

ÉTUDE BIOCHIMIQUE CINÉTIQUE DE QUELQUES GRAMINÉES ET LÉGUMINEUSES FOURRAGÈRES DE L'OUEST AFRICAIN

I

LES CONDITIONS GÉNÉRALES DES OBSERVATIONS

II

PREMIÈRE ÉTUDE COMPARATIVE DE LA CROISSANCE D'ERAGROSTIS TREMULA SUR DEUX SOLS TROPICAUX DIFFÉRENCIÉS

par

P. MAINGUY,
Vétérinaire
Inspecteur 2^e classe.
Laboratoire Elevage, Dakar

Ph. GAUDEFROY-DEMOMBYNES
Ingénieur agricole.
C. R. A., Bambey

S. LANGLOIS
Licenciée ès Sciences.
Laboratoire Elevage, Dakar

Durant trois années d'expérimentation, les auteurs ont réuni de nombreux renseignements relatifs à la croissance et aux variations de la composition chimique de quelques Graminées et Légumineuses de l'Ouest africain.

Ce premier article expose les conditions générales des observations, les méthodes de travail, et rapporte sans les commenter les observations réalisées à propos de la croissance d'Eragrostis tremula sur deux sols différenciés, limitées à : hauteur, poids, taux de cellulose, durant la première expérimentation.

Les résultats relatifs aux autres espèces, aux autres années d'expérimentation et aux autres éléments feront l'objet d'articles ultérieurs ; ils feront enfin d'une synthèse permettant et de dégager des conclusions générales et des interprétations plausibles des faits observés.

En effet, un examen critique approfondi, relatif à l'action du climat et du sol, ne pourra être logiquement donné qu'en comparant les observations portant sur plusieurs années, sur diverses espèces et en divers lieux.

I

LES CONDITIONS GÉNÉRALES DES OBSERVATIONS

A) LES BUTS GÉNÉRAUX DE L'ÉTUDE

Dans un article de revue à jour en 1953 *, nous avons réuni et résumé sous forme de tableau la plus grande partie des documents relatifs à la composition chimique des ressources fourragères de l'Afrique intertropicale.

* LABOUCHE (C.), MAINGUY (P.). — Aspects physiologiques et nutritionnels de l'alimentation du bétail en Afrique tropicale, *Rev. Elev. Med. Vet. Pays Tropicaux*, 1954, 7, 221.

De cet examen général, il ressort que les connaissances acquises sont éparses.

On s'est généralement contenté d'examiner les espèces fourragères les plus communes, dissociées de leur contexte floristique, et d'en faire l'analyse chimique à quelques stades de végétation mal déterminés. Les conditions d'environnement (sol et climat) relatives à ces études sont le plus souvent passées sous silence ou trop sommairement exposées.

On constate que la comparaison et la critique des chiffres donnés par plusieurs auteurs à propos d'un même sujet n'est pas réalisable.

La conclusion qui s'impose, est que les résultats acquis n'ont qu'un intérêt pratique et général très limité, en dehors des applications réalisées par les auteurs eux-mêmes, dans des conditions connues d'eux seuls.

A quelles causes faut-il relier le peu d'intérêt attribué aux études biochimiques tendant à apprécier la valeur alimentaire des plantes fourragères ?

Nous pensons que les méthodes de travail sont directement en cause et qu'il faut souligner l'inadaptation fondamentale de ces dernières à l'étude de la végétation comestible en Afrique intertropicale.

Cette inadaptation tient au fait essentiel, que l'on n'a pas su définir d'une manière précise l'objet à étudier. Reproduisant les méthodes des centres d'expérimentation de zone tempérée, on s'est contenté de la définition botanique de l'espèce pour déterminer l'objet des recherches à entreprendre. Ces dernières, en définitive, ont été menées sur les plantes considérées comme les plus intéressantes, cultivées sur de petites parcelles.

C'est donc au niveau de l'espèce, isolée de son contexte floristique et cultivée dans les conditions artificielles de la station expérimentale, que la plupart des études ont été réalisées.

En quoi cette méthode de travail est-elle critiquable ?

Les caractéristiques morphologiques et physiologiques d'une plante fourragère, la croissance et la composition chimique par exemple, sont des points importants à considérer. Or, le concept d'espèce ne définit pas parfaitement ces caractéristiques en les englobant, car elles sont, dans une certaine mesure, indépendantes de ce dernier et liées aux conditions du milieu.

Si, par exemple, l'analyse chimique des plantes fourragères pour être significative n'est concevable qu'au niveau de l'espèce, cette dernière ne devient caractéristique pour le biochimiste que lorsqu'on la considère en fonction de son environnement, c'est-à-dire surtout en relation avec le sol et le climat.

Il ne faut donc pas s'étonner de constater que les résultats analytiques, apportés par la littérature spécialisée, semblent incohérents quand on cherche à les regrouper autour de la seule notion d'espèce.

A partir de quelles bases faut-il déterminer l'objet à étudier ?

L'action du milieu se révélant prépondérante en zone intertropicale, il faut, pour rendre l'espèce utilisable à des fins expérimentales et pratiques, la situer obligatoirement dans l'espace à l'aide d'un ensemble de coordonnées ayant une signification générale et précise.

Ces ordonnées doivent permettre d'apprécier le plus simplement et le plus complètement possible l'environnement des plantes à étudier.

Si l'on rejette la solution de facilité de la station expérimentale, consistant à chercher à recréer de façon onéreuse des conditions naturelles représentatives sur des espaces très limités, le problème se complique singulièrement.

Le tapis végétal s'offrant à la dent de l'animal est particulièrement complexe par sa diversité et son étendue. L'étude en est difficile si l'on veut la conduire jusqu'à la connaissance de sa valeur alimentaire, seule expression réelle de son potentiel économique.

L'obstacle principal, contre lequel sont venus constamment buter ceux qui ont tenté des essais dans cette voie, est celui de l'échantillonnage du matériel expérimental.

En effet, sur quels éléments de la végétation faire porter les recherches de tous ordres, pour que leurs résultats soient vraiment représentatifs de vastes ensembles floristiques, c'est-à-dire réellement utilisables à des fins pratiques ?

Répondant à l'ensemble des considérations relatives, d'une part à une appréciation écologique précise de l'espèce, et d'autre part, aux besoins de l'échantillonnage, certaines méthodes phytosociologiques sont maintenant susceptibles de résoudre simplement les difficultés considérées jadis comme insurmontables.

Il devient possible de délimiter sur le terrain, de façon relativement simple, des ensembles floristiques, au sein desquels on peut trouver des collections d'individus représentatifs d'une même espèce et offrant des propriétés communes.

Nous ne pouvons mieux faire que de citer M. GUINOCHE qui précise : « Ces ensembles peuvent être mathématiquement définis comme des « êtres » ayant en quelque sorte leur logique propre et par conséquent sur lesquels nous pouvons raisonner. Il devient alors possible de se livrer commodément à leur étude en leur appliquant les techniques de recherche les plus diverses comme celles de la physiologie, de la biochimie et de l'agronomie ».

Parmi les niveaux d'étude du peuplement végétal définis par cet auteur, il en est un « l'individu d'association » qui se révèle particulièrement accessible à l'expérimentation. Son intérêt principal est qu'il définit sur le terrain des collections d'individus soumis aux mêmes conditions écologiques. L'homogénéité du milieu se trouve ainsi précisée en même temps.

Nous pouvons donc délimiter dans le milieu naturel, directement, des unités expérimentales homogènes, dans lesquelles l'espèce représente un objet d'étude parfaitement défini.

Quelles sont les modalités d'étude de l'espèce définie ?

La réserve alimentaire étant constituée par la végétation en place, il n'est pas question de se livrer à l'étude exclusive de certains stades de végétation, comme on peut le faire en zone tempérée. Il est de première importance de déterminer les variations annuelles des caractéristiques des plantes fourragères. La connaissance de l'amplitude de ces variations se révèle indispensable, imposant à l'expérimentateur l'examen cinétique des phénomènes à observer.

Il convient encore de souligner le caractère probabiliste des recherches ainsi définies. La détermination des unités expérimentales, ainsi que l'échantillonnage à l'intérieur de ces dernières, n'est rendue possible que grâce à l'application de méthodes statistiques.

Enfin, un dernier point demande à être éclairci en raison des fausses interprétations qu'il suscite : la connaissance des ressources alimentaires ne vient pas s'appliquer en élevage extensif au rationnement des animaux, tel qu'on l'entend habituellement, et auquel on ne peut encore songer, mais à l'exploitation rationnelle du milieu ainsi qu'au maintien de l'équilibre de ce dernier le plus favorable à l'animal domestique.

En résumé, il faut retenir que l'étude de la végétation spontanée ne peut être dissociée de l'étude générale du milieu. L'examen concomitant de tous les facteurs assurant son harmonie est indispensable. Cette conclusion impose à la recherche sa forme.

Nous avons sommairement montré les principales difficultés imposées par l'étude de la valeur alimentaire de la végétation spontanée. Il importe maintenant de les résoudre. On ne pourra le faire d'une manière satisfaisante qu'en considérant les herbages comme un tout dont l'étude ne peut être cloisonnée arbitrairement.

La définition de nouvelles bases de travail demande une connaissance précise de tous les facteurs écologiques et surtout la réalisation de leur synthèse autour du centre d'intérêt qui est le nôtre.

L'importance et la diversité des techniques, à mettre en œuvre simultanément, place au premier plan la mise au point des méthodes de recherche et l'organisation du travail.

Que faut-il entendre ici par recherche ?

Il semble qu'une certaine confusion règne autour de cette question très controversée.

La recherche, telle qu'on la conçoit généralement, est avant tout une recherche appliquée, destinée à trouver des solutions rapides et simples aux problèmes qui se posent.

Si l'unanimité est faite sur les buts à atteindre, elle n'est pas réalisée pour déterminer les moyens à employer pour y parvenir.

Dans le domaine de l'étude des herbages d'Afrique tropicale, où les connaissances de base sont minces, aucun raccourci ne pouvait être pris pour atteindre les résultats escomptés.

Nous avons montré que les principales difficultés rencontrées et les échecs enregistrés relevaient du fait que les méthodes générales d'expérimentation étaient inadaptées aux buts à atteindre.

Il s'avère donc indispensable de donner à la recherche appliquée des notions de base et des méthodes de travail éprouvées.

La nécessité de distinguer une recherche théorique, préparatoire de la recherche appliquée proprement dite, s'impose, car aucun progrès d'envergure ne peut s'imaginer sans son intermédiaire.

Le principe de cette recherche consiste d'abord à coordonner dans une méthode l'action de disciplines scientifiques variées.

L'examen du milieu, par exemple, met en jeu la géologie, la pédologie et la climatologie. Nous avons montré que l'échantillonnage de la végétation ne peut se passer du secours de la botanique et de la phytosociologie. La détermination de la valeur alimentaire demande l'intervention du biochimiste et du physiologiste.

Faisant un travail de synthèse, c'est à la lumière des données fournies par le plus grand nombre de techniques que le spécialiste pourra fixer le niveau alimentaire des herbages.

C'est dans cet esprit que, depuis trois années, nous nous sommes attachés à la recherche d'une méthode expérimentale valable. Aucun organisme n'étant à l'heure actuelle conçu pour l'étude des herbages, dans le sens très large que nous venons d'exposer, les difficultés rencontrées ont été nombreuses.

Nous n'avons pu avancer dans la voie que nous nous sommes tracée que grâce à la collaboration de spécialistes divers, botanistes, pédologues, agronomes et au concours matériel de centres d'expérimentation comme le Centre de Recherches Agronomiques de Bambey, la station d'essai de la C G O T à Séfa et le Centre de Recherches Zootechniques de Sotuba.

Nous avons étudié au cours de cycles végétatifs complets une dizaine d'espèces fourragères dans des conditions de milieu diverses, définies et mesurées de la façon la plus précise, compte tenu des moyens mis en œuvre.

Nous avons rassemblé plus de cent mille résultats chiffrés se rapportant à la croissance et aux variations annuelles des composants chimiques. Ils laissent apparaître des phénomènes nouveaux, que les études statistiques ne mettaient pas en évidence, et permettent de mesurer l'action du climat et du sol sur les variations qualitatives et quantitatives des rendements en matière comestible au cours des saisons.

La compréhension de ces résultats demande un long travail d'examen et d'interprétation. Dans cette première publication nous apportons quelques conclusions relatives aux recherches entreprises au Centre de Recherches Agronomiques de Bambey en collaboration avec le Laboratoire Central de l'Elevage de Dakar.

B) LES MÉTHODES DE TRAVAIL

a) Les méthodes de travail sur le terrain.

Pour des raisons matérielles nous n'avons malheureusement pas pu appliquer, avec rigueur, les principes généraux que nous venons d'exposer. Nous avons néanmoins cherché à nous en rapprocher le plus possible. En l'absence de données antérieures précises, le travail, que nous avons entrepris à Bambey, est une étude d'orientation destinée à mettre en évidence les caractéristiques de quelques plantes fourragères ainsi que leur évolution au cours du temps.

Nous avons plus précisément étudié la croissance et les variations de la composition chimique de cinq Graminées et deux Légumineuses dans des conditions écologiques données.

LE CHOIX DU TERRAIN

Nous avons été contraints, afin d'opérer sur une aire protégée de l'action de l'homme et des animaux, d'expérimenter à l'intérieur des terres du Centre de Recherches Agronomiques de Bambey, sur des jachères récentes, mises en défens à cet effet. La végétation spontanée, qui couvrait ces parcelles réservées, ne présentait aucune différence sensible avec celle des terrains de parcours traditionnels, qui nourrissent les troupeaux nomades.

Afin de différencier les conditions édaphiques, nos prélèvements ont été effectués sur les deux sols caractéristiques de la plus grande partie du Sénégal :

1) sur sol ferrugineux tropical faiblement lessivé, donnant des terres sableuses meubles (sol Dior),

2) sur sol hydromorphe d'engorgement temporaire partiel donnant des terres un peu plus argileuses durcissant en sec (sol Dek).

LE CHOIX DES ESPÈCES

Nous avons choisi quelques espèces annuelles parmi les plus communes et les plus abondantes, dont la récolte s'avérait facile.

α) sur sol « Dior »

Graminées	{	<i>Eragrostis tremula</i> HOCHST.
		<i>Cenchrus biflorus</i> DEL.
		<i>Chloris pilosa</i> SCH. et THONN.
Légumineuse		<i>Cassia minosoides</i> L.

β) sur sol « Dek »

Graminées	{	<i>Eragrostis tremula</i> HOCHST.
		<i>Pennisetum pedicellatum</i> TRIN.
		<i>Brachiaria lata</i> HUBB.
Légumineuse		<i>Alysicarpus vaginalis</i> DC.

Pour les Graminées, la différenciation des espèces étant incertaine aux premières semaines de la végétation, nous les avons tout d'abord (1956-1957) récoltées indistinctement sous le nom de « Graminées indifférenciées ». Ce n'est qu'en 1958 qu'elles furent prélevées séparément, dès leur premier âge, après détermination minutieuse ; ceci afin d'avoir pour chaque plante des points de départ des courbes de croissance suffisamment bien définis.

MODE DE PRÉLÈVEMENT

En l'absence de données antérieures sur la dispersion des caractères biologiques, mesurés au sein des groupements floristiques étudiés, c'est arbitrairement que nous avons fixé les normes de nos prélèvements en tenant compte de travaux similaires effectués dans d'autres pays *. Il nous a fallu, de plus, tenir compte des moyens mis en œuvre, c'est-à-dire simplifier au maximum les manipulations exigées par les méthodes d'échantillonnage. Les zones d'expérimentation ayant été déterminées en fonction de l'homogénéité du sol et de la flore, les prélèvements ont été réalisés de la manière suivante :

Une corde de dix mètres est tendue au hasard sur le terrain. On prélève systématiquement tous les pieds de la même espèce jusqu'à la limite de dix centimètres de chaque côté de la corde. Cette dernière est déplacée au hasard autant de fois qu'il est nécessaire pour récolter un échantillon de deux kilogrammes environ. Pour une espèce donnée on prélève en des points différents de la zone trois échantillons de deux kg chaque semaine. Pour chacun d'eux, on détermine : la hauteur sur pied, le poids immédiatement après la récolte, le poids après séchage à l'air libre, le nombre de pieds et le stade de végétation.

Ne disposant pas d'étuve suffisamment grande pour sécher de grosses quantités de fourrages, il nous a été malheureusement impossible de déterminer le poids sec réel. La dessiccation à l'air libre étant liée aux variations de l'état hygrométrique atmosphérique, on introduit une cause d'erreur importante non systématique.

Nous avons rassemblé les stades de végétation observés en dix classes :

- 1) avant floraison, sans caractères de spécificité,
- 2) avant floraison, espèce déterminable,
- 3) floraison,
- 4) graines avant maturité,
- 5) graines mûres,
- 6) plante sèche, sans graines, feuilles conservées,
- 7) plante sèche, feuilles partiellement détruites,
- 8) tiges sans ou avec peu de feuilles, pailles,
- 9) chaumes,
- 10) repousses.

Cherchant à éliminer les variations dues à des microconditions particulières, nous avons pratiqué les prélèvements hors de l'aire de projection des arbres sur le sol et hors de l'aire d'influence des dépressions humides.

* MAINGUY (P.). — Les herbages tropicaux. Revue synoptique des principes d'étude. Application à l'échantillonnage de la végétation. *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Tropicaux*, 1958, 11, 305.

L'échantillonnage a été régulièrement effectué chaque année selon ce principe ; depuis le début de la saison hivernale (juillet-août) jusqu'au cœur de la saison sèche chaude (1^{er} avril), soit au total durant trente à trente-cinq semaines correspondant à l'éventail complet des possibilités d'utilisations fourragères de ces plantes. Pendant la même période les conditions climatiques ont été enregistrées d'une manière régulière par la station météorologique du CRA.

b) Les méthodes de travail au laboratoire.

Les échantillons ainsi déterminés ont été expédiés au Laboratoire Central de l'Elevage de Dakar pour analyse.

Chaque échantillon a été broyé à l'aide d'un broyeur à marteaux de façon que la totalité passe au travers du tamis N° 40.

Après homogénéisation, les dosages suivants ont été réalisés :

- 1) l'humidité à l'étuve à air, réglée à $103^{\circ} \pm 2^{\circ}$,
- 2) les matières minérales : l'incinération des prises d'essai a été faite au four réglé à 550°C ,
- 3) le phosphore : nous avons choisi la méthode colorimétrique fondée sur la formation d'un complexe bleu par action de l'acide molybdique sur un phosphate en présence d'agents réducteurs (hydroquinone + sulfite de soude). Ce dosage est effectué sur le résidu de minéralisation nitro-perchlorique.
- 4) l'insoluble chlorhydrique, la silice, insolubilisée dans les cendres par traitement à l'acide chlorhydrique, représente la silice constitutive des végétaux et le sable souillant les prélèvements,
- 5) le calcium : le dosage est effectué sur le filtrat de l'insoluble chlorhydrique par précipitation à pH 5 sous forme d'oxalate.
- 6) l'azote total : la minéralisation des échantillons a été faite par l'acide sulfurique concentré en présence de sulfate de potasse et de sulfate de cuivre. La distillation de l'azote a été opérée sur une prise aliquote dans un appareil de Parnas et Wagner.
- 7) l'extractif étheré : pour des raisons climatiques, nous avons été contraints d'abandonner la double extraction classique par l'alcool et l'éther éthylique et de la remplacer par une extraction simple de quatre heures à l'éther de pétrole $35^{\circ} - 75^{\circ}$.
- 8) les matières cellulosiques : nous avons utilisé la méthode de Weende par filtration.

Les échantillons ont été conservés dans des bocaux hermétiques, ce qui nous permet de pratiquer ultérieurement les dosages du potassium, du magnésium et du sodium.

c) Les méthodes d'exploitation des résultats.

On dispose, pour chaque plante, d'observations faites sur le terrain et de résultats d'analyses chimiques se rapportant à trois échantillons par semaine.

1) Les observations sur le terrain comportent :

- α) la hauteur moyenne des échantillons
- β) le nombre de pieds prélevés
- γ) le poids après la coupe
- δ) le poids après séchage

2) Les analyses chimiques comprennent :

- | | |
|---|--------------|
| α) l'eau | = Eau |
| β) les matières minérales | = M. min. |
| γ) les matières grasses | = M. grasses |
| δ) les matières protéiques | = M. prot. |
| ϵ) les matières cellulosiques | = M. cell. |
| η) l'extractif non azoté | = E.N.A. |

La somme de ces éléments est égale à 1.000, l'extractif non azoté étant obtenu par différence.

$$\text{E.N.A.} = 1.000 - (\text{Eau} + \text{M. min.} + \text{M. gras.} + \text{M. prot.} + \text{M. cell.})$$

Les matières protéiques sont obtenues en multipliant le taux d'azote total par le coefficient usuel 6,25.
 -η) l'insoluble chlorhydrique (AHCl) représentant la silice constitutive et le sable souillant les prélèvements

θ) la matière sèche	= 1.000 — Eau
τ) le phosphore	= P
κ) le calcium	= Ca
λ) l'azote total	= N
μ) Ca/P	

Tous les résultats sont exprimés en p. 1.000 de la prise d'essai. Ces éléments bruts ne sont pas directement exploitables. Si l'on veut effectuer des comparaisons dans des conditions identiques, il faut nécessairement ramener toutes les données chimiques à la matière sèche sans sable. Ce sont ces nouvelles caractéristiques élaborées, qui doivent servir aux calculs ultérieurs d'interprétation.

Nous avons donc par échantillon et par espèce seize éléments chiffrés, ce qui représente au total :
 $16 \times 3 \text{ échantillons} \times 8 \text{ espèces} \times 32 \text{ semaines (environ)} = 12.288 \text{ nombres individuels, environ, par année d'expérimentation.}$

A partir de ces données nous nous proposons de déterminer les lois de variation des différents facteurs mesurés, pour les conditions dans lesquelles nous avons expérimenté.

Nous allons donc étudier les liaisons existant entre différents facteurs mesurés sur chacune des plantes observées, et le temps d'une part, et entre ces différents facteurs d'autre part. Ce travail est réalisé en plusieurs étapes.

- 1) Correction des données brutes ramenées à la matière sèche sans sable.
- 2) Nous avons pris comme caractéristique de l'âge physiologique la teneur en cellulose. Il importe donc d'étudier d'abord cette teneur en cellulose en fonction du temps.
- 3) Afin de préciser la croissance sous un aspect plus tangible, nous avons parallèlement examiné les variations de la hauteur moyenne des individus ainsi que celles du poids de cent pieds secs au cours du temps.
- 4) Les variations des différentes caractéristiques chimiques sont ensuite examinées en fonction de la teneur en cellulose.

1) INFLUENCE DU FACTEUR TEMPS.

Devant l'importance du nombre des résultats, nous avons d'abord tenté de systématiser nos méthodes d'interprétation statistique à l'aide de fiches perforées de façon à utiliser le concours d'un ordinateur IBM.

Le travail consiste schématiquement à :

- déterminer les formes analytiques valables pour chaque élément étudié ;
- déterminer les paramètres par la méthode des moindres carrés.

Cette façon de procéder ne nous a pas apporté tous les avantages escomptés. En effet si la masse des chiffres est importante, son étude détaillée nécessite l'examen de groupes restreints ne comprenant qu'une centaine de données, elles-mêmes subdivisées en groupes moins importants. De plus son cadre rigide ne permet pas une analyse détaillée des phénomènes et une discussion de la précision des ajustements obtenus.

Nous reviendrons plus tard avec plus de détails sur les résultats obtenus par cette méthode. Retenons seulement, pour l'instant de cette étude statistique préliminaire, qu'elle a montré pour l'ensemble de nos résultats la validité de l'expression.

$$\text{Cellulose} = e^{a+bt+ct^2+dt^3+\dots}$$

Les coefficients de t^2 , t^3 étant insignifiants, on est conduit à prendre la forme :

$$\log \text{Cel.} = a + bt$$

et pour les liaisons d'un facteur chimique quelconque, FC, avec la cellulose :

$$\log \text{FC} = a + b \log \text{Cel.}$$

Dans ces expressions :

- FC = facteur chimique ;
- Cel. = cellulose ;
- log. = logarithme de base 10.

La constante de la liaison FC — Cellulose au cours du temps a également été étudiée. A cet effet, on a examiné :

$$\log FC = a + bt + ct^2 + d \log Cel$$

où a , b , c , d sont des constantes.

Dans la plupart des cas, c était non significativement différent de 0.

Si nous avons été contraints d'abandonner la méthode précédente, trop rigide pour l'analyse détaillée des phénomènes survenant au cours de la croissance, elle nous a cependant permis d'obtenir facilement et rapidement l'élaboration d'une partie de notre travail à partir de cartes perforées établies pour chaque échantillon c'est-à-dire :

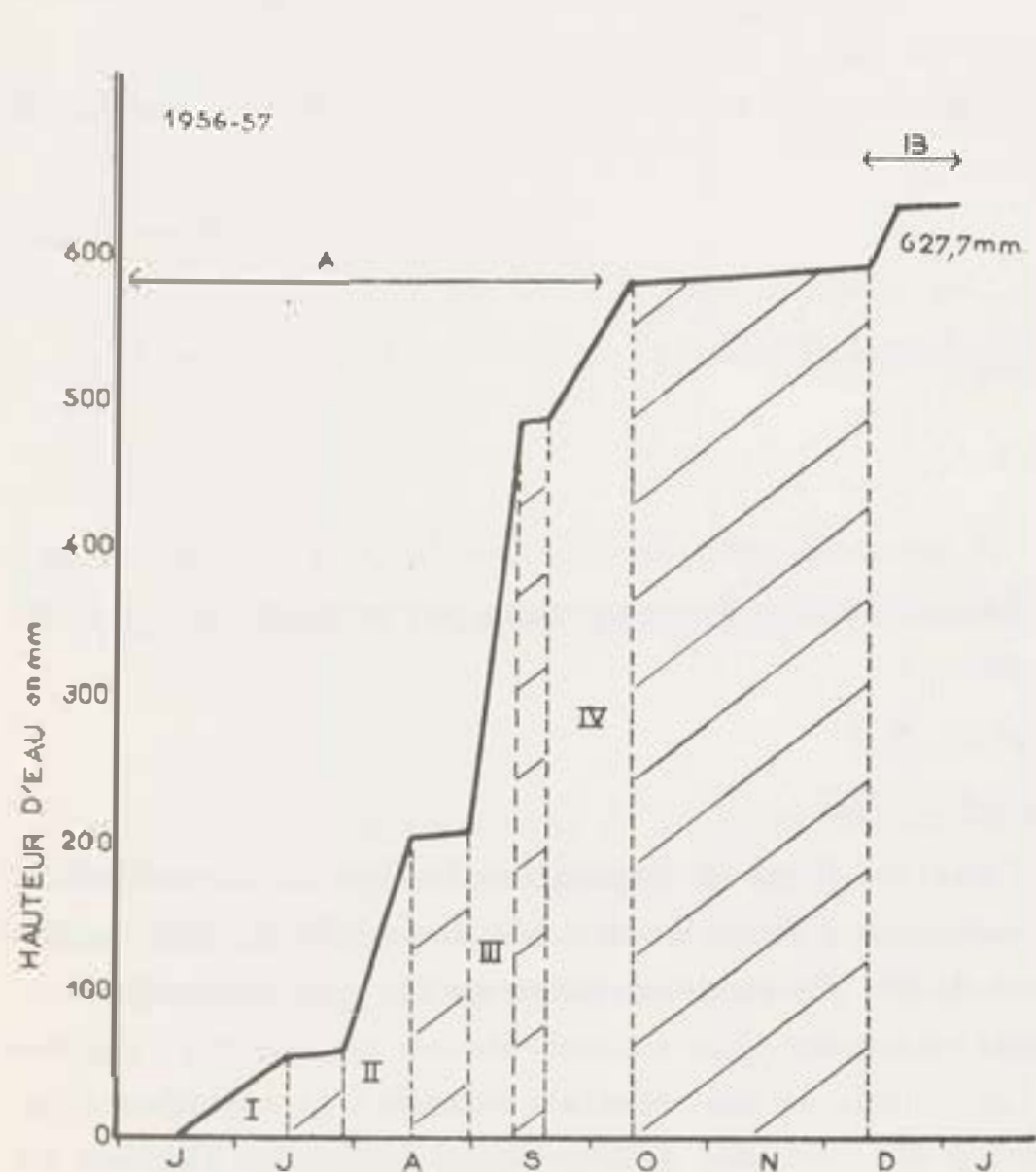
la conversion des données brutes en données ramcnées à la matière sèche sans sable
les moyennes par semaine, ainsi que leur écart-type.

Si l'on porte sur un graphique les données d'observations sur le terrain, ou les résultats d'analyse en fonction du temps, on se rend compte qu'il est difficile de retrouver une loi de croissance « normale » telle que nous l'exposons plus loin, dans le chapitre II.

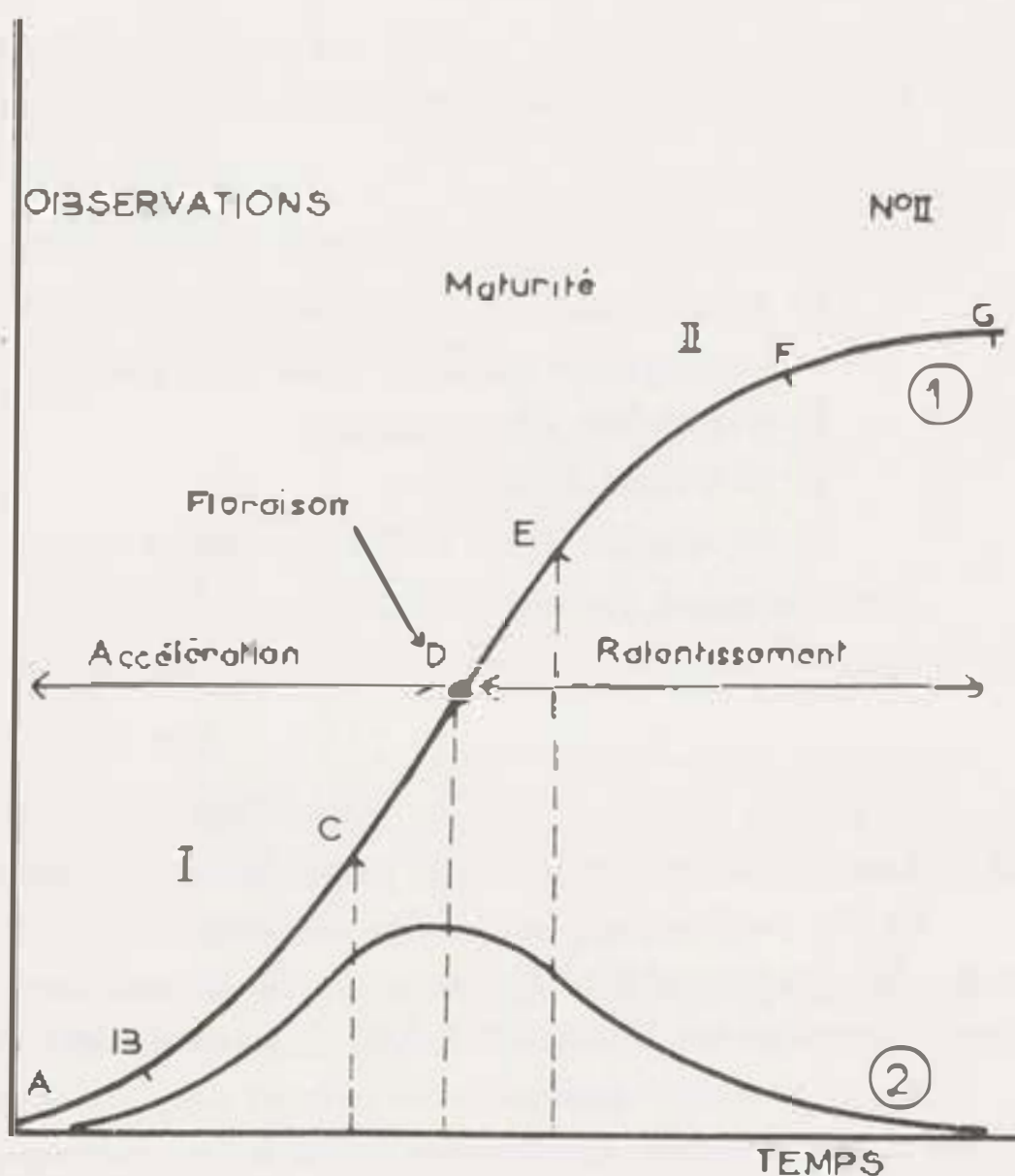
Le phénomène de croissance régulière est en effet dénaturé par l'action des facteurs déterminant l'environnement.

De plus les données recueillies sont la résultante de plusieurs processus biologiques superposés. Il ressort des observations de l'année 1956, plusieurs phases de croissance distinctes.

Pendant les dix premières semaines environ, la croissance est « normale » et se rapporte à la partie II de la courbe représentative usuelle (graphique II).



Graphique I. — Courbe cumulée des hauteurs d'eau en 1956-1957



Graphique II. — (1) Courbe théorique représentative de la croissance cumulée (en hauteur). — (2) Courbe théorique représentative des gains par unité de temps.

Après un début de dessiccation, à partir d'octobre, on observe un rajeunissement des plantes; on voit apparaître des pousses vertes plus ou moins abondantes selon les espèces.

Après une nouvelle dessiccation de durée variable, un deuxième rajeunissement moins intense que le précédent se produit en janvier.

De la fin janvier à mars, la dessiccation se poursuit, s'accompagnant d'une destruction plus ou moins rapide des feuilles et des tiges.

Après une croissance « normale » s'échelonnant sur environ dix semaines, c'est donc une succession de deux rajeunissements interrompus par une dessiccation et une destruction partielle des individus que nous avons à examiner.

Le premier travail qui s'impose donc est d'étudier l'action du temps, c'est-à-dire de déterminer des périodes, pendant lesquelles une variation significative d'un facteur étudié puisse être observée. Ceci revient à rechercher l'effet d'une cause contrôlée statistiquement.

2) PRINCIPES GÉNÉRAUX DU CALCUL.

Si nous prenons la semaine comme unité de temps, nous avons pour chaque semaine un prélèvement de n échantillons.

Pour une période déterminée nous avons K prélèvements et le nombre total des observations est égal à $N = nK$, n étant constant (trois échantillons par prélèvement et par semaine). Le problème qui se pose est de savoir si les différences relevées entre les moyennes des observations hebdomadaires sont imputables au hasard de l'échantillonnage ou à une cause systématique quelconque.

Pour ce faire, on compare la variance résiduelle ou variance de l'erreur, qui ne rend compte que de la variation aléatoire, c'est-à-dire due au hasard de l'échantillonnage, avec la variance entre échantillons ou entre moyennes par semaine, faisant intervenir une cause systématique de variation.

La variance résiduelle S^2_e est donnée par l'expression : $S^2_e = \frac{\sum (x - \bar{x}_c)^2}{N - K}$ avec $N - K$ degrés de liberté.

La variance entre moyennes S^2_c est donnée par l'expression $S^2_c = \frac{\sum n c (\bar{x}_c - \bar{x})^2}{K - 1}$ avec $K - 1$ degrés de liberté.

nc = nombre d'observations par semaine ;

$\bar{x}_c$ = moyenne des observations par semaine ;

$\bar{x}$ = moyenne générale pour une période définie ;

K = nombre de semaines ;

x = valeur observée ;

N = nombre total d'observations.

Pratiquement, les sommes des carrés des écarts des observations et des moyennes par semaine par rapport à la moyenne générale sont obtenus par les relations suivantes :

$$\begin{aligned}\sum (x - \bar{x})^2 &= \sum x^2 - N \bar{x}^2 \\ \sum n c (\bar{x}_c - \bar{x})^2 &= \sum n c \bar{x}_c^2 - N \bar{x}^2\end{aligned}$$

Les résultats obtenus sont portés dans un tableau d'analyse dont la disposition facilite l'interprétation.

Si $S^2_c > S^2_e$, il est nécessaire de comparer les deux variances à l'aide de la table de Snédécour, c'est-à-dire de chercher la probabilité d'obtenir par le hasard une valeur de S^2_c/S^2_e au moins aussi élevée que celle obtenue. Si cette dernière est inférieure à 0,05, le hasard n'est pas seul en cause.

Cette première analyse nous permet donc de diviser l'ensemble de nos résultats relatifs à la variation d'un facteur dans le temps, en groupes secondaires correspondant à des périodes définies pour lesquelles l'action du temps est significative ou non.

Si l'action du temps n'est pas significative on peut considérer les résultats comme appartenant à la même « population » et donner les caractéristiques de cette dernière c'est-à-dire la moyenne, l'écart-type σ et l'écart-

type de la moyenne $\frac{\sigma}{\sqrt{N}}$.

Si l'action du temps est significative il convient de trouver l'ajustement mathématique des résultats rendant le mieux compte des variations observées.

● On doit obligatoirement examiner d'abord la forme analytique la plus simple.

$$MY = f(x)$$

On suppose que la moyenne hebdomadaire MY d'un facteur quelconque examiné varie en fonction du temps (x).

Soient $\bar{x}$ et $\bar{y}$ les moyennes arithmétiques des N observations x et y ; nous avons pose :

$$y' = a + b(x - \bar{x})$$

Equation linéaire de régression dans laquelle b = coefficient de régression.

Si nc est la fréquence hebdomadaire des observations, $\bar{y}_c$ la moyenne des observations, $\bar{x}_c$ la moyenne des temps correspondants, nous avons :

$$\bar{x} = \frac{\sum nc \bar{x}_c}{N} \quad \bar{y} = \frac{\sum nc \bar{y}_c}{N}$$

$$a = \bar{y} \text{ et } b = \frac{\sum nc \bar{y}_c (\bar{x}_c - \bar{x})}{\sum nc (\bar{x}_c - \bar{x})^2}$$

Dans cette dernière expression :

$$\sum nc (\bar{x}_c - \bar{x})^2 = \sum nc \bar{x}_c^2 - N \bar{x}^2$$

$$\sum nc \bar{y}_c (\bar{x}_c - \bar{x}) = \sum nc \bar{x}_c \bar{y}_c - N \bar{x} \bar{y}$$

Pour chaque valeur du temps x, c'est-à-dire chaque semaine, les coefficients a et b ne représentent que des estimations dont il convient de connaître les limites (erreur d'échantillonnage). De plus dans les phénomènes, que nous avons à étudier, les coefficients b étant quelquefois faibles, c'est-à-dire les droites de régression voisines de l'horizontale, l'erreur d'échantillonnage de b est importante à connaître, si l'on veut conclure avec certitude qu'il existe bien une liaison entre x et y.

La variance d'échantillonnage de b, S_b^2 , est donnée par la relation :

$$S_b^2 = \frac{\sum (y - y')^2}{(N - 2) \sum nc (\bar{x}_c - \bar{x})^2}$$

dans laquelle

$$\sum (y - y')^2 = \sum y^2 - N \bar{y}^2 - b^2 \sum nc (\bar{x}_c - \bar{x})^2$$

Ayant défini b et S_b on peut tester la signification de b en faisant le rapport :

$$t = \frac{b}{S_b}$$

et en se référant à la table de distribution de t avec N - 2 degrés de liberté.

La variance d'échantillonnage de a : S_a^2 est donnée par la relation :

$$S_a^2 = \frac{\sum (y - y')^2}{N \cdot (N - 2)}$$

Il convient maintenant de justifier l'ajustement mathématique réalisé, c'est-à-dire qu'il faut « tester la linéarité » de la régression définie. Il faut pour cela vérifier si les différences entre les valeurs observées et les valeurs calculées ne sont pas dans leur ensemble plus élevées que le hasard ne peut le permettre.

Dans ce but on compare la variance résiduelle S_e^2 que nous avons déjà définie et la variance S_d^2 représentant l'estimation des déviations observées par rapport à la droite théorique.

$$S_d^2 = \frac{\sum nc (\bar{y}_c - y'_c)^2}{K - 2}$$

Dans cette relation :

$$\sum nc (\bar{y}_c - y'_c)^2 = \sum nc (\bar{y}_c - \bar{y})^2 - b^2 \sum nc (\bar{x}_c - \bar{x})^2$$

Ces éléments permettant de calculer S_d^2 sont rassemblés dans un tableau d'analyse de variances.

Les ajustements linéaires étant justifiés, nous avons cherché si l'ajustement exponentiel n'était pas plus valable. Dans tous les cas la somme des carrés des écarts entre les valeurs observées et les valeurs calculées à l'aide des régressions exponentielles se révèle supérieure à celle obtenue avec les relations linéaires.

TABLEAU N° 1

Propriétés	Profondeur en cm	Sol Dior	Sol Dek
A. TENEUR EN ARGILE (%) :	0-20	3 à 5	6 à 9
(Eléments de moins de 0,002 mm de diamètre)	50	5 à 6	9 à 13
	150	6,7 à 7,3	11 à 13
	> 150	5 à 6,3	9 à 15
B. COMPOSITION DE L'ARGILE :			
Kaolinite		55 à 60 %	45 à 50 %
Montmorillonite		10 à 15 %	40 %
Hydroxyde de fer		très abondant	présent
Quartz		présent	très abondant
Vermiculite		néant	à confirmer
C. RÉSISTANCE A L'ÉCRASEMENT :			
Poids en kg provoquant l'écrasement de mottes de 7 cm ³ ...	0-20		
Après quatre jours de dessiccation		0,350	1,8
Après sept jours de dessiccation		0,700	3,0
Nombre de chocs nécessaires pour provoquer l'écrasement de mottes de 2 cm ³ .			
Avec un poids de 20 g tombant de 5 cm		1	1
Avec un poids de 5 g tombant de 5 cm		4	6
D. POURCENTAGE D'AGRÉGATS SECONDAIRES STABLES A L'EAU :	0-20		
Diamètre des agrégats en millimètres { 0,002 < Ø < 0,02		0,8	1
{ 0,02 < Ø < 0,2		2,2	10
{ 0,2 < Ø < 0,5		0,4	0,2
{ 0,5 < Ø		0,1	0,3
POURCENTAGE D'ÉLÉMENTS, SABLES OU AGRÉGATS, STABLES A L'EAU :			
Diamètre des agrégats en millimètres { Ø ≤ 0,002	0-20	traces	traces
{ 0,002 < Ø < 0,02		2	14
{ 0,02 < Ø < 0,2		70,5	74
{ 0,2 < Ø < 0,5		25,3	22,1
{ 0,5 < Ø		2,5	2,2

TABLEAU N° 2

Propriétés	Profondeur en cm	Sol Dior	Sol Dek
Capacité minimum pour l'eau (pF = 3)	0-20	5 à 6 %	8 à 9 %
	50	9,3	10-12
Humidité au point de flétrissement (pF = 42)	0-20	1,5 à 1,9	3 à 4 %
Humidité de la terre séchée à l'air au laboratoire (et au champ pour 0-20 cm)	0-20	0,2	0,4 à 0,5
	50	0,3 à 0,4	0,5 à 0,7
Vingt-quatre heures après une pluie de 25 mm	0-10	7	8,5
	50	8	11
	100	10	12
Trois jours après une pluie de 30 mm	0-10	6	6
Six jours après une pluie de 30 mm	0-10	3	3,5
	50	8	10
Quinze jours après une pluie de 25 mm	0-10	1,5	1,5
	50	5	6
	100	6	8
Deux mois après une pluie de 25 mm	0-10	0,3	0,6 à 1
	50	1	3
	100	4	4,2

TABLEAU N° 3

TENEURS MOYENNES EN ÉLÉMENTS CHIMIQUES DE L'HORIZON DE SURFACE DES SOLS DEK ET DES SOLS DIOR DU C R A.

Éléments	Sol Dior		Sol Dek	
	Limite	Moyenne	Limite	Moyenne
1° MATIÈRE ORGANIQUE :				
M. O. totale g pour 100g	0,16 à 0,4	0,28	0,4 à 0,6	0,45
Acides humiques (CHAMINADE) g p. 1 000 g	0,12 à 0,30	0,18	0,25 à 0,35	0,30
Acides humiques (INEAC) idem.	0,25 à 0,30	0,28	0,40 à 0,60	0,50
Acides fulviques (INEAC) idem.	0,55 à 0,65	0,60	0,60 à 0,75	0,70
Rapport $\frac{A. \text{ humiques}}{A. \text{ fulviques}}$	0,4 à 0,55		0,55 à 1	
Rapport C/N	7 à 13		7 à 15	
2° ACIDITÉ	5 à 6,5	6	5,6 à 8	
3° ÉLÉMENTS TOTAUX (en g p. 1 000 g) :				
Azote (N)	0,11 à 0,50	0,20	0,25 à 0,35	0,30
Phosphore (P_2O_5)	0,09 à 0,25	0,13	0,09 à 0,30	0,15
Potassium (K_2O)	0,10 à 0,40	0,20	0,13 à 0,30	
Calcium (CaO)	0,8 à 2,5	1,8	1 à 3	1,8
Sodium (Na_2O)	0,13 à 0,40	0,20		
Magnésium (MgO)	0,20 à 0,50	0,35		
Manganèse (Mn)	0,05 à 0,20			
Alumine (Al_2O_3)	4 à 8			
Fer (Fe)	4 à 6		6 à 8	
Bore (B.)	0,03 à 0,05			
4° ÉLÉMENTS ÉCHANGEABLES EN m. éq./kg :				
Potassium	1,4 à 2,2	1,5	1 à 2,2	1,4
Calcium	4,2 à 15	10	30 à 70	40
Sodium	0,5 à 4	1,5		1,3
Magnésium	3 à 15			18
Capacité d'échange en m. éq./kg	15 à 60	20	60 à 100	70 à 100
Degré de saturation en %	60 à 80		70	
P_2O_5 Truog p. p. m.	6 à 20		6 à 20	
Alumine libre en g pour 1 000 g	0,4 à 0,6			
Fer libre idem.		1,9		4,5

C) LES DONNÉES RELATIVES AU MILIEU

a) Le sol.

Comme nous l'avons précisé dans l'exposé général du protocole expérimental, nos prélèvements ont été effectués sur deux types de sol :

- 1) sur sol ferrugineux tropical faiblement lessivé ou sol « Dior »,
- 2) sur sol hydromorphe d'engorgement temporaire partiel ou sol « Dek ».

Une étude détaillée de ces sols sur le Centre de Recherches Agronomiques de Bambey a été publiée par P. BONFILS et J. FAURE *. C'est à ce travail que nous nous sommes référés pour nos recherches.

Nous en avons retiré les données essentielles qui seront utilisées au cours de l'examen de nos résultats.

Du point de vue géologique, nous trouvons sous une couche de sables quartzeux récents, d'épaisseur variable, des sédiments marno-calcaires datant de l'éocène moyen.

Lorsque l'épaisseur de sables est importante, on trouve des sols de type « Dior » ; lorsqu'elle devient plus faible (1 à 4 mètres) on rencontre des sols de type « Dek ».

* BONFILS (P.) et FAURE (J.). — Etude comparative des sols du CRA de Bambey — *Annales du C. R. A. de Bambey*, Bulletin Agronomique, n° 15. 1955, p. 5.

TABLEAU 4

RICHESSE CHIMIQUE DES SOLS DEK ET DES SOLS DIOR DU C. R. A. (PROFILS DES CASES LYSIMÉTRIQUES)

Propriétés	Profondeur en cm	Sol Dior	Sol Dek
ACIDITÉ (pH)	0-20	6,2 à 5,4	6,8 à 6,2
Saison humide (premier chiffre)	50	5,8 à 5,0	7 à 6,4
Saison sèche (deuxième chiffre)	150	6,0 à 5,0	7 à 6,7
MATIÈRE ORGANIQUE	0-20	0,28	0,41
Matière organique totale (g pour 100 g)	50	0,13	0,25
	150	0,09	0,09
Acides humiques (CHAMINADE) g p. 1 000 g	0-20	0,16	0,28
	50	0,07	0,15
	150	0,02	0,04
Acides humiques (INEAC) idem.	0-20	0,30	0,55
	50	0,24	0,27
Acides fulviques (INEAC) idem.	0-20	0,63	0,70
	50	0,51	0,65
Rapport $\frac{\text{A. humiques}}{\text{A. fulviques}}$	0-20	0,48	0,79
	50	0,47	0,42
Rapport $\frac{\text{A. humiques de 0 à 20 cm}}{\text{A. humiques à 50 cm}}$		1,2	2
Rapport $\frac{\text{A. fulviques de 0 à 20 cm}}{\text{A. fulviques à 50 cm}}$		1,2	1,1
Azote total g pour 1 000 g	0-20	0,20	0,29
	50	0,13	0,19
	150	0,10	0,11
P ₂ O ₅ TOTAL (g. pour 1 000 g)	0-20	0,09	0,12
	50	0,11	0,08
	150	0,12	0,06
CAPACITÉ TOTALE D'ÉCHANGE T (en m. éq. par kg)	0-20	14	66
	50	25	75
	150	23	72
Rapport de lessivage de T		0,6	0,9
FER TOTAL en % (en Fe)	0-20	0,45	0,66
	50	0,62	0,74
	150	0,65	0,81
FER LIBRE en % (en Fe)	0-20	0,19	0,45
	50	0,47	0,25
	150	0,52	0,30
Rapport $\frac{\text{fer libre}}{\text{fer total}}$	0-20	0,4	0,7
	50	0,75	0,3
	150	0,8	0,4
Rapport de lessivage du fer libre		0,4	1,5
Éléments échangeables en m. é./kg			
K	0-20	0,6	1,0
	50	0,5	1,0
	150	0,5	0,8
Ca	0-20	4,8	50
	50	11,2	60
	150	14,2	90
Mg	0-20	6,2	18
	50	12,4	18,5
	150	13,6	36
Na	0-20	3	1,3
	50	2,2	1,3
	150	6,5	1,1

Les principales caractéristiques physiques et chimiques comparées des sols « Dek » et des sols « Dior » sont indiquées dans les tableaux 1, 2, 3, 4.

Deux faits importants sont à souligner :

- 1) Le flétrissement se produit sur sols « Dek » à une humidité double de celle des sols « Dior »,
- 2) La faible teneur en eau des horizons de surface, la texture et la structure des sols « Dek » et « Dior », ainsi que la profondeur de la nappe (supérieure à 10 mètres) ne permettent pas de mouvements ascendants autrement que sous forme de vapeur, sans entraînement d'éléments minéraux ou organiques.

b) Le climat.

LA PLUVIOMÉTRIE.

P. BONFILS et J. FAURE donnent les précisions générales suivantes :

La pluviométrie annuelle moyenne est de 631 mm, répartie en une seule saison de cinq mois ; son action sur les sols est assez forte; l'indice de FOURNIER $\frac{P}{p} \times p$ est de 90 (p est la pluviométrie du mois le plus pluvieux et P la pluviométrie annuelle en mm), traduit un climat moyennement érosif. Le débit des pluies atteint fréquemment 1×10^{-4} et 1×10^{-5} m/sec et l'indice de drainage de AUBERT-HÉNIN est de 115 mm caractérisant des sols légèrement lessivés.

Pendant la période de nos observations en 1956, nous avons relevé une distribution des pluies, dont le détail est donné sur le tableau n° 5.

Cette distribution est caractérisée par une chute totale de 627,7 mm répartie en 51 jours.

TABLEAU 5. — 1956. PLUVIOMÉTRIE

Date	Nombre de jours	Hauteur en mm	Hauteur cumulée en mm	Date	Nombre de jours	Hauteur en mm	Hauteur cumulée en mm
16.6	1	2,6	2,6	31.8	27	14,0	278,9
21.6	2	20,5	23,1	1.9	28	68,0	346,9
22.6	3	16,6	39,7	3.9	29	57,6	404,5
30.6	4	2,7	42,4	4.9	30	18,2	422,7
9.7	5	0,5	42,9	7.9	31	40,0	462,7
11.7	6	6,3	49,2	10.9	32	19,3	482,0
12.7	7	5,2	54,4	18.9	33	0,9	482,9
14.7	8	3,7	58,1	19.9	34	4,6	487,5
24.7	9	2,8	60,9	20.9	35	1,8	489,3
28.7	10	63,0	123,9	21.9	36	2,4	491,7
30.7	11	10,9	134,8	22.9	37	4,3	496,0
1.8	12	8,2	143	23.9	38	19,8	515,8
3.8	13	8,8	151,8	24.9	39	6,5	522,3
4.8	14	8,6	160,4	28.9	40	4,6	526,9
7.8	15	2,2	162,6	29.9	41	23,8	550,7
8.8	16	4,8	167,4	8.10	42	35,9	586,6
9.8	17	0,4	167,8	11.10	43	0,7	587,3
10.8	18	2,5	170,3	12.10	44	4,1	591,4
11.8	19	6,0	176,3	13.12	45	4,8	596,2
14.8	20	3,3	179,6	14.12	46	1,7	597,9
15.8	21	14,9	194,5	15.12	47	10,7	608,6
16.8	22	7,1	202,2	16.12	48	17,6	626,2
26.8	23	2,4	204,6	19.12	49	0,4	626,6
28.8	24	8,6	213,2	20.12	50	0,7	627,3
29.8	25	36,4	249,6	7.1.57	51	0,4	627,7
30.8	26	15,3	264,9				

Si nous traçons la courbe cumulée des hauteurs d'eau nous pouvons aisément distinguer plusieurs périodes :

1) une période principale A, du 16 juin au 12 octobre, pendant laquelle on enregistre 591,4 mm en 44 jours de pluies ;

2) une période secondaire B, allant du 12 au 20 décembre, avec 35,9 mm en 6 jours.

Une pluie isolée 0,4 mm se situe le 6 janvier.

La période principale A peut se subdiviser en quatre :

I) du 16 juin au 15 juillet : 58,7 mm en huit pluies irrégulièrement réparties en 30 jours ;

II) du 24 juillet au 16 août : 143,5 mm en quatorze pluies espacées sur 24 jours ;

III) du 26 août au 10 septembre : 279,8 mm en dix pluies espacées sur 17 jours ;

IV) du 18 septembre au 12 octobre : 19,4 mm en douze pluies espacées sur 26 jours.

La période I est caractérisée par des pluies faibles de 2 à 5 mm irrégulièrement espacées.

En II, on observe des pluies un peu plus abondantes de 10 mm en moyenne, régulièrement espacées.

III montre les hauteurs de chutes les plus fortes, de 30 à 70 mm.

IV, comparable à III, marque le déclin des pluies.

Entre chaque période de pluie caractéristique, on observe une période de sécheresse respectivement de 9 jours (du 15 juillet au 24 juillet), de 10 jours (du 16 août au 26 août) et de 8 jours (du 10 septembre au 18 septembre).

De A à B nous observons 62 jours de sécheresse.

La courbe cumulée schématisée des hauteurs d'eau est donnée dans le graphique I.

LA TEMPÉRATURE.

On peut distinguer trois saisons :

α) une saison fraîche et sèche,

β) une saison chaude et sèche,

γ) une saison humide et chaude.

Les caractéristiques mensuelles sont données par le tableau n° 6.

TABLEAU N° 6. — TABLEAU RÉCAPITULATIF DES MOYENNES DE TEMPÉRATURES MENSUELLES
RELEVÉES SOUS ABRI (1956-1957)

Date	Minimum			Maximum			Moyenne		
	absolu	moyen	plus grand	plus petit	moyen	absolu	à 6 h.	à 12 h.	à 18 h.
7.56	21,8	23,5	25,4	26,0	33,8	36,8	25,0	30,4	30,9
8.56	21,8	23,2	25,6	26,6	31,5	34,6	24,9	29,0	28,8
9.56	20,2	22,8	25,0	26,8	32,0	34,4	24,2	29,0	28,1
10.56	19,0	22,8	24,8	29,8	34,0	36,8	24,3	31,4	30,3
11.56	14,8	19,5	22,4	33,8	36,0	38,8	20,8	32,5	31,4
12.56	13,0	16,9	20,0	18,4	29,9	36,0	18,4	26,6	26,7
1.57	14,0	16,0	19,2	26,6	31,6	34,0	17,3	26,3	27,6
2.57	13,2	16,6	20,4	32,4	36,8	40,2	18,0	31,0	32,8
3.57	14,6	16,9	20,2	28,6	38,1	41,8	18,8	32,5	34,0
4.57	15,8	17,5	19,8	31,6	38,3	44,0	19,6	32,2	31,7

LA TEMPÉRATURE DES SOLS.

Les données générales rassemblées sur le tableau n° 7 donnent les caractéristiques des variations et montrent surtout que l'amplitude des variations journalières est faible en saison humide et forte en saison sèche.



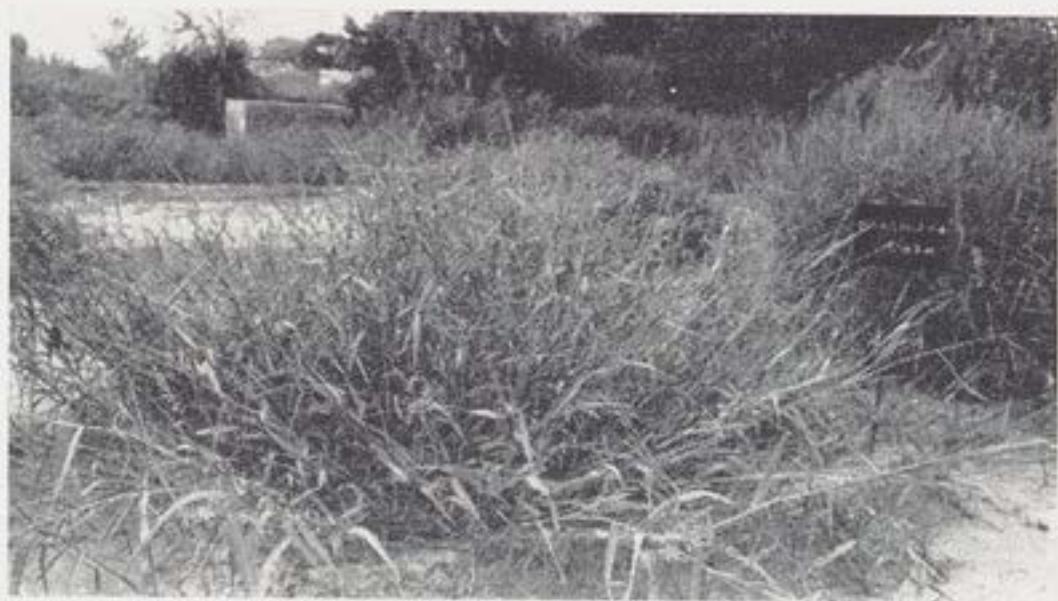
Alysicarpus vaginalis D. C.



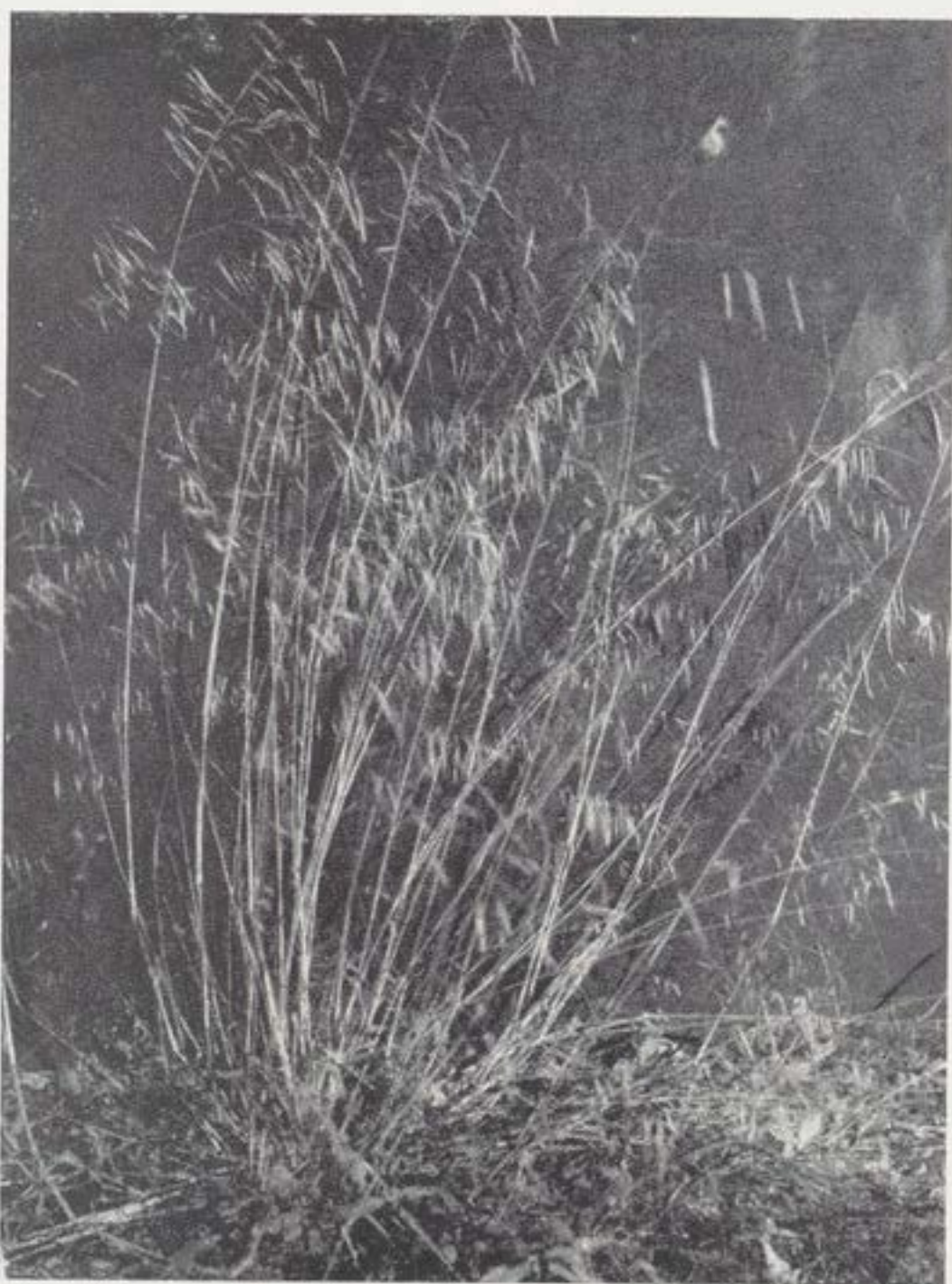
Cassia mimosoides L.



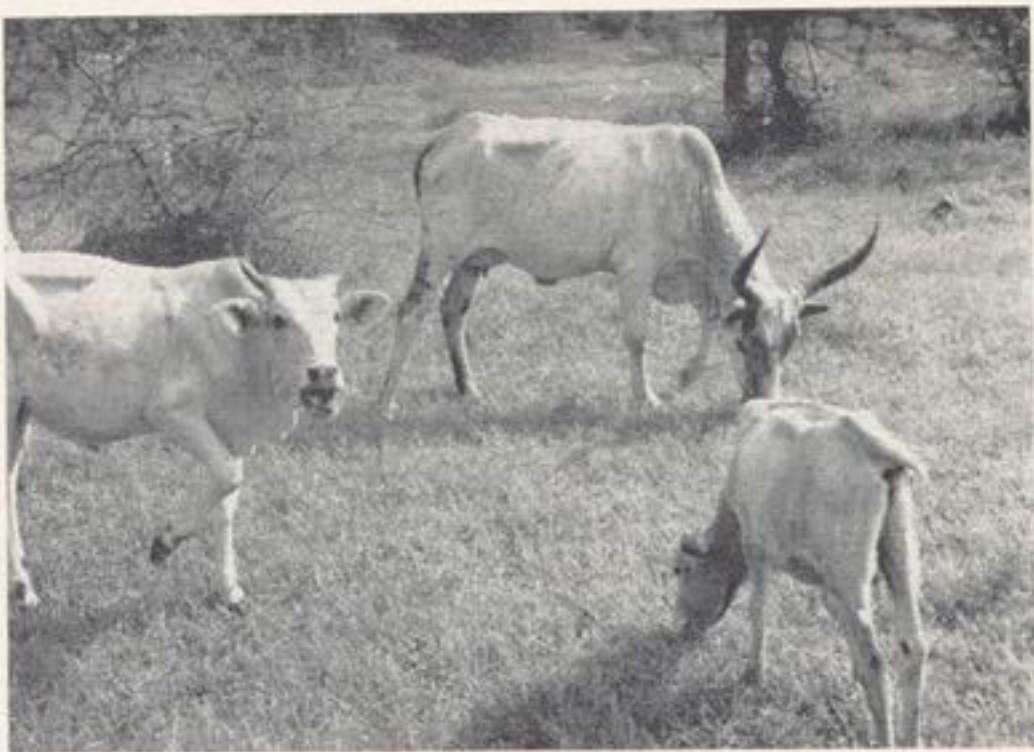
Pennisetum pedicellatum TRIN



Brachiaria lata (SCHUM)



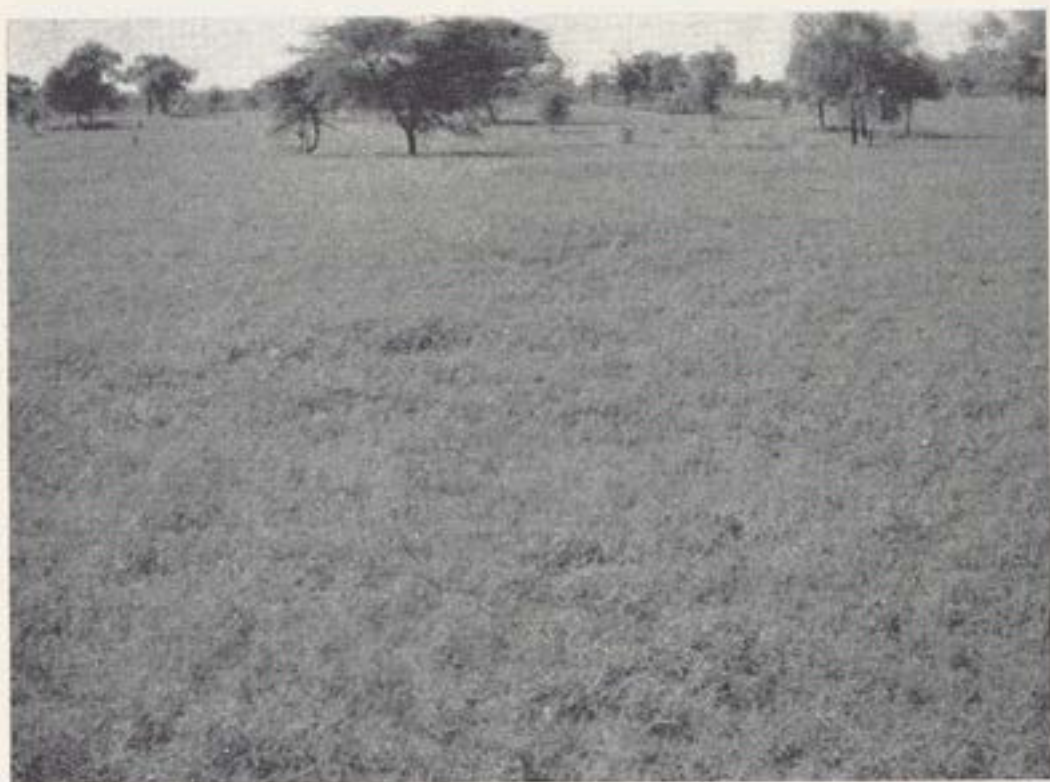
Eragrostis tremula HOCHST.
Graminée des steppes sahélo-soudanaises à maturité.



Terrains de parcours à dominante graminéenne, en août, après deux mois saison des pluies. Les bovins ne seront en état qu'à partir d'octobre.



Récoltes et stockage du foin, pratiques encore peu fréquentes en Afrique tropicale sèche.



Jachères naturelles améliorées à la station de Dara (Sénégal) constituant de bonnes prairies de fanehe.



Jachères sous cad de, *Acacia albida* DEL., en saison humide dans le Baol (Sénégal).



Savanes boisées au Sénégal de type sahélo-soudanien. Terrains de parcours typiques des grands troupeaux bovins nomades.



Savanes boisées au Sénégal de type sahélo-soudanien. Terrains de parcours typiques des grands troupeaux bovins nomades.

TABLEAU N° 7. — LA TEMPÉRATURE DES SOLS

Propriétés	Profondeur en cm	Sol Dior	Sol Dek
Température moyenne annuelle.....	0	33°	36°
	100	31	28
Moyenne des températures maxima du mois le plus chaud :			
Avril	0	57,6°	62,5°
	5	54,9	54,7
Juin	35	35,2	34,4
	100	33,5	30,2
Amplitude maximum des variations de la température journalière .			
En saison humide.....	0	10°	15°
	5	7,5	10
	100	1,3	1
En saison sèche	0	35°	40°
	5	30	30
	100	2	2
Amplitude maximum des variations de la température moyenne mensuelle	0	14,3°	12,3°
	5	9,7	9
	100	6	5

* Ces températures ont été observées en 1954 et 1956 sur les cases lysimétriques du C R A de Bambeey.

c) La végétation.

Aux sols Dior et aux sols Dek correspondent deux types de végétation caractéristiques.

a) Sur sol Dior on observe un équilibre défini par J. TROCHAIN sous la désignation de péniclimax à *Faidherbia albida*. C'est une steppe arborée anthropogène ayant peu à peu remplacé le climax, c'est-à-dire la forêt claire soudanienne.

Dans la strate arborée, où *Faidherbia albida* domine (vingt-cinq à cinquante pieds à l'hectare), en raison de la protection dont il bénéficie de la part du paysan. Il subsiste quelques exemplaires de *Tamarindus indica*, *Balanites aegyptiaca*, *Adansonia digitata*.

Les cultures ont éliminé la plus grande partie de la strate arbustive. On rencontre *Guiera senegalensis* dont l'éradication est difficile.

Dans la strate herbacée les espèces dominantes sont : *Eragrostis tremula*, *Cenchrus biflorus*, *Aristida stipoides*, *Ctenium elegans*, *Pennisetum pedicellatum*, *Mitracarpus scaber*.

b) Sur les sols Dek, on relève le groupement édaphique des sols argileux soudano-sahéliens, décrit par J. TROCHAIN sous le nom de pseudoclimax à *Acacia stenocarpa*. C'est une savane boisée, dont la strate arborée est caractérisée par *Acacia Seyal*, *Combretum micranthum*, *Faidherbia albida*, *Ziziphus jujuba*.

Dans la strate arbustive dense, on relève *Bauhinia rufescens*, *Bauhinia reticulata*, *Guiera senegalensis*.

Dans la strate herbacée les espèces dominantes sont : *Aristida stipoides*, *Cenchrus biflorus*, *Ctenium elegans*, *Eragrostis tremula*, *Schoenefeldia gracilis*, *Pennisetum* sp., *Alysicarpus vaginalis*, *Zornia diphylla*, *Crotalaria* sp., *Mitracarpus scaber*.

II

ÉTUDE COMPARATIVE DE LA CROISSANCE D'ERAGROSTIS TREMULA SUR SOL " DIOR " ET SUR SOL " DEK " EN 1956-57

A) Données générales théoriques sur la croissance

La croissance des organismes vivants a donné lieu à de très nombreuses études. Nous allons rappeler sommairement quelques données essentielles afin de situer notre expérimentation dans un cadre plus général, d'en tracer les limites et de préciser les méthodes.

Si l'on suit le développement d'une plante en mesurant, soit les variations de la hauteur, soit celle du poids de la matière sèche à des intervalles de temps définis, on constate que les données expérimentales recueillies se répartissent sur un graphique selon une courbe en S (graphique II) caractéristique.

L'examen de cette courbe montre que la vitesse de croissance, c'est-à-dire le gain par unité de temps varie constamment. On peut schématiquement la diviser en plusieurs segments.

Pendant la période A-B, qui est la phase initiale du développement, la vitesse varie peu. B-C correspond à la période d'accélération maximum. De C à E la vitesse devient sensiblement constante. E-F marque un ralentissement rapide. De F à G de nouveau la vitesse varie très peu et tend à s'annuler.

Les représentations de la croissance, en fonction du temps, peuvent se ramener à trois modes principaux les plus usuels.

On peut tout d'abord, le plus simplement, utiliser les données brutes de l'observation, le poids ou la hauteur par exemple. Leur répartition dans le temps (graphique II) donne la courbe cumulée que nous venons de décrire. Ce mode d'expression se révèle dans la pratique insuffisant.

Afin d'obtenir plus de précision on a recours aux notions de :

a) gain absolu moyen par unité de temps (vitesse) :

$$\text{CAM} \frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1} = \frac{\text{donnée la plus grande} - \text{donnée la plus petite}}{\text{temps le plus long} - \text{temps le plus court}}$$

b) gain relatif par unité de temps :

$$\text{GRM} = \frac{W_2 - W_1}{W_1}$$

W_1 et W_2 correspondent aux données du début et de la fin d'un intervalle de temps défini. On l'exprime généralement en pour cent (taux relatif de croissance).

La vitesse de croissance étant généralement variable, on est amené, pour réduire l'erreur se rapportant à une moyenne établie sur une trop longue période, à réduire le plus possible la durée entre deux observations.

En termes mathématiques au lieu d'apprécier le gain absolu moyen $W_2 - W_1 / t_2 - t_1$, il convient de déterminer le taux de croissance instantanée :

$$\frac{dW}{dt}$$

Le gain relatif moyen devient alors :

$$\frac{dW/dt}{W}$$

ou taux relatif de croissance instantanée.

$$\text{Nous avons alors } \frac{dW}{dt} = KW.$$

Par intégration on obtient la loi générale de croissance

$$\log W = \log A + Kt$$

ou

$$W = Ae^{Kt}$$

Dans cette expression la constante K représente le taux relatif de croissance instantanée, que l'on exprime habituellement multipliée par 100, en la désignant par l'expression « pourcentage de croissance instantanée ».

De façon pratique nous avons :

$$K = \frac{\log W_2 - \log W_1}{t_2 - t_1}$$

La courbe de croissance cumulée théorique (I, graphique II) peut encore être divisée en deux parties AD et DG ayant une expression mathématique différente.

De A à D la vitesse de croissance augmente constamment.

De D à G la vitesse de croissance diminue constamment.

Au niveau du point de jonction des deux courbes, se situe la floraison.

Position de nos données expérimentales dans le schéma de croissance théorique

a) La quasi-totalité de nos observations se situe dans la partie II de la courbe cumulée. Il est en effet très difficile de récolter des lots importants d'une même espèce avant la floraison, la différenciation entre les espèces de Graminées étant malaisée en début de végétation. Il faut ramasser plusieurs milliers de jeunes pieds pour constituer un échantillon convenable.

Ce ramassage est long, fastidieux, et réclame une attention soutenue. On est donc contraint de limiter le nombre des échantillons.

Au demeurant, les difficultés d'échantillonnage nous gênent relativement peu, étant donné que la partie I de la croissance est très brève (trois semaines environ) alors que la partie II se développe sur six mois. Cette dernière se rapporte à la réserve alimentaire constituant l'objet véritable de notre étude. De plus, la première phase présente une vitesse de croissance rapide nécessitant des méthodes d'étude différentes de celles de la seconde phase.

b) Dans l'interprétation de nos résultats, l'ajustement à une loi linéaire s'est toujours montré plus significatif que l'ajustement exponentiel. L'évolution des phénomènes de croissance que nous avons observés est donc uniquement représentée par des droites. Dans ces conditions la courbe cumulée se retrouve divisée en secteurs ajustés linéaires. Le gain absolu moyen par unité de temps ou vitesse de croissance, qui était constamment variable dans la représentation exponentielle, devient constant et est donné par la pente de la droite représentative, c'est-à-dire par le coefficient b de l'équation $y = a + bx$ (y = variable, x = temps). Le taux relatif de croissance instantanée K , constant dans la représentation exponentielle, devient variable.

Si la représentation mathématique de la croissance est $y = a + bx$ pour une période de temps définie, le taux de croissance relatif moyen est égal

$$\frac{y_2 - y_1}{y_1},$$

si l'on remplace y_1 et y_2 dans cette expression par leur valeur $a + bx_1$ et $a + bx_2$ on obtient :

$$\frac{y_2 - y_1}{y_1} = \frac{x_2 - x_1}{\frac{a}{b} + x_1}.$$

L'accroissement relatif en pourcentage et par unité de temps est donc donné par l'expression

$$y\% = 100 \times \frac{1}{\frac{a}{b} + x}.$$

En résumé, l'évolution des phénomènes que nous avons étudiés est de représentation linéaire ($y = a + bx$).

La vitesse de croissance est constante pour chaque période définie (b).

Le taux relatif de croissance % est variable et donné par l'expression :

$$y\% = 100 \times \frac{1}{\frac{a}{b} + x}.$$

B) Les données expérimentales. Leur interprétation statistique

a) Présentation des résultats.

1) LES DONNÉES ÉLABORÉES

Nous entendons par données élaborées l'ensemble des résultats numériques obtenus après transformation des données expérimentales brutes, comme nous l'avons exposé dans les généralités, et servant directement aux interprétations statistiques. Ces données étant beaucoup trop nombreuses pour être présentées intégrale-

ment, nous ne donnons, dans le tableau récapitulatif 8, que les moyennes des observations par semaine pour les trois éléments mesurés c'est-à-dire la hauteur en centimètres, le poids de cent pieds secs en grammes et le taux de cellulose exprimé en parties pour 1.000 de la matière sèche sans silice. Ces éléments sont seuls indispensables à l'exposé.

TABLEAU RÉCAPITULATIF 8.

MOYENNE DES OBSERVATIONS PAR SEMAINE

Temps semaines	Hauteur Moyenne en cm par semaine		Poids Moyenne cent pieds secs par semaine		Cellulose Moyenne trois échantillons par semaine	
	Dek	Dior	Dek	Dior	Dek	Dior
1						
2						
3		25,00	26,00	27,66	319,00	300,70
4	66,00	51,00	33,33	38,00	348,84	331,50
5	72,66	64,66	40,66	67,33	344,90	365,70
6	84,33	84,66	45,66	43,33	359,92	370,98
7	86,33	86,33	70,00	105,33	352,79	392,52
8	97,33	85,33	75,00	100,33	358,33	395,97
9	92,00	87,66	102,66	105,00	375,45	387,17
10	90,66	86,66	95,0	76,33	359,88	382,98
11	96,66	96,00	101,66	97,33	393,85	408,94
12	91,00	103,33	116,00	107,66	367,30	335,65
13	97,00	94,00	72,66	90,66	370,04	332,70
14	95,66	96,00	99,00	111,00	314,21	356,15
15	99,00	86,66	137,66	118,33	328,45	349,37
16	96,66	87,66	85,00	90,00	323,95	350,32
17	79,66	89,33	120,33	114,66	355,15	352,60
18	74,33	77,66	117,33	141,33	347,14	359,09
19	85,33	82,33	225,00	126,00	370,66	355,03
20	87,66	77,00	161,66	149,00	352,51	375,26
21	74,78	93,00	118,33	148,00	352,01	355,70
22	69,00	86,00	93,00	96,00	367,40	350,04
23	81,30	88,66	188,00	191,66	359,91	389,44
24	74,00	80,33	149,00	153,33	317,52	379,87
25	82,00	77,00	188,33		358,97	321,35
26	88,00	89,66	221,66		353,38	345,66
27	81,00	68,33	177,33		373,30	367,34
28	72,60	94,00	174,00		344,48	386,97
29	75,60	85,65			347,62	390,32
30	83,60	91,66			357,10	379,62
31	74,60	74,00			361,99	363,97
32	72,90	80,66			370,69	362,44

2) LES RÉSULTATS CALCULÉS

Nous entendons par résultats calculés les éléments numériques obtenus à partir des données élaborées. Nous avons précisé succinctement les méthodes générales de calcul nous ayant servi. Nous nous sommes efforcés de réduire, au minimum, la présentation mathématique des résultats obtenus ainsi que leur justification en rassemblant les éléments indispensables à la compréhension dans une suite de tableaux.

Etude de l'action du temps.

TABLEAU 9.

ANALYSE STATISTIQUE DE L'ACTION DU TEMPS SUR LA HAUTEUR (SOLS DEK ET DIOR)

Origine de la variation	Somme des carrés	Degrés de liberté	Variances	S^2_c/S^2_e	Seuil	Action du temps
I DIOR :					5 %	
Variation totale	5.775,28	11				
Variation entre classes	5.648,96	3	$S^2_c = 1.882,98$	119,25	4,07	significative
Variation résiduelle	126,32	8	$S^2_e = 15,79$			
II DIOR :					5 %	
Variation totale	65,01	8				
Variation entre classes	7,99	2	$S^2_c = 3,99$	0,42	19,30	non significative
Variation résiduelle	57,02	6	$S^2_e = 9,55$			
III DIOR :					5 %	
Variation totale	780,4	14				
Variation entre classes	702,36	4	$S^2_c = 175,59$	22,51	3,48	significative
Variation résiduelle	78,04	10	$S^2_e = 7,80$			
IV DIOR :					5 %	
Variation totale	2.405,48	26				
Variation entre classes	1.797,69	8	$S^2_c = 224,71$	6,63	2,51	significative
Variation résiduelle	609,79	18	$S^2_e = 33,87$			
V DIOR :					5 %	
Variation totale	3.107,16	35	$S^2_c = 196,78$			
Variation entre classes	765,71	11	$S^2_e = 97,56$	2,0	2,3	non significative
Variation résiduelle	2.341,45	24				
I DEK :					5 %	
Variation totale	2.874,92	20	$S^2_c = 371,27$			
Variation entre classes	2.227,64	6	$S^2_e = 46,23$	8,03	2,85	significative
Variation résiduelle	647,28	14				
II DEK :					5 %	
Variation totale	272,92	14	$S^2_c = 30,43$			
Variation entre classes	121,74	4	$S^2_e = 15,11$	2,01	3,48	non significative
Variation résiduelle	151,18	10				
III DEK :					5 %	
Variation totale	1.430,904	11	$S^2_c = 454,21$			
Variation entre classes	1.362,634	3	$S^2_e = 8,53$	53,22	4,07	significative
Variation résiduelle	61,27	8				
IV DEK :					5 %	
Variation totale	2.594,86	38				
Variation entre classes	823,58	12	$S^2_c = 68,60$	1,08	2,15	non significative
Variation résiduelle	1.771,28	26	$S^2_e = 63,25$			

Nous avons fait figurer dans les tableaux d'analyses N° 9, 12, 16, 17, les conclusions permettant de définir les significations de l'action du temps au seuil de probabilité de 0,05.

Représentation linéaire des phénomènes de la croissance

Les données élaborées correspondant à chaque période significative ont été ajustées à une droite, les ajustements exponentiels systématiquement calculés s'étant révélés moins représentatifs que les régressions linéaires. L'analyse des variances nous a permis d'éprouver dans quelle mesure les ajustements ainsi réalisés étaient légitimes. Les tableaux (11, 14, 15, 19, 20) rendent compte des conclusions de l'analyse, c'est-à-dire précisent si le « test de linéarité » est positif ou négatif ou encore si la représentation linéaire doit être retenue ou non.

TABLEAU 10. — *ERACROSTIS TREMULA*.

Hauteur en centimètres. — Temps en semaines

A = Croissance cumulée ; B = Croissance cumulée % ; C = Gain absolu par semaine ; D = Croît relatif %.

- Sol Dior -		- Sol Dek -	
I	$A - Y = 20,34(\pm 1,32) + 19,36(\pm 1,04)X$ $B - Y\% = 121,40(\pm 6,5) + 77,05(\pm 7,3)X$ $C = 19,36 \text{ cm } (\pm 1,04)$ $D - Y\% = 100 \times \frac{1}{x - 1,56}$	I	$Y = 2,81(\pm 2,41) + 4,48(\pm 1,20)X$ - A $Y\% = 80,02(\pm 3,25) + 6,79(\pm 1,62)X$ - B $4,48(\pm 1,20) \text{ cm}$ - C $Y\% = 100 \times \frac{1}{x - 11,78}$ - D
II	$b=0, \bar{Y}=85,44, \bar{G}=2,8, \frac{\bar{G}}{\sqrt{N}}=0,9$	II	$b=0, \bar{Y}=95,86, \bar{G}=4,41, \frac{\bar{G}}{\sqrt{N}}=1,1$
III	$A - Y = 47,7(\pm 1,0) + 4,41(\pm 0,71)X$ $B - Y\% = 55,52(\pm 1,9) + 5,19(\pm 1,3)X$ $C = 4,41 \text{ cm } (\pm 0,71)$ $D - Y\% = 100 \times \frac{1}{x - 10,81}$	III	$Y = 237,02(\pm 1,28) - 9,06(\pm 1,1)X$ - A $Y\% = 239,92(\pm 2,22) - 9,19(\pm 1,9)X$ - B $9,06 \text{ cm } (\pm 1,1)$ - C $Y\% = 100 \times \frac{1}{x - 26,16}$ - D
IV	$A - Y = 134,62(\pm 1,15) - 2,90(\pm 0,44)X$ $B - Y\% = 129,63(\pm 1,34) - 2,81(\pm 0,50)X$ $C = -2,90 \text{ cm } (\pm 0,44)$ $D - Y\% = 100 \times \frac{1}{x - 46,42}$	IV	$b=0, \bar{Y}=83,53, \bar{G}=8,2, \frac{\bar{G}}{\sqrt{N}}=1,32$
V	$b=0, \bar{Y}=84,08, \bar{G}=9,4, \frac{\bar{G}}{\sqrt{N}}=1,5$		

TABLEAU 11

ANALYSE DE LA VARIANCE (hauteur temps)

Origine de la variation	Somme des carrés	Degrés de liberté	Variances	S^2D/S^2e	Seuil	Test de linéarité
I Dior :					5 %	
Régression linéaire	5.564,10	1	$S^2D = 42,43$	2,68	3,98	positif
Déviations/Droite	84,86	2				
Entre classes	5.648,96	3	$S^2e = 15,79$	5,67	6,55	positif
Résiduelle	126,32	8				
Totale	5.775,28	11				
III Dior :					1 %	
Régression linéaire	583,20	1	$S^2D = 39,72$	5,67	6,55	positif
Déviations/Droite	119,16	3				
Entre classes	702,36	4	$S^2e = 7$	1,19	2,71	positif
Résiduelle	78,04	10				
Totale	780,4	14				
IV Dior :					5 %	
Régression linéaire	1.513,8	1	$S^2D = 40,55$	1,19	2,71	positif
Déviations/Droite	283,89	7				
Entre classes	1.797,69	8	$S^2e = 33,87$	2,33	2,96	positif
Résiduelle	607,79	18				
Totale	20.405,48	26				
I Dek :					5 %	
Régression linéaire	1.687,39	1	$S^2D = 108,05$	2,33	2,96	positif
Déviations/Droite	540,25	5				
Entre classes	2.227,64	6	$S^2e = 46,23$	7,57	8,64	positif
Résiduelle	647,28	14				
Totale	2.874,92	20				
III Dek :					1 %	
Régression linéaire	1.233,42	1	$S^2D = 64,6$	7,57	8,64	positif
Déviations/Droite	129,21	2				
Entre classes	1.362,63	3	$S^2e = 8,53$			
Résiduelle	68,27	8				
Totale	1.430,90	11				

Dans les tableaux 10, 13 et 18 nous avons porté les équations de régression rendant compte des variations des phénomènes de la croissance au cours du temps.

Dans les équations A, y exprime la variable étudiée (hauteur, poids ou taux de cellulose), x le temps en semaine.

Les équations B sont établies en tenant compte uniquement des moyennes hebdomadaires, la valeur 100 étant donnée à la première et les autres rapportées à cette dernière.

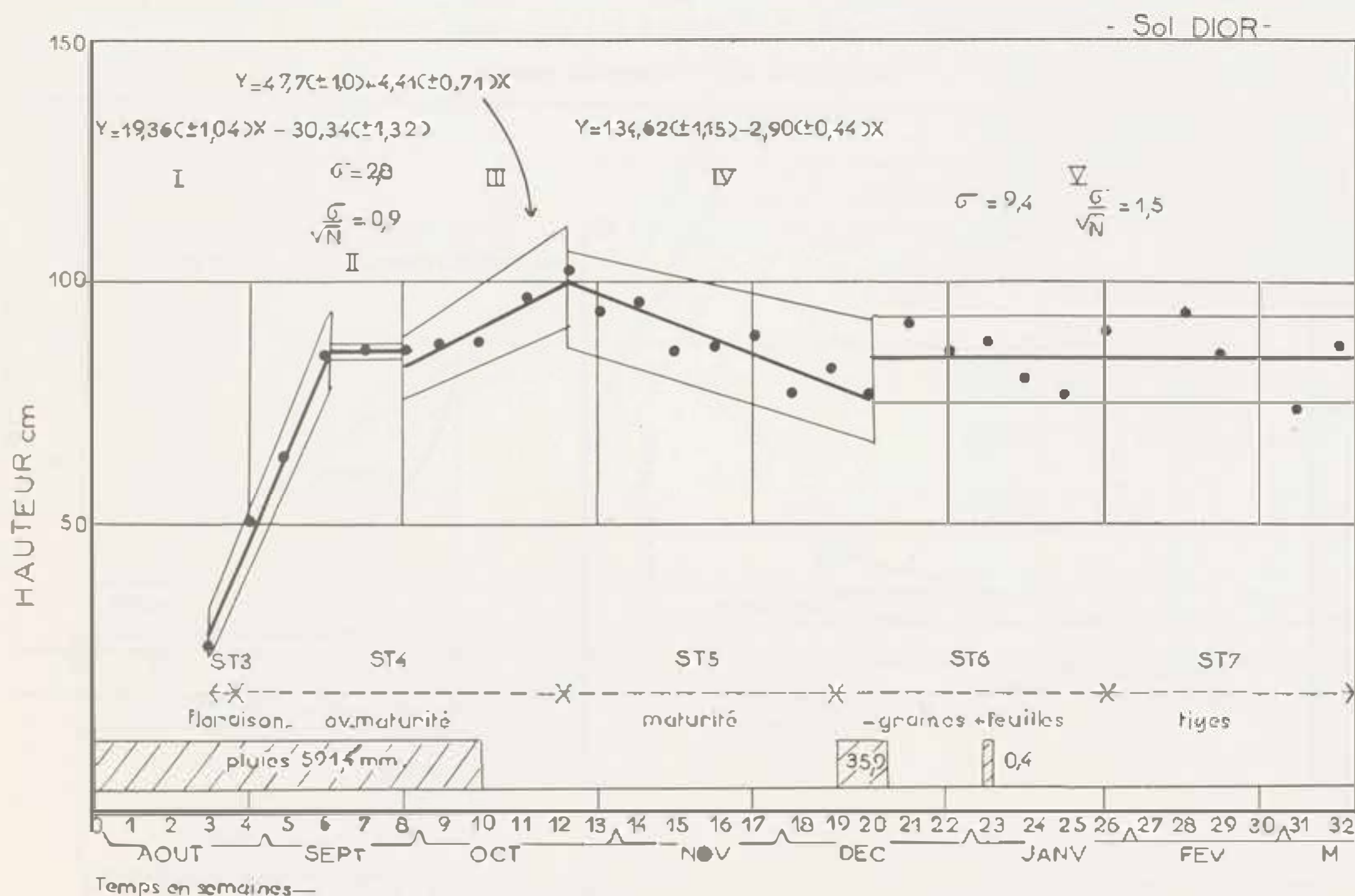
C, est le coefficient de régression de l'équation A, il représente la vitesse uniforme de variation par semaine dans les limites de la période expérimentale définie par l'étude de l'action du temps.

D, représente la variation relative pour cent telle que nous l'avons définie dans les généralités sur la croissance.

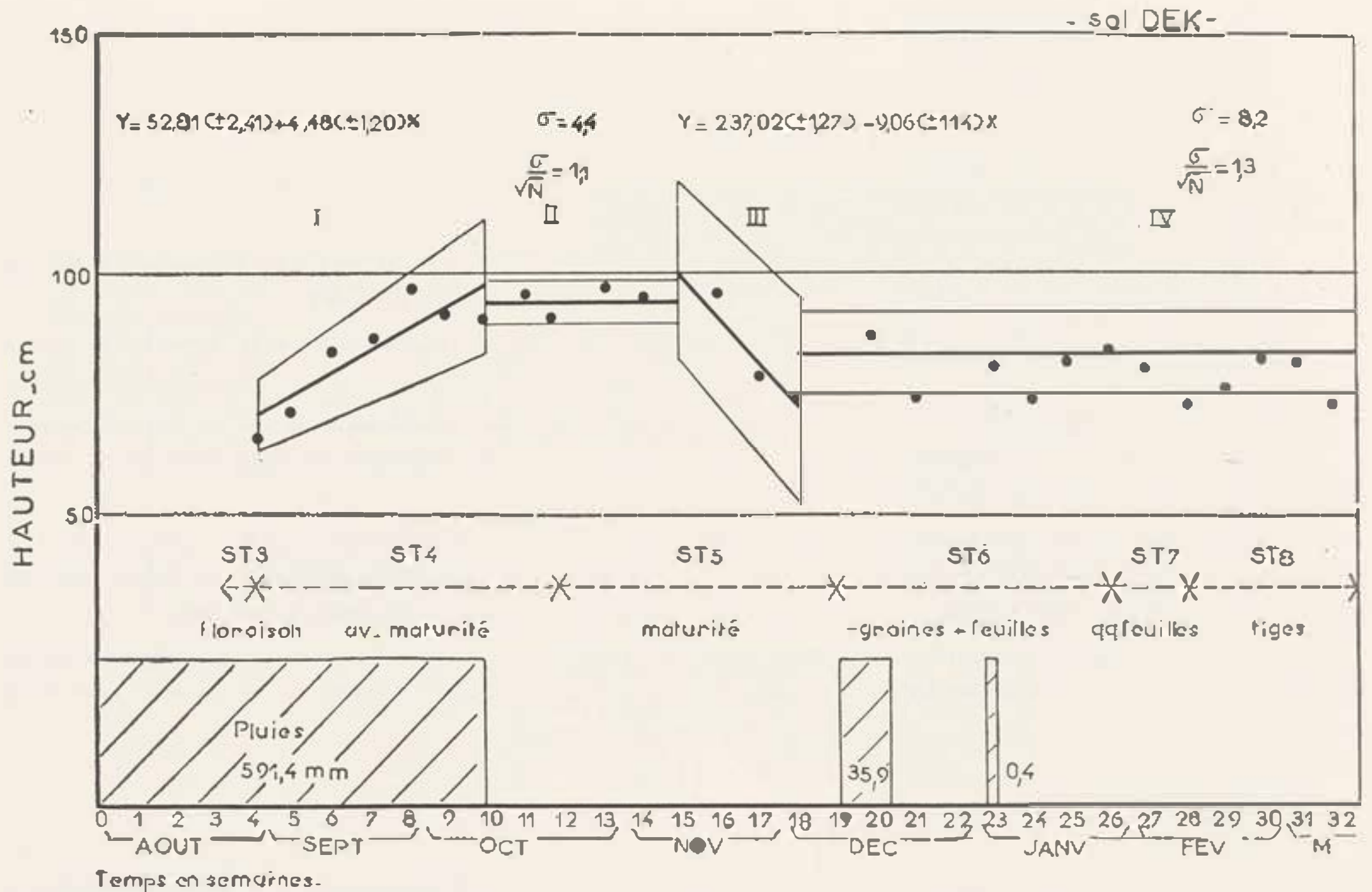
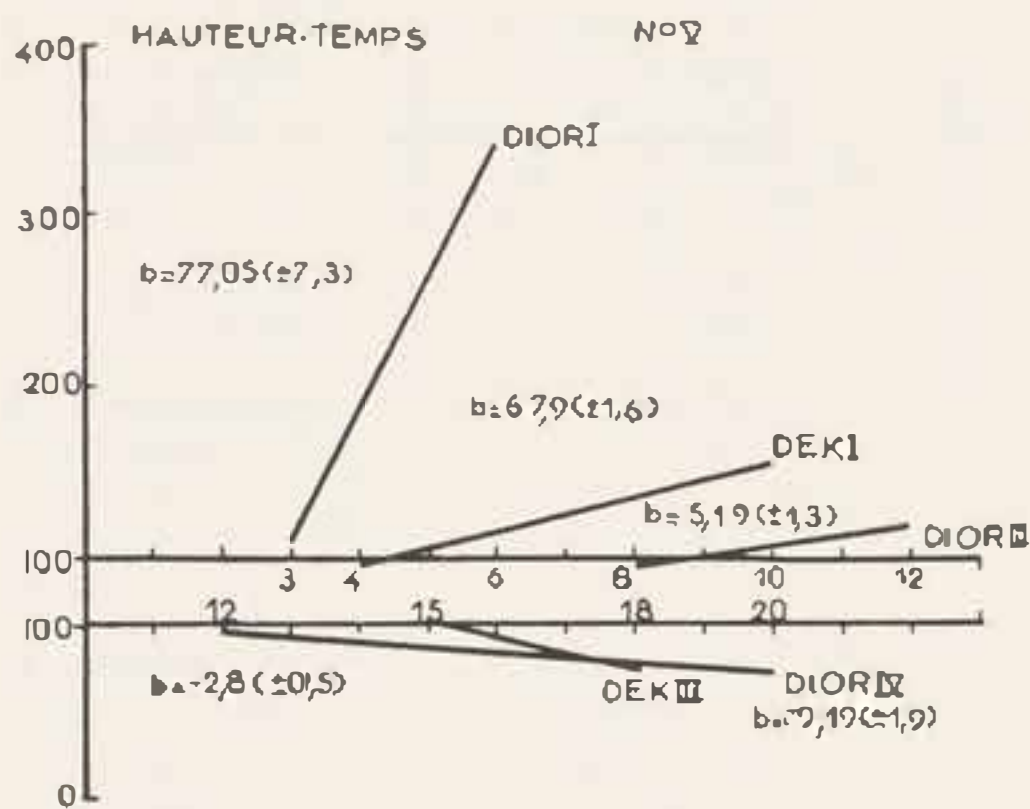
Ces différentes expressions permettent de déduire, pour une semaine quelconque, la valeur absolue moyenne de la variable, la vitesse de variation, le pourcentage relatif moyen de variation, et le pourcentage de variation à l'origine de la période considérée.

Ces valeurs peuvent être déterminées avec leur écart probable au seuil 0,05, c'est-à-dire, pour lequel il y a 95 chances sur 100 pour que les observations dans des conditions expérimentales identiques se situent autour de la moyenne calculée dans des limites de $\pm 2\sigma$ c'est-à-dire plus ou moins deux fois l'écart-type.

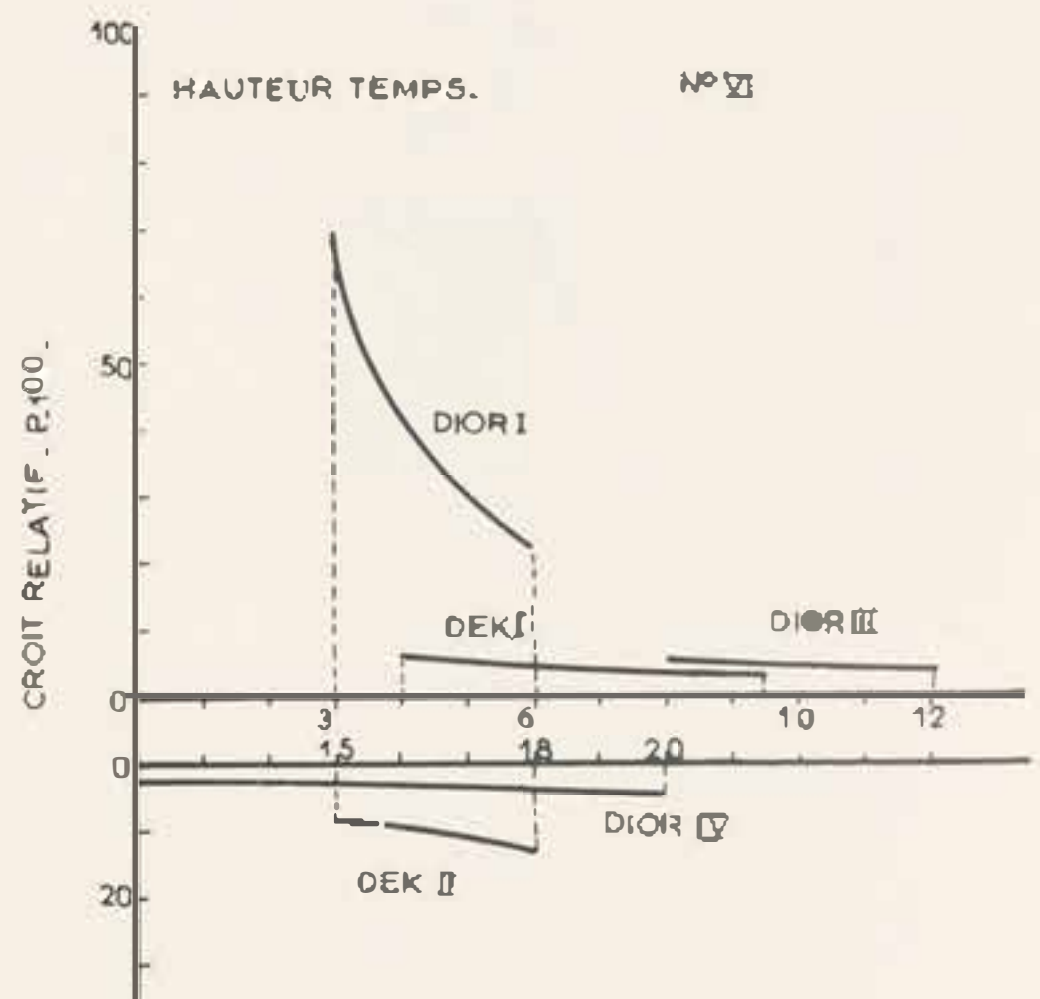
Nous avons représenté graphiquement (graphiques III, IV, VII, VIII, IX) chacune des régressions, ce qui permet de se rendre compte facilement des variations quantitatives de la croissance au cours des trente-deux semaines étudiées.



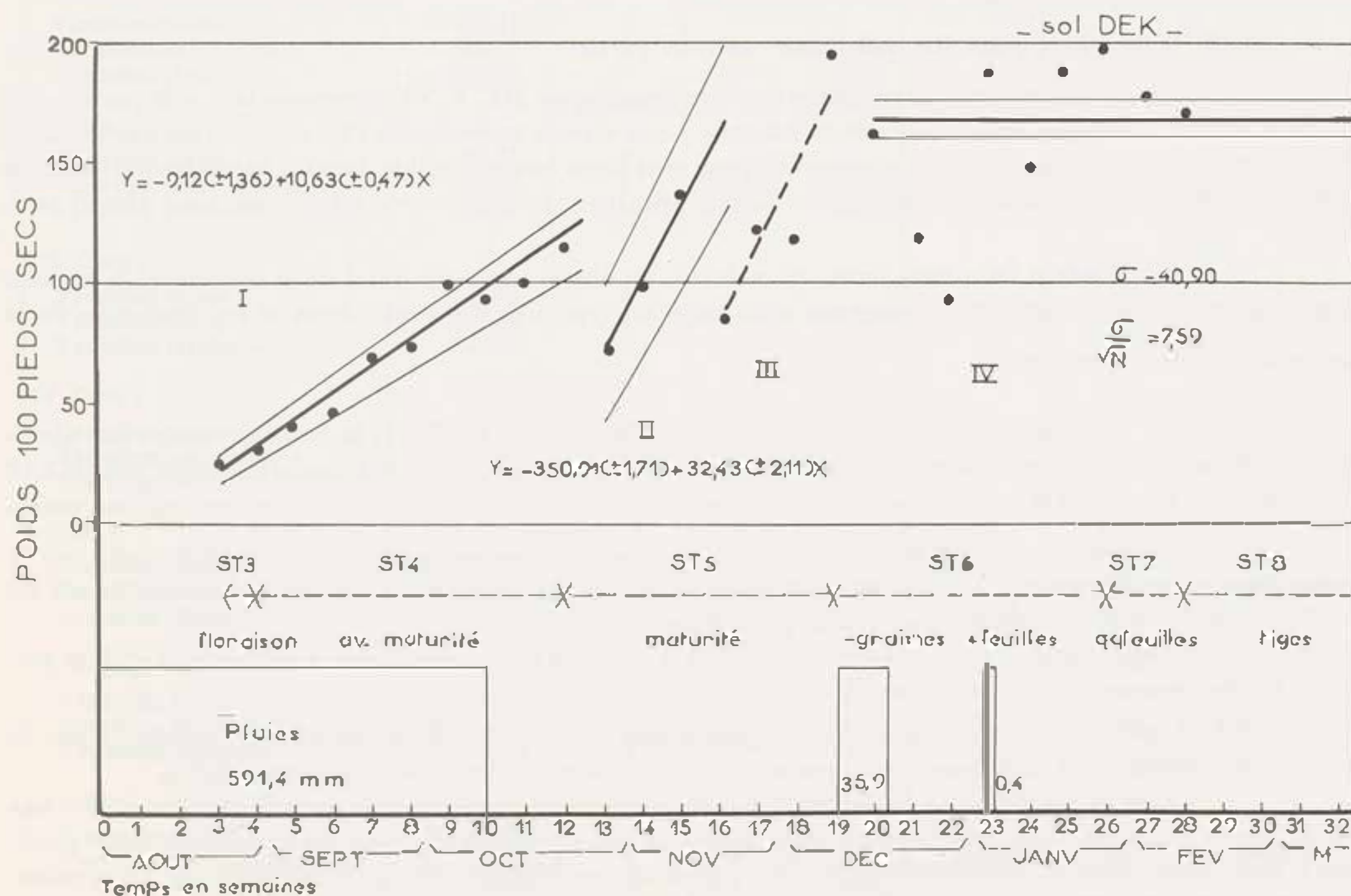
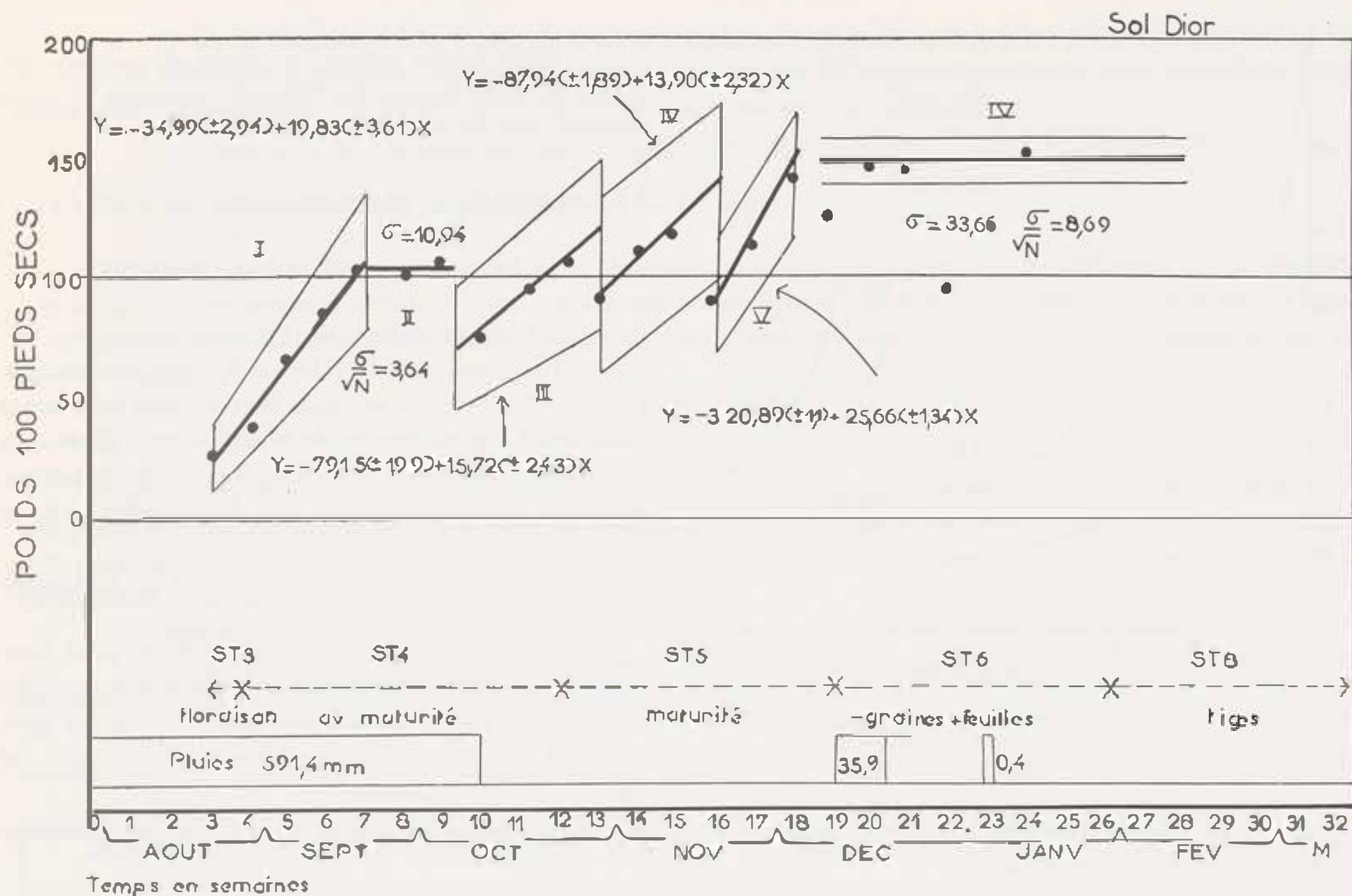
GRAPHIQUE III. — *Eragrostis tremula*.

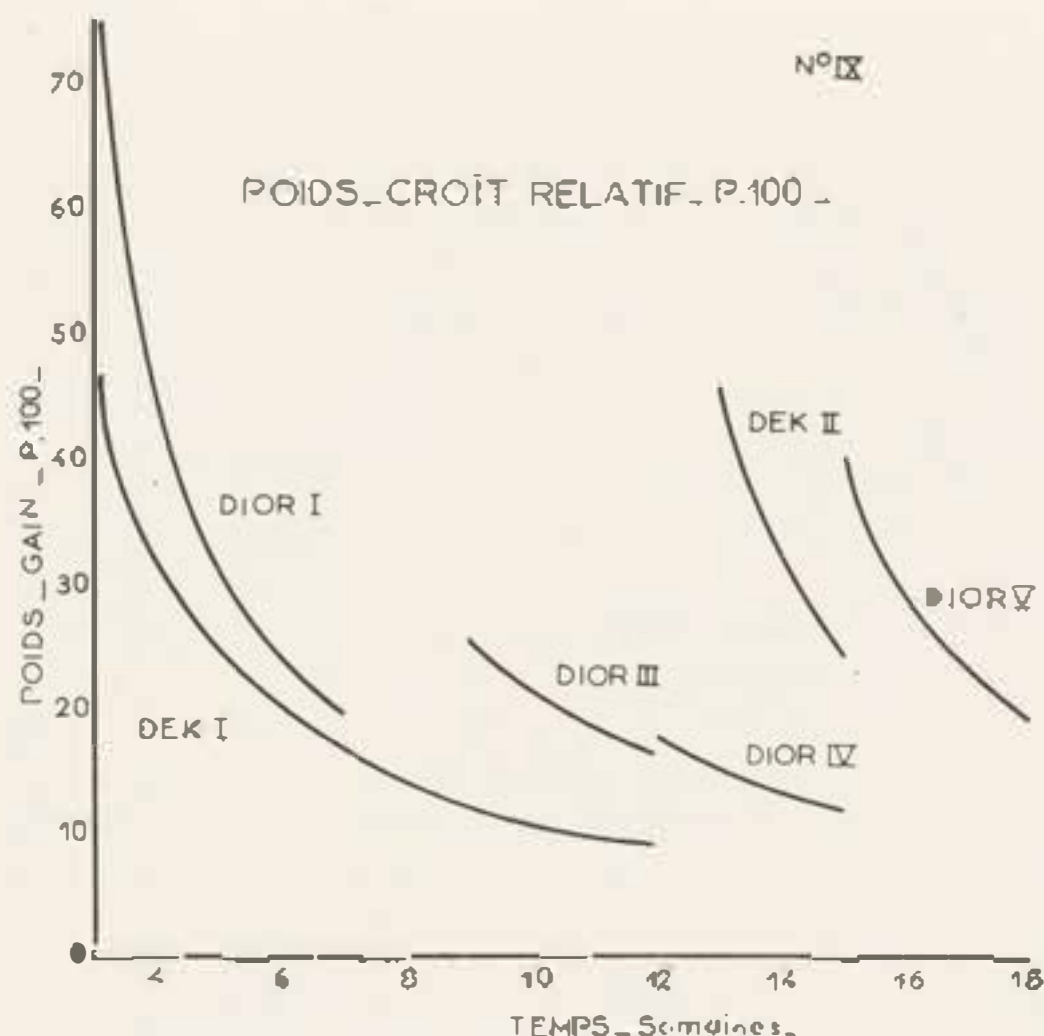
GRAPHIQUE IV. — *Eragrostis tremula*.

GRAPHIQUE V. — VARIATIONS DE LA HAUTEUR EXPRIMÉE EN POUR 100 DE LA VALEUR INITIALE SUR SOLS « DEK » ET « DIOR ».



GRAPHIQUE VI. — VARIATIONS DU CROÏT RELATIF POUR 100 SUR SOLS « DEK » ET « DIOR ».





GRAPHIQUE IX. — VARIATIONS DU CROÎT RELATIF PONDÉRAL POUR 100 SUR SOLS « DEK » ET « DIOR ».

Nous avons retenu la même disposition des résultats pour chacun des facteurs examinés et pour chaque type de sol.

b) Analyse de la croissance sur sol « Dior ».

1) LES VARIATIONS DE LA HAUTEUR

Signification de l'action du temps

En consultant le tableau 9, on constate que l'action du temps n'est significative que pour trois périodes. La première va de la troisième à la sixième semaine, la seconde de la huitième à la douzième semaine, et la troisième de la douzième à la vingtième semaine.

Représentation linéaire de la croissance en hauteur.

Les ajustements linéaires obtenus pour chacune des périodes significatives précédemment définies ont été portés dans le tableau 10 et sur le graphique III. L'examen de ces documents montre les faits essentiels suivants :

α) La croissance en hauteur se poursuit pendant neuf semaines du début de la floraison (troisième semaine) à la douzième semaine.

Cette période peut être assimilée à la portion DG de notre courbe type (graphique II) pendant laquelle la vitesse de croissance diminue constamment.

β) Cette phase peut être subdivisée en trois parties :

a) De la troisième à la sixième semaine (graphiques III, V, VI) correspondant à la portion DE de notre courbe théorique. La plante croît en hauteur à une vitesse moyenne de 19,3 centimètres par semaine, c'est-à-dire qu'elle développe en trois semaines 60 pour cent de sa hauteur totale. Le gain hebdomadaire en pour cent de la valeur à la troisième semaine est de 77,05 centimètres. Le gain moyen relatif pour cent décroît rapidement.

b) Pendant les quinze jours qui suivent, on observe un arrêt total de la croissance, la hauteur se stabilisant à 85,4 centimètres en moyenne avec un écart-type σ de 2,8 centimètres et un écart-type de la moyenne $\frac{\sigma}{\sqrt{N}}$ de 0,9 centimètre.

c) De la huitième à la douzième semaine (graphiques III, V, VI) la hauteur atteint son maximum (1 mètre) à une vitesse ralentie de 4,4 centimètres par semaine. Le gain hebdomadaire n'est que de 5,19 pour cent de la hauteur à la huitième semaine et le croît moyen relatif très faible ne diminue que très lentement.

γ) *Eragrostis tremula* observé sur sol Dior voit donc sa hauteur passer de 25 centimètres à 1 mètre en moyenne en neuf semaines, divisées en deux périodes actives de croissance, dont le rapport des vitesses est de $19,36 / 4,41 = 4,39$ et séparées par quinze jours d'arrêt.

Cette phase correspond aux stades 3 et 5 de végétation, c'est-à-dire à la floraison et à la présence d'inflorescences avant leur maturité.

δ) A partir de la douzième semaine (graphiques III, V, VI), la dessiccation progressive (stade 5) entraîne la maturation et la dispersion des graines s'opère de la quinzième à la vingtième semaine.

Ceci se traduit par une destruction progressive de la plante à partir du sommet c'est-à-dire une diminution de la hauteur. On observe donc, de la douzième à la vingtième semaine, un raccourcissement s'opérant à une vitesse moyenne hebdomadaire de 2,9 centimètres, représentant une perte en pour cent de la valeur à la douzième semaine de 2,8 centimètres.

ζ) De la vingtième à la trente-deuxième semaine, l'action du temps n'est plus significative, c'est-à-dire que les échantillons prélevés, envisagés uniquement à propos de la hauteur, peuvent être considérés comme appartenant à une même population dont les caractéristiques sont les suivantes :

Moyenne 84 centimètres, écart-type $\sigma = 9,4$ cm

et écart-type de la moyenne $\frac{\sigma}{\sqrt{N}} = 1,5$ cm

Pendant cette période on peut observer deux stades de végétation différents. De la vingtième à la vingt-sixième semaine (stade 6), les graines ont totalement disparu mais les feuilles subsistent. A partir de la vingt-sixième semaine (stade 7), les feuilles sont en grande partie ou totalement détruites, il ne reste plus que des tiges.

2) LES VARIATIONS DU POIDS DE CENT PIEDS SECS

Nous avons déjà exposé que les difficultés matérielles ne nous ont pas permis d'obtenir le poids de la matière sèche de cent pieds secs. Nous n'avons pu enregistrer que le poids après dessiccation à l'air. Les conditions atmosphériques étant relativement constantes pour des périodes définies nous avons pu cependant obtenir des ajustements valables.

Signification de l'action du temps

Le tableau 12 et le graphique VII montrent que l'action du temps est significative de la troisième à la septième semaine et de la neuvième à la dix-huitième semaine.

TABLÉAU 12. — ANALYSE STATISTIQUE DE L'ACTION DU TEMPS SUR LE POIDS DE CENT PIEDS SECS (SOL DIOR, SOL DEK)

Origine de la variation	Somme des carrés	Degrés de liberté	Variances	S^2_c/S^2_e	Seuil	Action du temps
I DIOR:					5 %	
Variation totale	2.906,74	2				
Variation entre classes	2.542,18	2	$S^2_c = 1.271,40$	20,92	5,14	significative
Variation résiduelle	364,66	6	$S^2_e = 60,77$			
II DIOR:					5 %	
Variation totale	1.732,71	8				
Variation entre classes	1.538,82	2	$S^2_c = 769,40$	23,79	5,14	significative
Variation résiduelle	193,89	6	$S^2_e = 32,31$			
III DIOR:					5 %	
Variation totale	1.384,85	8				
Variation entre classes	1.242,52	2	$S^2_c = 621,26$	26,19	5,14	significative
Variation résiduelle	142,33	6	$S^2_e = 23,72$			
IV DIOR:					5 %	
Variation totale	4.027	8				
Variation entre classes	3.957,96	2	$S^2_c = 1.978,90$	172,07	5,14	significative
Variation résiduelle	69,04	6	$S^2_e = 11,50$			
I DEK:					5 %	
Variation totale	29.530,0	29				
Variation entre classes	28.789,72	9	$S^2_c = 3.198,85$		2,37	significative
Variation résiduelle	750,18	20	$S^2_e = 37,50$	85,30		
II DEK:					5 %	
Variation totale	6.498,97	8				
Variation entre classes	6.411,43	2	$S^2_c = 3.205,71$	219,71	5,14	significative
Variation résiduelle	87,54	6	$S^2_e = 14,59$			
III DEK:					5 %	
Variation totale	33.468,824	11				
Variation entre classes	33.357,114	3	$S^2_c = 11.119,0$	796,48	4,07	significative
Variation résiduelle	111,710	8	$S^2_e = 13,96$			

Représentation linéaire de la croissance pondérale
Les ajustements linéaires sont portés dans le tableau 13 et figurés sur le graphique VII.

- Sol Dior -		- Sol Dior -		
A - $Y = -9,12(\pm 1,36) + 10,63(\pm 0,47)X$	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 28 29 30 31 32	A - $Y = -34,99(\pm 2,94) + 19,83(\pm 3,61)X$		
B - $Y\% = -32,08(\pm 9,03) + 40,47(\pm 3,74)X$		B - $Y\% = -126,58(\pm 16,3) + 71,71(\pm 19,9)X$		
C - 10,63 gr ($\pm 0,47$)		C - 19,83 gr ($\pm 3,61$)		
D - $Y\% = 100 \times \frac{1}{x - 0,85}$		D - $Y\% = 100 \times \frac{1}{x - 1,76}$		
		$b = 0, \bar{Y} = 103,55, \sigma = 10,94, \frac{\sigma}{\sqrt{N}} = 3,64$		
A - $Y = 32,43(\pm 2,11)X - 350,91(\pm 7,71)$		A - $Y = -79,15(\pm 1,99) + 15,72(\pm 2,43)X$		
C - 32,43 gr ($\pm 2,11$)		C - 15,72 gr ($\pm 2,43$)		
D - $Y\% = 100 \times \frac{1}{x - 10,82}$		D - $Y\% = 100 \times \frac{1}{x - 5,03}$		
Action du temps + test linéarité		A - $Y = -87,94(\pm 1,89) + 13,90(\pm 2,32)X$		
		C - 13,90 gr ($\pm 2,32$)		
		D - $Y\% = 100 \times \frac{1}{x - 6,32}$		
$b = 0, \bar{Y} = 469,63, \sigma = 40,90, \frac{\sigma}{\sqrt{N}} = 7,99$		A - $Y = -320,89(\pm 1,1) + 25,66(\pm 1,34)X$		
		C - 25,66 gr ($\pm 1,34$)		
		D - $Y\% = 100 \times \frac{1}{x - 12,47}$		
		$b = 0, \bar{Y} = 147,59, \sigma = 53,66, \frac{\sigma}{\sqrt{N}} = 8,69$		

TABLEAU 13. — *ERAGROSTIS TREMULA*.
POIDS-TEMPS

A = Croissance cumulée ; B = Croissance cumulée % ; C = Gain absolu par semaine. ; D = Croît relatif %.

TABLEAU 14. — ANALYSE DE LA VARIANCE (POIDS-TEMPS) SOL DIOR

Origine de la variation	Somme des carrés	Degrés de liberté	Variances	S^2D/S^2e	Seuil	Test de linéarité
I DIOR :					5 %	
Régression linéaire	2.359,32	1	$S^2D = 189,86$	3,0	5,99	positif
Déviations/Droite	182,86	1				
Entre classes	2.542,18	2	$S^2e = 60,77$	1,73	5,99	positif
Résiduelle	364,66	6				
Totale	2.906,74	8				
II DIOR :					5 %	
Régression linéaire	1.482,66	1	$S^2D = 56,16$	1,73	5,99	positif
Déviations/Droite	56,16	1				
Entre classes	1.538,82	2	$S^2e = 32,31$	3,93	5,99	positif
Résiduelle	193,89	6				
Totale	1.732,71	8				
III DIOR :					5 %	
Régression linéaire	1.159,26	1	$S^2D = 93,26$	3,93	5,99	positif
Déviations/Droite	93,26	1				
Entre classes	1.242,52	2	$S^2e = 23,72$	0,64	2,34	positif
Résiduelle	142,33	6				
Totale	1.384,85	8				
IV DIOR :					5 %	
Régression linéaire	3.950,58	1	$S^2D = 7,38$	0,64	2,34	positif
Déviations/Droite	7,38	1				
Entre classes	3.957,96	2	$S^2e = 11,50$			
Résiduelle	69,04	6				
Totale	4.027,0	8				

TABLEAU 15.
ANALYSE DE LA VARIANCE (POIDS-TEMPS) SOL DEK

Origine de la variance	Somme des carrés	Degrés de liberté	Variances	S ² D/S ² e	Seuil	Test de linéarité
I DEK:					1 %	
Régression linéaire	27.965,02	1	S ² D = 103,08	2,74	3,56	positif
Déviatiion/Droite	824,69	8				
Entre classes	28.789,72	9	S ² e = 37,50			
Résiduelle	750,18	20				
Totale	29.530,0	29				
II DEK:					1 %	
Régression linéaire	6.310,20	1	S ² D = 101,23	6,93	13,7	positif
Déviatiion/Droite	101,23	1				
Entre classes	6.411,43	2	S ² e = 14,59			
Résiduelle	87,54	6				
Totale	6.498,97	8				
III DEK :					5 %	
Régression linéaire	26.170,095	1	S ² D = 3.593,5	7 41	4,46	négatif
Déviatiion/Droite	7.187,019	2				
Entre classes	33.357,114	3	S ² e = 13,96			
Résiduelle	111,710	8				
Totale	33.468,824	11				

● On constate que la croissance pondérale s'accomplit en deux périodes.

1) De la troisième à la septième semaine, le gain hebdomadaire est de 19,8 grammes, c'est-à-dire de 71,7 pour cent du poids à trois semaines. Le croît moyen relatif pour cent diminue très rapidement (Dior I, graphique IX).

2) La deuxième période de croissance est caractérisée par trois ajustements (III, IV, V — graphique VII) dont la représentation graphique n'est pas en continuité. Ceci est dû aux variations des conditions de séchage rendant toute comparaison difficile.

● On peut seulement conclure que, pendant cette période, la croissance pondérale continue de s'opérer, allant d'une valeur moyenne de 103,5 grammes à 147,5 grammes. Le gain acquis durant cette deuxième phase est de 29,8 pour cent du poids de la plante en fin de croissance.

3) Entre ces deux poussées de croissance, on observe une période de repos allant de la septième à la neuvième semaine. Le poids est stabilisé à une valeur moyenne de 103,5 grammes avec un écart-type σ de 10,9 et un écart-type de la moyenne $\frac{\sigma}{\sqrt{N}}$ de 3,64 grammes.

4) A partir de la dix-huitième semaine, l'action du temps n'est plus significative et la moyenne calculée est de 147,5 grammes avec un écart-type de la moyenne $\frac{\sigma}{\sqrt{N}}$ de 3,6 grammes.

3) LES VARIATIONS DU TAUX DE CELLULOSE DE LA MATIÈRE SÈCHE

Signification de l'action du temps

Les tableaux 16 et 17 ainsi que le graphique X rendent compte de l'action du temps et permettent de reconnaître six périodes caractéristiques. Pendant quatre de ces périodes (I, II, III, V) une variation significative peut être observée.

TABLEAU 16

ANALYSE STATISTIQUE DE L'ACTION DU TEMPS SUR LA TENEUR EN CELLULOSE. SOL DIOR.

Origine de la variation	Somme des carrés	Degrés de liberté	Variances	S^2_1/S^2_e	Seuil	Action du temps
<u>I Dior</u>						
Variation totale	35.657,46	26				
Variation entre classes	28.346,51	8	$S^2_c = 3.543,31$	8,723	2,51	Significative
Variation résiduelle	7.310,95	18	$S^2_e = 406,16$			
<u>II Dior</u>						
Variation totale	12.968,52	8				
Variation entre classes	11.181,89	2	$S^2_c = 5.590,94$	18,77	5,14	Significative
Variation résiduelle	1.786,63	6	$S^2_e = 297,77$			
<u>III Dior</u>						
Variation totale	10.858,430	35				
Variation entre classes	7.709,49	11	$S^2_c = 700,86$	5,34	2,30	Significative
Variation résiduelle	3.148,94	24	$S^2_e = 131,20$			
<u>IV Dior</u>						
Variation totale	8.529,83	8				
Variation entre classes	8.048,62	2	$S^2_c = 4.074,81$	50,60	5,14	Significative
Variation résiduelle	481,31	6	$S^2_e = 80,51$			
<u>V Dior</u>						
Variation totale	11.698,71	14				
Variation entre classes	10.205,32	4	$S^2_c = 2.551,3$	17,08	3,48	Significative
Variation résiduelle	1.493,39	10	$S^2_e = 149,3$			
<u>VI Dior</u>						
Variation totale	2.349,81	1				
Variation entre classes	590,19	2	$S^2_c = 295,09$	1,0	5,14	Significative
Variation résiduelle	1.759,62	6	$S^2_e = 293,27$			

TABLEAU 17.

ANALYSE STATISTIQUE DE L'ACTION DU TEMPS SUR LA TENEUR EN CELLULOSE. SOL DEK.

Origine de la variation	Somme des carrés	Degrés de liberté	Variances	S^2_c/S^2_e	Seuil	Action du temps
<u>I Dek</u>					5%	
Variation totale	16.476,511	26				
Variation entre classes	10.294,061	8	$S^2_c = 1.286,75$	3,74	2,51	Significative
Variation résiduelle	6.182,450	18	$S^2_e = 343,46$			
<u>II Dek</u>					5%	
Variation totale	20.671,056	17				
Variation entre classes	15.203,043	5	$S^2_c = 3.040,6$	6,6	3,11	Significative
Variation résiduelle	5.468,013	12	$S^2_e = 455,6$			
<u>III Dek</u>					5%	
Variation totale	15.573,246	26				
Variation entre classes	9.054,506	8	$S^2_c = 1.188,06$	3,280	2,51	Significative
Variation résiduelle	6.518,740	18	$S^2_e = 362,52$			
<u>IV Dek</u>					5%	
Variation totale	4.830,084	8				
Variation entre classes	4.333,757	2	$S^2_c = 2.166,87$	26,19	5,14	Significative
Variation résiduelle	486,327	6	$S^2_e = 82,72$			
<u>V Dek</u>					5%	
Variation totale	5.357,231	11				
Variation entre classes	5.092,573	3	$S^2_c = 1.697,52$	51,31	4,07	Significative
Variation résiduelle	264,658	8	$S^2_e = 33,08$			
<u>VI Dek</u>					5%	
Variation totale	3.296,11	14				
Variation entre classes	1.500,13	4	$S^2_c = 375,03$	2,08	3,48	Non significative
Variation résiduelle	1.795,97	10	$S^2_e = 179,5$			

- Sol Dior -		- Sol Dek -
A - $Y = 294,20(\pm 4,57) + 10,92(\pm 1,77)X$	1	$Y = 311,21(\pm 3,6) + 6,53(\pm 1,39)X$ A
B - $Y\% = 97,87(\pm 2,02) + 3,63(\pm 0,78)X$	2	$Y\% = 97,57(\pm 1,21) + 2,04(\pm 0,47)X$ B
C - 10,92 ($\pm 1,77$)	3	6,53 ($\pm 1,39$) C
D - $Y\% = 100 \times \frac{1}{x + 26,94}$	4	$Y\% = 100 \times \frac{1}{x + 47,6}$ D
A - $Y = 817,26(\pm 8,18) - 38,18(\pm 3,17)X$	5	
B - $Y\% = 198,64(\pm 4,20) - 9,32(\pm 5,15)X$	6	
C - 38,18 ($\pm 3,17$)	7	
D - $Y\% = 100 \times \frac{1}{x - 21,31}$	8	$Y = 551,52(\pm 4,66) - 14,95(\pm 2,73)X$ A
	9	$Y\% = 138,98(\pm 2,54) - 3,72(\pm 1,04)X$ B
	10	14,95 ($\pm 2,73$) C
	11	$Y\% = 100 \times \frac{1}{x - 36,89}$ D
A - $Y = 300,39(\pm 2,33) + 3,12(\pm 0,67)X$	12	
B - $Y\% = 89,49(\pm 0,92) + 0,93(\pm 0,02)X$	13	
C - 3,12 ($\pm 0,67$)	14	
D - $Y\% = 100 \times \frac{1}{x + 96,2}$	15	$Y = 239,4(\pm 4,27) + 5,90(\pm 1,63)X$ A
	16	$Y\% = 76,34(\pm 1,28) + 1,87(\pm 0,49)X$ B
	17	5,90 ($\pm 1,63$) C
	18	$Y\% = 100 \times \frac{1}{x + 40,57}$ D
	19	
	20	
	21	
	22	
	23	
	24	
	25	
	26	$Y = 924,43(\pm 4,11) - 25,05(\pm 5,03)X$ A
	27	$Y\% = 253,96(\pm 2,51) - 6,79(\pm 2,75)X$ B
	28	25,05 ($\pm 5,03$) C
	29	$Y\% = 100 \times \frac{1}{x - 36,90}$ D
	30	
	31	
	32	
Action du temps + Test linéarité		Action du temps + Test de linéarité
A - $Y = 124,49(\pm 3,15) + 18,03(\pm 2,23)X$		
B - $Y\% = 37,65(\pm 1,23) + 5,57(\pm 0,87)X$		
C - 18,03 ($\pm 2,23$)		
D - $Y\% = 100 \times \frac{1}{x - 6,91}$		
$b = 0, \bar{Y} = 368,67, \sigma = 17,14, \frac{\sigma}{\sqrt{N}} = 6,06$		$b = 0, \bar{Y} = 356,37, \sigma = 15,34, \frac{\sigma}{\sqrt{N}} = 3,96$

TABEAU 18. — CELLULOSE-TEMPS. — (en g pour 1 000) (en semaines).

Origine de la variation	Somme des carrés	Degrés de liberté	Variances	S^2_D/S^2_e	Seuil	Test de linéarité
I Dior					5%	
Régression linéaire	21.499,740	1	$S^2_D = 978,11$	2,408	2,58	Positif
Déviat./Droite	6.846,774	7				
Entre classes	28.946,514	8	$S^2_e = 406,164$			
Résiduelle	7.310,953	18				
Totale	35.657,467	26				
II Dior					1%	
Régression linéaire	8.746,272	1	$S^2_D = 2.435,619$	8,18	13,7	Positif
Déviat./Droite	2.435,619	1				
Entre classes	11.181,891	2	$S^2_e = 297,772$			
Résiduelle	1.786,634	6				
Totale	12.968,525	8				
III Dior					1%	
Régression linéaire	4.194,762	1	$S^2_D = 351,47$	2,67	3,19	Positif
Déviat./Droite	3.514,732	10				
Entre classes	7.709,494	11	$S^2_e = 131,20$			
Résiduelle	3.148,936	24				
Totale	10.858,430	35				
IV Dior					5%	
Régression linéaire	6.885,26	1	$S^2_D = 1.263,36$	15,69	5,99	Négatif
Déviat./Droite	1.263,36	1				
Entre classes	8.048,62	8	$S^2_e = 80,51$			
Résiduelle	481,31	2				
Totale	8.529,93	6				
V Dior					5%	
Régression linéaire	9.752,40	1	$S^2_D = 150,97$	1,01	3,71	Positif
Déviat./Droite	452,92	3				
Entre classes	10.205,32	4	$S^2_e = 149,3$			
Résiduelle	1.493,39	10				
Totale	11.698,71	14				

TABEAU 19. — ANALYSE DE LA VARIANCE (TAUX DE CELLULOSE. TEMPS). SOL DIOR.

TABLEAU 20.

ANALYSE DE LA VARIANCE (TAUX DE CELLULOSE. TEMPS). SOL DEK.

Origine de la variation	Somme des carrés	Degrés de liberté	Variances	S^2_D/S^2_e	Seuil	Test de linéarité
I Dek					5%	
Régression linéaire	7,696,533	1		1,08	2,58	Positif
Déviation/Droite	2,597,528	7	$S^2_D=371,075$			
Entre classes	10,294,061	8	$S^2_e=343,46$			
Résiduelle	6,182,450	18				
Totale	16,476,511	26				
II Dek					5%	
Régression linéaire	14,410,697	1		0,434	5,91	Positif
Déviation droite	792,356	4	$S^2_D=0,434$			
Entre classes	15,203,043	5	$S^2_e=455,667$			
Résiduelle	5,468,013	12				
Totale	20,671,056	17				
III Dek					5%	
Régression linéaire	6,280,56	1		1,26	2,58	Positif
Déviation/Droite	3,223,94	7	$S^2_D=460,56$			
Entre classes	9,054,50	8	$S^2_e=362,152$			
Résiduelle	6,518,74	18				
Totale	15,573,24	26				
IV Dek					1%	
Régression linéaire	3,765,012	1		6,87	13,7	Positif
Déviation/Droite	568,745	1	$S^2_D=568,745$			
Entre classes	4,333,757	2	$S^2_e=82,721$			
Résiduelle	496,327	6				
Totale	4,830,084	8				
V Dek					5%	
Régression linéaire	3,949,20	1		17,28	4,46	Négatif
Déviation/Droite	1,143,373	2	$S^2_D=571,68$			
Entre classes	5,092,573	3	$S^2_e=33,08$			
Résiduelle	264,658	8				
Totale	5,357,231	11				

Représentation linéaire des variations observées.

Des ajustements calculés (tableau 18, graphique X) pour chacune de ces périodes précédemment définies dont la justification est donnée par les tableaux d'analyse de la variance 19 et 20, on peut retirer les conclusions suivantes :

α) De la troisième à la onzième semaine, le taux de cellulose augmente de façon constante, à raison de 10,92 pour 1.000 de la matière sèche sans silice, par semaine en moyenne. Le taux moyen au début de la croissance contrôlée était de 327 pour 1.000, à la onzième semaine il était de 414,3 p. 1.000. L'augmentation hebdomadaire en pour 100 de la valeur à la troisième semaine est de 3,63.

Le croît moyen relatif ne diminue que lentement (graphique XIII). Cette période se superpose aux stades de végétation 3 et 4, c'est-à-dire va de la floraison à la maturation des graines.

β) De la onzième semaine à la treizième semaine, on observe une chute du taux de cellulose, ce dernier revenant à une valeur identique à celle du début des observations (327 p. 1.000).

Cette diminution s'effectue à raison de 38,1 p. 1.000 de cellulose par semaine, représentant une chute de 9 p. 100 de la valeur à la onzième semaine.

Cette période correspond à un reverdissement des plantes.

γ) De la treizième à la vingtième semaine, la dessiccation reprenant son cours (stades 5 et 6 de végétation), le taux de cellulose augmente à nouveau régulièrement à raison de 3,12 p. 1.000 de la matière sèche par semaine représentant un gain hebdomadaire de 0,93 p. 100 de la valeur à la treizième semaine. Le croît moyen relatif pour cent est très faible (graphique XIII) et tend vers 0.

δ) La période IV de quinze jours (graphique X) voit le taux de cellulose diminuer de nouveau pour atteindre celui du début des observations 326,0 p. 1.000 de la matière sèche. Si l'action du temps est significative le test de linéarité ne l'est pas.

Le nombre insuffisant de données numériques ainsi que leur dispersion ne nous permet pas de les ajuster de façon significative.

ε) De la vingt-cinquième à la vingt-neuvième semaine, la dessiccation fait remonter le taux de cellulose à raison de 18,03 p. 1.000 par semaine, représentant un gain hebdomadaire de 5,57 pour cent en moyenne. Le croît relatif moyen par semaine est en augmentation par rapport à la période III et ne diminue que lentement.

ζ) Dans la période VI, l'action du temps n'étant plus significative, on observe un taux de cellulose moyen, de 386,6 p. 1.000 avec un écart-type σ de 17,14 et un écart-type de la moyenne de 6,06.

c) Analyse de la croissance sur sol « Dek ».

1) LES VARIATIONS DE LA HAUTEUR

Signification de l'action du temps

Sur sol « Dek » on observe une action significative du temps (tableau 9) seulement pour deux périodes : de la quatrième à la dixième semaine et de la quinzième à la dix-huitième semaine.

Représentation linéaire de la croissance en hauteur

Les équations de régression sont portées sur le tableau 10, l'analyse de la variance sur le tableau 11 et la figuration des expressions calculées sur les graphiques III, IV, V, VI. L'examen comparatif de ces éléments permet les conclusions suivantes :

α) La croissance en hauteur se poursuit de la quatrième à la dixième semaine à une vitesse moyenne uniforme de 4,4 centimètres par semaine, représentant un gain hebdomadaire de 6,7 pour cent de la valeur de départ. Le gain relatif moyen hebdomadaire est faible et varie peu.

Cette période correspondant au stade 4 de la végétation, c'est-à-dire à la plante verte immature, représente la phase finale de la courbe théorique, pendant laquelle la vitesse de croissance diminue rapidement. Le gain absolu n'est que de 27,62 pour cent par rapport à la hauteur finale.

β) A partir de la dixième semaine, l'action du temps n'étant plus significative, on observe une stabilisation de la hauteur pendant un mois. La moyenne générale observée est 95,8 centimètres avec un écart-type de 4,41 et un écart-type de la moyenne $\frac{\sigma}{\sqrt{N}}$ de 1,1 centimètre. Cette période correspond au début de la maturation.

γ) De la quinzième à la dix-huitième, la dessiccation accompagnant la maturation aboutit à une destruction des sommets des plantes. Le raccourcissement consécutif s'opère à raison d'une perte de hauteur de 9 centimètres par semaine, c'est-à-dire également de 9 p. 100 de la valeur à la quinzième semaine.

Pendant cette période (stade 5 de la végétation) s'opère la dissémination des graines.

δ) De la dix-huitième à la trente-deuxième semaine, l'action du temps n'étant plus significative la moyenne des hauteurs est stabilisée à 83,5 centimètres avec un écart-type de 8,2 centimètres et un écart-type de la moyenne de 1,32 centimètre.

2) LES VARIATIONS DU POIDS DE CENT PIEDS SECS

Signification de l'action du temps

Le tableau 12 et le graphique VIII montrent que l'action du temps est significative de la troisième à la dix-neuvième semaine.

Représentation linéaire de la croissance pondérale

La croissance s'accomplit en deux périodes.

α) De la troisième à la douzième semaine (graphique VIII), le gain hebdomadaire moyen est de 10,6 grammes c'est-à-dire de 40,4 pour cent du poids à trois semaines et le gain relatif moyen (graphique IX) décroît rapidement.

β) De la douzième à la dix-neuvième semaine, des ajustements réalisés on peut seulement conclure que la croissance pondérale continue de s'opérer, allant d'une valeur moyenne de 118,4 grammes à 169,9 grammes, réalisant un gain de 30,5 p. 100 de la valeur de fin de croissance.

γ) A partir de la dix-neuvième semaine, l'action du temps n'est plus significative et la moyenne calculée est de 169,6 grammes avec un écart-type de la moyenne $\frac{\sigma}{\sqrt{N}} = 7,59$ grammes.

3) LES VARIATIONS DU TAUX DE LA CELLULOSE DE LA MATIÈRE SÈCHE

Signification de l'action du temps

Les tableaux 16 et 17 et le graphique XI rendent compte de l'action du temps, permettant de reconnaître six périodes distinctes, les cinq premières montrent une variation significative du cours du temps.

Représentation linéaire des variations observées

Les ajustements calculés sont portés sur le tableau 18 et les graphiques XI, XII, XIII. Leur justification est présentée dans les tableaux d'analyse de variance 19 et 20.

De l'ensemble de ces données calculées, on peut conclure :

α) De la troisième à la onzième semaine, le taux de cellulose augmente régulièrement de 6,53 p. 1.000 de la matière sèche par semaine, c'est-à-dire de 2,04 pour cent de la valeur de départ. Le croît relatif moyen ne diminue que lentement. Le taux moyen de cellulose au début des observations de 330,8 p. 1000, passe à 383,1 p. 1000 à la onzième semaine. Cette période couvre les stades 3 et 4 de la végétation.

β) De la onzième à la quinzième semaine, le reverdissement d'*Eragrostis tremula* entraîne une chute du taux de cellulose de 14,9 p. 1000 par semaine, c'est-à-dire de 3,7 p. 100 de la valeur initiale de baisse. Le taux de cellulose atteint donc à la quinzième semaine une valeur moyenne voisine de la valeur de départ : 327,2 p. 1000 de la matière sèche. Cette transformation correspond au début de la maturité c'est-à-dire du stade 5 de la végétation.

γ) Pendant la période III (quinzième à vingt-deuxième semaine), la dessiccation reprend son cours avec une augmentation de 5,9 p. 1000 par semaine du taux de cellulose, c'est-à-dire 1,87 pour cent de la valeur au début de la période. Le croît relatif pour cent ne diminue que lentement. On observe pendant ce temps la fin de la maturation (stade 5) et la dissémination des graines (début du stade 6).

δ) De la vingt-deuxième à la vingt-quatrième semaine, une nouvelle chute ramène la cellulose à un taux voisin de celui enregistré au début des observations à raison de 25,05 p. 1000 de diminution par semaine, c'est-à-dire 6,7 pour cent de la valeur au début de la période IV. Pendant ce temps la plante a perdu ses graines mais conservé ses feuilles (stade 6).

ε) De la vingt-quatrième à la vingt-septième semaine, l'action du temps est positive mais le manque de données numériques et leur dispersion ne permettent pas un ajustement valable.

η) Pendant la période finale VI, l'action du temps n'étant pas significative on observe une moyenne de 356,3 p. 1000 un écart-type σ de 15,3 et un écart-type de la moyenne $\frac{\sigma}{\sqrt{N}}$ de 3,96.

C) Comparaison des résultats obtenus sur sol « Dior » et sur sol « Dek »

La mise en évidence de différences au cours des variations enregistrées pendant l'évolution de trente-deux semaines sur sol Dior et sur sol Dek peut s'opérer de différentes manières.

On peut comparer pour une même période les vitesses de croissance et pour un même moment les valeurs absolues moyennes calculées, enfin on peut examiner la durée des périodes de variation caractéristique.

Nous avons comparé pour chaque facteur étudié les coefficients b des équations de régression, c'est-à-dire les vitesses moyennes de variation par semaine à l'aide de la méthode classique de comparaison de deux moyennes. En faisant le rapport

$$\frac{b - b'}{S(b - b')}$$

b et b' étant les deux coefficients à examiner, $S(b - b')$, l'écart-type de leur différence, la probabilité correspondante obtenue par la table $P(x)$ permet de déterminer si la différence est significative ou non au seuil de 0,05.

Nous avons par la même méthode réalisé les comparaisons des moyennes $\bar{y}$ en fin d'évolution. Le tableau 21 rend compte de l'ensemble des comparaisons réalisées et de leur signification. Le schéma du graphique 22 permet une comparaison plus aisée. Les zones hachurées correspondent aux périodes durant lesquelles les vitesses de variation (b) ou les moyennes ne sont pas significativement différentes.

TABLEAU 21.

COMPARAISON DES VITESSES MOYENNES DE CROISSANCE SEMAADAIRE SUR SOL DEK ET SUR SOL DIOR.

	Référence des périodes comparées		$b - b'$	$S(b - b')$	$\frac{b - b'}{S(b - b')}$	$N + N' - 2$	$P(x)0,05$	$P(t)0,05$	Signification de la différence
	Dior	Dek							
Cellulose	I	I	0,377	2,26	0,166	52	2		non significative
	II	II	23,23	4,301	5,40	25		2,06	significative
	III	III	2,78	1,789	1,5	51	2		non significative
Hauteur	I	I	14,88	1,6	9,3	31	2		significative
	III	I	0,07	1,41	0,05	34	2		non significative
	IV	III	6,16	1,24	4,96	47	2		significative
Poids	I	I	9,20	3,64	2,52	37	2		significative

On peut conclure que les vitesses de variation de la hauteur moyenne d'*Eragrostis tremula* sur sol Dior sont significativement différentes de celles relevées sur sol Dek, sauf de la huitième à la dixième semaine, où elles sont semblables. De même, à partir de la vingtième semaine, les moyennes des hauteurs ne sont pas différentes.

Sur sol Dek, à la troisième semaine, la poussée de croissance a déjà eu lieu et nous sommes dans la phase de ralentissement. La hauteur moyenne maximum (97,6 cm) est atteinte au cours de la dixième semaine.

Sur sol Dior on observe une période de poussée de croissance de la troisième à la septième semaine, et, après un arrêt de quinze jours, une phase de ralentissement se poursuivant jusqu'à la douzième semaine et amenant les plantes à une hauteur moyenne de 100,6 cm.

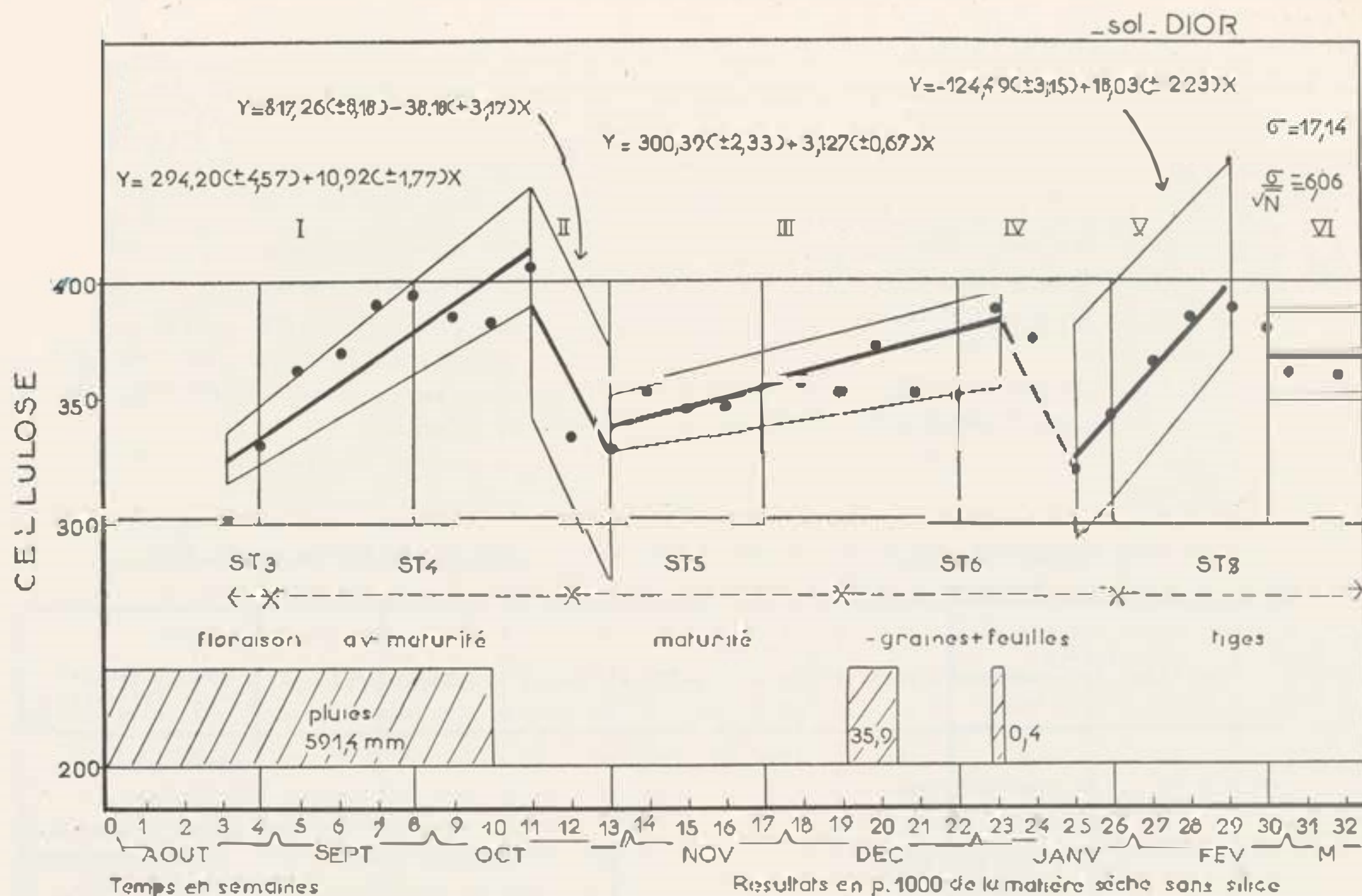
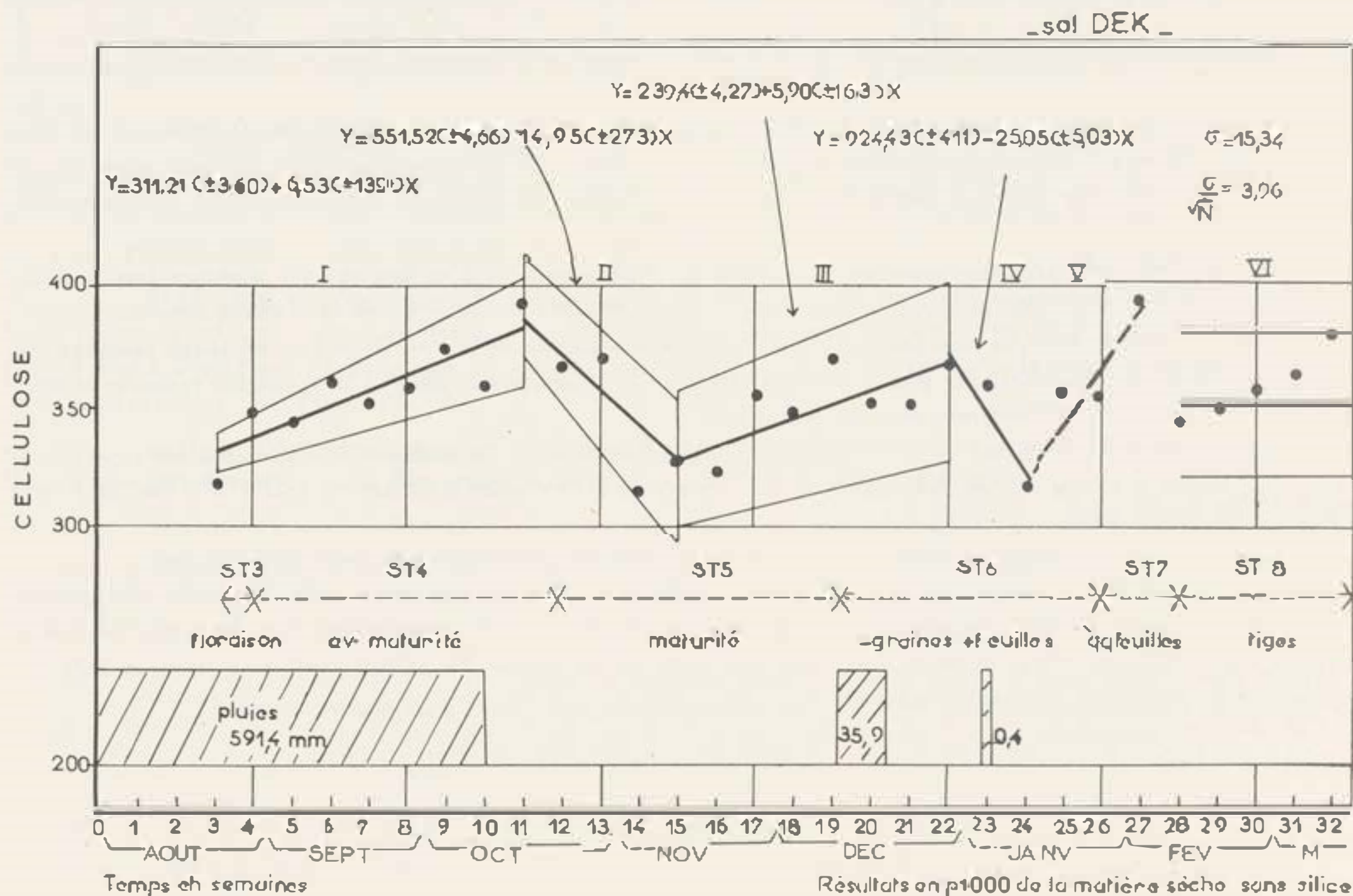
Le processus de variation est donc différent pour les deux sols. La poussée de croissance est retardée de deux semaines sur « Dior ». Les maxima sont identiques, mais ils sont atteints sur « Dior » avec un retard d'une quinzaine de jours.

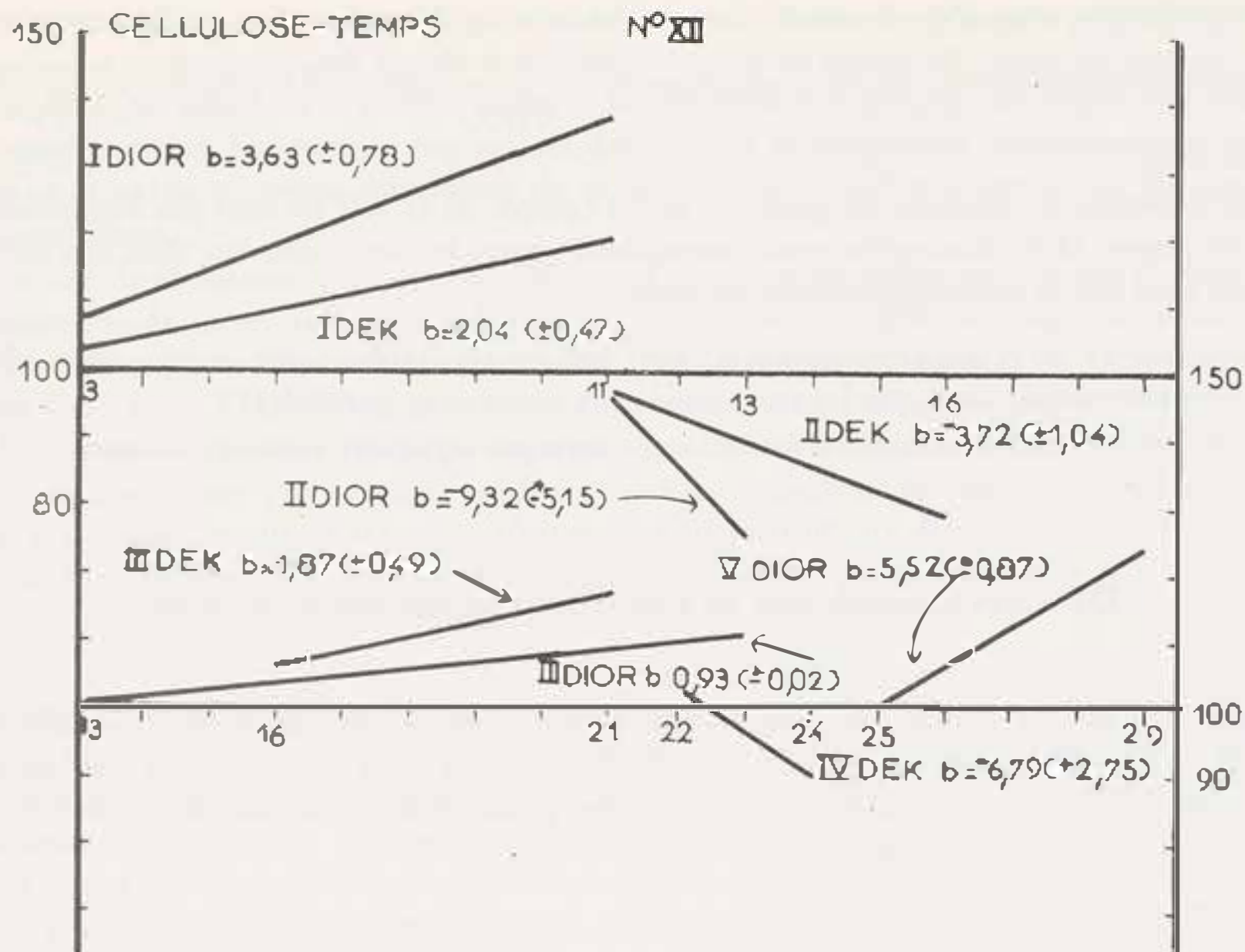
L'arrêt de la croissance en hauteur correspond à l'arrêt des pluies pour les deux types de sol.

Les phénomènes de raccourcissement, traduisant l'action de la dessiccation et la dispersion des graines, sont également dissemblables. Sur sol « Dek », ils s'opèrent rapidement de la quinzième à la dix-huitième semaine ; sur sol « Dior » ils s'étalent de la douzième à la vingtième semaine. Ils aboutissent pour les deux sols à la formation de pailles de hauteurs semblables.

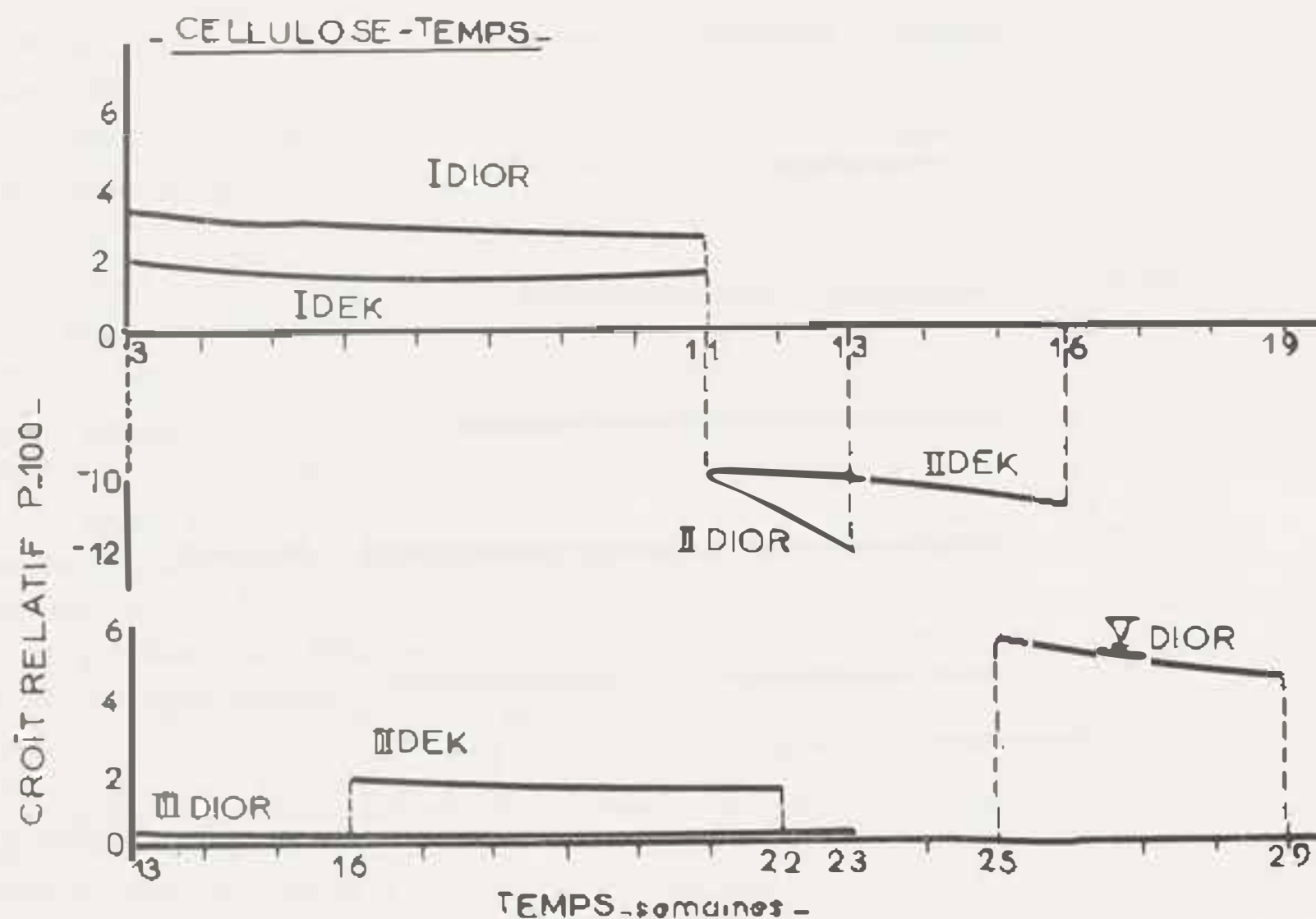
$$(\text{Dek} = 83,5 \text{ cm}; \quad \text{Dior} = 84 \text{ cm avec } \frac{\sigma}{\sqrt{N}} = 1,3 \text{ et } 1,5 \text{ cm}).$$

La première phase de la croissance pondérale montre également des dissemblances. Sur sol Dior on observe une poussée de croissance de la quatrième à la septième semaine, suivie d'un arrêt de quinze jours stabilisant le poids moyen à 103,6 grammes.

GRAPHIQUE X. — *Eragrostis tremula*GRAPHIQUE XI. — *Eragrostis tremula*



GRAPHIQUE XII. — Variations du taux de cellulose en pour 100 de la valeur initiale sur sols Dek et Dior.



GRAPHIQUE XIII. — Variations du croît relatif de la cellulose pour 100 sur sols Dek et Dior.

Sur « Dek », l'augmentation de poids est régulière de la quatrième à la treizième semaine (129 grammes).

Cette première phase correspond à la période des pluies. La seconde est difficile à analyser en raison des difficultés expérimentales que nous avons déjà exposées, on peut seulement conclure que la croissance pondé-

rale se poursuit jusqu'à la vingtième semaine, c'est-à-dire à la mi-décembre. Les poids maxima atteints sont significativement différents ; ils sont : de 147,5 grammes avec $\frac{\sigma}{\sqrt{N}} = 8,69$ pour le sol Dior et, de 169,63 avec $\frac{\sigma}{\sqrt{N}} = 7,59$ sur sol Dek.

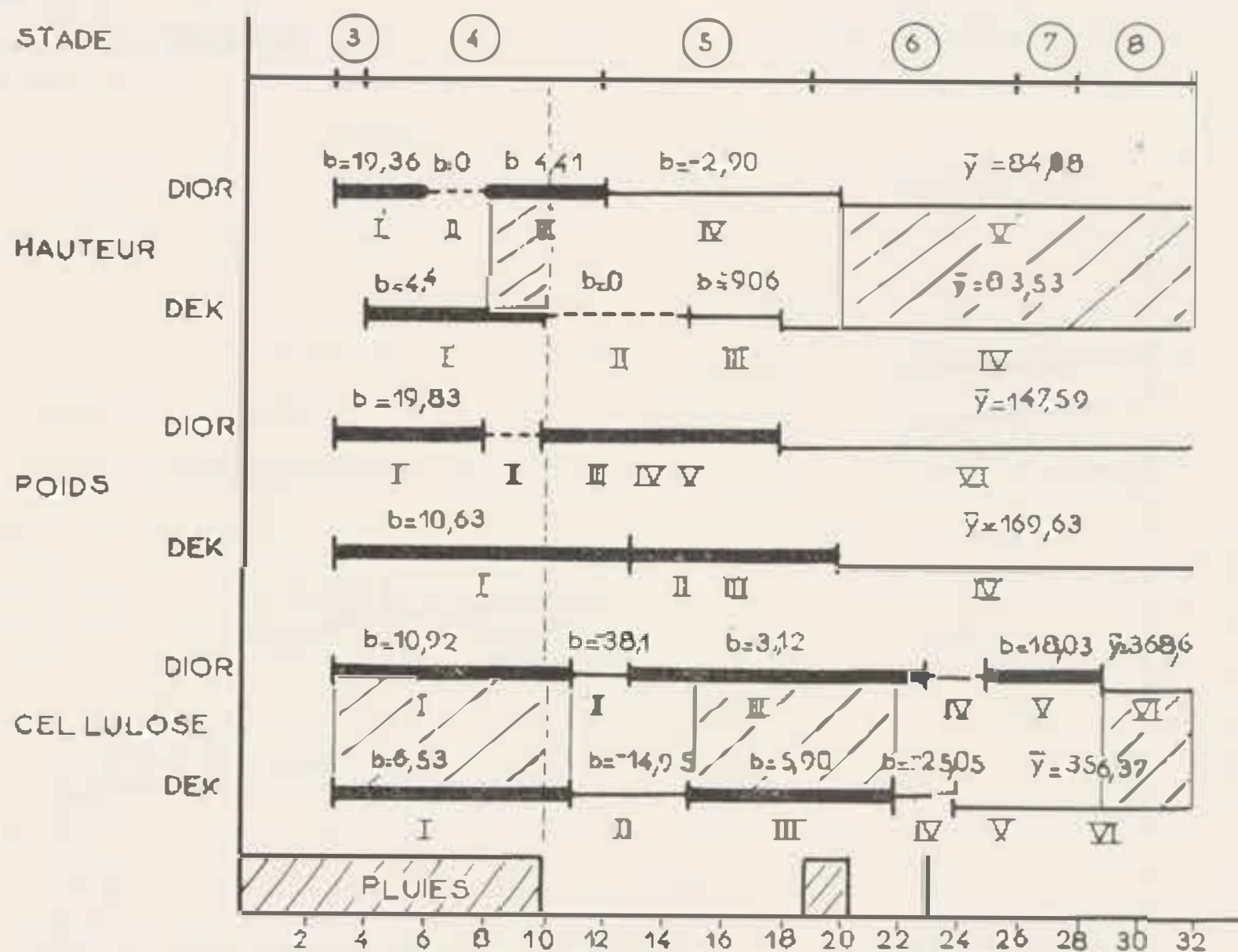
En ce qui concerne la cellulose, les phases I et III (graph. X et XI) ne sont pas significativement différentes ; seules les phases II de diminution sont dissimilaires pour les deux sols. Sur Dek, elle est brève et dure quinze jours ; sur Dior elle se prolonge pendant un mois.

Pour les phases IV et V les ajustements n'étant pas superposables toute comparaison chiffrée devient impossible ; on constate simplement que les variations sont voisines et parallèles.

Les taux moyens de cellulose en fin d'évolution ne sont pas significativement différents.

D) Correspondance et signification des observations

L'examen des graphiques et, en particulier, celui du graphique récapitulatif XIV, montre qu'aux stades de végétation III et IV, c'est-à-dire correspondant à la floraison et à la non-maturité des inflorescences, on peut superposer les phases de croissance en hauteur et les phases I d'augmentation du taux de cellulose. Ces évolutions coïncident avec la période des pluies.



GRAPHIQUE XIV

Le premier des facteurs étudiés, la hauteur, atteint son niveau maximum à la dixième semaine (Dek) et à la douzième semaine (Dior).

Le stade V de la végétation (maturité) correspond à une période prolongée de sécheresse (soixante-deux jours) se traduisant par la maturation des inflorescences et la dispersion des graines dont le raccourcissement

des plantes est le témoin. Dans le même temps, on observe une diminution du taux de cellulose de la matière sèche. Ce phénomène, se situant après l'arrêt des pluies, est plus ou moins net selon les espèces examinées. On observe généralement, au début de la période sèche et sur les mêmes individus, un double phénomène de dessiccation et de reverdissement. Les parties supérieures des plantes se dessèchent (inflorescences, tiges et feuilles) lors que la base et la partie moyenne continuent de se transformer ; on voit apparaître de nouvelles feuilles, et les tiges reverdisent.

Cette activité de croissance est mise en évidence d'une manière nette par l'étude du croît pondéral que l'on voit se poursuivre de façon non négligeable (43 p. 100 de gain) jusqu'à la vingtième semaine, c'est-à-dire jusqu'à la mi-décembre. Ce croît pondéral se poursuit très certainement au delà de cette limite. En effet, au cours des stades VI, VII et VIII, on enregistre une destruction progressive des parties les plus fragiles de la végétation (inflorescence et feuilles). On peut remarquer que cette destruction n'entraîne pas de perte de poids, cette dernière étant compensée par un gain, confirmée par la diminution du taux de cellulose s'opérant de la vingt-deuxième à la vingt-cinquième semaine, c'est-à-dire en janvier. Le détail de ces phénomènes contraires est assez peu visible pour *Eragrostis tremula*. On ne peut en évaluer que la résultante et il nous a fallu la précision de cette étude pour en saisir l'importance.

En résumé, les phénomènes vitaux caractéristiques de la croissance ne s'arrêtent pas, comme on le croit communément pour les Graminées annuelles, au moment de la maturation, mais se poursuivent pendant très longtemps alors que les processus de destruction sont surtout observables. Tout se passe comme si la plante tendait à renouveler les pertes subies. Cet effort de reconstruction d'abord dominant (poursuite de la croissance pondérale après l'arrêt de la croissance en hauteur) équilibre ensuite pendant un certain temps les pertes, puis est à son tour dominé.

Les variations du taux de cellulose ainsi que la prolongation de la croissance pondérale posent des problèmes qu'il serait intéressant de résoudre.

Il est impossible muni des seuls arguments dont nous disposons à l'heure actuelle de déterminer la causalité de ces phénomènes (nous y reviendrons à propos de la discussion de l'action des facteurs climatiques). Nous nous sommes bornés dans ce travail à les mettre quantitativement en évidence.

Il convient cependant de faire remarquer que la chute du taux de cellulose, ainsi que la deuxième poussée de croissance pondérale, coïncident avec l'arrêt des pluies et l'établissement de la période sèche.

Les mouvements ascendants de l'eau et des minéraux n'étant jamais observés (voir étude du sol), ce phénomène présente des difficultés d'interprétation. Comme hypothèse de recherche nous pensons qu'il est intéressant de rapprocher cette observation des travaux, réalisés par Y. DOMMERGUES, montrant que des processus de minéralisation de la matière organique dans certains sols tropicaux peuvent se dérouler à des taux d'humidité très faibles favorisant certains groupements de micro-organismes.

Sur le plan pratique ces observations ont un grand intérêt. Elles montrent tout d'abord qu'un processus de régénération au cours de la période sèche vient s'opposer à une péjoration rapide des fourrages sur pied.

Ce processus de régénération est très variable. Parmi les espèces annuelles, certaines, comme *Cenchrus biflorus* ont des facultés de renouvellement en période sèche très accusées, alors que d'autres comme les *Pennisetum* n'en n'ont aucune. *Eragrostis tremula* que nous venons d'examiner se situe à mi-chemin entre ces deux extrêmes. L'étude des caractéristiques de la croissance se révèle donc importante, si l'on veut fixer les possibilités de résistance à la sécheresse, notamment la faculté, que possède une espèce fourragère, à maintenir le plus longtemps possible sa valeur alimentaire à un niveau élevé.

Les caractéristiques que nous venons de déterminer permettent également de fixer, avec plus de précision, les périodes les plus favorables à la constitution des réserves.

La récolte après floraison n'a pas de sens ici, les rendements à ce moment étant dérisoires. Il faut attendre que la poussée de croissance de saison sèche se soit manifestée augmentant notablement les rendements (de 43 p. 100 environ), et ramenant le taux de cellulose à celui observé autour de la quatrième semaine. La période de récolte la plus favorable se situe, pour le sol « Dior » et dans les conditions de l'année 1956, à la fin octobre et pour le sol Dek au début de novembre.

La notion de faculté de régénération, ou encore de conservation du plus haut potentiel alimentaire, est

également importante à mettre en évidence, si nous voulons choisir des espèces à disséminer en région à saison sèche prolongée.

A la fin de cette étude quelques critiques s'avèrent nécessaires. Les difficultés matérielles de récolte ne nous ont pas permis de maintenir, au cours des trente-deux semaines, des conditions d'échantillonnage rigoureusement identiques.

Le nombre des pieds prélevés varie de deux mille dans les premières semaines à cinq cents à la fin des observations. Ceci explique en partie l'augmentation de la dispersion des résultats en fonction du temps. Le calcul montre que, dans les dernières semaines par exemple, il aurait fallu prélever des échantillons, d'au moins 5 kg chacun, pour obtenir la dispersion minimum des résultats, c'est-à-dire l'écart-type de la moyenne le plus faible. Cet élargissement de la dispersion observée n'est pas de plus uniquement dû à un défaut d'échantillonnage, il est aussi le résultat d'une augmentation réelle de la dispersion, liée au fait qu'aux phénomènes de croissance viennent se superposer, en fin d'évolution, des phénomènes de destruction dont les causes sont multiples et mal déterminées.

Le rythme des prélèvements a été maintenu régulier au cours des trente-deux semaines et explique le manque des données numériques lors de variations rapides. Ceci nous a considérablement gênés dans la réalisation de nos ajustements qui sont quelquefois à la limite de la signification. Ces variations brusques sont impossibles à prévoir, il faudrait, pour plus de précision, multiplier les prises d'essai rendant le protocole expérimental beaucoup trop complexe pour les moyens dont nous disposons.

CONCLUSION — RÉSUMÉ. — Cette première étude nous a permis de différencier quelques phénomènes mesurables de la croissance d'une même plante fourragère (*Eragrostis tremula*) sur deux sols tropicaux caractéristiques placés dans des conditions climatiques identiques.

Parmi les notions générales que l'on peut retirer de ce travail nous pouvons souligner les suivantes :

- 1) Des trois facteurs mesurés : la hauteur, le poids de cent pieds secs, le taux de cellulose de la matière sèche sans silice, la hauteur évolue le plus rapidement ; les niveaux les plus hauts sont atteints à la fin de la saison des pluies (dixième semaine, mi-octobre) et ne sont pas significativement différents pour les deux sols.
- 2) La croissance pondérale se poursuit jusqu'à la vingtième semaine (mi-décembre), et le poids atteint, sur sol « Dek », est significativement plus élevé que sur sol « Dior ». La deuxième poussée de croissance pondérale coïncide avec l'établissement de la saison sèche.
- 3) Le taux de cellulose retourne par deux fois à sa valeur initiale : à la fin d'octobre et au début de janvier.
- 4) La différence entre les phénomènes de croissance sur les deux sols réside dans les vitesses d'évolution ; les plantes sur sol « Dior » répondent plus rapidement aux facteurs de stimulation que sur sol « Dek ».

SUMMARY. — This first study allowed us to differentiate a few measurable processes in the growth of the same fodder plant (*Eragrostis tremula*) in two characteristic tropical soils under the same climatic conditions.

Among the general conclusions that can be drawn from this study, we may stress the following ones :

- 1) Out of the 3 measured factors : the height, the weight of a hundred dry heads, the cellulosic value of the dry matter devoid of silica, the height is the one that varies more rapidly ; the highest levels are reached at the end of the rain-season (10th week, mid october) and are not significantly different with the two soils.
- 2) The ponderal growth goes on until the 20th week (mid december) and the weight reached on Dek soil is relatively higher than on Dior soil. The second weight increase coincides with the setting in of the dry season.
- 3) The cellulosic value goes down two times to its initial value : at the end of october and at the beginning of january.
- 4) The difference between the growth phenomena in the two soils lays in the speeds of evolution: the plants in Dior soil respond more quickly to stimulating factors than in Dek soil.

RESUMEN. — Este primer estudio permitió diferenciar varios fenómenos mensurables del crecimiento de una misma planta forrajera (*Eragrostis tremula*) en dos suelos tropicales característicos que se hallan en condiciones de clima idénticas.

Entre las observaciones generales que se hicieron destacan las siguientes:

1) Comparándose los tres factores longitud, peso de cien plantas secas, contenido de fibra en la materia seca sin sílice, la evolución más rápida es la de la longitud cuyos niveles más altos se alcanzan al acabarse la estación lluviosa (décima semana, mediados de octubre), sin presentar diferencias significativas entre los dos tipos de suelos.

2) El peso aumenta hasta la vigésima semana (mediados de diciembre) y en suelo « Dek » es significativamente más elevado que en suelo « Dior ». Un segundo período de crecimiento ponderal empieza con la estación seca.

3) El contenido de fibra vuelve dos veces a su valor inicial: a fines de octubre y en los primeros días de enero.

4) Hállase la diferencia entre los fenómenos de crecimiento de los dos suelos en las velocidades de evolución; Las plantas cultivadas en suelo « Dior » responden más rápidamente a los factores de estimulación que en suelo « Dek ».

Travail exécuté en collaboration :

LABORATOIRE CENTRAL DE L'ÉLEVAGE DE DAKAR-HANN :

Directeur : P. MORNET,

CENTRE DE RECHERCHES AGRONOMIQUES DE BAMBEY :

Directeur : F. BOUFFIL.

USINES DE FORMULATION LABORATOIRES CENTRE DE RECHERCHES ANTIPARASITAIRES OU S'ELABORENT LES FORMULES SPECIALES POUR LA DEFENSE DES CULTURES DE CLIMAT CHAUD

LYON

DAKAR

CONAKRY

ABIDJAN

DOUALA

BANGUI

DJIBOUTI

COMORES

TANANARIVE

ST-DENIS DE LA REUNION

PHNOM-PENH

SAIGON

ANGERS

ANTIPARASITAIRES AGRICOLES
SPÉCIALITÉS POUR LA SANTÉ PUBLIQUE
UN RESEAU COMPLET D'AGENTS GENERAUX
UN SERVICE TECHNIQUE QUI EXPERIMENTE LES
SPECIALITES DANS LES CONDITIONS MEMES
DE LEUR EMPLOI

LE DEPARTEMENT OUTRE-MER DE PECHINEY-PROGIL EST A VOTRE DISPOSITION POUR TOUT RENSEIGNEMENT

**PECHINEY
PROGIL**
B. P. 74 LYON - TERREAUX