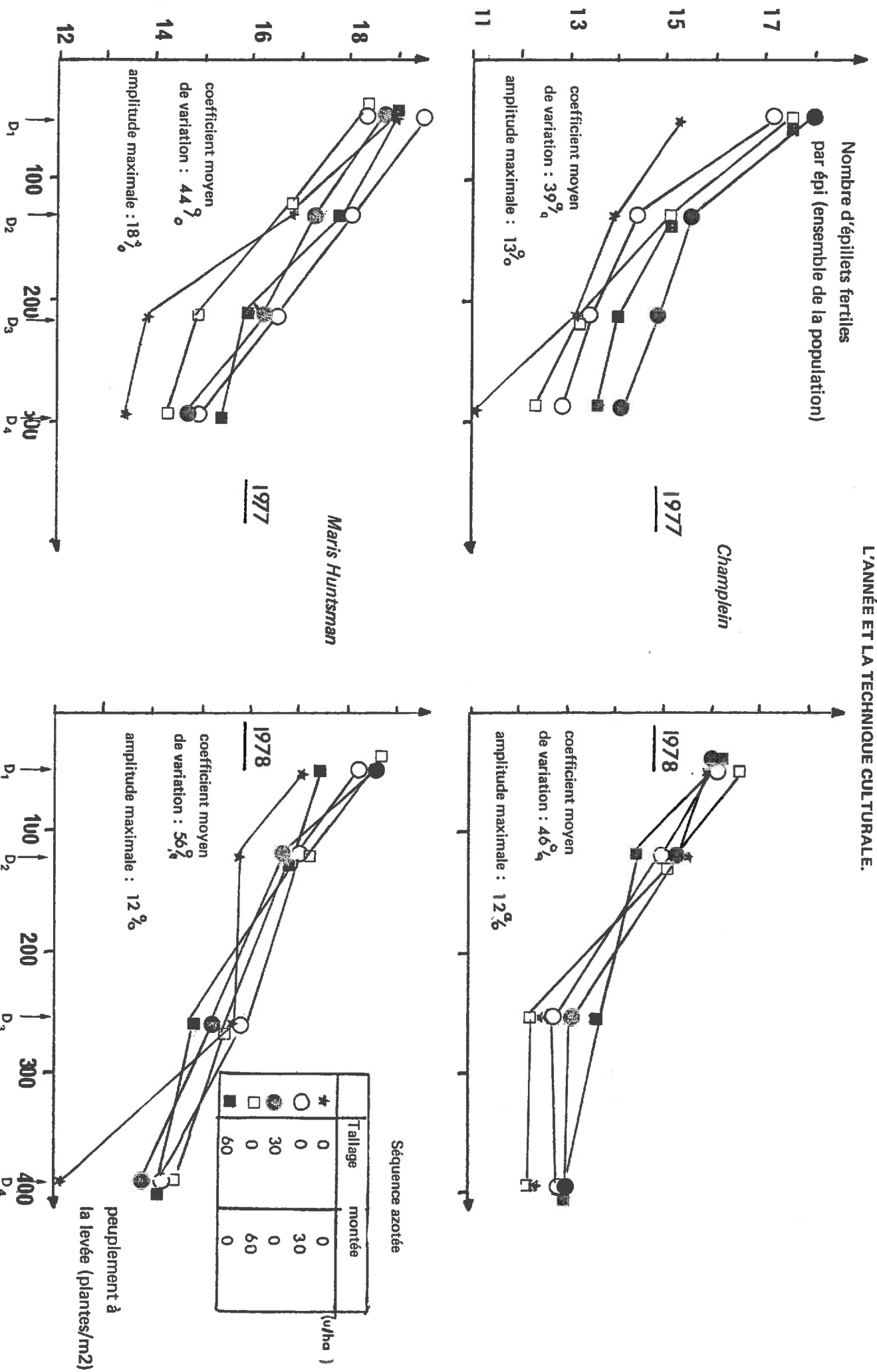


Fig. 1140 - VALEUR DU NOMBRE D'ÉPILLETS FERTILES PAR ÉPI (ENSEMBLE DE LA POPULATION) L'ANNÉE ET LA TECHNIQUE CULTURALE.



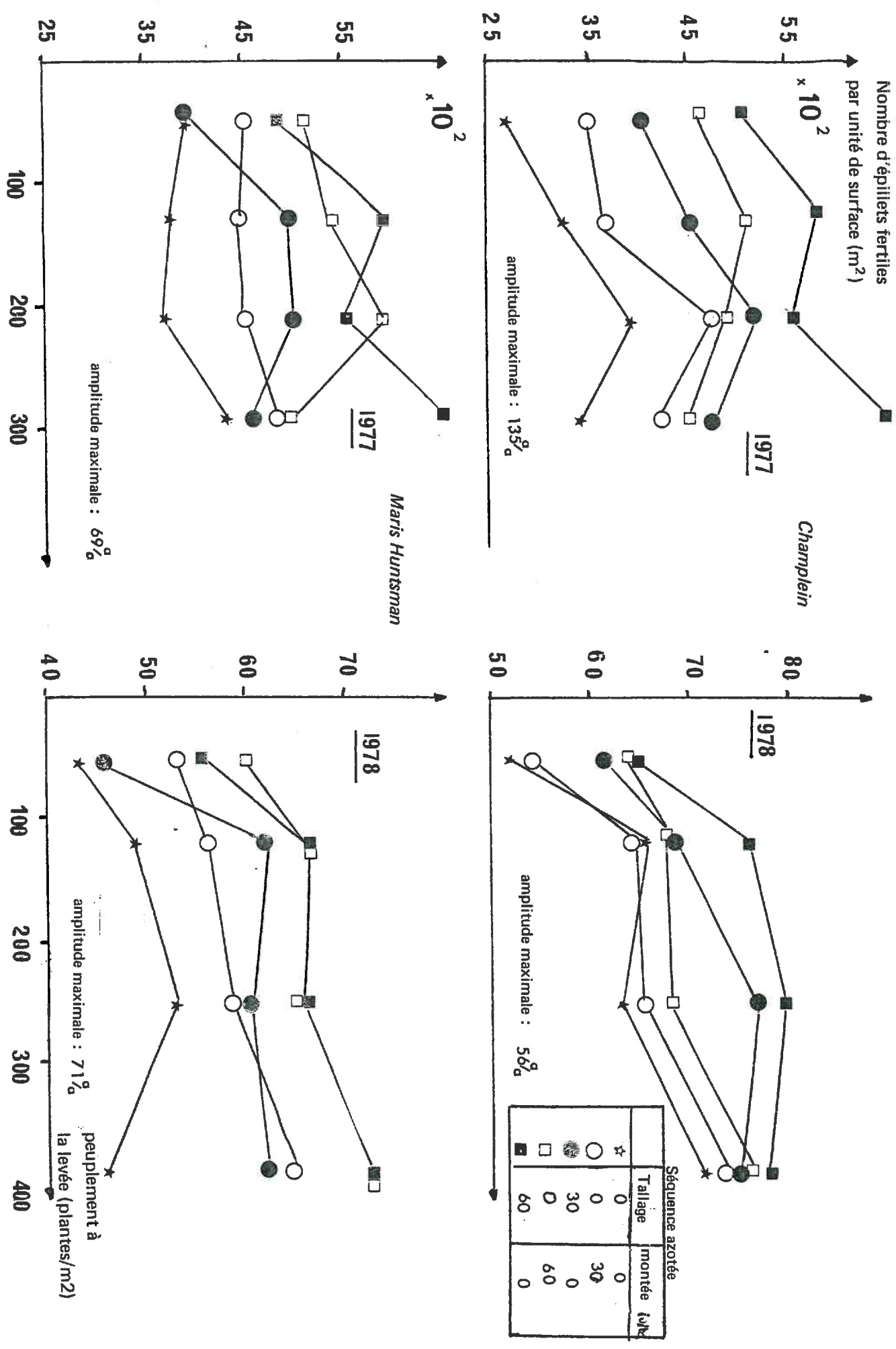
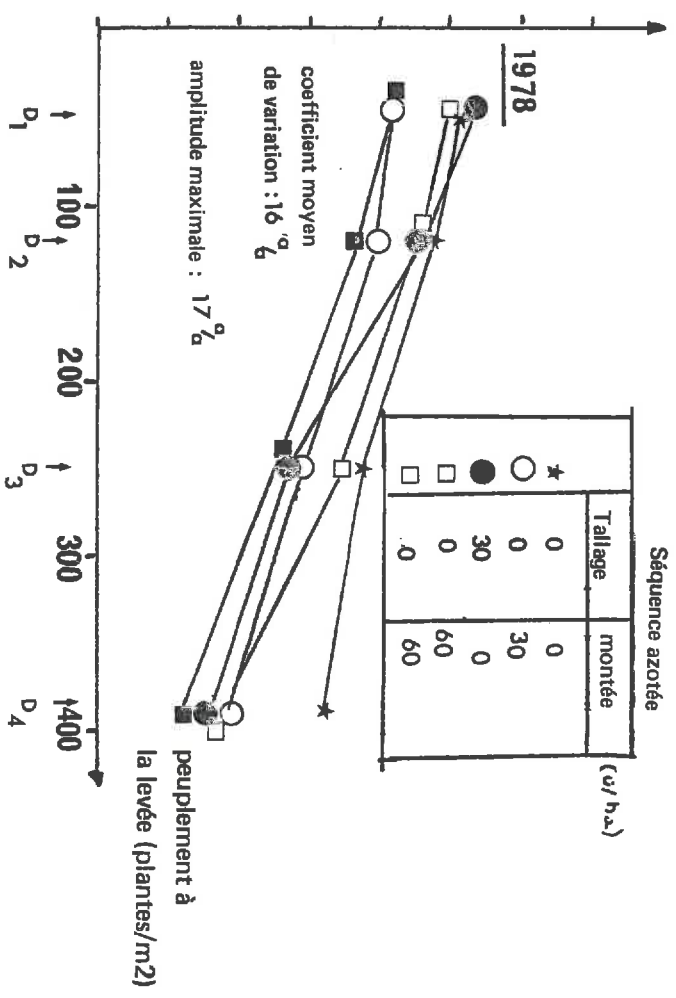
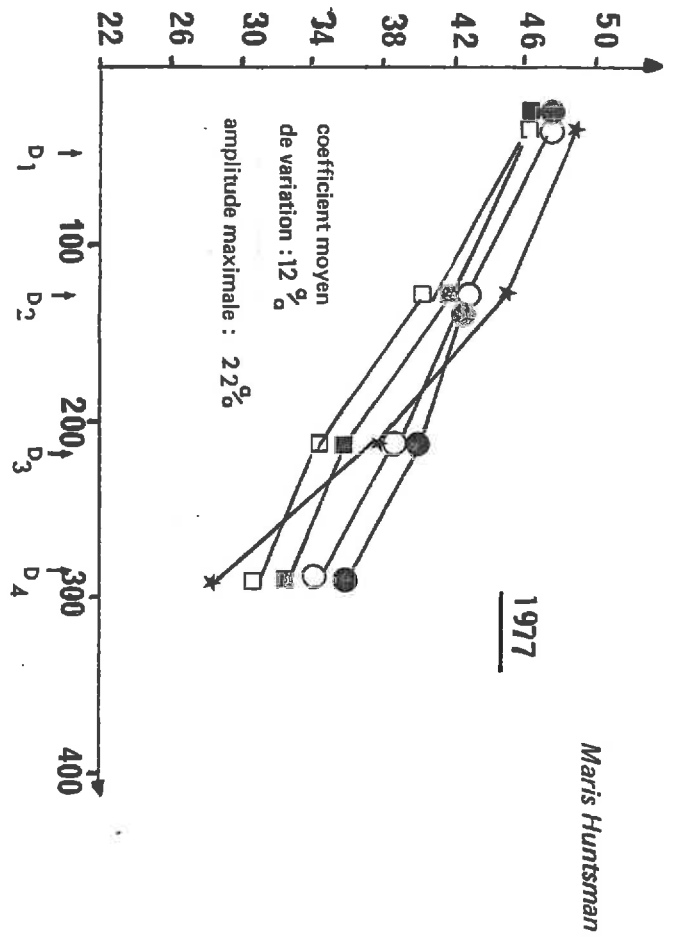
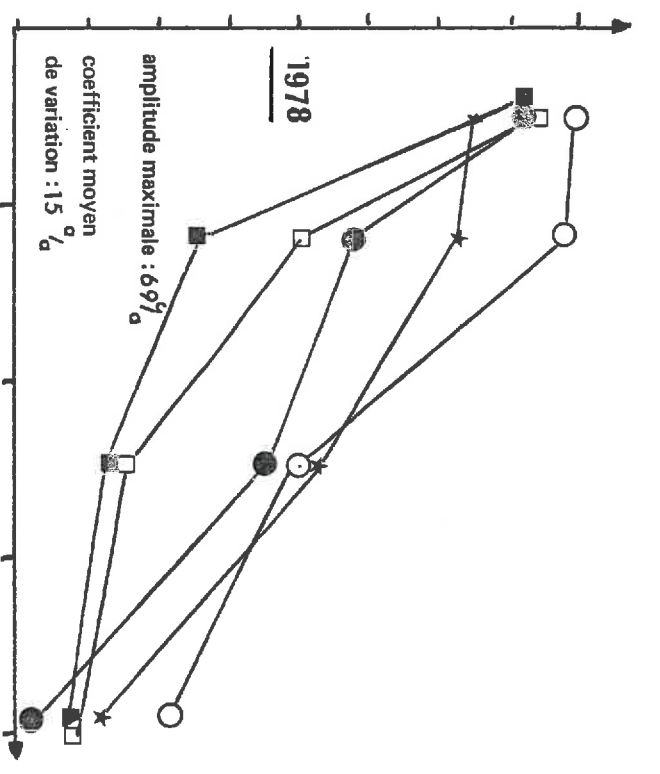
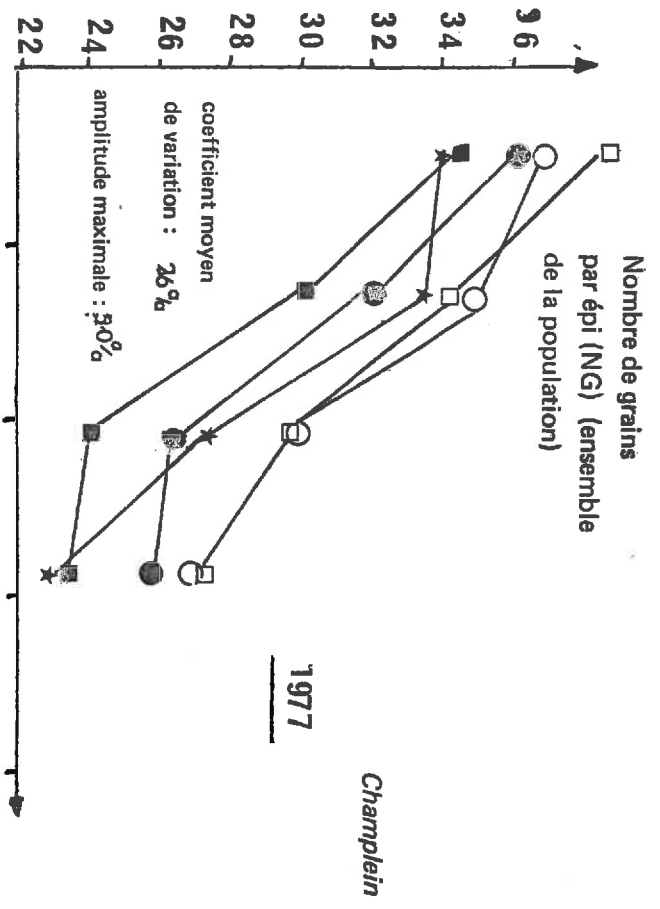


Fig. II₄₁ - VALEUR DU NOMBRE D'ÉPILLETS FERTILES PAR UNITÉ DE SURFACE SELON LE CULTIVAR, L'ANNÉE ET LA TECHNIQUE CULTURALE.

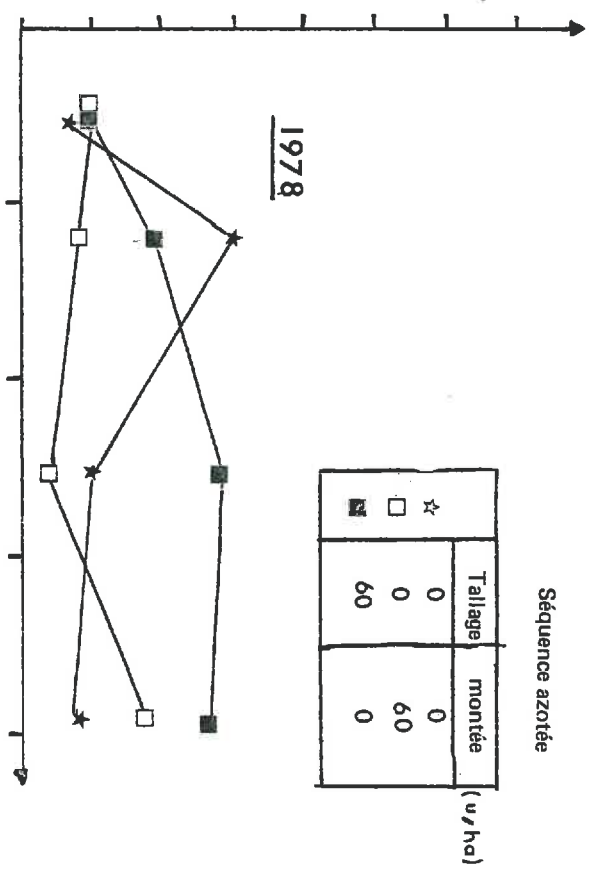
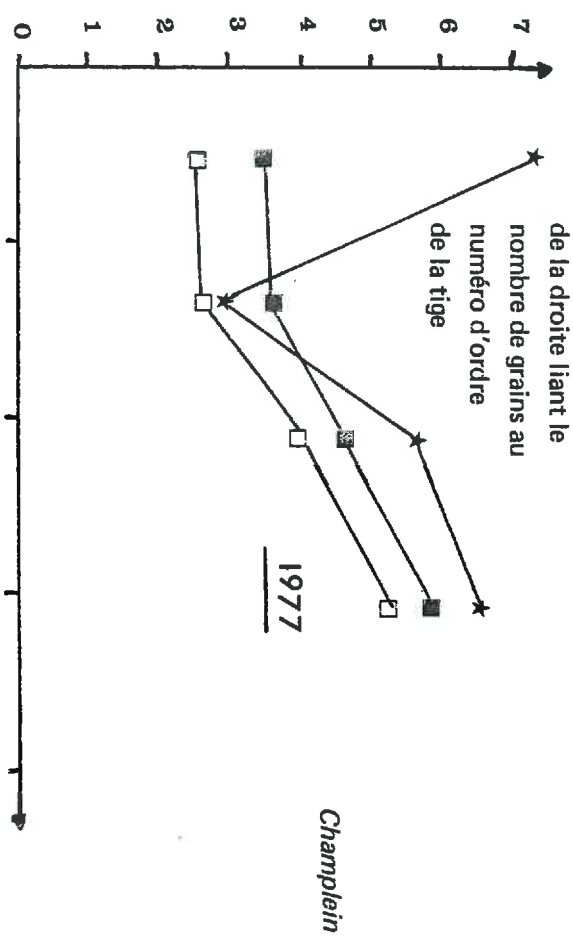


Séquence azotée (g/h.a.)

Tillage	montée	
	0	60
★	0	0
○	0	30
●	30	0
□	0	60
◻	0	0

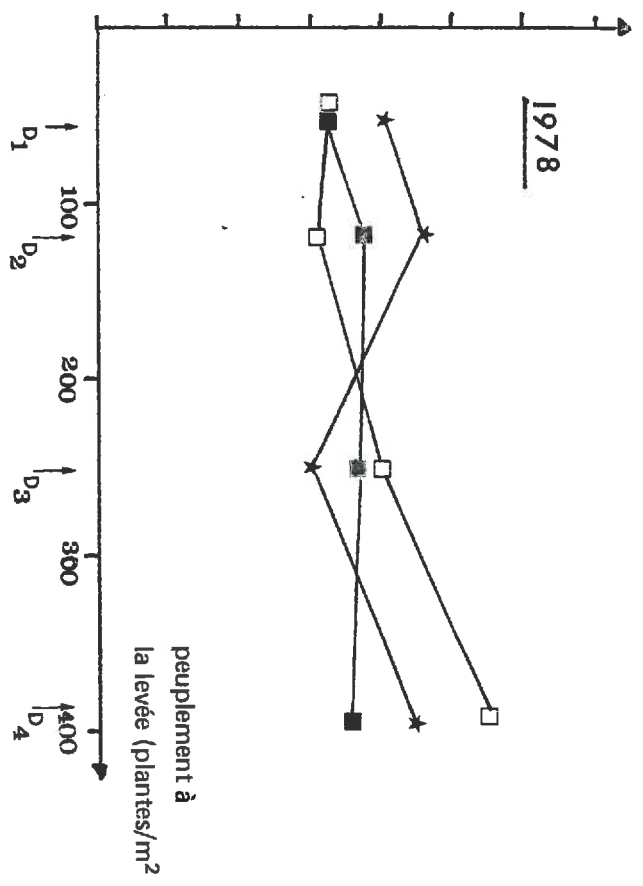
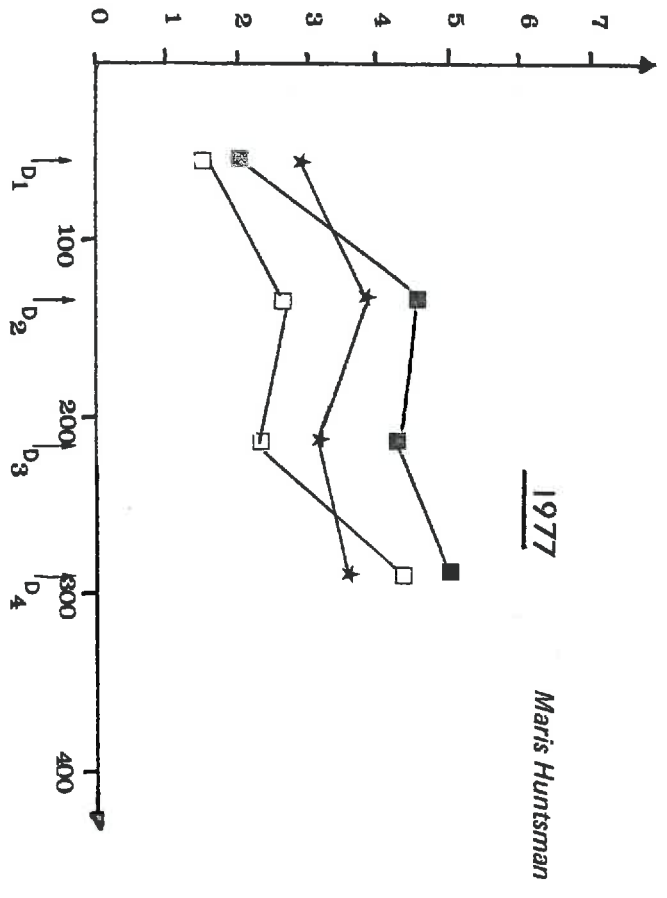
Fig. 11₄₂ - VALEUR DU NOMBRE TOTAL DE GRAINS PAR ÉPI SELON LE CULTIVAR, L'ANNÉE

Opposé de la pente
de la droite liant le
nombre de grains au
numéro d'ordre
de la tige



Séquence azotée (N/ha)

Tallage	montée	
	0	60
☆	0	60
□	0	0
■	60	0



peuplement à
la levée (plantes/m²)

Fig. 11₄₃ - INFLUENCE DU NUMÉRO D'ORDRE DE LA TIGE DANS LA PLANTE SUR LE NOMBRE DE GRAINS PAR ÉPI, SELON LE CULTIVAR, L'ANNÉE, ET LA TECHNIQUE CULTURALE.

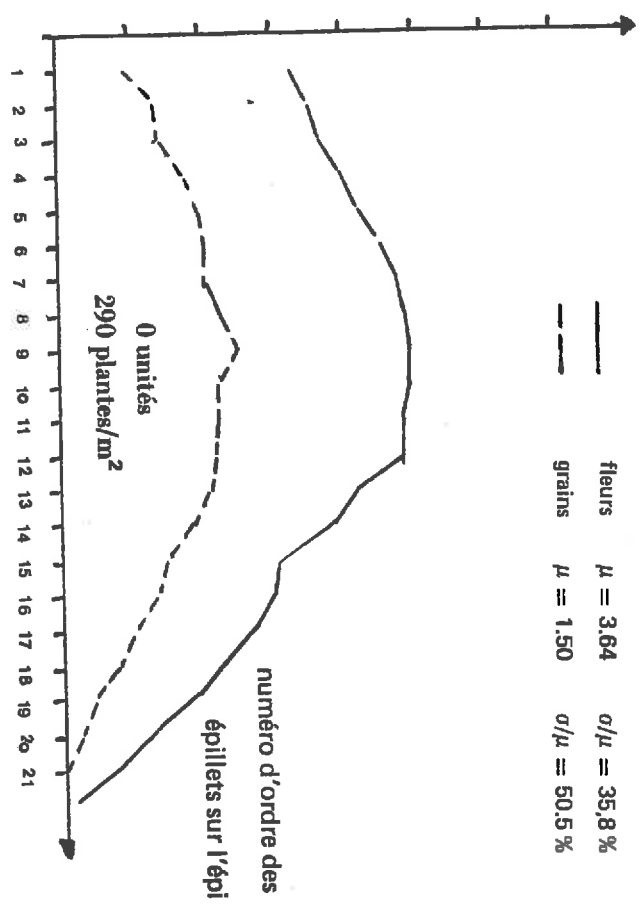
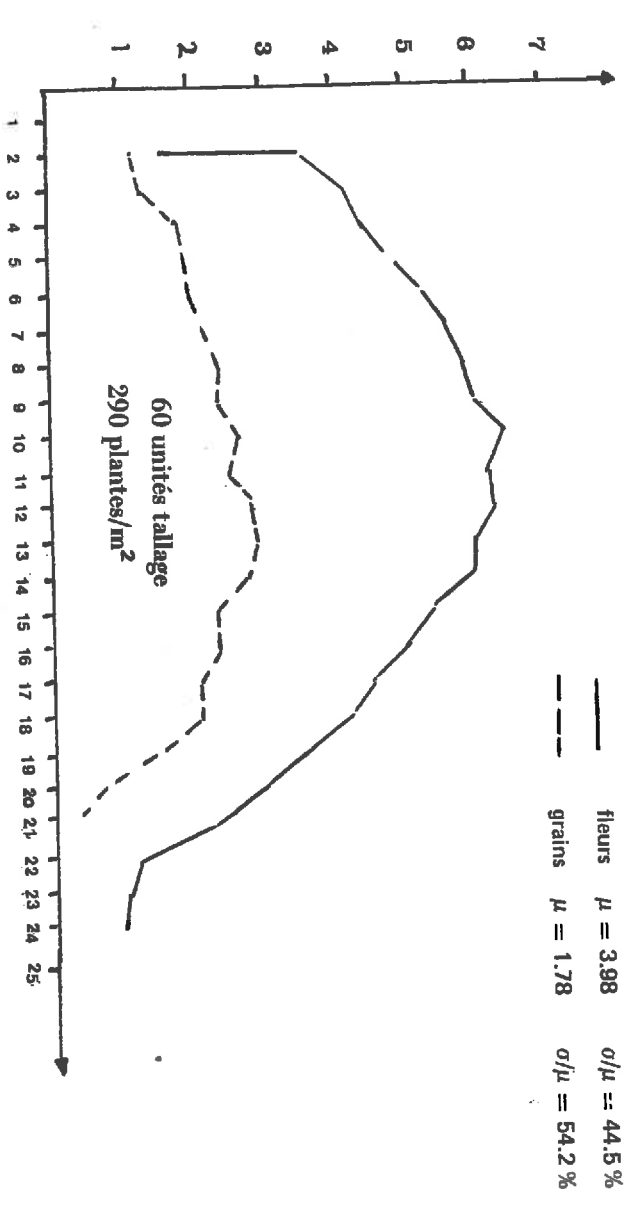
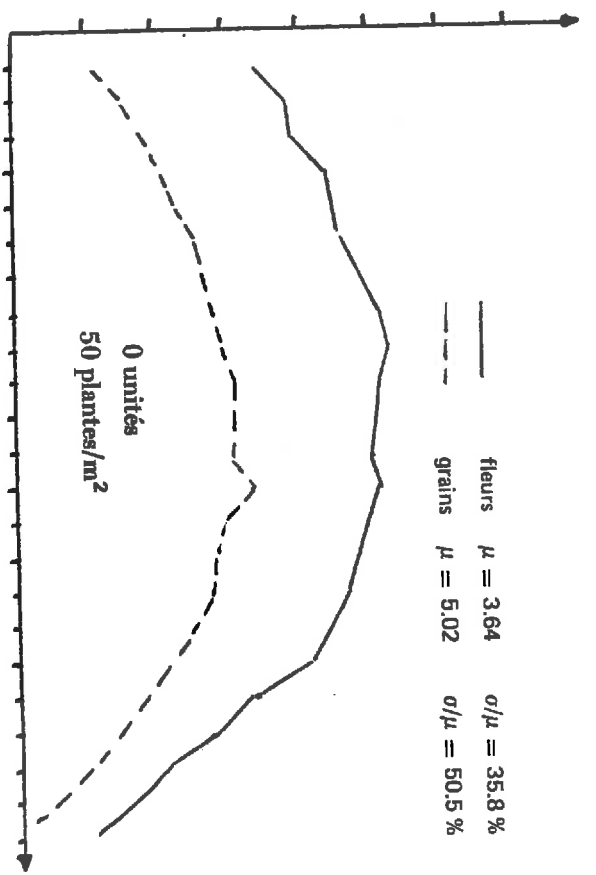
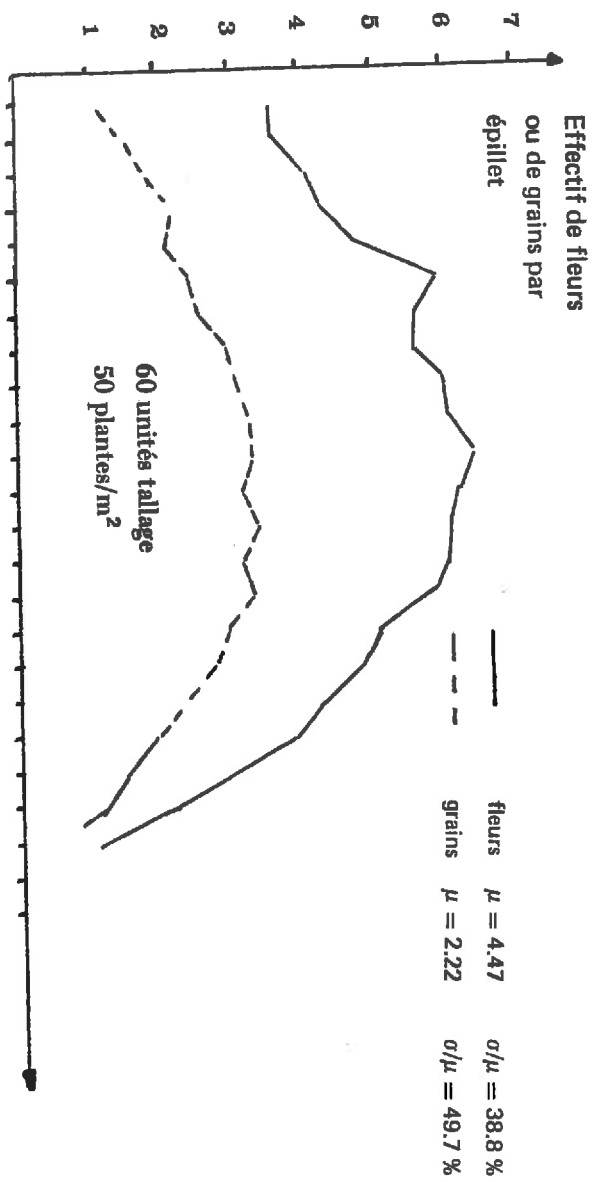


Fig. II₄₄ - INFLUENCE DE LA POSITION DE L'ÉPILLET SUR L'ÉPI, SUR LE NOMBRE DE GRAINS PAR ÉPILLET, POUR QUATRE TRAITEMENTS EXTRÊMES*

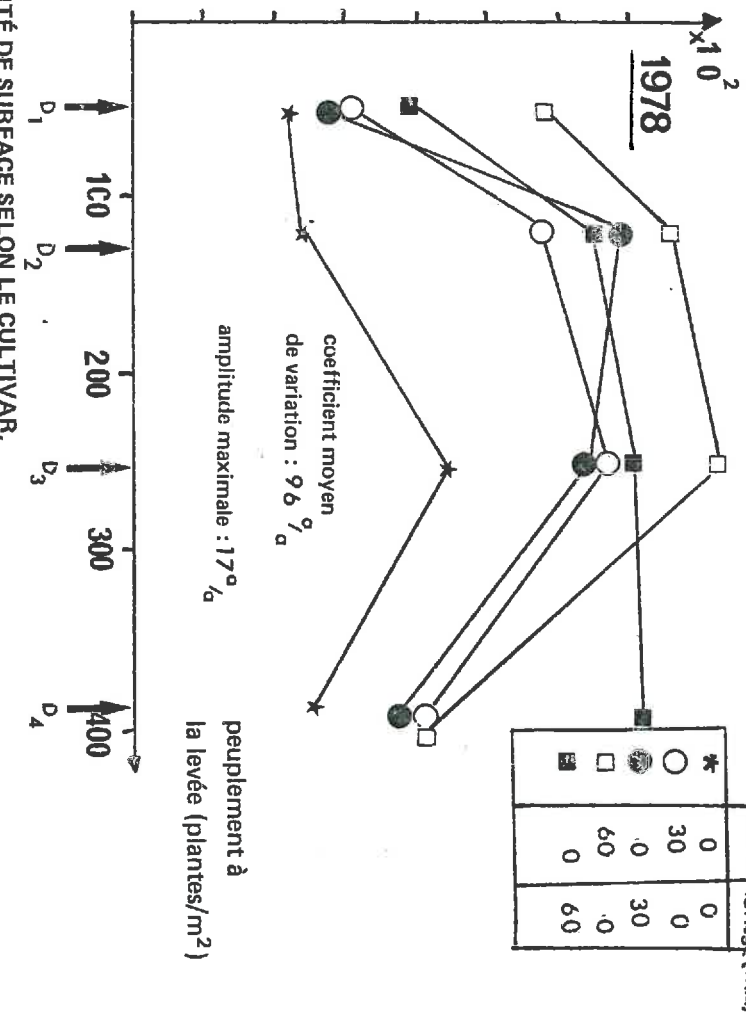
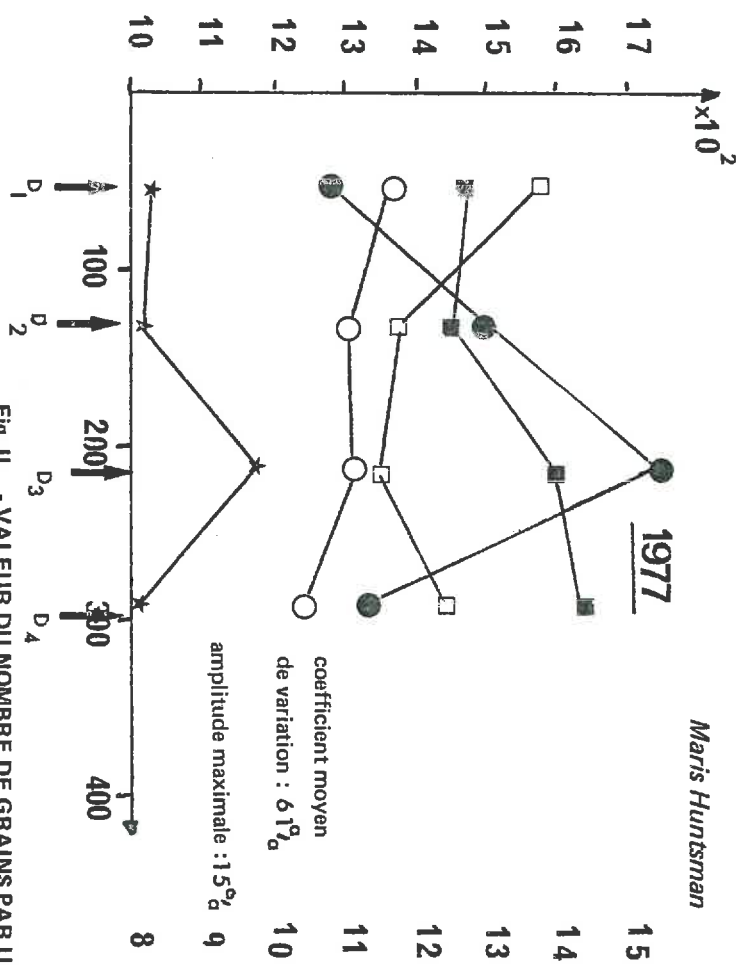
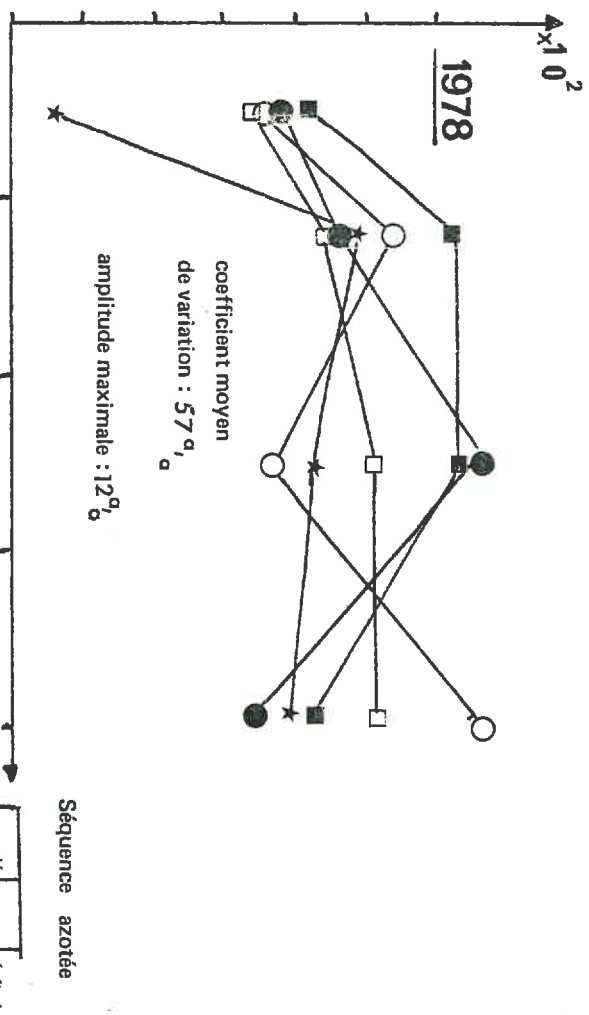
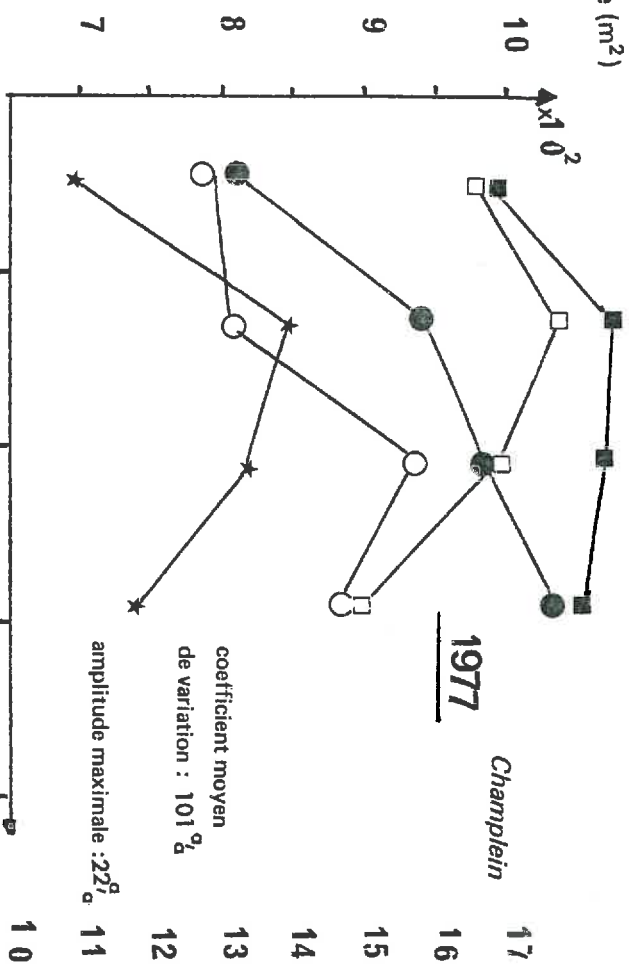


Fig. 11.45 - VALEUR DU NOMBRE DE GRAINS PAR UNITÉ DE SURFACE SELON LE CULTIVAR, L'ANNÉE ET LA TECHNIQUE CULTIVAR.

Fig. 11₉₆ - VALEURS DU POIDS DE MILLE GRAINS SECS SELON LE CULTIVAR, L'ANNÉE ET LA TECHNIQUE CULTIVAR.

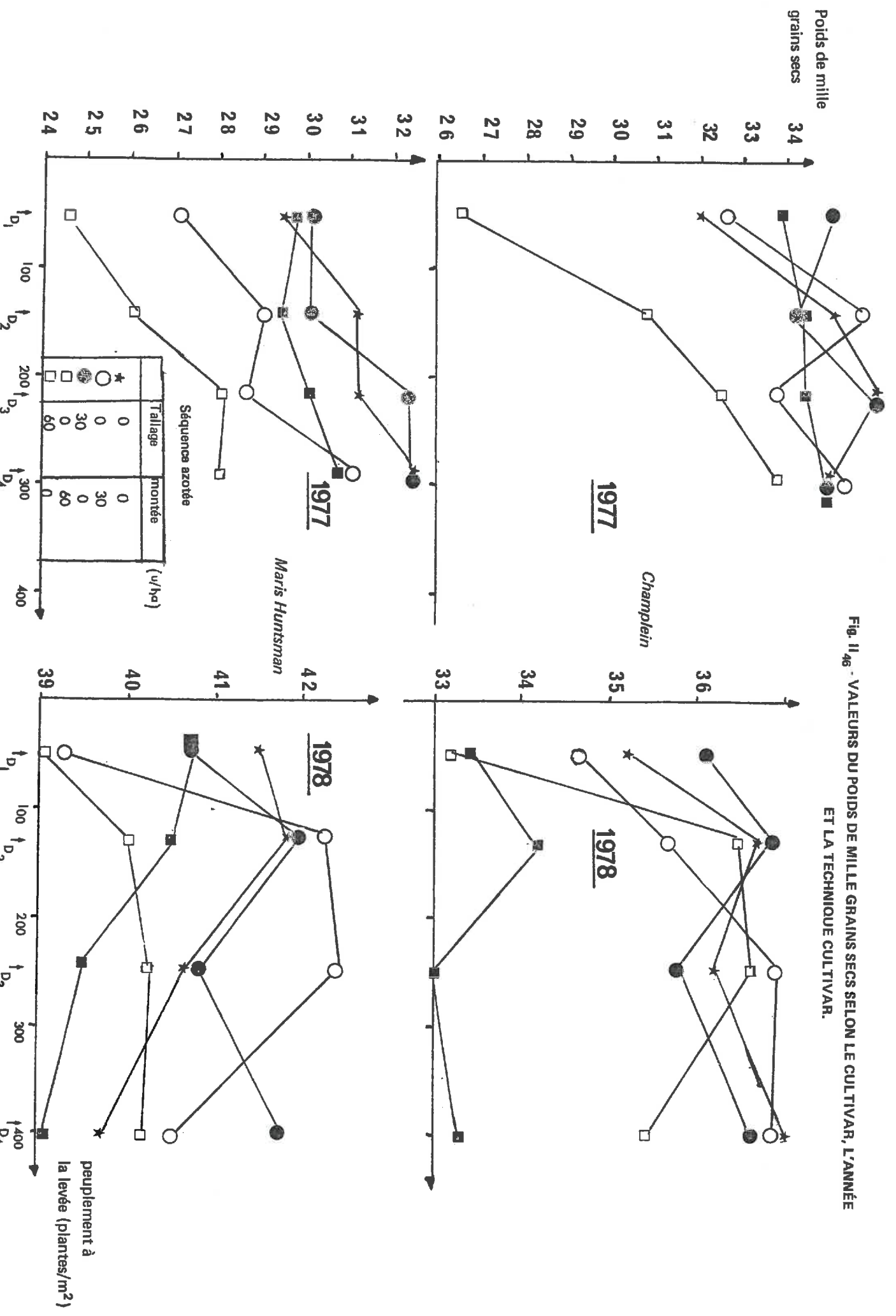


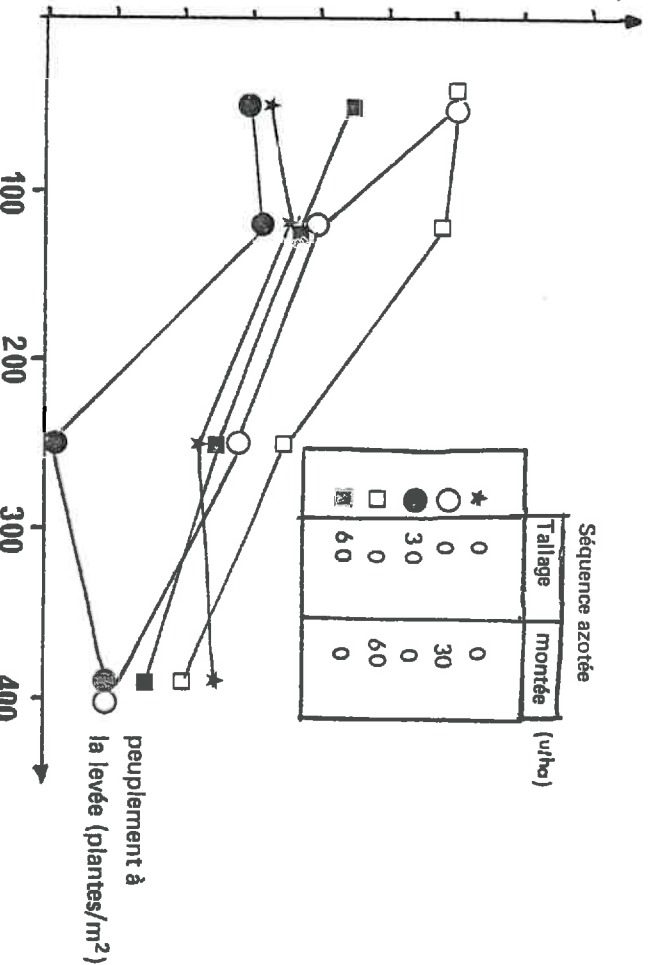
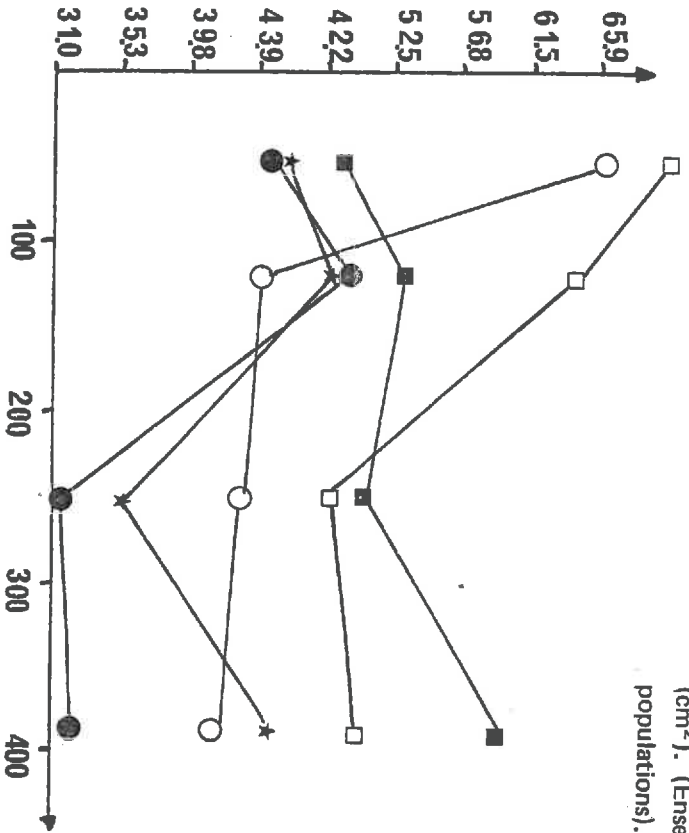
TABLEAU DE L'ANALYSE DE VARIANCE		REGROUPEMENT DES TRAITEMENTS (P P D S NEWMANS ET KAULS)	CONTRASTES SUR LES MODALITES AZOTES	TEST F	RECHERCHE DE LA FONCTION DE PRODUCTION
SITUATION	DENSITE				
CHAMPLLEIN: 1977	10.24 ^{xxx}	D ₁ D ₂ D ₃ D ₄	N/TEMOIN NS	Constan-: 30.226	34.520 34.368
	12.91 ^{xxx}	↔	N TALLAGE/TEMOIN NS	Linéaire: +0.03405	0 -0.0478
	1.53	↔	N MONTEE/TEMOIN ^{xxx}	Quadra-	
	5.6%	↔	60M 30M 0 60T 30T	ti que : +0.0000646	0 +0.00181
CHAMPLLEIN: 1978	3.20 ^x	D ₁ D ₃ D ₄ D ₂	N/TEMOIN 5.7 ^{xxx} (+)	Constan-: 34.196	36.390 36.215
	9.12 ^{xxx}	↔	N TALLAGE/TEMOIN ^x	Linéaire: +0.01234	-0.050 -0.015
	1.08	↔	N MONTEE/TEMOIN ^{xxx}	Quadra-	
	4.8%	↔	60T 60 M 30M 0 30T	ti que : 9.9 ^{xxx} (+)	0 non non
MARIS: 1977	13.78 ^{xxx}	D ₁ D ₂ D ₃ D ₄	N/TEMOIN 12.6 ^{xxx} (+)	Constan-: 27.988	32.918 31.855
	8.39 ^{xxx}	↔	N TALLAGE/TEMOIN NS	Linéaire: +0.012469	-0.1010 -0.08714
	1.57	↔	N MONTEE/TEMOIN ^{xxx}	Quadra-	
	9.3%	↔	60M 30M 60T 0 30T	ti que : 34.3 ^{xxx} (-)	0 +0.00212 0
MARIS: 1978	9.15	D ₄ D ₁ D ₃ D ₂	N/TEMOIN N.S.:	Constan-: 40.530	41.425 40.580
	2.67 ^x	↔	N TALLAGE/TEMOIN N.S.:	Linéaire: 0	-0.0223 0
	0.96	↔	N MONTEE/TEMOIN N.S.:	Quadra-	
	3.9%	↔	60T 60M 0 30M 30T	ti que : 0	0 0 0

LEGENDE : (1) C.V.M. = Coefficient de variation.
(2) D₁, D₂, D₃, D₄ = densité de semis.

Fig. II 47 - ANALYSE STATISTIQUES DU POIDS DE MILLE GRAINS SECS.

Surface du limbe de la
feuille culinaire par tige
(cm²). (Ensemble de la
population).

Surface du limbe de la
feuille sous-culinaire
(cm²). (Ensemble de
populations).



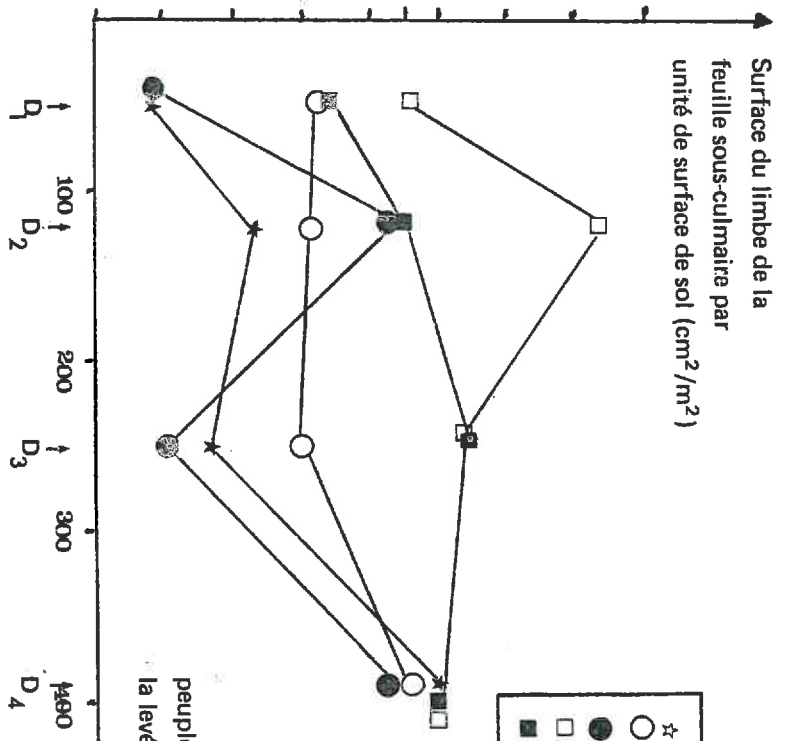
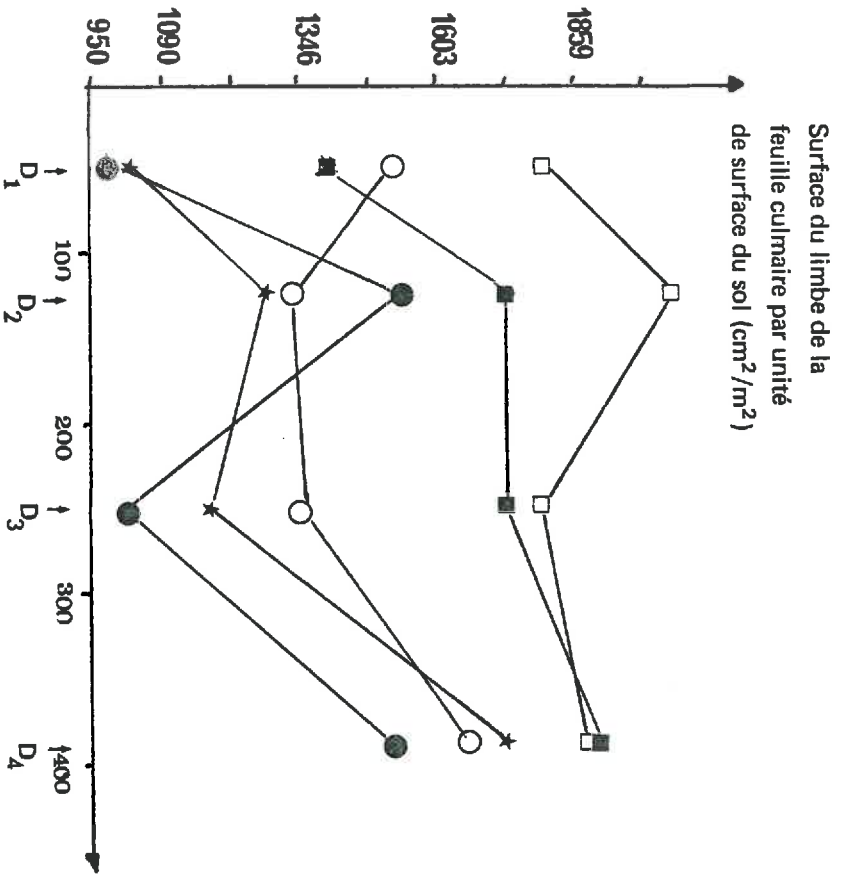
SITUATION : TABLEAU DE L'ANA- LYSE DE VARIANCE		REGROUPEMENT DES TRAITEMENTS (P, P, D, S, NEMANS ET KAUS)		CONTRASTES SUR LES MODALITES AZOTES		RECHERCHE DE LA FONCTION DE PRODUCTION		
				TEST F		COMPO- SANTÉ		
: DENSITE	11,6 ^{xxx}	D ₃ D ₄ D ₂ D ₁	: N/TEMOIN	3,4 ^x (+)	Constan-	393,7	329,7	334,6
: AZOTE	9,50 ^{xxx}		: N TALLAGE/TEMOIN	te		0,6273	0	-2,983
: FEUILLE			: N MONTEE/TEMOIN	Quadra-				
: CULMAIRE	INTERACTION 7,9, x	SOT (0) SOT 30M SOT 20T	: N TALLAGE/MONTEE	17,8 ⁽⁺⁾	ti que	+0,000941	0	+1,3979
: C.V.M.	2,8		: N TALLAGE/MONTEE	18,5 ⁽⁺⁾	Cubique	0		non testé
: DENSITE	22,27 ^{xxx}	D ₄ D ₃ D ₂ D ₁	: N/TEMOIN	3,7 ^x (+)	Constan-	349,8	307,2	317,6
: AZOTE	6,83 ^{xxx}		: N TALLAGE/TEMOIN	te				
: FEUILLE			: N MONTEE/TEMOIN	Quadra-				
: SOUS	DENSITEAZOTE 1,83	SOT (0) SOT 30M	: N TALLAGE/MONTEE	12,0 ⁽⁺⁾	ti que	+0,0000165	0	+0,3770
: CULMAIRE	C.V.M. 0,10,3		: N TALLAGE/MONTEE	15,5 ⁽⁺⁾	Cubique	0		non testé

Fig. 11 48 - VALEUR DE LA SURFACE DES DERNIÈRES LIMBES FOLIAIRES SELON

LA TECHNIQUE CULTURALE *

* Maris Huntsman

1972



Séquence azotée	la levée (plantes/m²)	
	taillage	manière (y/h/a)
0	0	0
30	0	30
60	0	60
0	0	0

Situation	Tableau ANVAR	Regroupement des traitements
Surface feuille:Densité	6,65xxx	D ₁ D ₂ D ₃ D ₄
:culmaire par m2:Azote	11,68xxx	D ₁ D ₂ D ₃ D ₄
: Interaction	1,47	0 30T 30M 60T 60M
Surface feuille:Densité	9,14xxx	D ₁ D ₂ D ₃ D ₄
:sous culmaire :Azote	9,45xxx	D ₁ D ₂ D ₃ D ₄
:par m2 : Interaction	1,52	0 30T 30M 60T 60M

Fig. 11₄₉ - TAUX DE COUVERTURE PAR UNITÉ DE SURFACE ASSURÉ PAR LES LIMBES DES FEUILLES CULMAIRES ET SOUS-CULMAIRES *

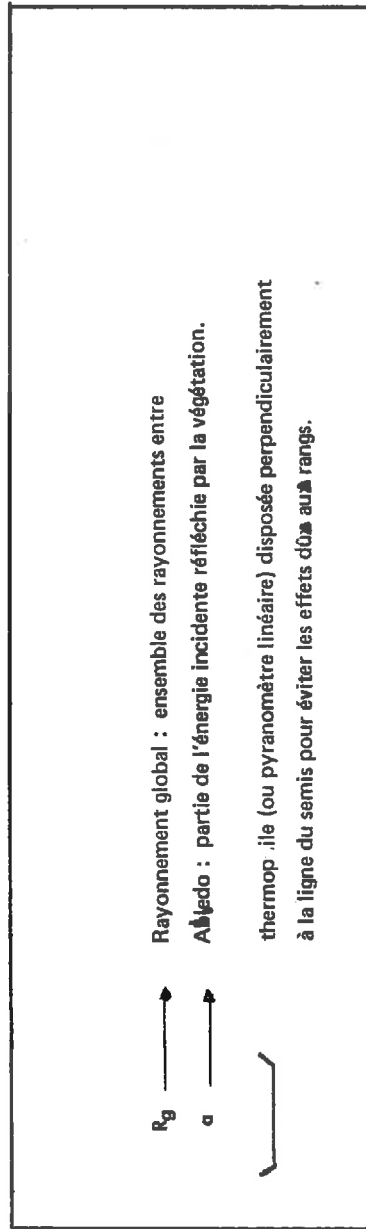
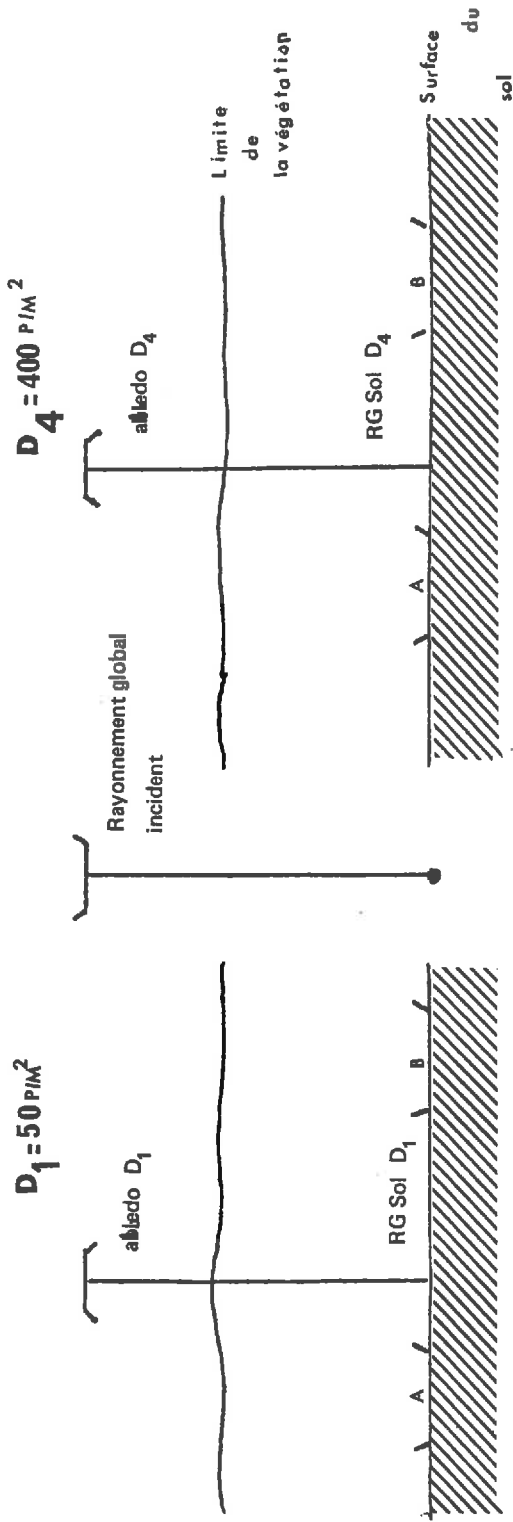


Fig. II 50 - REPRÉSENTATION SCHEMATIQUE DES PYRANOMÈTRES LINÉAIRES*.

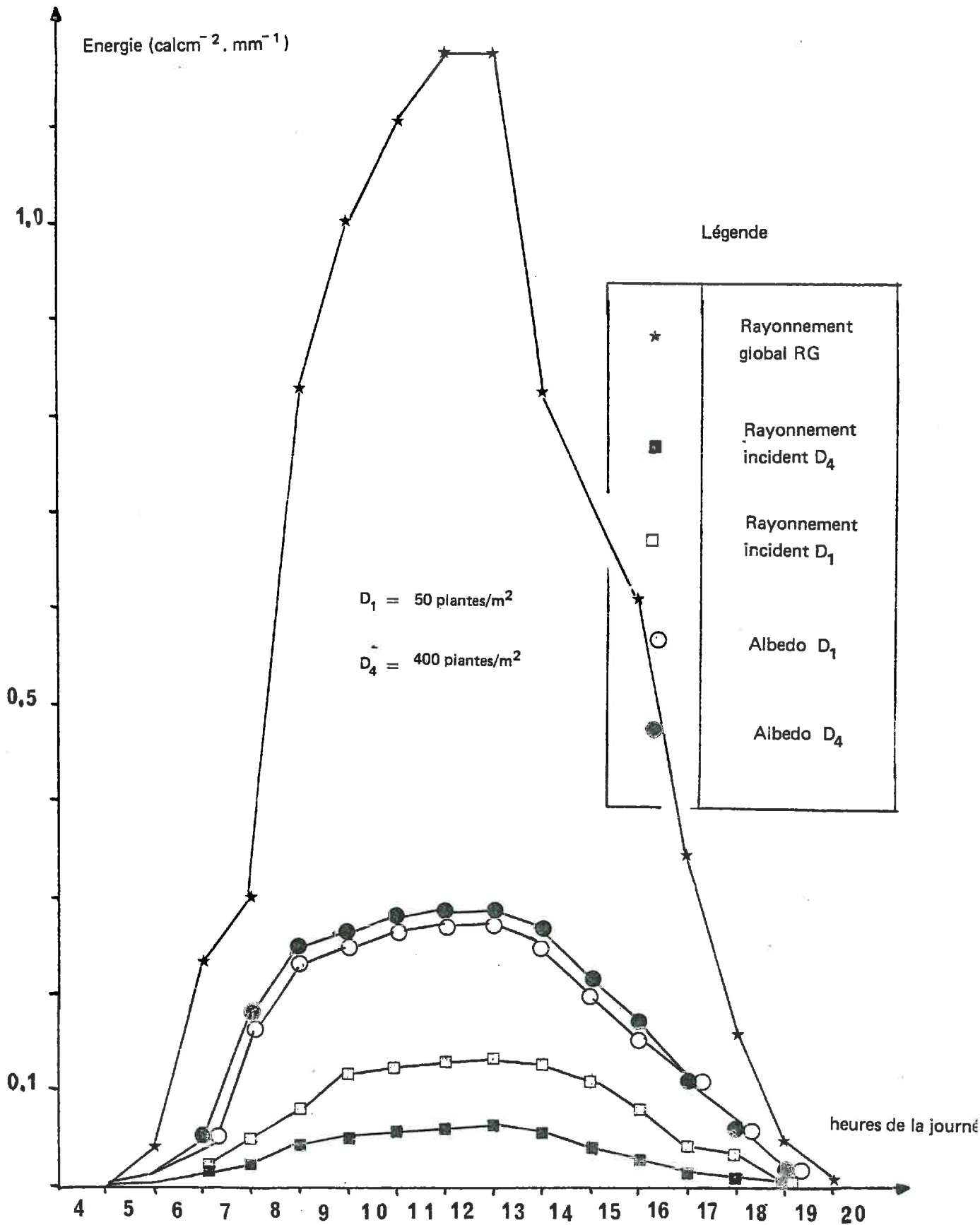


Fig. II₅₁ - EVOLUTION DES RAYONNEMENTS INCIDENTS POUR UNE BELLE JOURNÉE DU PRINTEMPS 1978*.

*Maris Huntsman

NATURE DE LA JOURNEE	NATURE DU COUVERT VEGETAL	RAYONNEMENT GLOBAL INCIDENT Rg	ABLEDO (1) A	RAYONNEMENT UTILISE PAR LA CULTURE (1)(2)
Très ensoleillée	D ₁	517 (100)	136 (26.3 %)	311 (60,2)
	D ₄		144 (27.8 %)	326 (63.1)
Moyen	D ₁	407 (100)	103 (25.3)	260 (64.5)
	D ₄		103 (25.3)	277 (68.0)
Peu ensoleillée	D ₁	341 (100)	75 (21.9)	234 (68.6)
	D ₄		79 (23.2)	247 (72.4)

(1) Premier chiffre en cal/m², second en pourcentage.

(2) U = kg-A-Rg sol.

Fig. II₅₂ - BILAN QUOTIDIEN POUR DEUX COUVERTS VÉGÉTAUX DE BLÉ AU COURS DE TROIS JOURNÉES*

* Maris Huntsman 1977

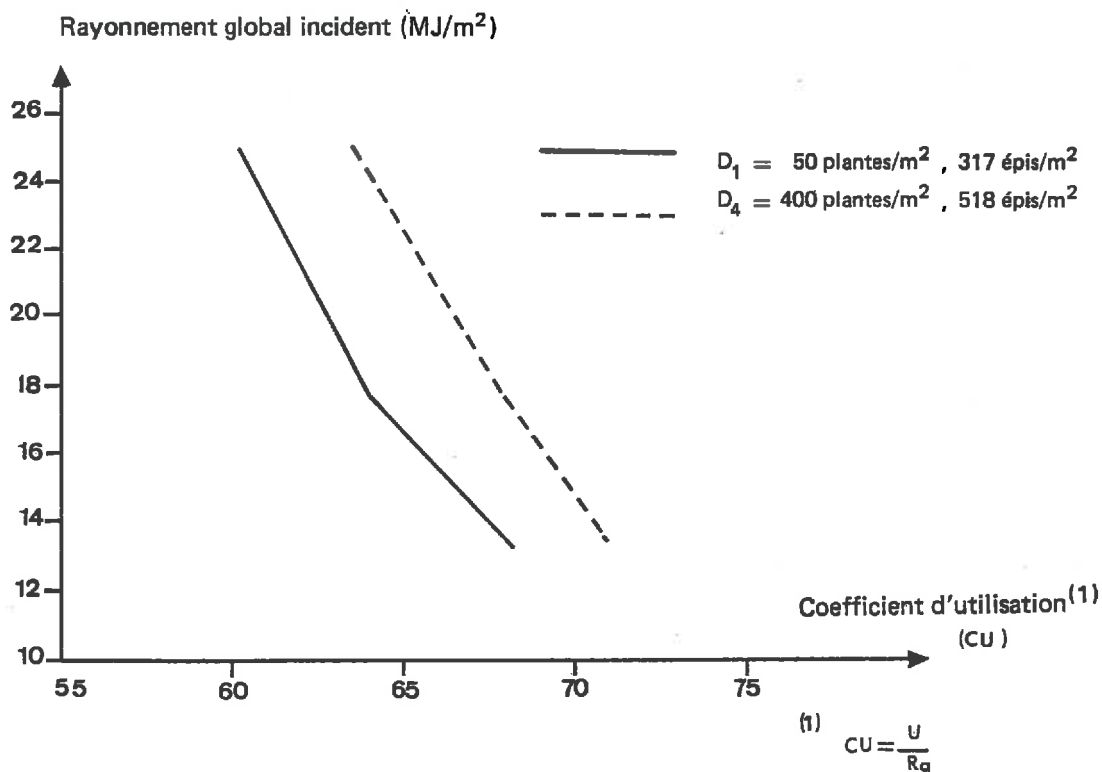


Fig. II₅₃ - UTILISATION DE LA LUMIÈRE SELON LA QUANTITÉ ÉNERGÉTIQUE INCIDENTE*.

* Maris Huntsman 1978

opposé de la pente
de la droite liant le
poids de 1 000 grains
au numéro d'ordre
de la tige.

Fig. II₅₄ - INFLUENCE DU NUMÉRO D'ORDRE DE LA TIGE DANS LA PLANTE SUR LE POIDS DE MILLE GRAINS SECS, SELON LE CULTIVAR, L'ANNÉE ET LA TECHNIQUE CULTURALE.

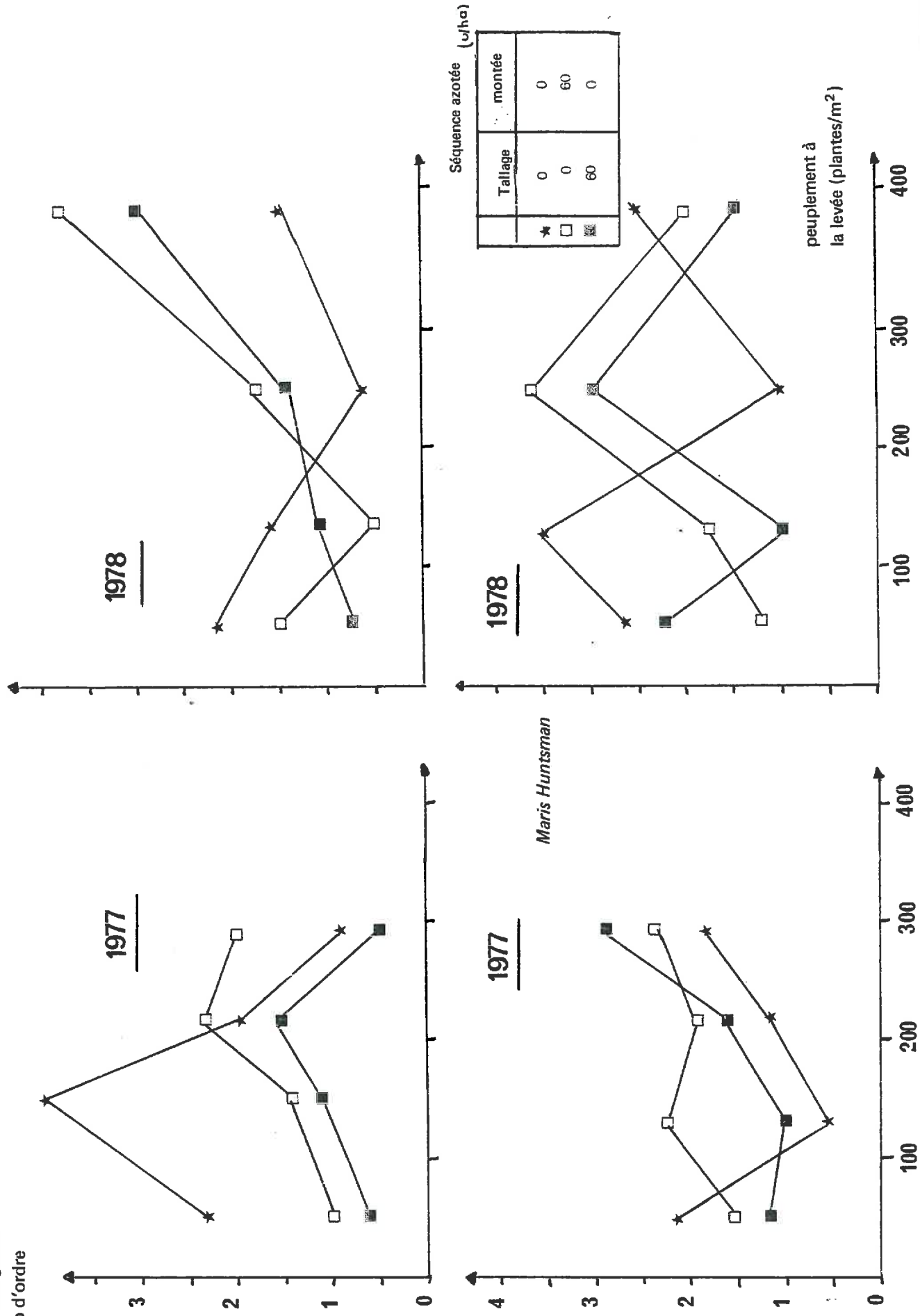
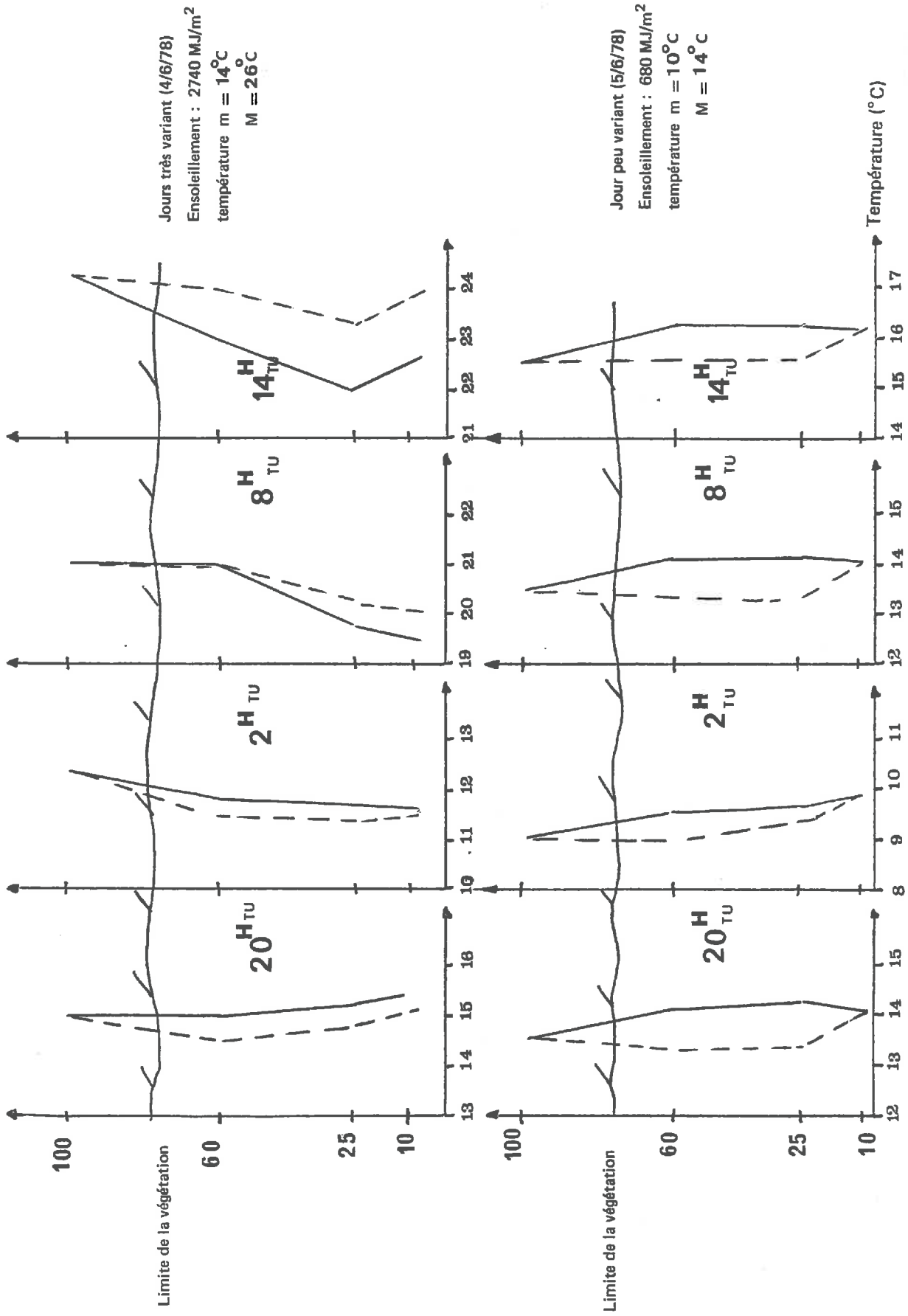


Fig. II-55 - ÉVOLUTION DES PROFILS THERMIQUES DANS LA VÉGÉTATION APRÈS ÉPIAISON POUR DEUX PEUPELEMENTS ET DEUX JOURNÉES EXTRÊMES*

Hauteur dans la végétation (cm)



Jours très variant (4/6/78)
 Ensoleillement : 2740 MJ/m²
 température m = 14°C
 M = 26°C

Jour peu variant (5/6/78)
 Ensoleillement : 680 MJ/m²
 température m = 10°C
 M = 14°C

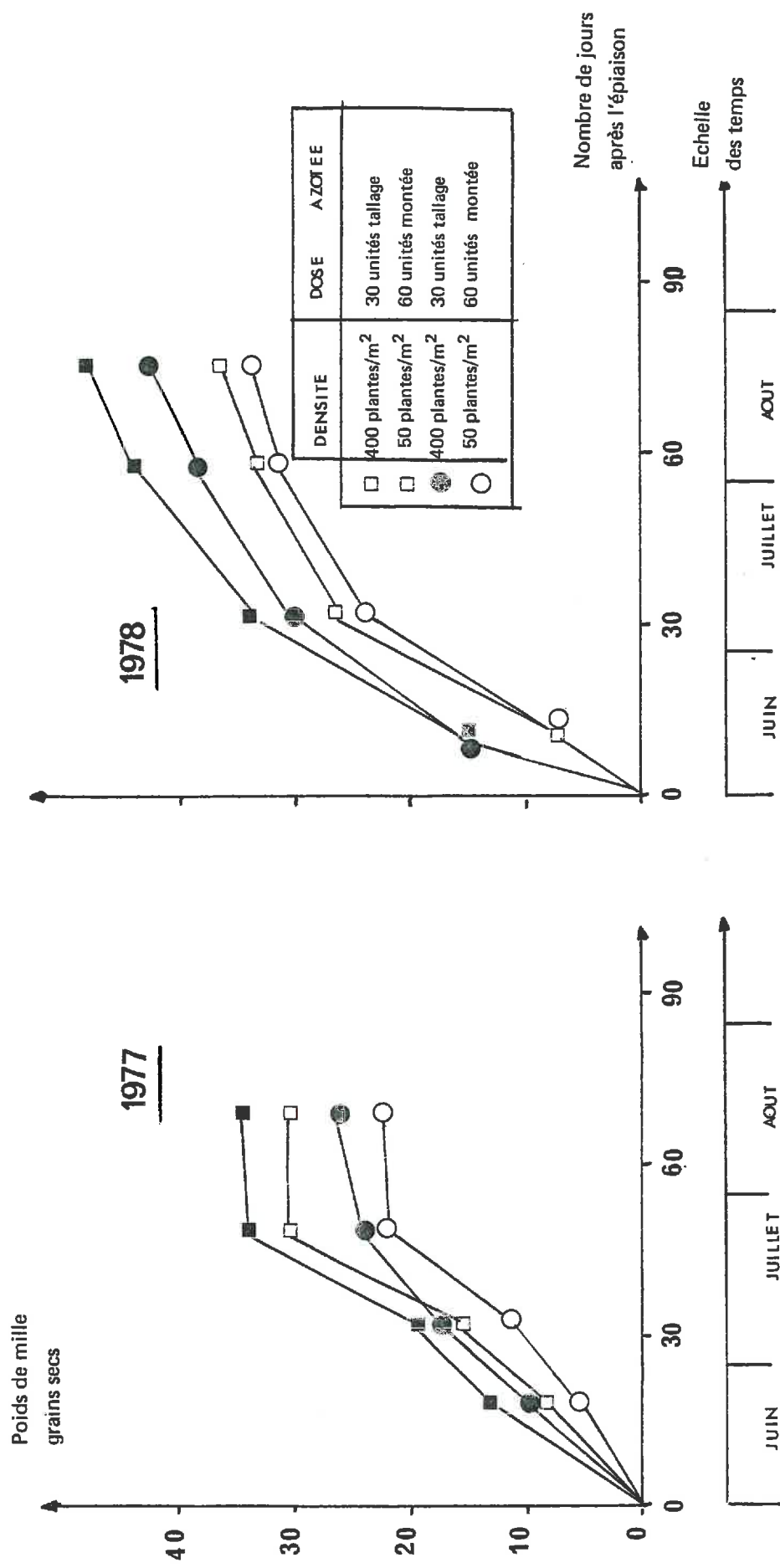


Fig. II₅₆ - ÉVOLUTION TEMPORELLE DU POIDS DE MILLE GRAINS SECS SELON LE CULTIVAR, L'ANNÉE ET LA TECHNIQUE CULTURALE.

		CHAMPLEIN 1978				MARIS-HUNSTMAN 1978			
DENSITE-: DOSES		(notes de 0 à 10) (3)				(notes de 0 à 10) (3)			
TES(1):AZOTEES(2)									
		6/5	9/6	23/6	3/8	6/5	9/6	23/6	3/8
50	0				300				2.5
	30 M				4.3				7.0
	30 T			0.1	5.0				4.5
	60 M				7.3				5.8
	60 T			0.1	6.8				9.3
120	0				5.3				2.5
	30 M				4.5				4.5
	30 T			0.1	8.8			0.05	6.5
	60 M				5.3				7.3
	60 T			0.1	9.2		0.05	0.1	8.5
250	0				4.8				4.5
	30 M				7.8				6.0
	30 T	0.3	0.3	0.6	99.0			1.04	7.5
	60 M			0.1	9.0			0.1	7.5
	60 T	0.8	3.1	3.8	10.0	0.1	0.1	3.8	4.8
400	0				10.0				5.0
	30 M			0.1	8.8			0.4	7.0
	30 T		1.3	1.3	8.5			0.5	8.5
	60 M			0.6	10.0			1	0.3
	60 T	0.4	2.4	2.4	10.0	0.6	2.0	4	10.0

(1) Densité en plantes/m² - (2) Doses azotées en kg/ha (T = tallage ; M : montée) - (3) Notes de 0 (verse nulle) à 10 (verse maximum) ; ces notes prennent en compte la surface versée et l'intensité de la verse.

PERIODE	6/5 - 9/6	9/6 - 23/6	23/6 - 3/8
CRITERE	1978	1978	1978
Vent (m/s) quotidien	1,3 (le 7/6)	2.0 (10-17/6) 2.5 (20-23/6)	1.7 (8-18/7) 1.5 (24-30/7) 2.9 (1/8)
Pluie (mm) quotidienne	—————	16.3 (le 15/6)	26.8 (le 31/7) 24.1 (le 1/8)

Déficit lumineux en 1978.

Fig. II₅₇ - ÉTUDE DE LA DYNAMIQUE DE VERSE ET DE SES CAUSES*.

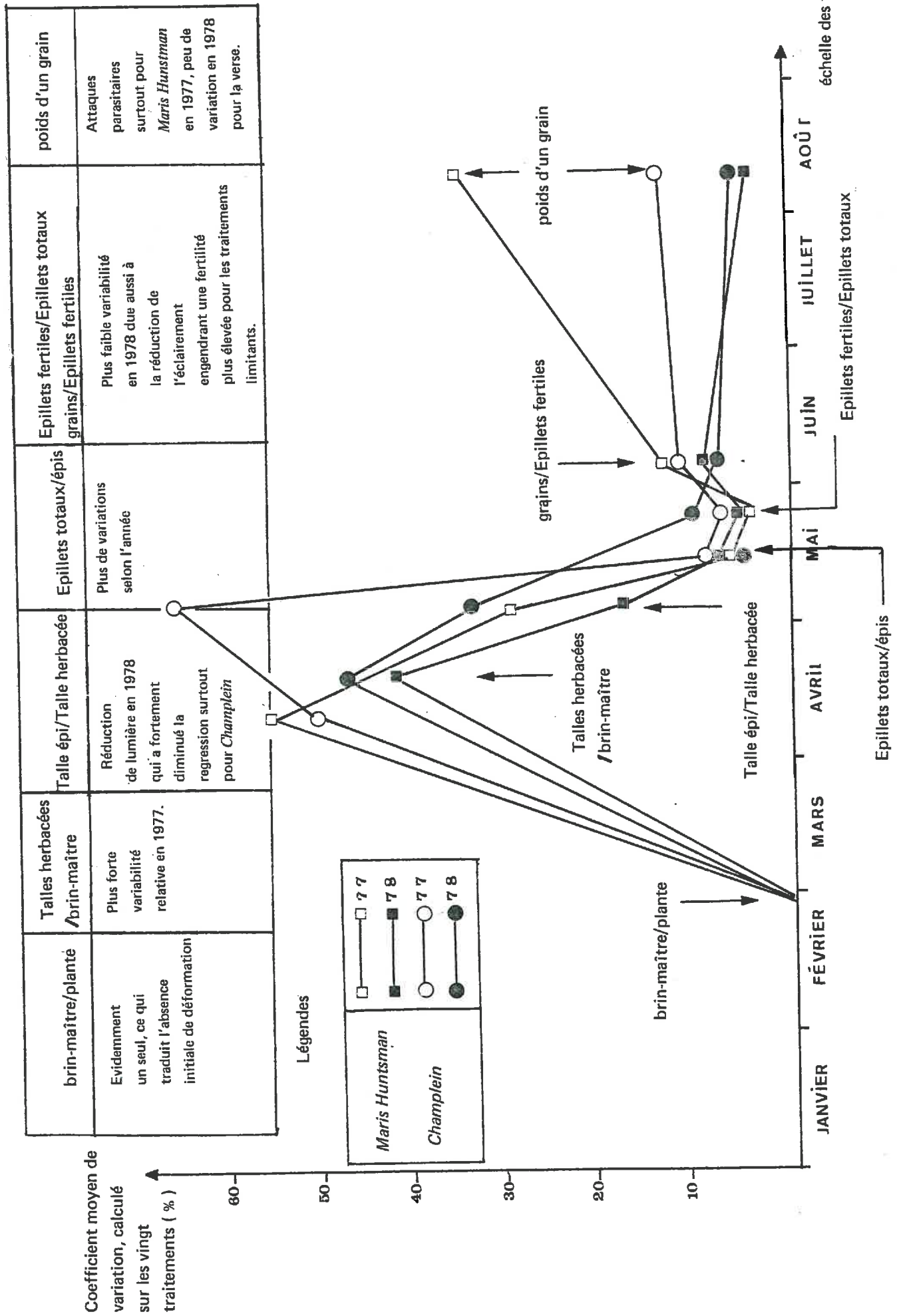


Fig. II₅₉ - ÉVOLUTION TEMPORELLE DES COEFFICIENTS MOYENS DE VARIATIONS CALCULÉES SUR LES COMPOSANTES RAPPORTÉES A L'INDIVIDU.

Choix d'une gamme plus étendue en 1978	talles herbacées/m ²	épis/m ²	épillets totaux/m ²	épillets fertiles/m ²	grains/m ²	rendement
	Malgré la remarque précédente niveau identique pour les 4 Situations.	Regression des talles latérales peu prononcées en 1978, surtout pour les traitements limitants	Même remarque que précédemment et donc variation plus faible en 1978	Maintien sans variation du niveau de composante précédente.	Remontée en 1978 pour <i>Maris Huntsman</i>	Peu de variations poids de mille grains

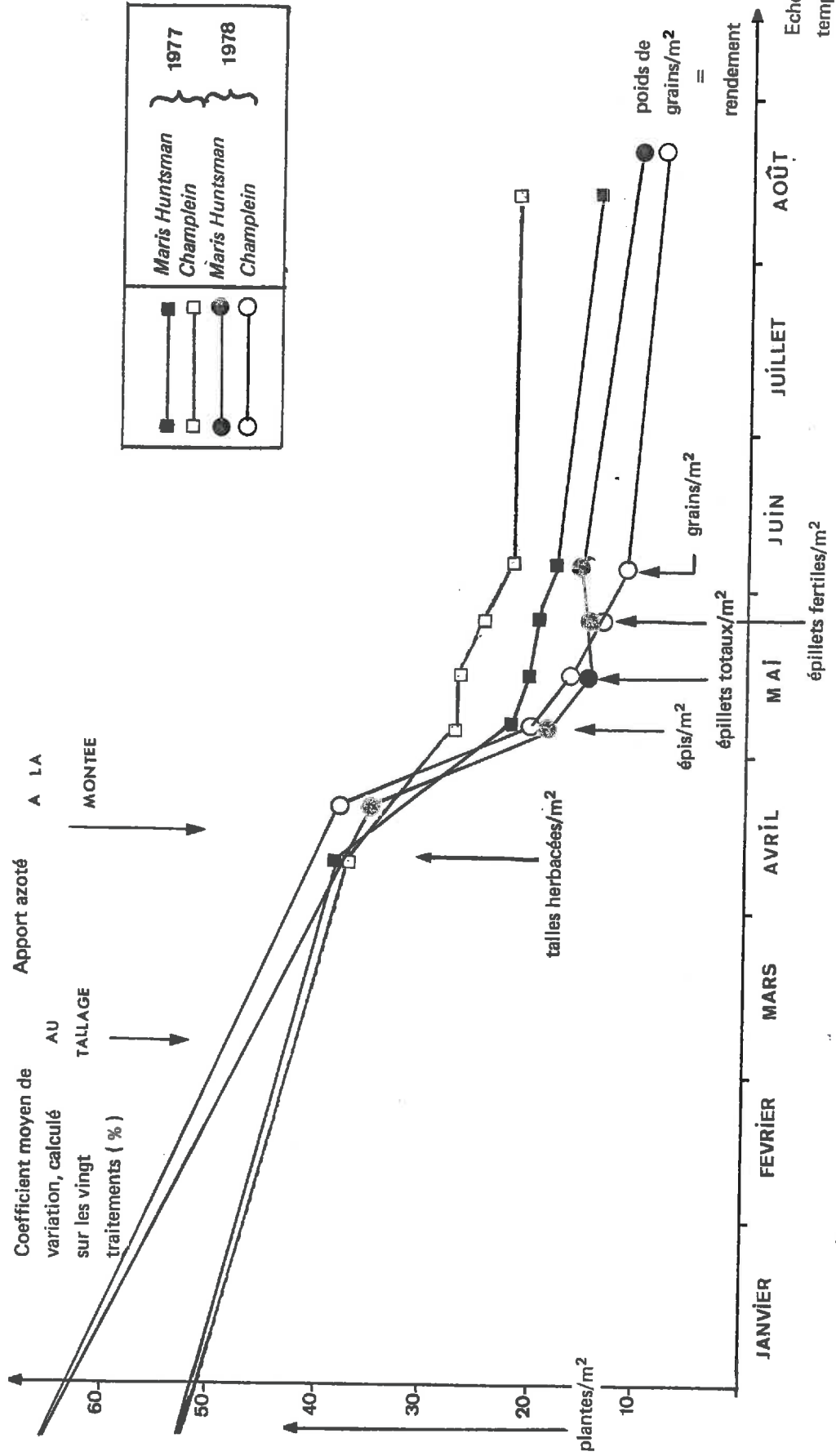


Fig. 160 - ÉVOLUTION TEMPORELLE DES COEFFICIENTS MOYENS DE VARIATIONS CALCULÉES SUR LES COMPOSANTES RAPPORTÉES A L'UNITÉ DE SURFACE.

Fig. 11. 61 - MATRICE DES CORRÉLATIONS SIMPLES ENTRE COMPOSANTES DE RENDEMENT (CHAMPLEIN, 1977).

	REND 1	NPPM2 2	NTALPP 3	NEPM2 4	NETPE 5	NERPE 6	NGPE 7	P1G 8	NTALPM2 9	TAUXREGR 10
REND 1	1.0000									
NPPM2 2	.4055	1.0000								
NTALPP 3	.0484	-.6068	1.0000							
NEPM2 4	.7191	.6706	-.1318	1.0000						
NETPE 5	.0146	-.5723	.6522	.0163	1.0000					
NERPE 6	.3102	.6283	-.0370	.7470	.1026	1.0000				
NGPE 7	-.1620	-.7724	.3941	-.6025	.3563	-.7287	1.0000			
P1G 8	.3369	.3102	-.0842	.1158	-.3778	.1824	-.1338	1.0000		
NTALPM2 9	.5236	.7376	-.0822	.7926	-.1403	.8503	-.7357	.3864	1.0000	
TAUXREGR 10	.3686	.5291	-.0964	.3648	-.3340	.5232	-.4854	.7397	.7866	1.0000
NEPP 11	-.1906	-.8237	.7658	.7341	-.3779	-.3923	.6501	-.5795	-.5606	-.5606
NETPM2 12	.6773	.4709	.0692	.9553	.3079	.7487	-.4795	.0068	.7259	.2652
NERPNET 13	.5182	.6617	-.1073	.9223	.1189	.9220	-.6892	.1162	.8512	.4211
NERPNET 14	.2623	.7919	-.2331	.7102	-.2065	.9488	-.8235	.2823	.8537	.5932
NEFFE 15	-.1741	-.8720	.5850	-.4356	.8009	-.5134	-.4358	-.6328	-.6031	-.6031
NEFFPM2 16	.7189	.3293	.1642	.9058	.3929	.5971	-.3265	.6032	.1581	.1581
NEFFNET 17	-.2623	-.7919	.2331	-.7102	.2065	-.9488	.8235	-.2823	-.8537	-.5932
NGPM2 18	.7658	.1971	.2206	.7383	.2562	.3170	.0605	.4056	.1253	.1253
NGPFP 19	-.0435	-.2850	.0021	-.4650	-.2789	-.5955	.7448	-.4689	-.1255	-.1255
PGPM2 20	.7573	.7015	-.1123	.9704	-.0744	.7357	-.5985	.3481	.8230	.4988
RENDPE 21	.1279	-.5083	.2103	-.5644	.0821	-.6738	.7108	-.2197	-.5330	-.1458
NEPP 11										
NETPM2 12										
NERPNET 13										
NEFFE 15										
NEFFPM2 16										
NEFFNET 17										
NGPM2 18										
NGPFP 19										
PGPM2 20										
RENDPE 21										
NEPP 11	1.0000									
NETPM2 12	-.1160	1.0000								
NERPNET 13	-.3672	.9186	1.0000							
NERPNET 14	-.5749	.6221	.8553	1.0000						
NEFFE 15	.8608	-.1850	-.4524	-.7493	1.0000					
NEFFPM2 16	.0345	.9747	.8069	.4456	-.0205	1.0000				
NEFFNET 17	.5749	-.6221	-.8553	-.1.0000	.7493	-.4456	1.0000			
NGPM2 18	.1218	.7672	.5394	.302	.8414	-.2112	.1.0000			
NGPFP 19	.1080	-.5348	-.5920	-.5023	.1178	-.4643	.0691	1.0000		
PGPM2 20	-.4061	.9022	.8930	.7254	-.5070	.8430	.7068	.3876	1.0000	
RENDPE 21	.2623	-.5220	-.6395	-.7092	.4764	-.4162	-.1598	.5999	-.4778	

RENDPE 21

RENDPE 21 1.0000

Valeurs critiques : au seuil :

5% : 0.422

1% : 0.540

REND = rendement ; NPPM2 = nombre de plantes par m2 ; NTALPP = nombre de talles par plantes ;
 plantes ; NEPM2 = nombre d'épis par m2 ; NETPE = nombre d'épis par m2 ; NETPE = nombre d'épis par m2 ; NGPE = nombre
 de grains par épi ; P1G = poids d'un grain ; NEPP = nombre d'épis par plante ; NETPM2 = nombre
 d'épis totaux par m2 ; NERPM2 = nombre d'épis totaux par m2 ; NERPM2 = nombre d'épis
 regressés par épis totaux ; NEFFE = nombre d'épis fertiles par épi ; NEFFPM2 = nombre d'épis
 fertiles par m2 ; NEFFNET = nombre d'épis fertiles par épi ; NEFFPM2 = nombre de grains
 par m2 ; NGPEP = nombre de grains par épi ; PGPM2 = poids de grains par m2 ; RENDPE = rendement
 par épi.

Fig. II₆₂ - MATRICE DE CORRÉLATIONS SIMPLES ENTRE COMPOSANTES DE RENDEMENT
(MARIS HUNSTMAN, 1977).

	REND	1	NPPM2	2	NTALPP	3	NEPM2	4	NETPE	5	NERPE	6	NGPE	7	PIG	8	NTALPM2	9	TAUXREG	10	
REND	1	1.0000																			
NPPM2	2	.6505	1.0000																		
NTALPP	3	-.2156	-.7438	1.0000																	
NEPM2	4	.2919	.4862	-.3625	1.0000																
NETPE	5	-.2226	-.7071	.6884	-.1934	1.0000															
NERPE	6	.4362	.7117	-.4712	-.5846	-.3520	1.0000														
NGPE	7	-.3430	-.5884	.4183	-.4772	.3236	-.4794	1.0000													
PIG	8	.4420	-.4074	-.1031	-.3203	-.3000	.1269	-.1000	1.0000												
NTALPM2	9	.7242	.5023	.0006	-.4079	-.1111	.4895	-.3685	-.5149	1.0000											
TAUXREG	10	.6540	.3339	.1856	-.1498	-.1587	.1586	-.0197	.7988	-.7942	1.0000										
NEPM2	11	-.6590	-.8597	.7742	-.2541	.7024	-.5534	-.3048	-.5403	-.4676	-.4676	1.0000									
NETPE	12	.2195	.2597	-.1449	.9443	.1370	.4729	-.3861	-.3861	-.4179	-.4179	-.3823	1.0000								
NERPE	13	.4007	.6482	-.4549	.9140	.8582	.8582	-.5115	-.1386	-.4898	-.4898	-.0192	-.4357	1.0000							
NERPM2	14	.4233	.8309	-.6179	.5390	-.6394	.9429	-.5038	-.2148	.4322	.4322	-.1843	-.1843	-.0192	1.0000						
NEPPE	15	-.3304	-.8258	.7303	-.3553	.9505	-.5255	-.4289	-.2922	-.2552	-.2552	-.1850	-.1850	-.2528	-.2528	1.0000					
NEPM2	16	.1349	.0964	-.0199	.8743	.2811	.2925	-.3074	-.4834	-.3104	-.3104	-.2528	-.2528	-.1843	-.1843	-.2528	1.0000				
NEPNET	17	-.4233	-.8309	.6179	-.5390	-.6394	-.5390	-.4929	-.5038	-.2148	-.2148	-.4322	-.4322	-.1843	-.1843	-.2528	-.2528	1.0000			
NGPM2	18	-.0968	.2054	-.1773	.8629	.0449	.3934	-.0449	.3934	-.0449	-.0449	-.2863	-.2863	-.2505	-.2505	-.31939	-.31939	1.0000			
NGPEP	19	-.0740	.1752	-.2580	-.1446	-.5594	.1022	-.5628	.3893	-.1322	-.1322	-.6456	-.6456	-.1596	-.1596	-.6456	-.6456	1.0000			
PGPM2	20	.4708	.6701	-.4138	.9234	-.3037	.6700	-.4641	-.4641	-.0616	-.0616	-.6456	-.6456	-.1596	-.1596	-.6456	-.6456	1.0000			
RENDPE	21	.4063	-.0608	.2259	-.7161	.0416	-.2750	-.3186	.0416	-.2750	-.3186	.0416	-.2750	-.3186	.0416	-.2750	-.3186	.0416	1.0000		
NEPP	11																				
NETPM2	12																				
NERPNET	13																				
NEPPE	14																				
NERPM2	15																				
NEPNET	16																				
NEPPE	17																				
NERPM2	18																				
NERPNET	19																				
NEPPE	20																				
NERPM2	21																				
RENDPE	21																				

REND = rendement ; NPPM2 = nombre de plantes par m2 ; NTALPP = nombre de talles par plantes ;
 plantes ; NEPM2 = nombre d'épis par m2 ; NETPE = nombre d'épillet totaux par épi ; NGPE = nombre
 de grains par épi ; PIG = poids d'un grain ; NEPP = nombre d'épis par plante ; NETPM2 = nombre
 d'épillet totaux par m2 ; NERPNET = nombre d'épillet regressés par m2 ; NERPNET = nombre d'épillet
 regressés par épillet totaux ; NEFFE = nombre d'épillet fertiles par épi ; NEFPNET = nombre d'épillet
 fertiles par m2 ; NEFPNET = nombre d'épillet fertiles par épillet totaux ; NGPM2 = nombre de grains
 par m2 ; NGPEP = nombre de grains par épi ; PGM2 = poids de grains par m2 ; RENDPE = rendement
 par épi.

Valeurs critiques : au seuil :
 5% : 0. 422
 1% : 0. 540

Fig. II 63 - MATRICE DE CORRÉLATIONS SIMPLES ENTRE COMPOSANTES DE RENDEMENT
(CHAMPLEIN, 1978)

	REND	1	NPPM2	2	NTALPP	3	NEPM2	4	NETPE	5	NERPE	6	NGPE	7	PIG	8	NTALPM2	9	TAUXRFGR	10
REND	1	1.0000																		
NPPM2	2	.5346	1.0000																	
NTALPP	3	-.6022	-.8401	1.0000																
NEPM2	4	.5373	.9150	-.8298	1.0000															
NETPE	5	-.4788	-.8395	.8298	-.6961	1.0000														
NERPE	6	.4973	.6721	-.6784	-.7311	-.7817	1.0000													
PIG	7	-.4771	-.8122	-.7660	-.7817	-.7660	-.7311	1.0000												
NTALPM2	8	.4891	.1587	-.4539	.8667	.8667	.8667	.8667	1.0000											
TAUXREGR	9	.5457	.9123	-.7354	.8667	.8667	.8667	.8667	-.6137	1.0000										
NEPM2	10	.6010	.7025	-.5967	.5783	.5783	.5783	.5783	-.7482	-.7482	1.0000									
NERPE	11	-.6870	-.8570	.9492	-.7645	-.7645	-.7645	-.7645	.3851	.3851	-.3238	1.0000								
NETPM2	12	.4985	.7949	-.6404	.9576	.9576	.9576	.9576	.6197	.6197	.6197	.6197	1.0000							
NERPM2	13	.5394	.8414	-.7536	.9284	.9284	.9284	.9284	.4769	.4769	.4769	.4769	.4769	1.0000						
NEFPE	14	.5212	.7710	-.7632	.8527	.8527	.8527	.8527	.6365	.6365	.6365	.6365	.6365	.6365	1.0000					
NEFPM2	15	-.5384	-.8564	.8527	-.4184	-.4184	-.4184	-.4184	.7742	.7742	.7742	.7742	.7742	.7742	.7742	1.0000				
NEFPNET	16	.3656	.5987	-.7932	.7336	.7336	.7336	.7336	.8010	.8010	.8010	.8010	.8010	.8010	.8010	.8010	1.0000			
NGPM2	17	-.5212	-.7710	.7632	-.3473	-.3473	-.3473	-.3473	.9251	.9251	.9251	.9251	.9251	.9251	.9251	.9251	.9251	1.0000		
NGPEP	18	.3370	.4746	-.7332	.6452	.6452	.6452	.6452	.8010	.8010	.8010	.8010	.8010	.8010	.8010	.8010	.8010	.8010	1.0000	
PGPM2	19	-.0629	-.1967	.1251	-.2398	-.2398	-.2398	-.2398	.2670	.2670	.2670	.2670	.2670	.2670	.2670	.2670	.2670	.2670	.2670	1.0000
RENDEPE	20	.6718	.9079	-.8518	.9548	.9548	.9548	.9548	.0621	.0621	.0621	.0621	.0621	.0621	.0621	.0621	.0621	.0621	.0621	.0621
	21	-.1483	-.7972	.6231	-.9027	-.9027	-.9027	-.9027	.5852	.5852	.5852	.5852	.5852	.5852	.5852	.5852	.5852	.5852	.5852	.5852
NEPP	11	1.0000																		
NETPM2	12	-.6519	1.0000																	
NERPM2	13	-.7442	.8720	1.0000																
NERPNET	14	-.7548	.6468	.9316	1.0000															
NEFPE	15	.8269	-.6013	-.8658	-.9480	1.0000														
NEFPM2	16	-.4453	.9106	.5917	.2787	-.2593	1.0000													
NEFPNET	17	.7548	-.6468	-.9316	-.9480	.9480	.9480	1.0000												
NGPM2	18	-.3375	.7058	.5016	.2729	-.2552	.2729	.2729	1.0000											
NGPEP	19	.1783	-.3215	-.1402	-.0123	.0161	-.0123	-.0123	.0161	1.0000										
PGPM2	20	-.8356	.8869	.9247	.8346	-.8543	.8346	.8346	-.8543	-.8543	1.0000									
RENDEPE	21	.5670	-.8728	-.8214	-.6639	.6677	-.6639	-.6639	.6677	.6677	.6677	1.0000								
RENDPE	21	1.0000																		

REND = rendement ; NPPM2 = nombre de plantes par m2 ; NTALPP = nombre de talles par plantes ;
 plantes ; NEPM2 = nombre d'épis par m2 ; NETPE = nombre d'épillet totaux par épi ; NGPE = nombre
 de grains par épi ; PIG = poids d'un grain ; NEPP = nombre d'épis par plante ; NETPM2 = nombre
 d'épillet totaux par m2 ; NERPM2 = nombre d'épillet fertiles par épi ; NEFPNET = nombre d'épillet
 fertiles par m2 ; NEFPNET = nombre d'épillet fertiles par épi ; NEFPNET = nombre d'épillet
 par m2 ; NGPEP = nombre de grains par épi ; PGM2 = poids de grains par m2 ; RENDEPE = rendement
 par épi.

Valeurs critiques : au seuil ;

5% : 0.422

1% : 0.540

CORRELATION MATRIX

	REND	NPPM2	NTALPP	NEPM2	NETPE	NERPE	NGPE	PIG	NTALPM2	TAUXRFRG
PFND	1	1.0000								
NPPM2	2	.4516	1.0000							
NTALPP	3	-.5606	-.9316	1.0000						
NEPM2	4	.5363	.8780	-.8506	1.0000					
NETPE	5	-.5137	-.8812	.4834	-.7165	1.0000				
NERPE	6	.3365	.6132	-.5106	.5847	-.5804	1.0000			
NGPE	7	-.4242	-.8265	.7381	-.6578	.8750	.7626	1.0000		
PIG	8	.3919	-.2463	-.1333	-.1857	.1218	-.0765	-.0765	1.0000	
NTALPM2	9	.5173	.8319	-.7296	.6968	.2787	-.7005	-.4821	-.2415	1.0000
TAUXRFRG	10	.3824	.5397	-.4638	.2787	.8135	.2861	-.4821	.8527	-.7756
NEPP	11	-.5844	-.8772	.9086	-.7187	-.4724	-.4724	.6940	-.8761	-.4698
NETPM2	12	.4708	.6810	-.6636	.9307	-.4183	-.3927	-.1541	.5614	.1348
NERPM2	13	.4727	.6792	-.7780	.9162	-.8056	-.7967	-.1936	.6907	.3177
NEFPNET	14	.4103	.6691	-.6792	.9162	-.8056	-.7967	-.1254	.5967	.3623
NEFPE	15	-.5093	-.8847	.8552	-.7456	.9686	-.7641	-.1198	-.7095	-.4698
NEFPM2	16	.3889	.4628	-.4828	.7788	-.1634	.1491	-.1078	.3955	.0132
NEFPNET	17	-.4103	-.7597	.6792	-.6673	-.9407	-.9407	.8843	-.5966	-.3622
NGPM2	18	.2433	.1054	-.2076	.4586	.3524	.0788	-.0195	.0788	-.1774
NGPEP	19	-.1851	-.5299	.3409	-.3576	.5461	-.5708	.8589	-.4704	-.3577
PGPM2	20	.6387	.8330	-.8353	.9728	-.6974	-.6335	.0441	.6432	.2414
RENDPE	21	.0132	-.7108	.6360	-.8280	.4914	-.4753	.4750	-.4438	-.0358

Fig. II 64 - MATRICE DE CORRÉLATIONS SIMPLES ENTRE COMPOSANTES DE RENDEMENT (MARIS HUNSTMAN, 1978).

	NEPP	NETPM2	NERPM2	NEFPNET	NEFPE	NEFPM2	NEFPNET	NGPM2	NGPEP	PGPM2
NEPP	11	1.0000								
NETPM2	12	-.5355	1.0000							
NERPM2	13	-.8844	.7868	1.0000						
NEFPNET	14	-.6197	.4353	.8928	1.0000					
NEFPE	15	-.4666	-.8598	.8928	-.9245	1.0000				
NEFPM2	16	-.7882	.5371	-.9245	.1143	-.1748	1.0000			
NEFPNET	17	-.3634	-.9432	-.8928	-.10000	-.1143	-.1143	1.0000		
NGPM2	18	.6197	-.4353	-.8928	-.10000	.9245	.8419	.2028	1.0000	
NGPEP	19	-.1100	.6923	-.1937	-.2028	.0571	.6287	.4657	.5815	1.0000
PGPM2	20	-.3752	.6923	.5096	.6063	-.7245	-.6409	.4657	-.3315	1.0000
RENDPE	21	-.6939	.9104	.8807	.6409	.5339	-.6814	.5176	.2928	-.7381
RENDPE	21	.4493	-.8011	-.7680	-.5176	.5339	-.6814	.5176	.2928	-.7381

RENDPE

21

1.0000

valeurs critiques : au

seuil

5%: 0.422

1%: 0.540

REND = rendement ; NPPM2 = nombre de plantes par m² ; NTALPP = nombre de tiges par plantes ;
 plantes ; NEPM2 = nombre d'épis par m² ; NETPE = nombre d'épillet totaux par épi ; NGPE = nombre
 de grains par épi ; PIG = poids d'un grain ; NERPM2 = nombre d'épillet fertiles par m² ; NEFPNET = nombre d'épillet
 d'épillet totaux par m² ; NEFPNET = nombre d'épillet fertiles par m² ; NERPM2 = nombre d'épillet
 regressés par épillet totaux ; NEFPE = nombre d'épillet fertiles par épi ; NEFPNET = nombre d'épillet
 fertiles par m² ; NEFPNET = nombre d'épillet fertiles par épillet totaux ; NGPM2 = nombre de grains
 par m² ; NGPEP = nombre de grains par épi ; PGPM2 = poids de grains par m² ; RENDPE = rendement
 par épi.

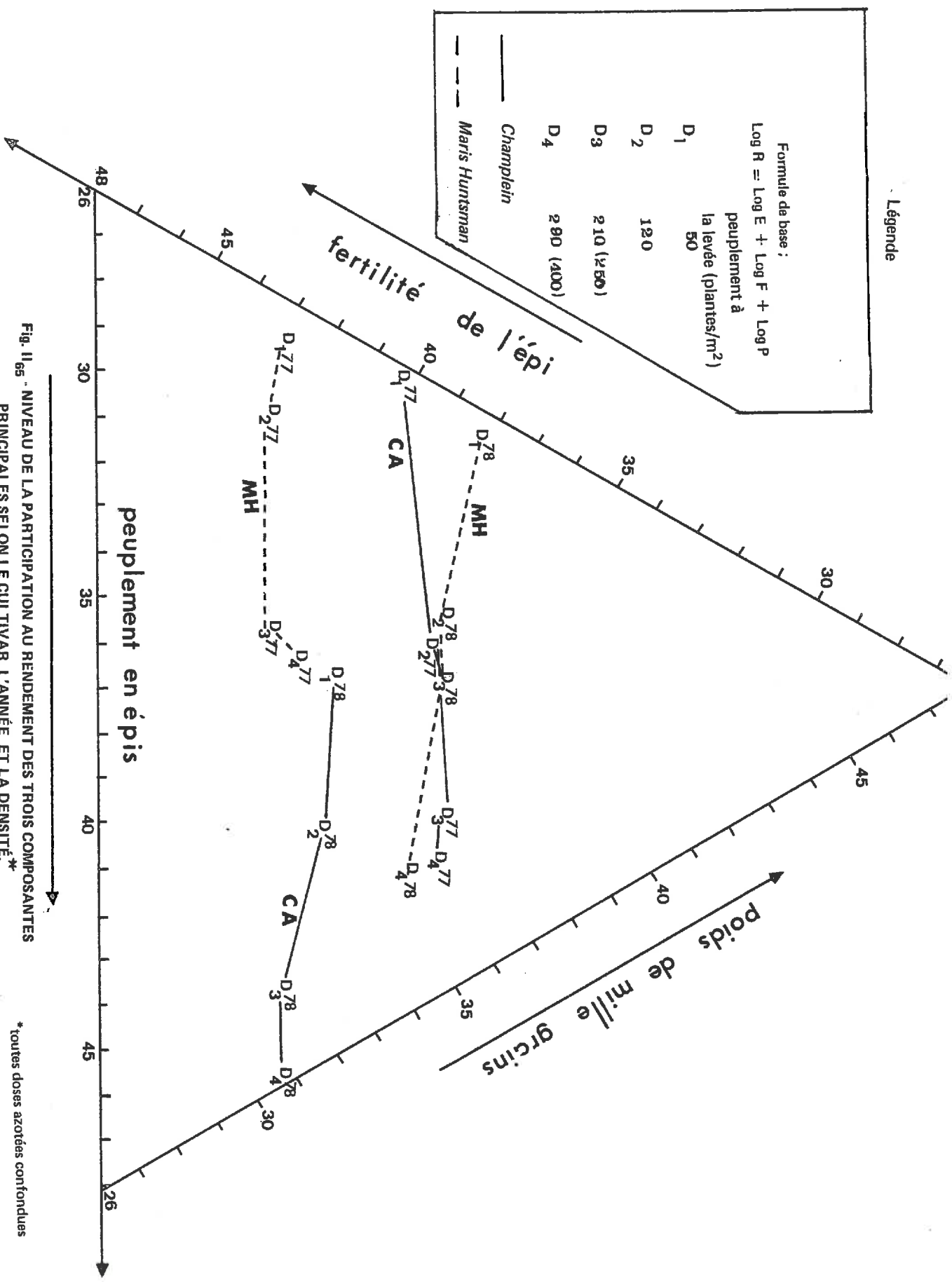
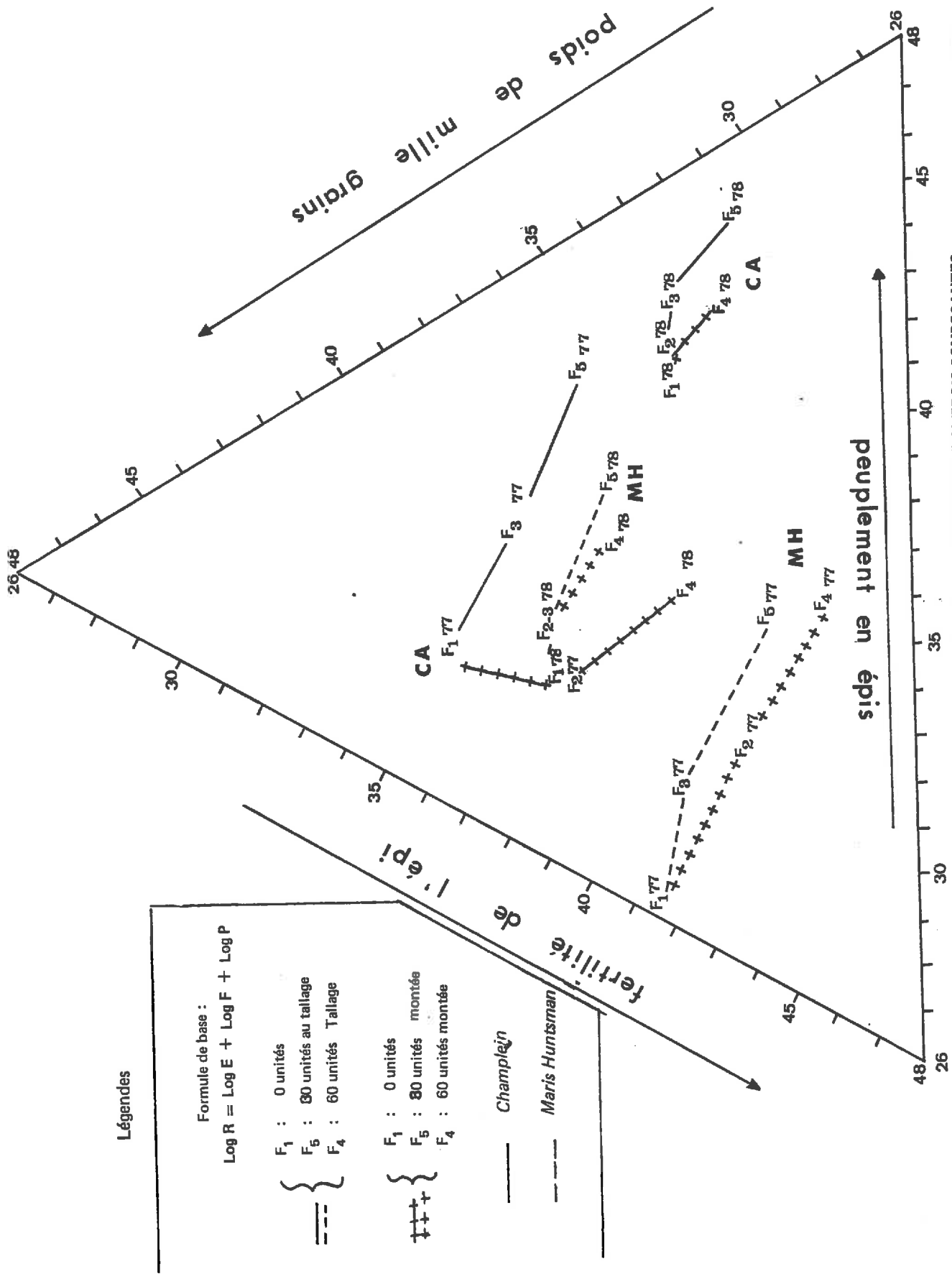


Fig. 1165. NIVEAU DE LA PARTICIPATION AU RENDEMENT DES TROIS COMPOSANTES PRINCIPALES SELON LE CULTIVAR, L'ANNÉE, ET LA DENSITÉ.*

* toutes doses azotées confondues



Légendes

Formule de base :
 $\text{Log R} = \text{Log E} + \text{Log F} + \text{Log P}$

$\left. \begin{array}{l} \text{---} \\ \text{---} \end{array} \right\} \begin{array}{l} F_1 : 0 \text{ unités} \\ F_5 : 80 \text{ unités au tallage} \\ F_4 : 60 \text{ unités Tallage} \end{array}$

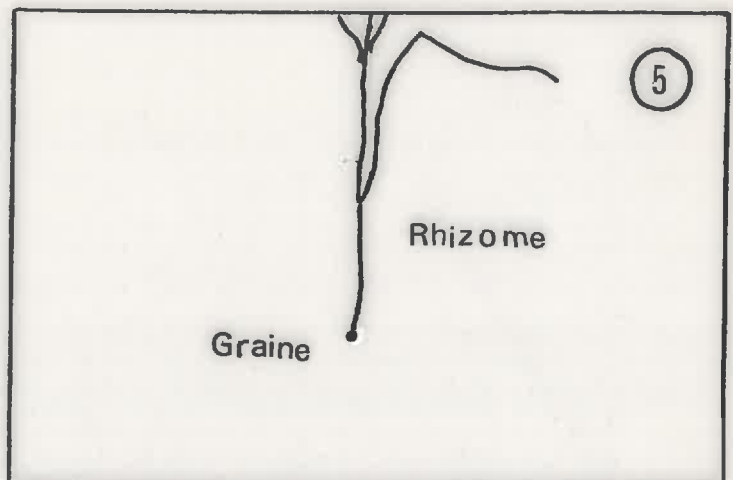
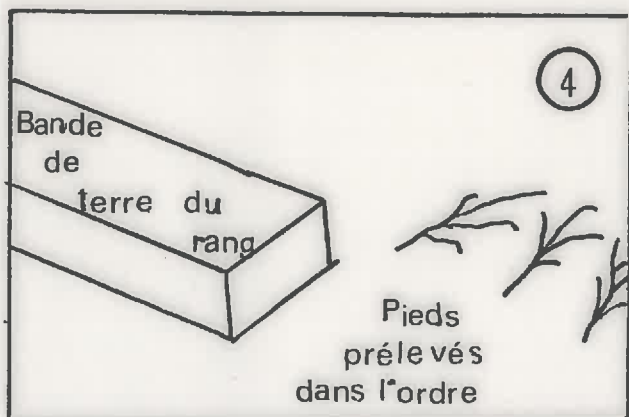
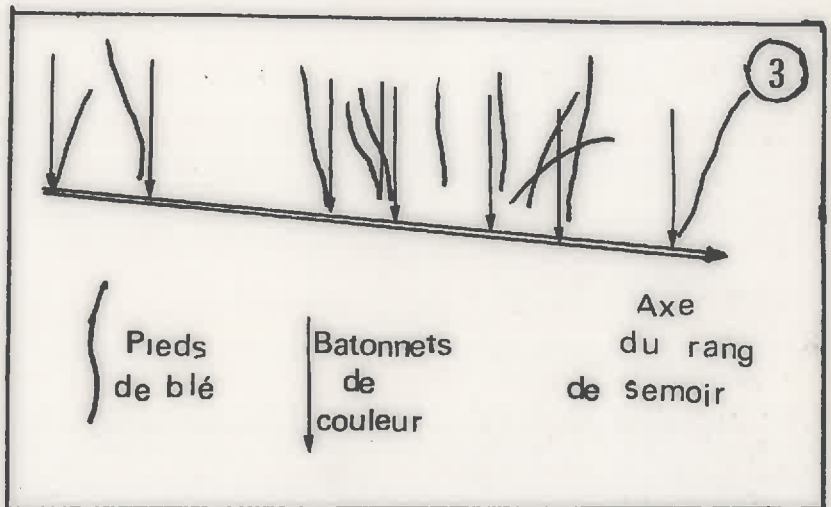
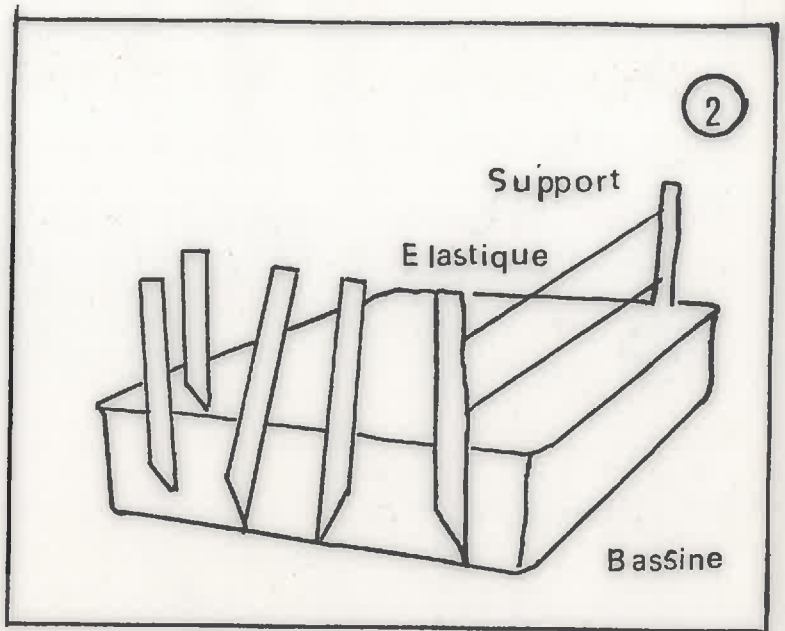
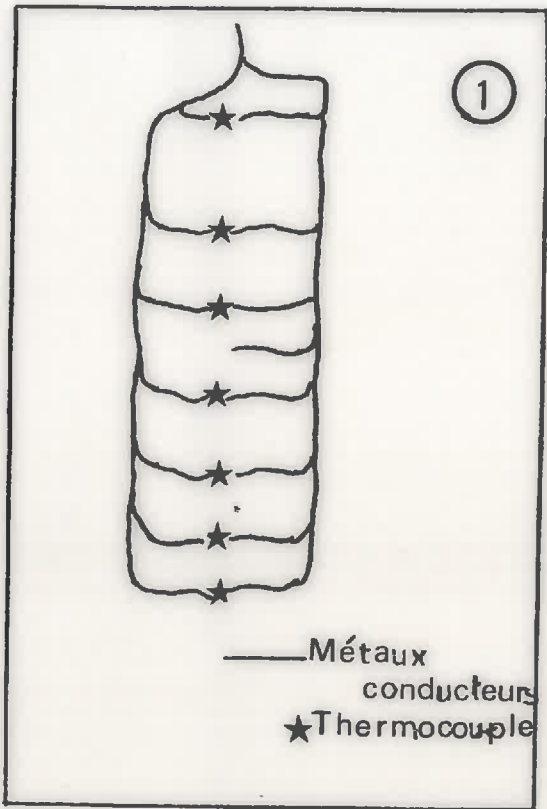
$\left. \begin{array}{l} \text{---} \\ \text{---} \end{array} \right\} \begin{array}{l} F_1 : 0 \text{ unités} \\ F_5 : 80 \text{ unités montée} \\ F_4 : 60 \text{ unités montée} \end{array}$

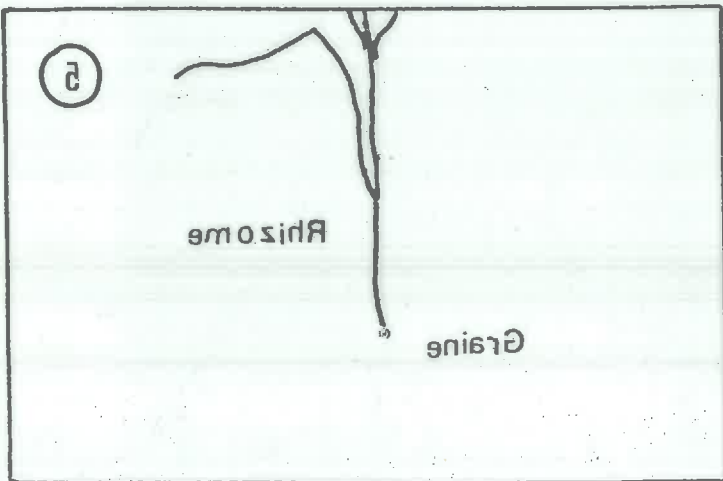
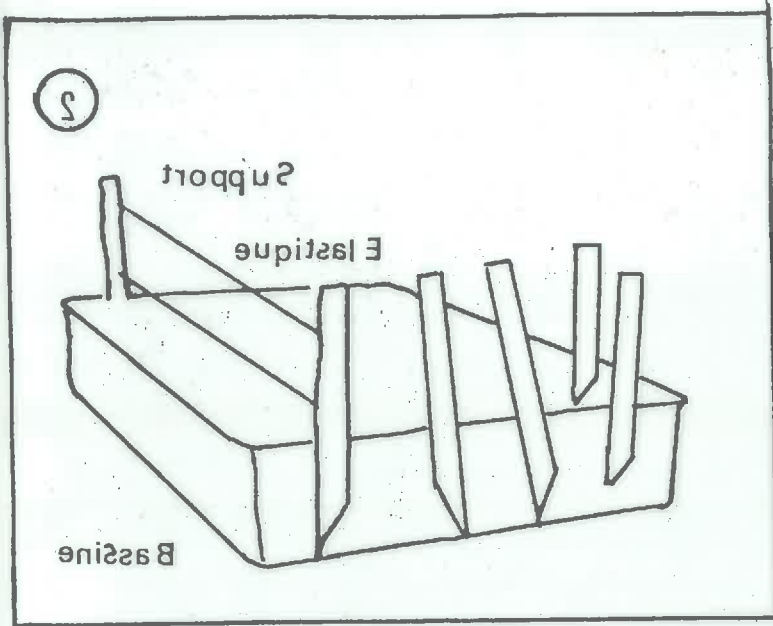
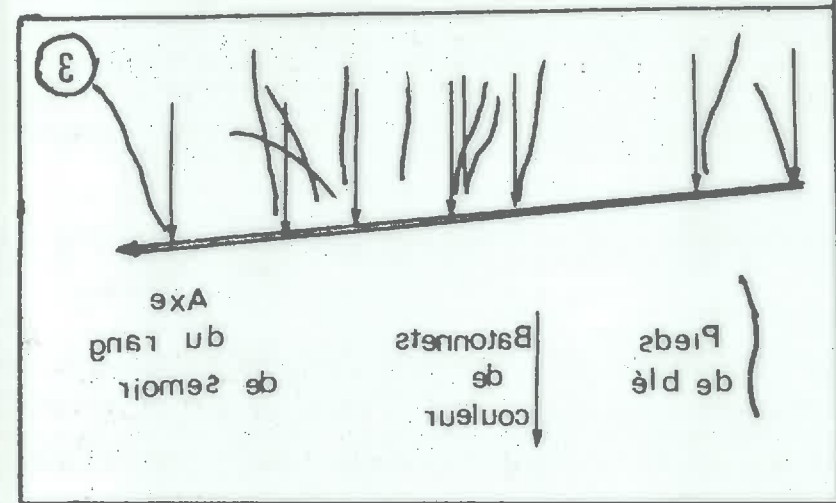
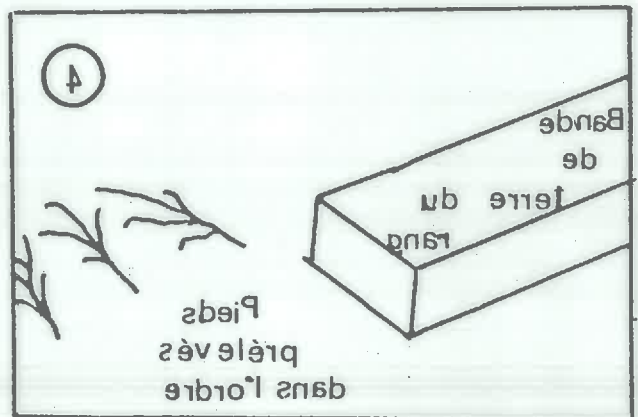
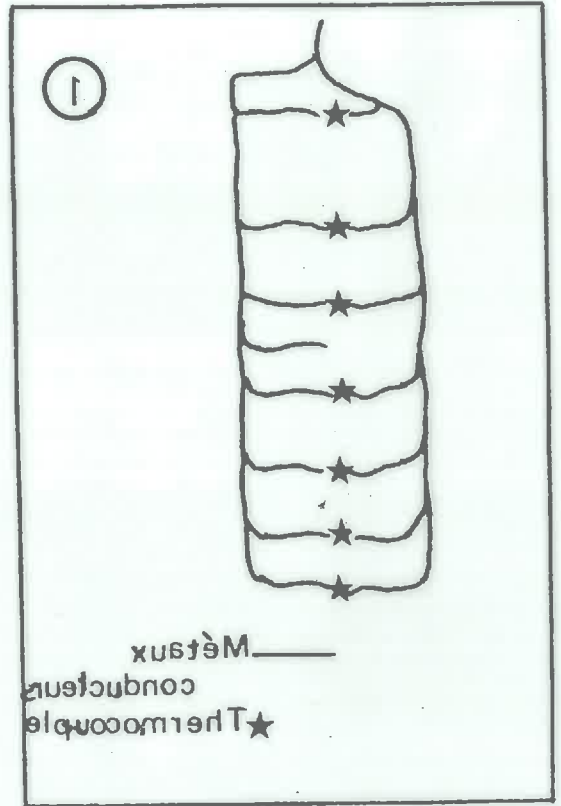
— Champlein

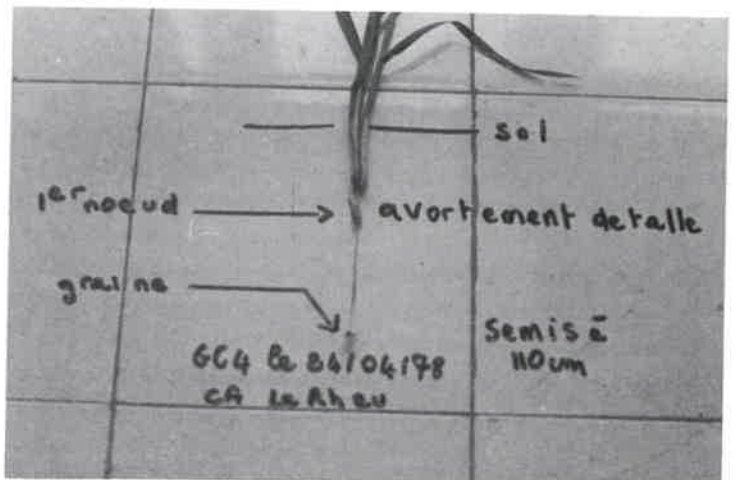
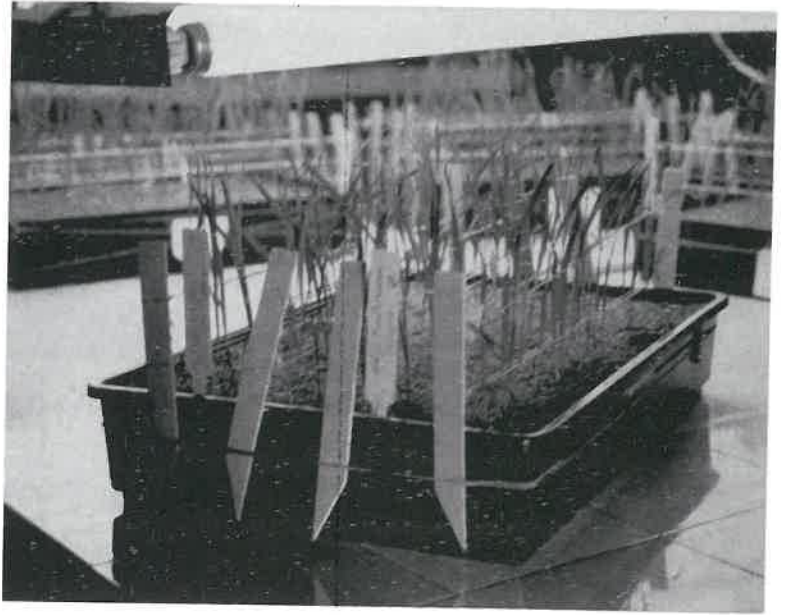
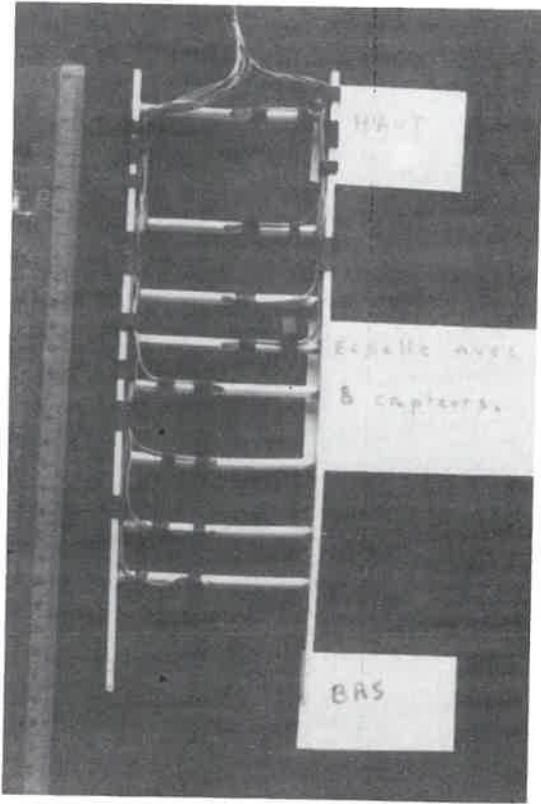
--- Maris Huntsman

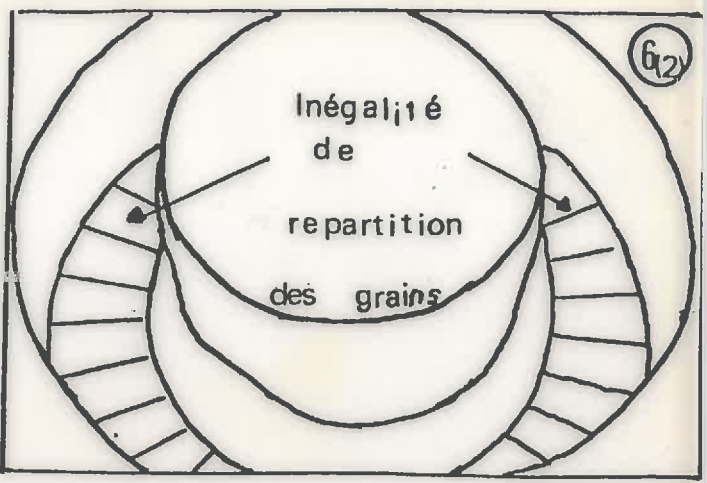
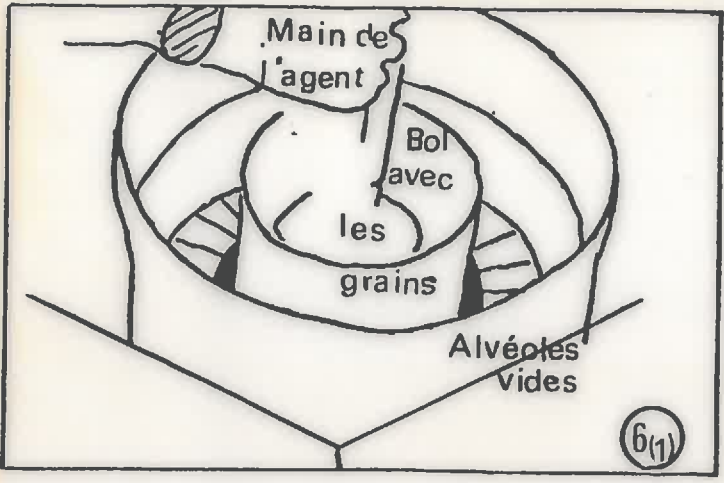
Fig. 1166 - NIVEAU DE LA PARTICIPATION AU RENDEMENT DES TROIS COMPOSANTES PRINCIPALES SELON LE CULTIVAR, L'ANNÉE ET L'APPORT AZOTÉ.*

* tous peuplements confondus



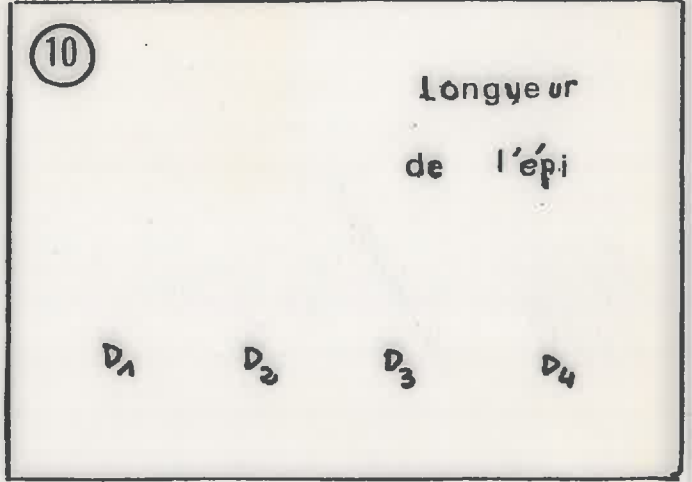
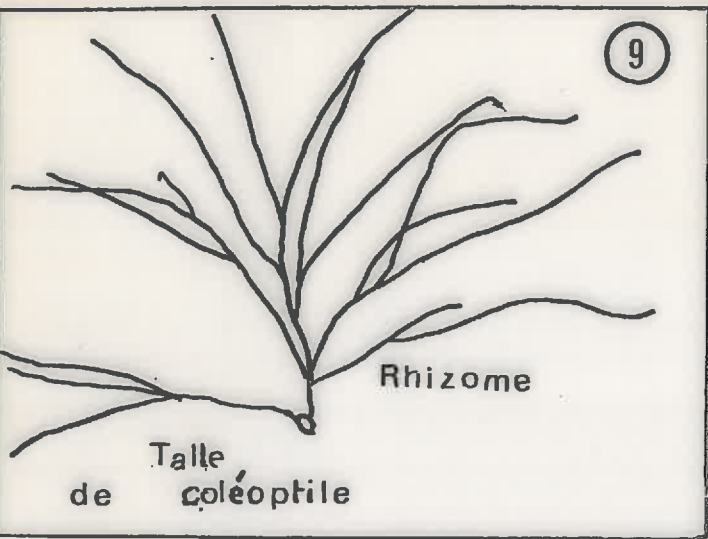
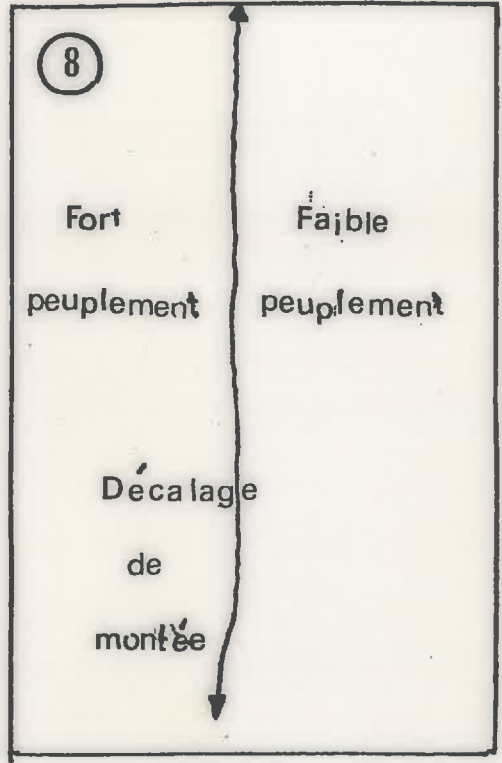


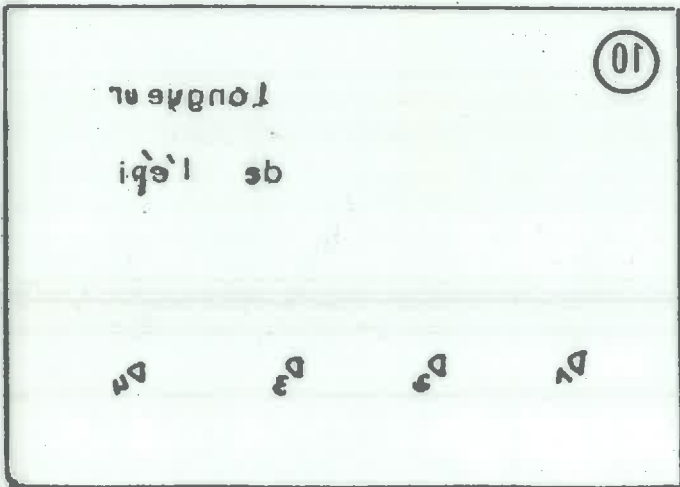
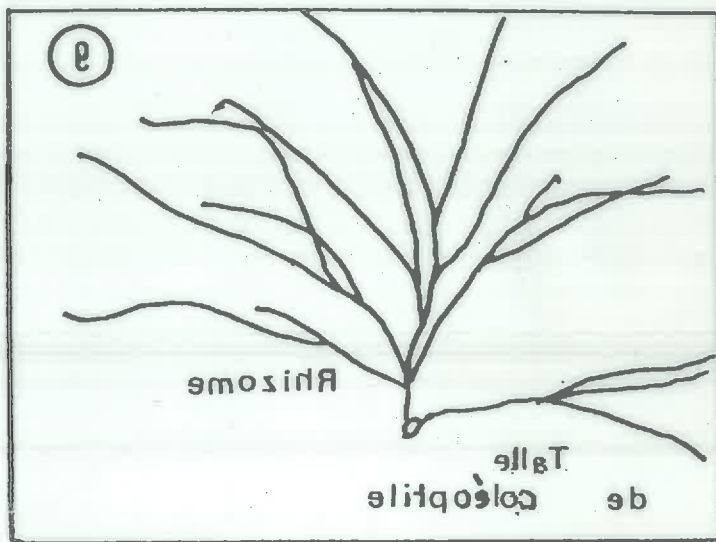
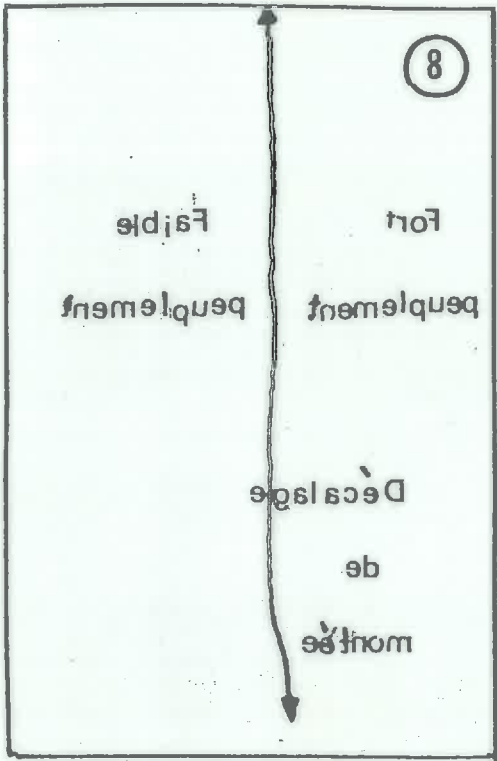
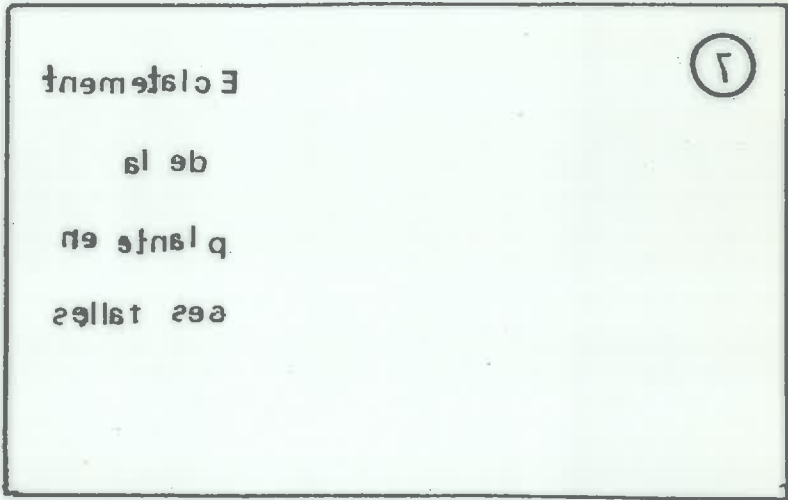
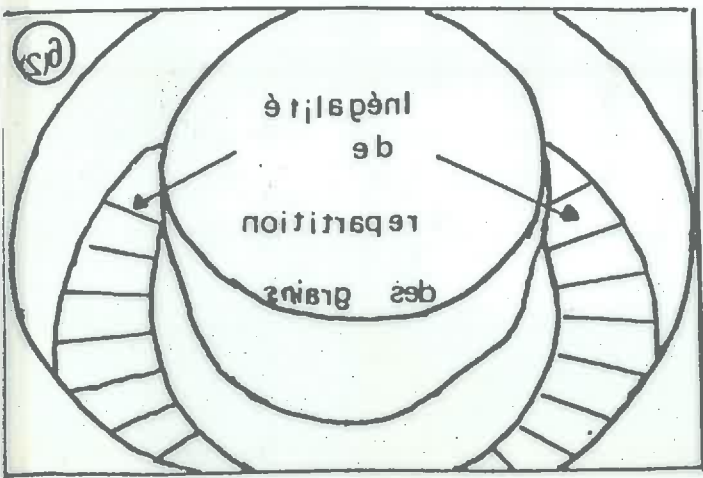
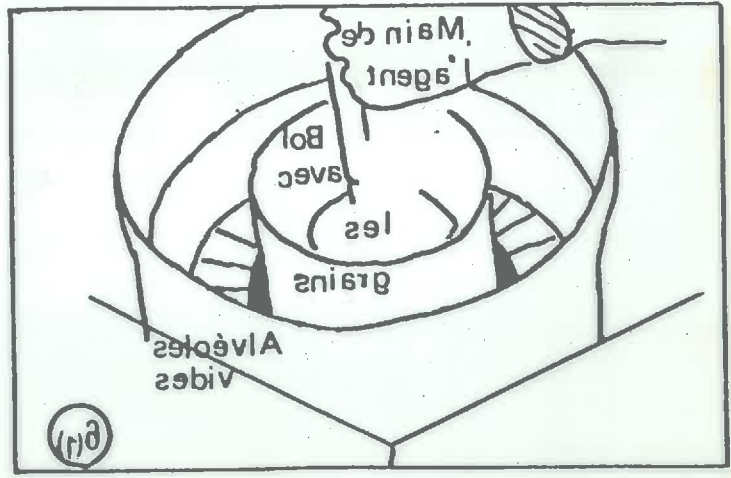


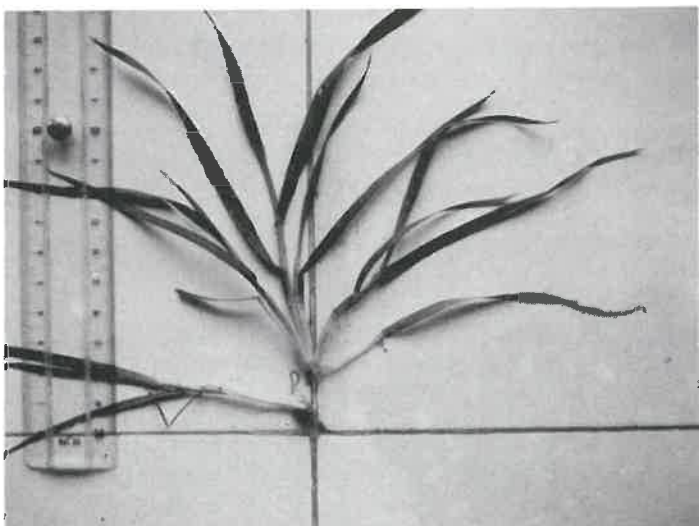
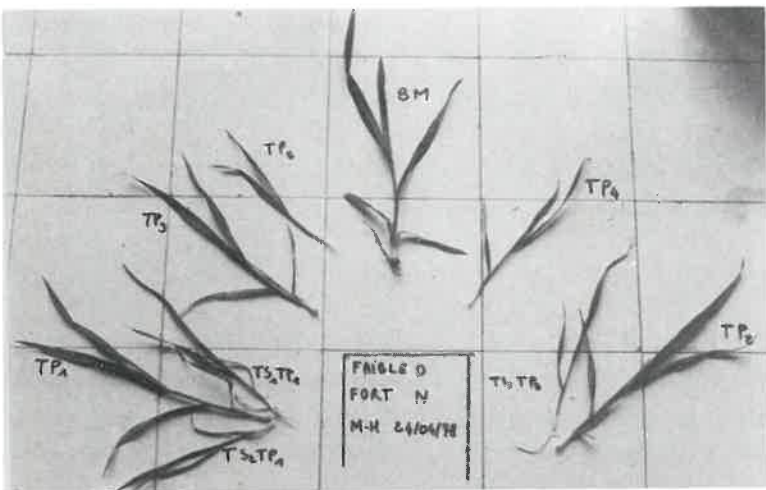
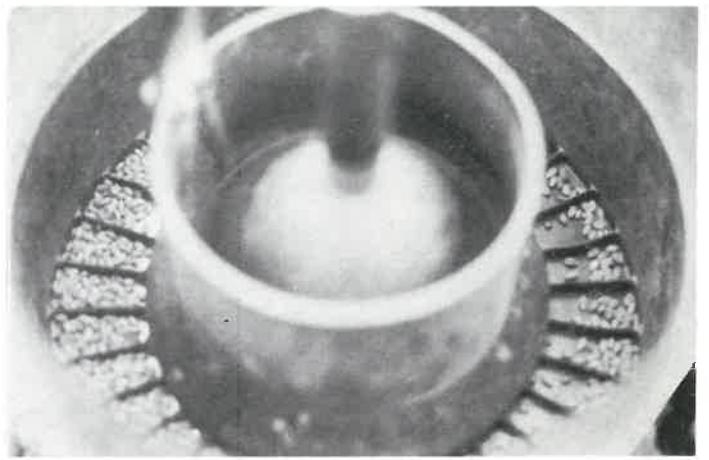
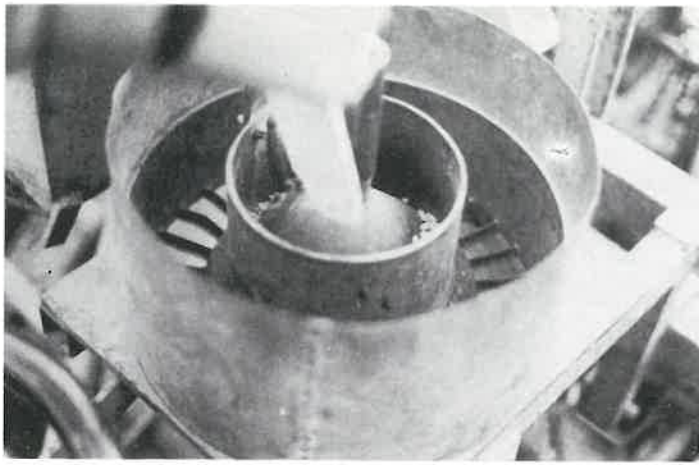


7

Eclatement
de la
plante en
ses tiges







Handwritten scribble in blue ink, possibly a signature or initials.