



HAL
open science

Contribution à l'étude écophysiological de la phase semis-levée du ray-grass d'Italie (*Lolium multiflorum* Lam.) II. - Etude en conditions naturelles

Jean-Claude Simon

► **To cite this version:**

Jean-Claude Simon. Contribution à l'étude écophysiological de la phase semis-levée du ray-grass d'Italie (*Lolium multiflorum* Lam.) II. - Etude en conditions naturelles. *Agronomie*, 1981, 1 (5), pp.345-354. hal-02720252

HAL Id: hal-02720252

<https://hal.inrae.fr/hal-02720252v1>

Submitted on 1 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Contribution à l'étude écophysiological de la phase semis-levée du ray-grass d'Italie (*Lolium multiflorum* Lam.)

II. - Etude en conditions naturelles

Jean-Claude SIMON

I.N.R.A., Station d'Agronomie, 4, rue de Stang-Vihan, F 29000 Quimper

RÉSUMÉ

*Ecophysiologie
Ray-grass d'Italie
Croissance
Développement
Microclimat*

Dans cette étude réalisée en conditions naturelles, deux facteurs du milieu sont pris en compte pour expliquer les variations de la durée de la phase semis-levée du ray-grass d'Italie :

— l'humidité du sol (0-10 cm) : elle agit par une loi de type « tout ou rien » et définit des intervalles de variation à l'intérieur desquels la levée peut ou non se produire. Le taux d'humidité minimum, pour que puisse se produire la levée, est légèrement supérieur au point de flétrissement permanent (10 p. 100 dans les conditions édaphiques de l'essai) ;

— la température du sol (T), en conditions hydriques non limitantes, est le facteur explicatif des fluctuations observées pour les durées de la phase semis-levée (N). Les deux paramètres sont très étroitement corrélés et la relation entre ceux-ci est de type linéaire croissante : $1/N = 0,007 T + 0,012$.

La méthode classique des sommes de températures ne permet pas de caractériser cette phase avec plus de précision qu'une simple valeur de durée.

Les résultats obtenus en conditions naturelles sont comparables à ceux obtenus en enceinte thermostatée, pour la gamme de températures observée.

SUMMARY

*Ecophysiologie
Italian rye-grass
Growth
Development
Microclimate*

*Contribution to the ecophysiological study of Italian ray-grass from sowing to emergence
II - Study under natural conditions*

In this study carried out under natural conditions two environment factors are accounted for to explain the variations of the lengths from sowing to emergence of Italian ray-grass :

— the soil moisture (0-10 cm) acts according to a law of the type « all or nothing ». It defines variation intervals within which emergence can occur or not. The minimum moisture content allowing the emergence to take place is slightly higher than the permanent withering point (10 p. 100 under the experimental edaphic conditions) ;

— soil temperature (T) under non limiting water conditions is the factor explaining the observed fluctuations for the time from sowing to emerging (N). The two parameters are very closely correlated and the relation between them is of ascending linear type : $1/N = 0,007 T + 0,012$.

The classical method of the sum of temperatures does not allow to characterize this phasis with more precision than a mere length value.

The results obtained under natural conditions can be compared to those obtained in thermostatic chamber for the range of observed temperatures.

I. — INTRODUCTION

Ce travail fait suite à l'étude menée en conditions contrôlées sur l'incidence du facteur température, sur la phase semis-levée du ray-grass d'Italie (SIMON, 1981). Nous quittons ici les conditions artificielles pour le milieu naturel, ce qui suppose la mise en jeu d'autres facteurs dont l'importance relative n'est pas toujours facile à mettre en évidence, compte tenu des nombreuses interactions existant entre ceux-ci.

Deux paramètres principaux ont retenu notre attention : la température et l'humidité du sol. Nous avons laissé de côté le degré d'oxygénation de la semence en place, faute de technique expérimentale efficace pour mesurer ce paramètre. Néanmoins, dans les conditions édaphiques finistériennes (sols très filtrants se ressuyant très vite), il est vraisemblable que le rôle de ce facteur n'est pas primordial. Pour l'agriculteur, les facteurs pris ici en compte sont de type incontrôlable puisqu'ils sont sous la dépendance des aléas climatiques généraux. En effet, on ne peut envisager

sérieusement le recours à l'irrigation dans le contexte local, la non-rentabilité économique des investissements effectués dans ce domaine ayant été soulignée par les organismes de développement. Ces facteurs s'opposent à ceux qui sont contrôlables (génétiques, culturels...) sur lesquels l'agriculteur peut agir directement.

Dans l'optique d'une recherche des sécurités pour cette culture, il nous a semblé important de nous intéresser à ces deux facteurs aléatoires qui sont généralement à l'origine des fluctuations dans la réussite des semis.

II. — MATÉRIEL ET TECHNIQUE EXPÉRIMENTALE

A) La plante

La variété de ray-grass d'Italie « *Tiara* » est une des variétés les plus largement répandues dans la région finistérienne. Les semences sont issues de récoltes récentes et de bonne faculté germinative.

B) Le milieu pédoclimatique

Le sol du champ d'expérience où se sont situés nos essais est un sol sableux, d'origine granitique, contenant environ 3,2 p. 100 de matière organique. La teneur en sables grossiers est voisine de 30 p. 100 et celle en argile égale à 15 p. 100.

Le climat de la région quimpéroise est le type même du climat océanique : doux et humide. Les moyennes enregistrées au poste météorologique sont les suivantes : durée d'insolation annuelle égale à 1 700 h, température du mois le plus froid (janvier) 5,9 °C, température des mois les plus chauds (juillet et août) 17,4 °C, amplitude thermique journalière 8,3 °C. Les précipitations, plus importantes en saison froide qu'en saison chaude, sont annuellement de 1 020 mm. Enfin l'évapotranspiration potentielle (calculée par la formule de TURC) est de 660 mm par an, le maximum étant relevé en juillet : 110 mm.

C) La technique expérimentale

La technique expérimentale utilisée est simple : création de conditions climatiques variées par le biais de l'échelonnement des semis dans le temps. Chaque semis se compose de 5 répétitions, chacune d'elles étant constituée par 1 m de rang de semis.

1. La technique de semis

Une importance toute particulière a été accordée à la préparation du lit de semences qui joue un rôle primordial sur la phase d'imbibition (REBISCHUNG, 1961). En effet les semences de ray-grass d'Italie sont entourées de glumelles peu perméables, non adhérentes au grain. Celles-ci doivent s'imbiber avant que le caryopse ne s'imbibe à son tour. Un contact étroit entre les semences et les agrégats terreux est donc indispensable. Ce dernier est réalisé par des façons superficielles (effectuées à l'aide d'un simple râteau de jardinier) entraînant la constitution d'agrégats fins, puis par un tassement de ceux-ci.

Le semis proprement dit est effectué avec un semoir à un rang, à une profondeur de 1 cm, pour un écartement entre rangs égal à 20 cm. Le peuplement semé est de l'ordre de 100 plantes au m linéaire, soit 500 plantes au m².

2. La technique de comptage

A partir du moment où pointent les premiers coléoptiles, les comptages sont effectués tous les 2 jours en moyenne, et ce, jusqu'à ce que le nombre de coléoptiles visibles reste stable (fin de la levée). On note le stade levée quand 50 p. 100 des plantes sont sorties de terre.

3. Les mesures climatiques

Compte tenu des travaux déjà effectués, pour cette phase, sur d'autres plantes comme le maïs (BLACKLOW, 1974a et b ; BERBECEL, 1972 ; HOUGH, 1972), un nombre limité de facteurs a été mesuré :

— la température du sol à 10 cm de profondeur. La température n'a pas été mesurée au niveau de la semence en raison des difficultés techniques et pratiques qu'entraînerait une telle mesure. En effet, après un retassement naturel et inévitable du terrain, postérieurement à la mise en place des capteurs, l'existence d'un gradient de température croissant vers la surface entraîne, pour une même erreur de profondeur du thermomètre, une erreur de mesure beaucoup plus grande à 1 cm qu'à 10 cm de profondeur. Il est donc préférable de choisir cette mesure même si elle ne reflète qu'imparfaitement la température du lit de semences, plutôt que de choisir une mesure dont on apprécie mal la signification. Par ailleurs, la température moyenne à 10 cm de profondeur est sans doute très voisine de celle à 1 cm, bien que les extrêmes soient très différents ;

— l'humidité du sol pour l'horizon 0-10 cm. Nous verrons dans nos conclusions que la finesse de cette mesure s'avère insuffisante dans le cas d'un déficit hydrique marqué. Le taux d'humidité du sol est déterminé après dessiccation à l'étuve, à 105 °C pendant 24 h. Il est exprimé en pourcentage par rapport au poids de terre sèche.

4. Choix des dates de semis

Les dates de semis ont été choisies, plus en fonction de la nécessité de disposer de conditions très diversifiées de milieu, qu'en fonction d'une coïncidence avec la pratique agricole. Huit dates ont été retenues en 1977 et dix en 1979. Elles couvrent pratiquement toute la période de végétation. Nous avons attribué un numéro à chaque date de semis afin de faciliter leur identification dans la suite de ce travail (tabl. 1).

III. — RÉSULTATS ET DISCUSSION

A) Analyse descriptive de la phase semis-levée

1. Durée de la phase semis-levée

Le nombre de semences semées n'étant pas connu, le stade de la levée (50 p. 100 de plantes visibles) est déterminé *a posteriori* à partir du nombre maximum de plantes levées. Nous parlons ici de nombre maximum et non de nombre final, car généralement, en fin de levée, on observe une très légère diminution du nombre de plantules. Diverses hypothèses, concernant cette diminution, peuvent être avancées : réserves de la graine insuffisantes, causes parasitaires...

Les durées observées de la phase « semis-levée » s'échelonnent de 5 à 31 j (fig. 1). Ce dernier chiffre est néanmoins exceptionnel puisque la plupart des durées s'échelonnent de 5 à 17 j, pour une moyenne générale de 10,7 j.

TABLEAU 1

Dates de semis retenues au cours des deux campagnes de mesures (1977 et 1979)
Sowing dates for the two years of study (1977 and 1979)

1977	N° Date	1 7/4	2 22/4	3 6/5	4 20/5	5 6/9	6 20/9	7 11/10	8 26/10		
1979	N° Date	9 19/4	10 26/4	11 4/5	12 7/5	13 14/5	14 7/6	15 4/7	16 9/8	17 3/9	18 24/9
1979*	N° Date	19 19/4	20 26/4	21 4/5	22 7/5	23 14/5	24 7/6	25 4/7	26 9/8	27 3/9	28 24/9

(*) Les semis effectués en 1979 ont été doublés : l'un en conditions normales, l'autre subissant un arrosage hebdomadaire compensant l'évapotranspiration potentielle. Ce qui porte donc le nombre de traitements à 28.

(*) *Sowings in 1979 were multiplied by two : the first ones in natural conditions, the second ones with a weekly irrigation, in compensation of E.T.P. So, the number of treatments is 28.*

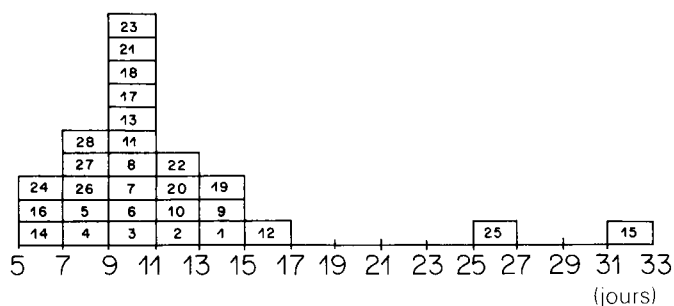


Figure 1
 Histogramme des durées moyennes de la phase « semis-levée ».
 Histogram of lengths from sowing to emerging.

2. *Étalement de la levée*

Nous appelons étalement de la levée ou durée de la levée, la période qui sépare, pour un semis donné, le début de la fin de levée. Cette durée de la levée est très variable : 5 à 19 j, exceptionnellement 25. En moyenne, elle est de 12,3 j pour un écart type de 4,3 j (fig. 2).

Cette durée de levée est indépendante de la longueur de la phase « semis-levée ». La figure 3 en donne quelques exemples. Pour une même durée de la phase « semis-levée » on rencontre des étalements très différents. Par exemple, pour un stade levée atteint après 10 j, la levée s'étale sur 5 ou 14 j.

Si l'on excepte le semis 25 où manifestement les plantules émergent en deux fois, on peut remarquer sur la figure 4 que la vitesse de levée évolue au cours de celle-ci. La figure 4

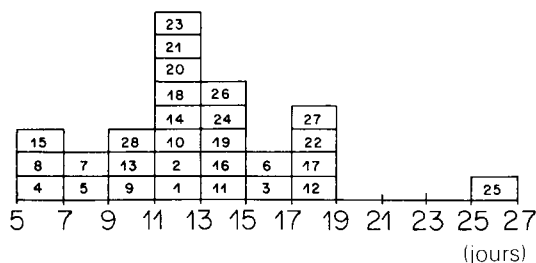


Figure 2
 Histogramme des durées moyennes de levée.
 Histogram of lengths from the beginning to the end of emergence.

présente des diagrammes en bâtons qui donnent les pourcentages effectifs de levée chaque jour d'observation. Ces diagrammes sont dissymétriques et déportés vers la gauche. Cela signifie que la levée est d'abord rapide, puis lente, en raison de quelques retardataires. On passe ainsi beaucoup plus vite de 0 à 50 p. 100 de plantes levées (3,5 j en moyenne, écart type 1,5 j) que de 50 à 100 p. 100 de levée (8,3 j, écart type 3,5 j). Les différences de durée de la levée s'expliquent donc principalement par la grande amplitude de variation de la 2^e phase. Cette dissymétrie des courbes de levée a déjà été observée sur d'autres plantes, en particulier sur le maïs (CHEROUVRIER, 1977).

B) *Durée de la levée et facteurs du milieu*

1. *Interaction entre température et humidité du lit de semences*

Les résultats présentés ci-après reposent sur des valeurs moyennes qui correspondent à des échelles de temps de l'ordre de la décade. De ce fait, il n'est pas étonnant de constater qu'aux valeurs basses de la température du sol correspondent les taux d'humidité les plus élevés et inversement. Ces observations ne sont qu'une traduction fidèle du type de climat rencontré en Bretagne occidentale. La corrélation entre les deux paramètres est très hautement significative: pour les 28 couples de valeurs rencontrées, le coefficient de corrélation est de 0,755 (supérieur à $R_{0,001} = 0,589$ pour $n = 26$ d.d.l.) (fig. 5).

Afin de dissocier l'action de ces deux paramètres, dans ce qui suit, nous avons effectué un raisonnement par classe de valeurs qui permet, dans une certaine mesure, de les rendre indépendants.

2. *Action de la température du sol*

La relation entre la vitesse de levée et la température du sol à 10 cm de profondeur est présentée figure 6. Si l'on excepte les semis 15 et 25 (sur lesquels nous reviendrons plus tard), on constate que la liaison entre vitesse de levée et température est représentée par un nuage de points, de forme étirée, dont la grande diagonale a une pente positive. Ceci sous-entend que la relation entre les deux paramètres est de type croissante, dans l'intervalle de variation considéré, la vitesse de levée augmentant avec la température.

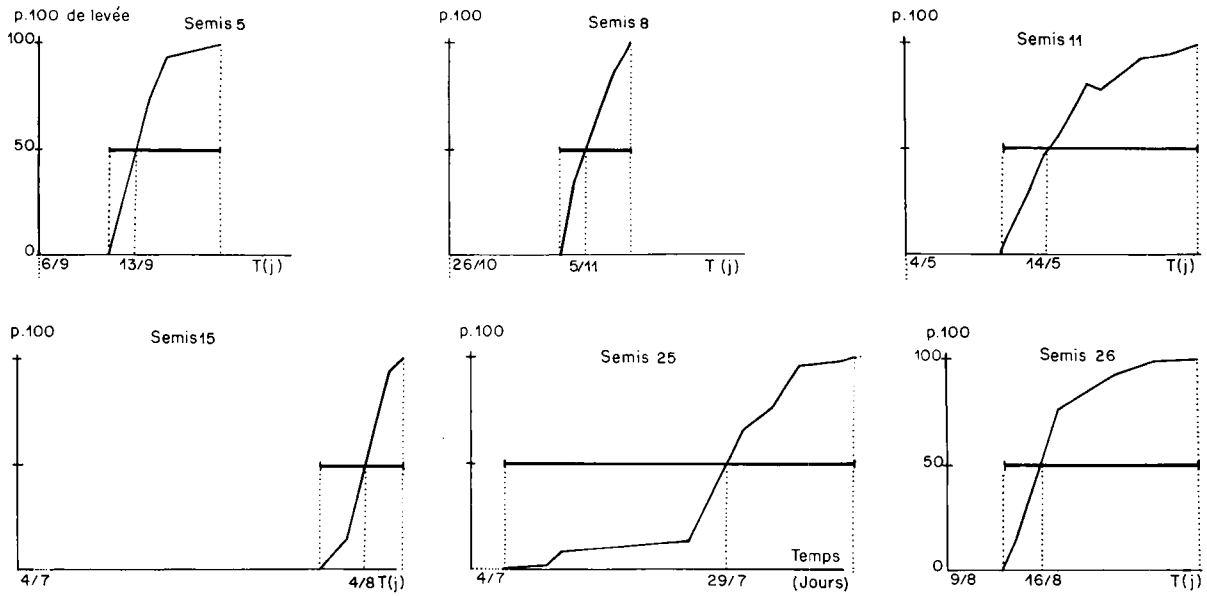


Figure 3. Quelques exemples de courbes de levée. Some examples of emergence curves.

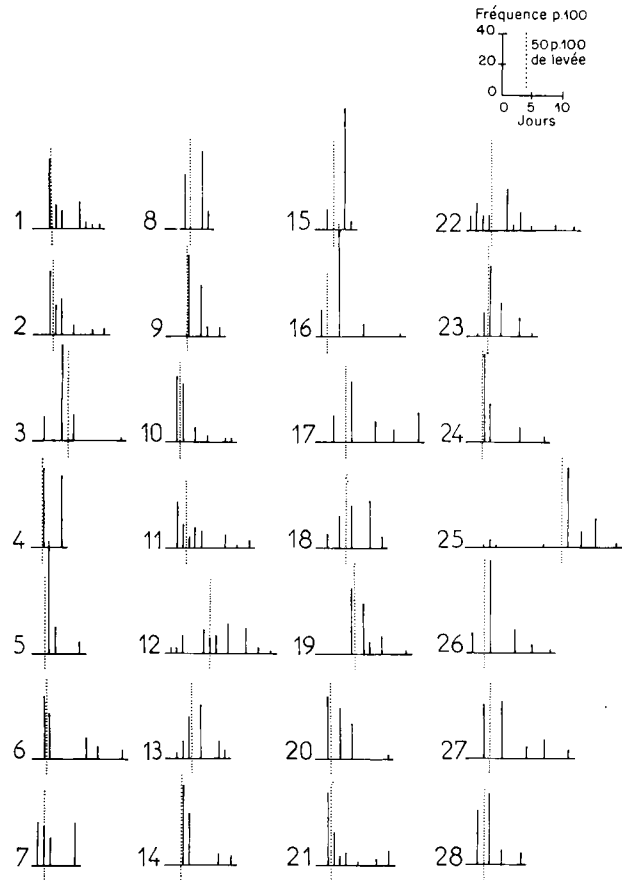


Figure 4
Étalement de la levée des 28 semis de ray-grass d'Italie.
Emergence evolution for the 28 sowings of Italian rye-grass.

Une analyse plus détaillée de l'incidence du facteur thermique est proposée dans le tableau 2. L'étude y est faite par classe d'humidité de sol, des valeurs inférieures à 12 p. 100 aux valeurs supérieures à 20 p. 100, par tranches de 2 en 2 p. 100 (valeurs d'humidité exprimées par rapport au poids sec de terre). Indiquons dès à présent que 20 p. 100

correspond à la valeur de l'humidité du sol à la capacité au champ (pF 2,8) et 10 p. 100 au point de flétrissement permanent (pF 4,2), pour le sol où ont eu lieu les essais.

Dans un premier temps, cette analyse est effectuée sur des intervalles d'amplitude égale à 2 p. 100 d'humidité. Elle met en évidence un nombre restreint de classes où la corrélation entre les deux paramètres est significative (1 sur 6), le nombre de couples regroupés dans une classe étant trop faible. Dans un deuxième temps, nous avons fait la même analyse, mais sur des classes d'étendue double (4 p. 100), ce qui permet de rassembler un nombre plus important de couples par classe. Il apparaît alors que la corrélation entre vitesse de levée et température du sol est hautement significative pour les valeurs de l'humidité du sol supérieures à 14 p. 100, et non significative en dessous (c'est-à-dire quand on se rapproche du point de flétrissement permanent). Il est d'ailleurs possible de se rapprocher de ce point sans affecter le degré de liaison entre vitesse de levée et température. En effet, en ne prenant en compte que les points où l'humidité du sol est supérieure à 12 p. 100, la corrélation est très hautement significative :

$$R = 0,700 \text{ (supérieur à } R_{0,001} = 0,630 \text{ pour } n = 22 \text{ d.d.l.)}$$

Les quatre points éliminés correspondent à des humidités de sol respectivement égales à 6,8 (semis 15), 10,7 (semis 17), 10,7 (semis 18) et 11,5 p. 100 (semis 25).

Ainsi, en conditions hydriques telles que la valeur de l'humidité du sol soit supérieure de 2 p. 100 au point de flétrissement permanent, la vitesse de levée et la température sont étroitement liées. Le nuage de points représentatif de la liaison peut s'ajuster à une droite de pente positive :

$$V = 0,007 T + 0,012 \quad (1)$$

3. Action de l'humidité du sol

L'action de l'humidité du sol sur la vitesse de levée du ray-grass d'Italie est sous-jacente à ce qui précède. La relation entre la vitesse de levée et l'humidité du sol pour l'horizon (0-10 cm) est présentée sur la figure 7.

Le nuage de points représentatif est extrêmement dispersé et ne laisse pas entrevoir de relation nette entre les

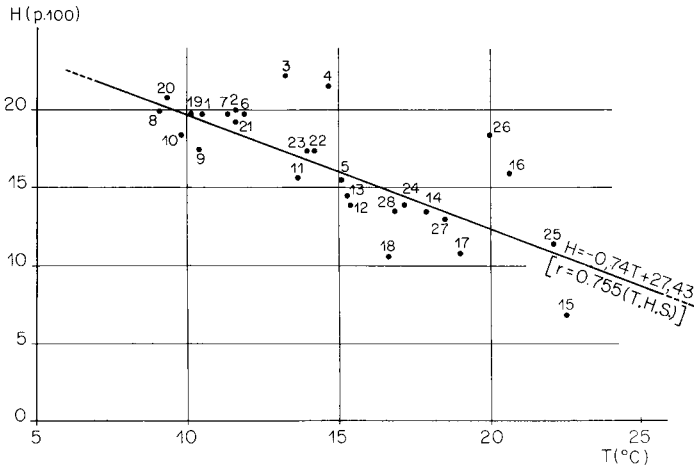


Figure 5
Relation entre température du sol (10 cm) et humidité du sol (0-10 cm) dans les conditions climatiques locales (1977, 1979).
Relationship between soil temperature (10 cm) and soil moisture (0-10 cm) in the local climatic situation.

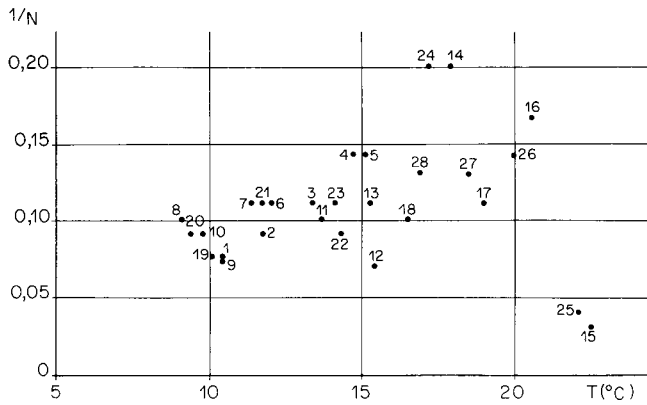


Figure 6
Relation entre vitesse de levée (1/N) et température du sol à 10 cm de profondeur (T).
Relationship between daily rate of emergence (1/N) and soil temperature, down 10 cm depth (T).

TABLEAU 2

Relation entre vitesse de levée (1/N) et température du sol à 10 cm de profondeur (T), par classe d'humidité du sol
Relationship between daily rate of emergence (1/N) and soil temperature, down 10 cm (T), for various ranks of soil humidity

Etendue des intervalles de classes	Bornes des classes d'humidité du sol (%)					
	12 %	14 %	16 %	18 %	20 %	
2 %	Nombre de couples	4	5	4	3	8
	Coefficient de corrélation	0,890	0,603	0,863	0,786	0,855
	Niveau de signification	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	1 % (H.S.)
	Coefficient de régression	- 0,013	0,029	0,009	0,006	0,006
	Ordonnée à l'origine	0,329	- 0,360	- 0,011	0,013	0,031
4 %	Nombre de couples	9		7		12
	Coefficient de corrélation	0,513		0,896		0,820
	Niveau de signification	N.S.		1 % (H.S.)		1 % (H.S.)
	Coefficient de régression	- 0,013		0,009		0,006
2 classes	Nombre de couples					24
	Coefficient de corrélation					0,700
	Niveau de signification					1 % (T.H.S.)
	Coefficient de régression					0,007
	Ordonnée à l'origine					0,012
Relation entre 1/N et T pour l'intervalle considéré		1/N = - 0,013 T + 0,329		1/N = 0,007 T + 0,012		

S : significatif ; H.S. : hautement significatif ; T.H.S. : très hautement significatif ; N.S. : non significatif.

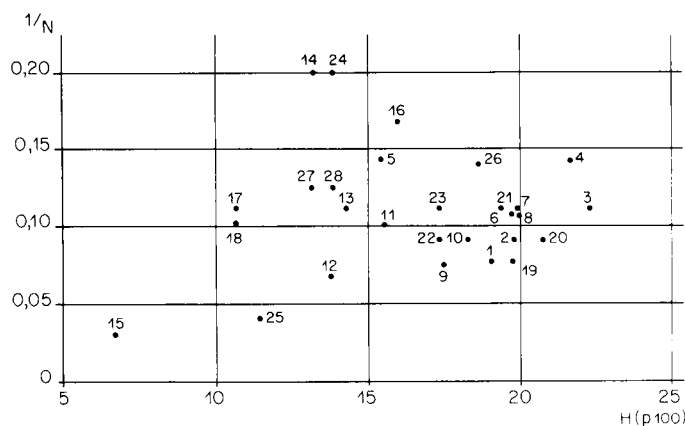


Figure 7

Relation entre vitesse de levée ($1/N$) et taux d'humidité du lit de semences (0-10 cm), (H).

Relationship between daily rate of emergence ($1/N$) and soil moisture (0-10 cm), (H).

deux paramètres. Cette absence de liaison entre vitesse de levée et taux d'humidité du sol est confirmée par l'analyse effectuée dans le tableau 3.

Ainsi le rôle du facteur hydrique est-il fondamentalement différent du facteur thermique. Son rôle n'est pas direct mais plutôt voisin de celui d'une variable logique. Il permet de définir des intervalles de variation à l'intérieur desquels sa fonction est uniquement d'exprimer si la levée est possible ou non.

Deux gammes d'humidité du sol, pour lesquelles la levée se produit différemment, peuvent être distinguées :

— une zone où l'humidité du sol est supérieure à 12 p. 100 et où la vitesse de levée croît dans le même sens que la température,

— une zone où l'humidité du sol est inférieure à 12 p. 100 et où la vitesse de levée ne semble pas régie par la même loi d'action de la température. Il semblerait même *a priori*, que le processus s'inverse, puisqu'ici la levée est d'autant plus lente que la température est élevée. Une analyse plus détaillée de ces quatre points s'impose donc.

4. Analyse des semis effectués en conditions hydriques limitantes

Pour les quatre semis effectués en conditions sèches, nous avons rassemblé sur la figure 8 : la pluviométrie,

l'humidité du sol et les températures maximales, minimales et moyennes de ce dernier. Les valeurs critiques de la température, obtenues en conditions contrôlées (SIMON, 1981) sont également présentées sur cette figure : 20-25 °C (optimum thermique), 29 °C (seuil thermique supérieur).

Les semis 17 (fig. 8 c) et 18 (fig. 8 d) ont la particularité d'avoir été effectués au moment où le sol présentait une humidité légèrement supérieure au point de flétrissement permanent (10,7 p. 100 en moyenne pour les deux semis). Les températures moyennes du sol, qui sont respectivement égales à 19 et 16,6 °C, sont inférieures à l'optimum thermique. Elles sont donc situées dans un intervalle de variation où la vitesse de levée est proportionnelle à la température. Or les durées observées de levée sont nettement supérieures à celles calculées par la régression (1) : 10 j au lieu de 7 (semis 17), 11 j au lieu de 8 (semis 18). Cet allongement de la phase semis-levée doit donc s'expliquer par les conditions hydriques rencontrées par les semences. Une interprétation possible de cet écart peut être la suivante : on assiste à un ralentissement de l'imbibition des semences au voisinage du point de flétrissement permanent, la compétition pour l'eau entre les colloïdes de la semence et les colloïdes du sol étant alors vraisemblablement très grande. De ce fait, la durée de la phase d'imbibition s'allonge et retarde la germination qui ne peut se produire que lorsque la semence atteint sa teneur maximale en eau (COME, 1975).

TABLEAU 3

Relation entre vitesse de levée ($1/N$) et taux d'humidité du lit de semences (H) (horizon 0-10 cm), par classe de température du sol
Relationship between daily rate of emergence ($1/N$) and soil temperature (H) (0-10 cm), for various ranks of soil temperature

Etendue des intervalles de classes	Bornes des classes de température du sol (°C)						
		10	12,5	15	17,5	20	
2,5 °C	Nombre de couples	3	7	5	6	4	3
	Coefficient de corrélation	0,208	0,479	0,674	0,307	0,210	0,885
	Niveau de signification	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.	N.S.
5 °C	Nombre de couples	10		11		7	
	Coefficient de corrélation	0,373		0,068		0,691	
	Niveau de signification	N.S.		N.S.		N.S.	
Total	Nombre de couples			28			
	Coefficient de corrélation			0,102			
	Niveau de signification			N.S.			

N.S. : non significatif.

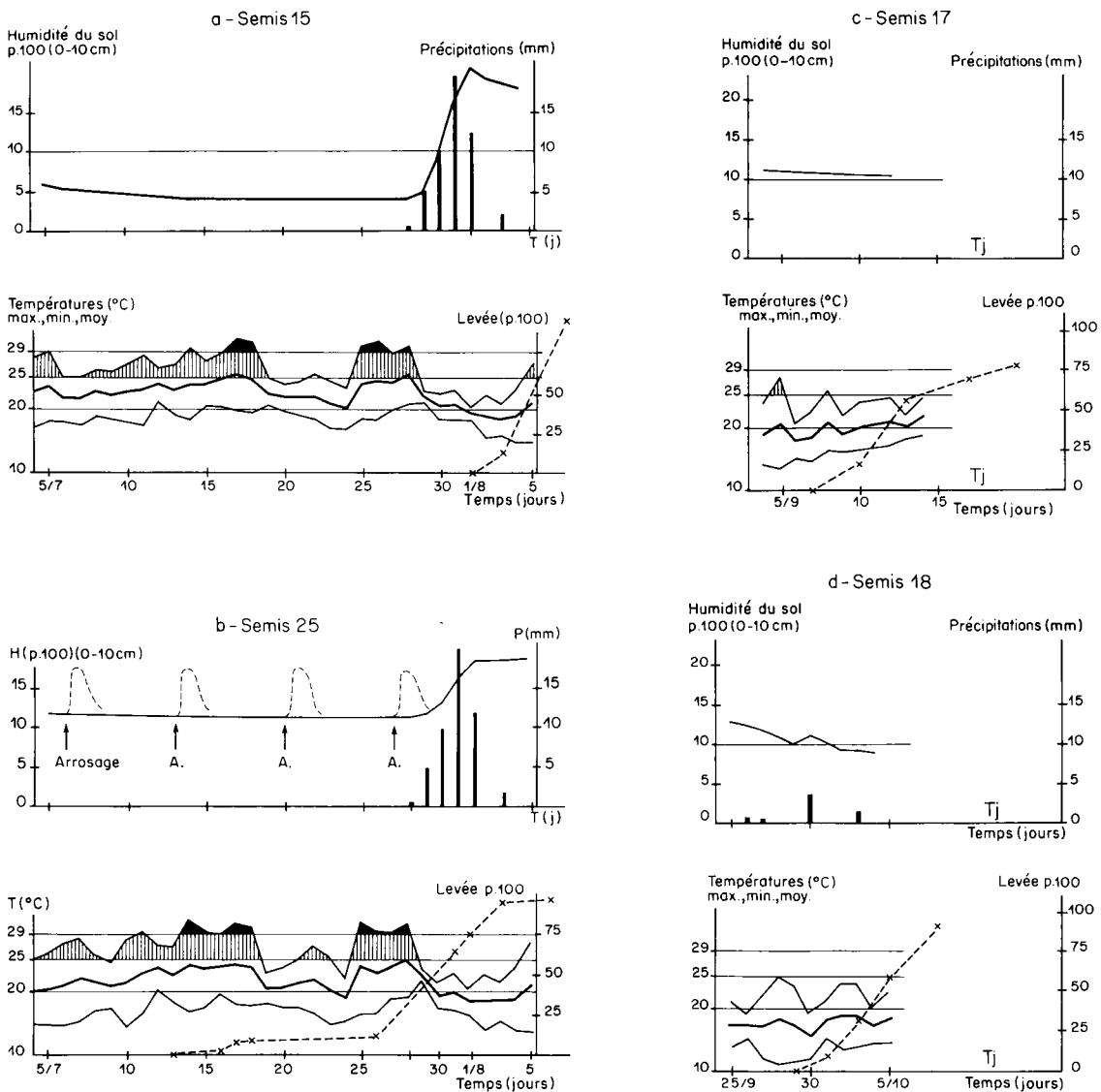


Figure 8
 Conditions hydriques et thermiques rencontrées lors des semis effectués en période sèche.
 Hydric and thermic conditions met for the dry sowings.

Le semis 15 (fig. 8 a) ne pose pas de problème d'interprétation. Après une période très sèche (humidité du sol voisine de 5 p. 100) et très chaude (la température maximale dépasse le seuil thermique supérieur pour la levée au cours de 6 journées) où toute levée est impossible, survient une période tempérée et pluvieuse, à partir du 28 juillet. L'humidité du sol remonte rapidement et la levée s'effectue alors en 7 jours pour une température moyenne de 20,1 °C. La régression (1) peut s'appliquer dès le début de la période pluvieuse. Celle-ci donne une durée de levée de 6,5 j pour la température observée, ce qui est tout à fait compatible avec le résultat trouvé.

L'interprétation de la durée de la phase semis-levée du semis 25 (fig. 8 b) est plus délicate. Deux périodes peuvent être distinguées :

— Une première période qui s'étale du 4 au 28 juillet : les conditions hydriques sont voisines de celles du semis 17 (11 p. 100 d'humidité pour l'horizon 0-10 cm) et l'on pourrait s'attendre à une levée en une dizaine de jours, or il n'en est rien. Certes, après une douzaine de jours se produit une première vague de levée mais elle est très faible. Par ailleurs, les températures du sol sont très élevées : si les

températures moyennes sont optimales, les températures maximales dépassent l'optimum presque tous les jours, voire le seuil supérieur de levée : 29 °C. La température s'avère donc ici limitante quelques heures par jour.

— Une seconde période qui s'étend du 28 juillet à la levée : la température et l'humidité de sol redeviennent favorables lors du passage pluvieux de fin juillet. Une levée massive se produit alors.

L'interprétation possible des phénomènes peut être la suivante : les différents arrosages (notés A sur la fig. 8 b) permettent d'obtenir temporairement en surface une humidité suffisante pour que la germination se produise. Or la température est, plusieurs heures par jour, très élevée, ce qui conduit à la formation rapide d'un mulch superficiel. Cela se traduit par une succession de périodes d'humidification et de dessèchement du lit de semences (fonction de la périodicité des arrosages), à laquelle s'ajoute une alternance journalière des températures favorables puis limitantes. Les semences maintenues dans ces conditions peuvent germer (après un arrosage) mais les plantules produites meurent en grande partie dans la période de dessiccation qui suit, ce phénomène étant d'autant plus marqué que les semences

imbibées ne peuvent supporter des températures extrêmes (COME, 1975). Cela se traduit effectivement par un nombre final de plantules levées beaucoup plus faible pour le semis 25 que pour le semis 15, semé simultanément. On note, en moyenne, 23 plantes au mètre linéaire dans le semis 25, au lieu de 56 dans le semis 15 (différence significative par le test de WALD-WOLFOVITZ (SIEGEL, 1956). Une levée en bonnes conditions ne peut se produire qu'après l'arrosage du 27 juillet qui précède une période pluvieuse. La levée se produit alors en quelques jours.

Ce dernier exemple souligne l'insuffisance d'une mesure d'humidité du sol sur un horizon aussi épais en conditions hydriques limitantes. En effet, pour une même humidité moyenne de l'horizon 0-10 cm, on peut avoir soit un mulch superficiel qui ne permet pas la germination, avec un sol humide en dessus, soit, au contraire, un sol humide en surface (après un arrosage ou une pluie) favorable à la germination et un sol sec en dessous (au niveau des racines qui descendent progressivement) qui entraîne la mort des plantules.

5. Comparaison avec les résultats obtenus en conditions contrôlées

En conditions contrôlées (SIMON, 1981), nous avons trouvé une excellente relation entre la température et la vitesse de levée ; pour un semis pratiqué théoriquement à 1 cm de profondeur, la relation s'écrivait :

$$V = 0,014 T - 0,023 \quad (2)$$

pour 2 cm :

$$V = 0,011 T - 0,012 \quad (3)$$

pour 3 cm :

$$V = 0,009 T - 0,011 \quad (4)$$

En conditions naturelles, pour un semis effectué à 1 cm de profondeur, on constate que l'on obtient une relation plus proche de la relation (4) que de la relation (2), l'humidité du sol étant non limitante :

$$V = 0,007 T + 0,012$$

Cette divergence relative à la profondeur de semis peut s'expliquer en partie par le mode d'estimation du stade levée en conditions contrôlées. En effet ce stade est considéré comme atteint quand la longueur *étirée* du coléoptile (ou de la 1^{ère} feuille) dépasse la profondeur théorique de semis. Or en conditions naturelles, compte tenu de la position aléatoire de la semence au milieu des agrégats terreux, le coléoptile décrit une courbe plus ou moins accentuée avant d'émerger du sol. Aussi, au moment de la levée, sa longueur est-elle toujours nettement supérieure à la profondeur du semis, d'où une correspondance avec les profondeurs théoriques de semis plus élevées. Par ailleurs, il est important de signaler que la croissance du coléoptile est freinée par la lumière, ce qui peut également expliquer la différence observée avec les résultats en conditions contrôlées, obtenus à l'obscurité.

Ces précisions étant apportées, les résultats acquis en conditions naturelles concordent assez bien avec ceux obtenus en enceinte thermostatée. En l'absence de facteur hydrique limitant (c'est-à-dire pour des humidités de sol supérieures au point de flétrissement permanent) et dans l'intervalle de variation 0-25 °C, température et vitesse de levée sont liées par une relation de type linéaire :

$$V = a(T - T_0)$$

$$\text{ici} \quad V = 0,007 [T - (-1,714)] \quad (5)$$

Le calcul des sommes de températures reposant sur cette hypothèse, nous allons appliquer cette notion au cas de la phase semis-levée du ray-grass d'Italie, dans le chapitre suivant.

IV. — EXIGENCE THERMIQUE DU RAY-GRASS D'ITALIE POUR LA PHASE SEMIS-LEVÉE

Afin de chiffrer, de façon simple, les exigences thermiques du ray-grass d'Italie dans sa première phase de développement, nous allons employer ici la méthode classique des sommes de températures. Plusieurs façons d'opérer sont possibles, elles dépendent des hypothèses que l'on formule (CROSS & ZUBER, 1972). Nous ne retiendrons ici que la plus simple d'entre elles, exposée entre autres par DURAND (1967, 1969), qui repose sur l'hypothèse de la linéarité de relation entre la vitesse de développement et la température (5).

Dans ce cas, la somme des températures moyennes journalières diminuées d'un seuil T_0 est constante au cours d'une phase de développement donné :

$$\sum(T - T_0) = K$$

En faisant varier le seuil thermique T_0 , il est possible de calculer, pour chaque semis, la somme thermique correspondante. Celle-ci, par définition, devant être constante au cours de la phase semis-levée, il est possible de déterminer, par la méthode du coefficient de variation minimum, employé par divers auteurs (par exemple BLOC & GOUET, 1973),

- la valeur apparente du seuil thermique,
- la somme thermique correspondante pour accomplir la phase.

Pour effectuer les calculs, nous avons éliminé les points où le facteur hydrique s'est avéré limitant, points pour lesquels l'hypothèse de linéarité de relation entre vitesse de levée et température n'est plus vérifiée (semis 15, 17, 18 et 25). Les résultats de ces calculs sont présentés dans le tableau 4.

Le tableau 4 montre que le seuil apparent, estimé par la méthode du coefficient de variation minimum est voisin de 0 °C. Un intervalle de confiance autour de ce coefficient (CRAMER, 1971) montre qu'au risque $\alpha = 5$ p. 100, le seuil thermique apparent est en fait compris entre 0 et 5 °C, ce qui est tout à fait compatible avec la valeur effectivement observée en enceinte thermostatée (1 °C).

Pour un seuil thermique de 0 °C, la somme de températures nécessaire à l'accomplissement de la phase semis-levée du ray-grass d'Italie est de 125 °J. Cette valeur est du même ordre de grandeur que celle calculée pour un semis à 3 cm de profondeur (111 °J).

L'intérêt de la méthode des sommes de températures est néanmoins mis en doute quand on compare le coefficient de variation des sommes thermiques (0,239) et celui des durées des phases semis-levée correspondantes (0,276). En effet, les intervalles de confiance autour de ces deux coefficients se chevauchent :

- sommes thermiques : $0,239 \pm 0,076$
- durées en jours : $0,276 \pm 0,088$

ce qui signifie qu'ils sont non significativement différents. Ainsi, il semblerait dans le cas présent qu'il n'est pas plus intéressant de caractériser cette phase par une somme thermique que par la durée de celle-ci.

TABLEAU 4

Sommes thermiques moyennes calculées à partir des températures moyennes journalières du sol (à 10 cm), pour diverses valeurs du seuil thermique. Evolution correspondante des paramètres caractérisant ces sommes thermiques (Ecart type, coefficient de variation)
 Thermal units estimated from daily temperature means (down 10 cm), for several values of base temperatures. (Corresponding evolution of parameters characterising those thermal units (standard deviation, percentage standard deviation))

Seuil T_0 (°C)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$\sum(T - T_0)$ (\bar{x})	124,75	115,38	106,00	96,63	87,25	77,88	68,50	59,16	49,82	40,78	32,73
Ecart type (s)	29,85	28,39	27,10	26,00	25,12	24,49	24,11	23,96	24,06	24,07	23,36
Coefficient de variation (s/ \bar{x})	0,239	0,246	0,256	0,269	0,288	0,314	0,352	0,405	0,483	0,590	0,714
Intervalle de confiance autour du coefficient de variation minimum	± 0,075										

TABLEAU 5

Schéma synthétique de la levée du ray-grass d'Italie en fonction des conditions hydriques et thermiques
 Synthetic description of emergence of Italian rye-grass in relationship with soil moisture and soil temperature

Humidité du sol (0-10 cm)	10 %				12 %	20 %	25 %	
Caractéristiques des valeurs d'humidité	point de flétrissement permanent		Mulch superficiel possible		capacité au champ			
Effet sur la levée	Pas de levée Insuffisance d'humidité pour imbiber la semence : pas de germination				Humidité au niveau de la semence :			
			< 10 % Germination impossible		> 10 % Germination retardée (compétition entre sol et semence pour l'eau)		Levée possible	
							Asphyxie (germination impossible en anaérobiose)	
Température du sol (10 cm)	32 °C	29 °C	25 °C	23 °C	20 °C		1 °C 0 °C	
Caractéristiques des valeurs de températures	seuil supérieur pour la germination		seuil supérieur pour la croissance		optimum thermique		Seuil inférieur pour la levée	seuil inférieur pour la germination
Effets sur la levée	Germination impossible		croissance du coléoptile impossible		Relation linéaire entre vitesse de levée et température $V = 0,007 T + 0,012$		Levée impossible	
	pas de levée							

L'explication de cette mauvaise adéquation des sommes de températures doit être que le jour est une unité de temps trop grande pour une phase qui ne dure en moyenne que 11 j, mais aussi que la levée présente un étalement très long et une dissymétrie qui doit donner une grande incertitude sur la date de réalisation moyenne. La définition du stade levée par 50 p. 100 de plantules visibles, qui est généralement retenue par les expérimentateurs, n'est pas forcément la meilleure.

V. — CONCLUSION GÉNÉRALE

L'ensemble des résultats concernant la phase semis-levée du ray-grass d'Italie en relation avec la température et l'humidité du sol est synthétisé dans le tableau 5. Ce

dernier, qui présente implicitement la liaison entre les deux paramètres du milieu à l'échelle de temps considérée, rassemble les conclusions des études faites en conditions naturelles et contrôlées.

Ce tableau met en relief que la loi d'action d'un facteur déterminé peut revêtir différentes formes :

Le taux d'humidité du sol agit par une loi du type « tout ou rien » et est sans action directe sur la vitesse de levée. Il permet uniquement de définir des gammes de valeurs à l'intérieur desquelles le facteur thermique peut ou non s'exprimer. Un taux d'humidité de 10 p. 100 (correspondant au point de flétrissement permanent) apparaît être, dans les conditions édaphiques de l'essai, une valeur seuil en dessous de laquelle la levée n'est pas possible.

La température du sol, par contre, agit directement sur la vitesse de levée. Entre le seuil thermique (1 °C) et l'opti-

imum thermique (20° à 25 °C), la relation entre vitesse de développement et température est linéaire et croissante (sous réserve de conditions hydriques satisfaisantes). En conditions naturelles, nous n'avons pas observé suffisamment de semis effectués par des températures supérieures à l'optimum thermique (conditions qui se rencontrent rarement sous le climat océanique de la Bretagne occidentale) pour en tirer une conclusion. Aussi, dans ce dernier cas, nous reporterons-nous uniquement aux résultats obtenus en enceinte thermostatée : diminution de la vitesse de développement de 25 à 29 °C, où la levée n'est plus possible. Il est

d'ailleurs vraisemblable que, pour de telles températures du sol, l'humidité soit également limitante.

La connaissance de ces valeurs repères est particulièrement utile pour fixer la date de semis de façon à ce que la levée se réalise dans les meilleures conditions possibles. Cette étude se présente donc comme une contribution à la recherche des sécurités dans la phase d'implantation des cultures fourragères.

Reçu le 19 septembre 1980.

Accepté le 23 janvier 1981.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Berbecel O., Estimescu M.**, 1972. Effect of agrometeorological conditions on maize growth and development. *Meteorol. Hidrol. Bucharest*, **2**, 45-51.
- Blacklow W. M.**, 1974a. Influence of temperature on germination and elongation of the radicle and shoot of corn. *Guelph Proj., Final Rep.*, 280-287.
- Blacklow W. M.**, 1974b. Simulation model to predict germination and emergence of corn in an environment of changing temperature. *Crop Sci.*, **13** (6), 604-608.
- Bloc D., Gouet J. P.**, 1973. Influence des sommes de températures sur la maturité du maïs. *Publication I.T.C.F.-A.G.P.M.*, 13 p.
- Cherouvrier A.**, 1977. *Contribution à la connaissance écophysiological du maïs sous climat atlantique*. Thèse de 3^e cycle, Faculté des sciences, Rennes, 315 p.
- Come D.**, 1975. Rôle de l'eau, de l'oxygène et de la température dans la germination. In « *La germination des semences* ». Gauthier-Villars, 27-44.
- Cramer H.**, 1971. *Mathematical methods of statistics*. Princeton University Press, 575 p.
- Cross H. Z., Zuber M. S.**, 1972. Prediction of flowering dates in maize based on different methods of estimating thermal units. *Agron. J.*, **64** (3), 351-355.
- Durand R.**, 1967. Action de la température et du rayonnement sur la croissance. *Ann. Physiol. vég.*, **9** (1), 5-27.
- Hough M.N.**, 1972. Weather factors affecting the development of maize from sowing to flowering. *J. Agric. Sci. Camb.*, **78**, 235-331.
- Mahou A., Rebischung J.**, 1961. Biologie des graminées. *Bull. Techn. Inform.*, **163**, 889-910.
- Siegel S.**, 1956. *Non parametric statistics for the behavioral sciences*. Mc Graw Hill Book Cy, 72 p.
- Simon J. C.**, 1981. Contribution à l'étude écophysiological du ray-grass d'Italie. I — Etude en conditions contrôlées. *Agronomie*, **1** (5).