

LA RÉGULARITÉ DU RENDEMENT, UN IMPORTANT OBJECTIF GÉNÉRAL DE SÉLECTION *

par

M. JACQUOT

Ingénieur de Recherches (IRAT/Côte d'Ivoire)

Obtenir des rendements élevés et réguliers a toujours été une préoccupation majeure des sélectionneurs et des agriculteurs. A vrai dire, le terme « rendement élevé » a pendant longtemps été plus utilisé par les sélectionneurs que le terme « rendement régulier », lequel désigne un problème dont l'approche n'est pas toujours aisée lorsqu'il est mal défini. Aujourd'hui, les sélectionneurs n'hésitent pas, par contre, à parler de rendement régulier et il y a à cela plusieurs raisons. Une première raison est que, surtout depuis une dizaine d'années, des solutions ont été trouvées pour mesurer la régularité du rendement et maîtriser en partie, statistiquement et génétiquement, les interactions génotypes-environnements. Une deuxième raison est la chute des rendements dans certaines régions d'agriculture intensive, chute due au développement foudroyant de maladies. Une troisième raison est l'augmentation des échanges de matériel végétal à un niveau mondial, échanges qui ont pour résultat une meilleure connaissance de l'adaptabilité de ce matériel, c'est-à-dire une meilleure connaissance des réactions de ce matériel aux variations de l'environnement.

La régularité du rendement étant ainsi à l'ordre du jour dans les préoccupations des sélectionneurs, il est utile de faire le point de ce que l'on connaît sur la question. Nous passerons en revue le vocabulaire très varié relatif aux relations génotypes-environnements. Nous décrirons les diverses mesures de la régularité du rendement qui ont été proposées et ceci nous permettra de définir la régularité du rendement. Enfin nous examinerons différents systèmes permettant d'augmenter la régularité du rendement.

RÉGULARITÉ DU RENDEMENT ET TERMINOLOGIE

La régularité du rendement correspond à un des aspects nombreux et divers des relations génotypes-environnements, lesquelles ont donné lieu à une abondante terminologie [voir RIEGER (1968), WESTERMAN (1970), ALLARD (1964)]; il semble utile de situer notre propos par rapport à cette terminologie.

Celle-ci est à dominante anglo-saxonne, sauf justement le terme régularité que nous employons aujourd'hui et qui correspond en général au terme « stability », et adaptation, qui s'orthographe de la même façon. Il y a aussi certaines équivalences évidentes (adaptabilité, adaptability).

Pour présenter la terminologie utilisée, nous distinguerons trois types de relations génotypes-environnements.

Un premier type de relations génotypes-environnements est celui où une population, face à un nouvel environnement, effectue des ajustements génétiques internes, grâce à une variabilité génétique existante et/ou potentielle (adaptation, genetic flexibility : THODAY, 1953); certaines populations ont une aptitude à équilibrer leur pool génique et à maintenir une composition génétique pour une balance optimum (genetic homeostasis : LERNER, 1950 ; LEWONTIN, 1956).

Ce premier type de relations génotypes-environnements est cité ici pour mémoire. Il a trait à la capacité naturelle de certaines populations ou génotypes d'effectuer lors d'une génération des ajustements pour une meilleure aptitude à survivre et à se reproduire au cours des générations suivantes.

* Communication présentée à la réunion des sélectionneurs de l'IRAT, novembre 1973, Bouaké.

Un deuxième type de relations génotypes-environnements est celui où un génotype est capable de s'accommoder de changements d'environnement, c'est-à-dire de demeurer fonctionnel dans une série d'environnements différents.

On retrouve des termes comparables aux termes cités ci-dessus :

— adaptation, phenotypic ou developmental flexibility (THODAY, 1953), physiological homeostasis (CANNON, 1932).

Mais l'aptitude à s'accommoder de changements de l'environnement peut se concrétiser sous deux formes :

— sans modification du phénotype, phénomène décrit en termes variés : developmental stability (MATHER, 1953), phenotypic stability (LEWIS, 1954), developmental homeostasis (LERNER, 1954 ; DAWSON, 1968), canalisation (WADDINGTON, 1942), autorégulation (SCHMALHAUSEN, 1949) ;

— avec modification du phénotype, phénomène pour lequel on trouve les termes suivants : plasticity (SALISBURY, 1940 ; BRASHAW, 1965), adaptive plasticity (MATHER, 1955), developmental flexibility (LEWINS, 1963), individual adaptability (COOK et JOHNSON, 1968).

Comme dit WESTERMAN (1970), cette abondante terminologie montre au moins l'intérêt porté au problème, mais il y a quelques ambiguïtés ; il propose de donner à ce type de relations génotypes-environnements le nom de developmental regulation, se décomposant en :

- developmental stability lorsqu'il n'y a pas modification du phénotype ;
- developmental flexibility lorsqu'il y a modification du phénotype.

Notons que stability et flexibility sont deux possibilités de régulation ; instability et inflexibility indiquent un manque d'aptitude à la régulation.

Le rendement cultural est pour nous, ici, l'objet même de cette régulation souhaitée. Une régulation des diverses fonctions conduisant chez la plante au rendement permettra une meilleure stabilité, régularité du rendement. Mais cette régularité n'implique pas la constance du phénotype de la plante sous tous ses aspects. Au contraire, par exemple, une période de latence pour la date d'épiaison en cas de sécheresse peut être un mécanisme de régulation par flexibilité.

Remarquons qu'en utilisant le terme régularité au lieu de stabilité pour le rendement, on évite de dire stabilité du rendement obtenue par flexibilité de tel caractère et on conserve ainsi une valeur de clarté à la terminologie proposée par WESTERMAN.

Bien avant WESTERMAN, ALLARD (1964) a désigné d'un autre nom que régulation le type de relations génotypes-environnements dont nous discutons à présent ; il l'a désigné par individual buffering, effet tampon au niveau de l'individu et l'a relié aux aptitudes de certaines structures artificielles, c'est-à-dire créées par le sélectionneur, homozygotes (lignées pures) ou hétérozygotes (hybride simple) mais homogènes.

Un troisième type de relations génotypes-environnements est celui où la régulation ou effet tampon est assurée par la diversité génétique de structures artificielles hétérogènes (multilignées, hybrides doubles, synthétiques...).

Ce type de régulation a été désigné par ALLARD (1964) par le terme populational buffering = effet tampon au niveau de la population.

La classification d'ALLARD selon individual buffering et populational buffering nous sera très utile dans l'analyse des systèmes favorisant la régularité du rendement. Nous y reviendrons plus loin. En attendant, il nous faut préciser davantage ce que l'on entend par régularité du rendement, ce qui sera possible en étudiant les diverses mesures de la régularité du rendement qui ont été proposées.

MESURE DE LA REGULARITE DU RENDEMENT

Les variations du rendement, ainsi d'ailleurs que d'autres caractères, liées aux variations de l'environnement, ont depuis longtemps posé de sérieux problèmes aux sélectionneurs. COMSTOCK et MOLL (1963) ont montré l'effet négatif des interactions génotypes-environnements dans les progrès en sélection. SPRAGUE (1966) résume ainsi le problème : « Les interactions génotypes-environnements constituent un facteur limitant d'importance dans l'estimation des composantes de la variance et dans l'efficacité des programmes de sélection ; malheureusement nous savons peu de choses sur les facteurs

du milieu qui contribuent à de telles interactions ; même si une telle information était disponible, la possibilité de réduire réellement de telles interactions dans les conditions de tests au champ apparaît assez problématique. »

Un tel pessimisme est moins justifié actuellement. En effet, des méthodes d'analyse ont été trouvées permettant d'utiliser à bon escient les données d'interaction génotypes-environnements. Dans cette démarche, il ne s'agit pas tant de réduire celles-ci que de les maîtriser pour un meilleur contrôle des sélections ou des expérimentations.

A) ANALYSE DE L'ECART-TYPE

Nous citerons pour mémoire l'analyse simple de l'écart-type, ou d'un paramètre voisin, des variations enregistrées du caractère étudié dans divers environnements. Cette méthode, du fait de sa simplicité, est encore parfois utilisée (ALLARD, 1961 ; PFAHLER, 1965 ; GOUD et col., 1969).

B) ANALYSE DES INTERACTIONS $G \times E$

Une méthode d'analyse qui a prévalu longtemps, pour des essais répétés dans le temps et dans l'espace, est la décomposition de la variance en :

		<i>degrés de liberté</i>
effets principaux :	génotypes G	g-1
	localités L	l-1
	années A	a-1
interactions :	$G \times L$	(g-1) (l-1)
	$G \times A$	(g-1) (a-1)
	$G \times L \times A$	(g-1) (l-1) (a-1)

Des interactions génotypes-environnements existent lorsque les performances relatives des divers génotypes varient selon les environnements.

La décomposition de la variance comme ci-dessus a été utilisée et est encore utilisée par de nombreux auteurs pour détecter les interactions génotypes-environnements et connaître l'importance relative des diverses sources d'interactions.

COMSTOCK et MOLL (1963) ont discuté de l'intérêt de cette méthode d'analyse. BAKER (1968) l'utilise dans des tests régionaux au Canada. ABOU-EL-FITOUH et col. (1969) déterminent pour le Cotton Belt des sous-régions homogènes, c'est-à-dire des sous-régions où l'interaction génotypes \times localités est très petite, et révisent alors la carte de distribution des variétés dans le Cotton Belt. SCHUTZ et BERNARD (1967), à partir de résultats d'un test régional de variétés de soja aux Etats-Unis, déduisent le nombre optimum de répétitions, localités et années qui conviennent à ce type d'essai pour la mise en évidence de différences significatives entre variétés.

Afin de déterminer les génotypes qui contribuent le moins aux interactions, c'est-à-dire les génotypes dont le rendement est le plus régulier, PLAISTED et PETERSON (1959, 1960) proposent deux méthodes. « L'une consiste à étudier les génotypes par paires, afin d'évaluer la composante d'interaction dans chacune des combinaisons possibles de paires ; la moyenne de ces estimations permet de déterminer la régularité relative du rendement de chaque génotype. L'autre méthode consiste à omettre successivement l'une des variétés dans l'analyse combinée pour calculer la composante d'interaction chez les génotypes restants ; plus la composante évaluée est grande, plus la régularité du rendement du génotype omis est grande. » Extrait de CAMACHO (1968), qui a utilisé la deuxième méthode sur haricot.

C) TECHNIQUE DE LA REGRESSION

Bien que ces méthodes d'analyse des interactions soient fort utiles, le progrès le plus considérable pour l'étude des relations génotypes-environnements a été obtenu par l'utilisation de la technique de la régression.

Reprenant une idée de YATES et COCHRAN (1938), FINLAY et WILKINSON (1963) caractérisent chaque environnement par le rendement moyen de tous les génotypes testés dans cet environnement et calculent pour chaque génotype la régression du rendement individuel sur ce rendement moyen de tous les génotypes dans chaque environnement.

Les auteurs constatent, dans leur expérience sur 277 variétés d'orge, que ces régressions sont linéaires (ici, après transformation logarithmique des données) et que les différences entre les coefficients de régression des variétés expliquent la majeure partie des interactions variétés-environnements.

Ils donnent en exemple quelques variétés, que nous désignerons par V_1, V_2, V_3, V_4 .

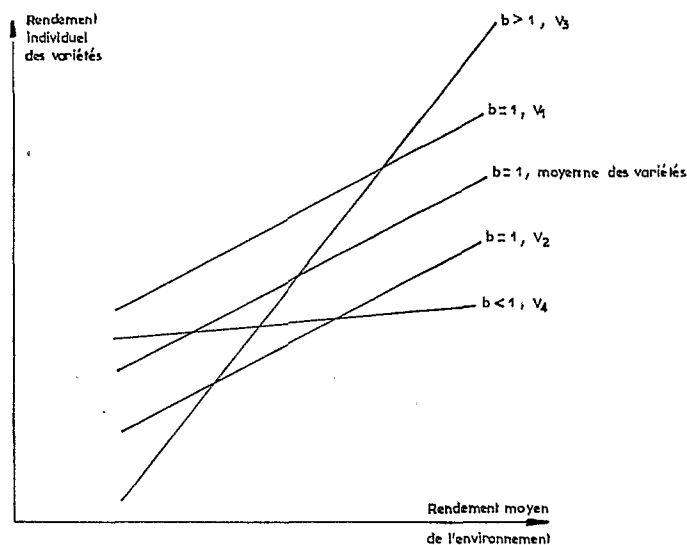


Fig. 1. — D'après FINLAY et WILKINSON exemples de droites de régression traduisant la relation entre les rendements individuels de diverses variétés et le rendement moyen de l'ensemble des variétés dans les tests.

Selon la terminologie des auteurs, on a :

- V_1 : $b = 1$, stabilité moyenne, adaptabilité générale ;
- V_2 : $b = 1$, stabilité moyenne, pauvrement adaptée à tous les environnements ;
- V_3 : $b > 1$, stabilité < moyenne, spécifiquement adaptée aux environnements favorables ;
- V_4 : $b < 1$, stabilité > moyenne, spécifiquement adaptée aux environnements défavorables.

REMARQUE : dans ce chapitre, nous traduirons les termes anglo-saxons stable, stability, adaptability, adapted... par stable, stabilité, adaptabilité, adapté... Nous reprendrons en fin de chapitre seulement et dans la suite notre propre terminologie (régularité...).

FINLAY et WILKINSON caractérisent donc une variété par son rendement moyen et son coefficient de régression et donnent la représentation graphique suivante :

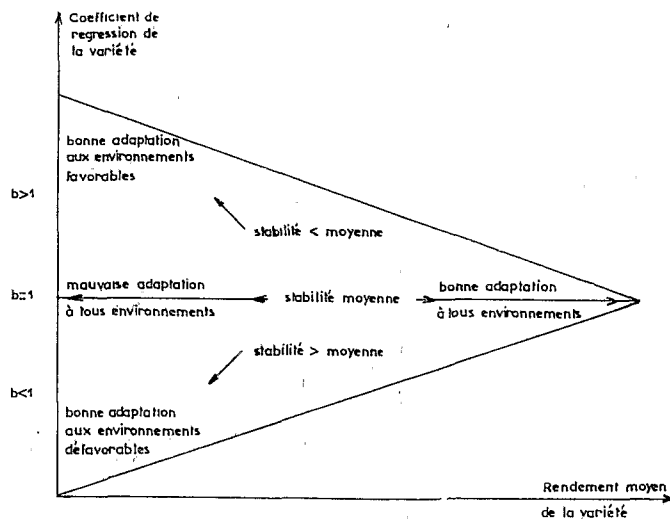


Fig. 2. — D'après FINLAY et WILKINSON, une interprétation des diverses situations possibles pour une variété selon son coefficient de régression et son rendement moyen.

Parmi les auteurs qui ont utilisé la méthode d'analyse de FINLAY et WILKINSON, nous pouvons citer ROWE et ANDREW (1964), ATWAL et SINGH (1966), CAMACHO (1968), JOHNSON (1968).

Deux autres auteurs, EBERHART et RUSSEL (1966), ont fourni une importante contribution à la définition de la stabilité du rendement. Une même droite de régression peut en effet être tracée à partir d'un nuage plus ou moins large de points. Au coefficient de régression b , ils ajoutent la somme des carrés des écarts par rapport à la droite de régression, Sd^2 , pour caractériser une variété ; b et Sd^2 sont, pour ces deux auteurs, les deux paramètres de la stabilité d'une variété.

D'autre part, les auteurs caractérisent l'environnement E_j par un index I_j déduit de la moyenne M_j de toutes les variétés testées dans l'environnement E_j et de la moyenne générale M par la formule $I_j = M_j - M$. Il s'agit donc en fait, par rapport à la mesure de l'environnement chez FINLAY et WILKINSON, d'un changement d'origine.

Le modèle mathématique est $I_{ij} = \mu_i + \beta_i \times I_j + \delta_{ij}$

où I_{ij} = moyenne de la variété i dans l'environnement j ; μ_i = moyenne de la variété i dans tous les environnements ; β_i = coefficient de régression mesurant la réponse de la variété i aux variations de l'environnement ; I_j = index de l'environnement E_j ; δ_{ij} = déviation par rapport à la régression de la variété i dans E_j .

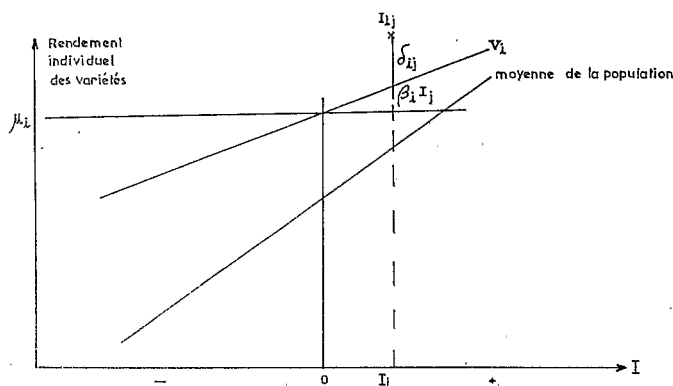


Fig. 3. — Représentation des paramètres du modèle mathématique d'EBERHART et RUSSEL : $I_{ij} = \mu_i + \beta_i I_j + \delta_{ij}$.

Compte tenu que plus le coefficient de régression tend vers 0, plus le rendement moyen est faible, EBERHART et RUSSEL estiment que l'on peut fixer à 1 la valeur du coefficient de régression pour une variété dite stable.

Une variété est alors dite stable au sens EBERHART-RUSSEL si à la fois :

- b est voisin de 1,
- Sd^2 est voisin de 0.

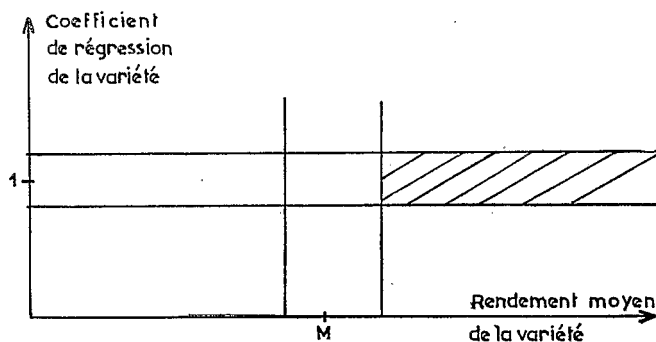


Fig. 4. — D'après EBERHART et RUSSEL, les variétés stables sont celles qui à la fois présentent une Sd^2 faible et sont situées dans la partie hachurée.

Les variétés stables sont celles ayant une faible Sd^2 et qui sont représentées dans la partie hachurée. Celle-ci correspond à la pointe du triangle dans la représentation donnée par FINLAY et WILKINSON avec les mêmes coordonnées.

Pour EBERHART et RUSSEL, Sd^2 correspond à des déviations inexplicables, par rapport aux variations liées à la régression linéaire.

En réalité, certains écarts par rapport à la droite de régression peuvent s'expliquer. EBERHART et RUSSEL (1969) expliquent eux-mêmes une valeur élevée de Sd^2 chez certains hybrides de maïs par une sensibilité très forte de ceux-ci aux conditions de sécheresse + température élevée. BAKER (1969) explique la valeur élevée de Sd^2 chez deux variétés de blé par une sensibilité très forte montrée par celles-ci à des rouilles dans certains essais.

La décomposition de la variance utilisée par EBERHART, RUSSEL, BAKER et de nombreux autres auteurs est la suivante :

	<i>degrés de liberté</i>
Entre génotypes G	g-1
Entre environnements E	s-1
Interaction $G \times E$	(g-1) (s-1)
Hétérogénéité des régressions	g-1
Déviations à partir des régressions	(g-1) (s-2)

On peut calculer la signification de chaque composante par rapport à l'erreur ; si la composante hétérogénéité des régressions est significative, cela signifie qu'il y a des coefficients de régression significativement différents de 1.

Cette décomposition pour l'ensemble des génotypes peut être suivie d'une décomposition pour chacun des génotypes en sommant environnements et interaction génotypes-environnements. On a alors la décomposition suivante :

	<i>degrés de liberté</i>
Entre génotypes	g-1
$E + G \times E$	g (s-1)
$G_1 \times E$	s-1
régression	1
déviations/régression	s-2
...	
$G_i \times E$	
régression	1
déviations/régression	s-2
...	
$G_g \times E$	
régression	1
déviations/régression	s-2

On calcule la signification de chaque composante dans $G_i \times E$ par rapport à l'erreur ; on peut aussi calculer la signification de la composante régression par rapport à la composante déviations.

Plusieurs cas sont possibles pour un génotype G_i donné (PERKINS et JINKS, 1968) :

— pas d'interaction $G_i \times E$: la réaction de G_i aux variations de E ne diffère pas significativement de celle de la moyenne des génotypes dans l'essai ;

— il y a interaction $G_i \times E$:

 il n'y a pas de relation linéaire entre cette interaction et les valeurs de E ; seules les déviations sont significatives ;

 il y a une relation linéaire et celle-ci explique toute l'interaction $G_i \times E$; les déviations ne sont pas significatives ;

 il y a une relation linéaire mais celle-ci n'explique pas toute l'interaction $G_i \times E$. Les déviations sont elles aussi significatives ; on peut alors avoir encore deux cas : la régression est encore significative ou ne l'est plus, lorsqu'elle est testée par rapport aux déviations.

Parmi les auteurs qui ont utilisé cette méthode d'analyse, nous pouvons citer : EBERHART et RUSSEL (1966), RUSSEL et EBERHART (1968) dans la comparaison de maïs à un ou deux épis, EBERHART et RUSSEL (1969) dans des croisements diallèles, BAKER (1969) pour les essais régionaux de blé, REICH (1970) pour des multilignées de sorgho, JOPPA et col. (1971) pour des essais régionaux de blé, ABBINGTON (1972) dans la discussion d'un programme d'amélioration du maïs, NGOC QUOI et WEIL (1973) pour des essais multilocaux de maïs en Côte-d'Ivoire.

La régression du rendement individuel des variétés sur le rendement moyen de ces variétés dans chaque environnement n'est en fait pas valide. Cette source d'erreurs possibles dans l'interprétation a été successivement considérée comme regrettable mais inévitable (EBERHART et RUSSEL, 1966), dénoncée par FREEMAN et PERKINS (1971) qui ont proposé d'utiliser des valeurs d'environnement indépendantes des données analysées, reconnue comme négligeable par FRIPP (1972) qui conseille toutefois, lorsque c'est possible, d'utiliser des valeurs indépendantes pour l'environnement.

Cet auteur propose quatre méthodes pour ce faire :

- une partie des répétitions sert à mesurer l'environnement, l'autre partie fournit les valeurs des génotypes pour l'analyse des interactions ;
- certaines génotypes fortement apparentés sont inclus dans l'essai et donneront la mesure de l'environnement ;
- un ou plusieurs génotypes témoins sont inclus dans l'essai pour la même raison ;
- des mesures physiques de l'environnement sont utilisées.

Pour des études en conditions contrôlées (laboratoires, serres), il est souvent possible d'utiliser des mesures physiques de l'environnement. Une décomposition de variance adaptée a été proposée par FREEMAN et PERKINS (1971) et discutée par FRIPP (1971). La régression multiple de la performance sur des variables d'environnement a été utilisée par PERKINS (1972) et HARDWICK (1972 a, 1972 b). Signalons en passant que HARDWICK cite MANDEL (1961 à 1963) et signale que cet auteur a mis au point en technologie la technique d'utilisation de la régression, de la même façon que les agrobiologistes dans leur domaine, sans qu'apparemment ceux-ci en aient eu connaissance.

Avec les essais au champ, il est par contre certain que l'on ne disposera pas dans un proche avenir de mesures physiques pour caractériser l'environnement, du moins dans le cas général. Les dispositifs peuvent alors prendre en considération les trois premières méthodes proposées par FRIPP.

Nous avons donné ci-dessus une liste d'auteurs qui ont utilisé la technique de régression en suivant la voie ouverte par YATES-COCHRAN, FINLAY-WILKINSON, EBERHART-RUSSEL, c'est-à-dire en effectuant une analyse purement statistique. Certains chercheurs de l'Université de Birmingham ont suivi une approche parallèle basée sur le modèle génétique général suivant (FRIPP, 1971) :

$$Y_{ij} = \mu + d_i + \varepsilon_j + g_{ij}$$

où Y_{ij} = phénotype moyen du génotype i dans l'environnement j ; μ = moyenne de tous les génotypes dans tous les environnements; d_i = contribution génétique du génotype i ; ε_j = composante additive d'environnement de l'environnement j ; g_{ij} = interaction génotype-environnement du génotype i dans l'environnement j .

Ce modèle, établi par MATHER et JONES (1958), a été utilisé pour connaître le degré et la façon dont est héritée la réponse des génotypes aux environnements. BUCIO ALANIS (1966 a, 1966 b), PERKINS et JINKS (1968 a, 1968 b), BUCIO ALANIS et col. (1969), PERKINS (1970), JINKS et PERKINS (1970), PERKINS et JINKS (1971 a, 1971 b) ont utilisé successivement ce modèle avec deux lignées pures, leur F1, plusieurs lignées et leurs F1, des générations avancées, des croisements diallèles. Ils ont montré que, du fait de la relation linéaire et du contrôle génétique de cette relation, on peut traiter l'aptitude d'un génotype à l'interaction $G \times E$ comme un caractère quantitatif soumis à des lois génétiques (additivité, dominance, épistasie) et transmissible comme tel. Dans le même domaine, des contributions ont été apportées par des chercheurs de Welsh Plant Breeding Station, à Aberystwyth : BREESE (1969), SAMUEL et col. (1970), PARODA et HAYES (1971).

Après avoir examiné les méthodes d'analyse des relations génotypes-environnements, et à la lumière des études relatées ici, il apparaît utile de considérer à nouveau la définition de « rendement régulier ».

Nous pouvons retenir comme paramètres de la régularité du rendement le coefficient de régression b et les déviations Sd^2 par rapport à la régression.

S'il n'y a pas de difficulté à fixer pour Sd^2 la valeur 0 comme optimum pour un rendement régulier, il ne saurait par contre être question de fixer une valeur unique optimum de b .

Si les environnements défavorables sont fréquents, il est probable que les agriculteurs préféreront une variété ayant un coefficient b faible. Un exemple est donné par JOHNSON et col. (1968) sur le choix par les agriculteurs de certaines variétés de blé : préférence donnée à PAWNEE ($b = 0,97$) par rapport à COMANCHE ($b = 1,04$).

D'autre part, il convient de préciser ce que l'on entend par « environnement défavorable ». PERKINS et JINKS (1971 a) notent que le degré d'interaction désirable peut être différent selon les variables de l'environnement ; pour des variables incontrôlables telles que des différences saisonnières, le degré d'interaction devrait être le plus faible possible pour obtenir une régularité optimum de performance d'une saison à l'autre ; pour des variables contrôlables comme le niveau de fertilisation, un degré d'interaction maximum est par contre souhaitable pour une réponse maximum à la fertilisation.

La valeur souhaitable pour le coefficient de régression b de variétés est donc une fonction du milieu (physique, technique, social) dans lequel les variétés doivent être diffusées.

A partir de ce milieu, de cette situation, une amélioration restera possible, soit par le biais de la sélection de variétés à fortes aptitudes combinées pour le rendement potentiel et la régularité du rendement, soit par le biais des aménagements cultureux. Nous allons essayer de passer en revue les systèmes favorisant la régularité du rendement.

SYSTEMES FAVORISANT LA REGULARITE DU RENDEMENT

Le terme « systèmes » englobe les diverses possibilités d'intervention pour augmenter la régularité du rendement.

A) SYSTEMES LIES AU MILIEU DE CULTURE

Une plus grande régularité du rendement peut être obtenue par une amélioration des techniques de culture, par une exploitation rationnelle du potentiel de production du milieu de culture, par une délimitation de la zone de culture. Nous examinerons ces trois solutions.

Les techniques de culture qui seront considérées ici peuvent être classées en deux catégories selon qu'une éventuelle mauvaise réalisation de ces techniques est ou non à prendre en considération dans la sélection des variétés.

Dans une catégorie, nous pouvons citer à titre d'exemple et pour fixer les idées : le désherbage, la fertilisation d'entretien, les semis à époque normale... Le sélectionneur ne peut être tenu pour responsable de chutes de rendement dues au non-respect de telles techniques. Les techniques de culture entrant dans cette catégorie sont fonction de l'époque, de la région considérée et du type de culture ; les exemples cités ci-dessus apparaissent valables à l'époque pour la majorité des cultures céréalières en Afrique de l'Ouest. Les caractéristiques variétales qui permettent une régularité de rendement malgré des défaillances dans ces techniques peuvent être appelées caractéristiques de rusticité.

Dans l'autre catégorie, nous pouvons citer également à titre d'exemple : travail du sol (effet sur la conservation de l'eau, sur l'enracinement), mode de semis, brise-vent, aménagements pour l'irrigation, traitements phytosanitaires... Une meilleure régularité du rendement peut être obtenue si de telles techniques sont bien appliquées. Toutefois, dans de nombreux cas, pour de valables raisons économiques ou autres, ces techniques ne sont pas assurées et il convient que le sélectionneur prenne d'éventuelles défaillances en considération, sous peine de s'adresser à un milieu idéal trop restreint.

La connaissance du potentiel de production du milieu de culture peut permettre elle aussi d'obtenir une meilleure régularité du rendement. Le facteur limitant le plus répandu est la mauvaise alimentation hydrique. Connaissant le potentiel de production d'une région, il est possible de limiter les risques de chute du rendement par le choix d'une variété appropriée (valeur du coefficient de régression b) et d'une fumure adéquate. Il y a une tendance trop répandue chez les sélectionneurs à rechercher un haut potentiel de rendement sans s'inquiéter de sa régularité en exploitation, comme il y a une tendance trop répandue chez les sociétés de développement à vouloir des variétés à haut potentiel de rendement sans tenir compte des capacités de production des exploitations.

Enfin, la régularité du rendement peut être améliorée en délimitant au mieux la zone de diffusion, c'est-à-dire en recherchant un milieu de culture homogène pour chaque variété : localisation géographique (par exemple telle zone d'altitude) ou type de culture (par exemple culture avec irrigation d'appoint). Ce système est très important mais il convient d'en connaître les limites ; celles-ci sont de quatre ordres.

— Une première limite tient aux variations saisonnières. En resserrant la zone de diffusion, on peut réduire la variation de facteurs incontrôlables du rendement comme la durée du jour, la nature du sol (texture, toxicité...), la pluviosité moyenne, l'insolation moyenne, la température moyenne..., mais à l'intérieur de la zone de diffusion, il restera la variation dans le temps de certains de ces facteurs : la pluviosité, l'insolation, la température... Il y a donc une limite à l'homogénéisation. Nous connaissons tous l'importance des variations climatiques saisonnières sur le rendement des cultures.

— Une deuxième limite tient aux variations des pathogènes et parasites. Même dans le cas d'un milieu physique très homogène et de variétés spécifiquement adaptées à ce milieu, le rendement peut ne pas être homogène, surtout en culture intensive où l'hôte peut facilement offrir aux pathogènes et aux parasites un milieu particulièrement propice à leur développement. La parade est dans les mécanismes de résistance horizontale ou dans la diversité génétique du matériel diffusé.

— Une troisième limite tient au coût de fabrication et de diffusion des variétés. Il est certain que ce coût est en raison inverse du nombre des variétés. On peut d'ailleurs noter le succès remporté en dehors de leur zone d'origine par des matériels génétiques à large adaptabilité (wide adaptability) : maïs dent des Etats-Unis, maïs de Centre Amérique, blés mexicains, riz de Formose et des Philippines... Ce succès tient à la fois à la possibilité d'exploiter directement ce matériel et à la possibilité d'utiliser ce matériel en sélection.

— Une quatrième limite à la réduction de la zone de diffusion tient, indirectement, aux méthodes de tests en sélection. Afin de tester son matériel pour des caractéristiques fortement influencées par les variations saisonnières, en particulier le rendement, le sélectionneur a deux solutions s'il veut obtenir des résultats à la fois valables et rapides : soit simuler dans la localité, au cours d'une ou de quelques années, les conditions qui peuvent être rencontrées au cours des saisons dans la localité, soit utiliser un échantillon de localités fournissant une représentativité de ces conditions. Il est certain que le sélectionneur sera souvent amené à choisir la deuxième solution et à faire d'une pierre deux coups, c'est-à-dire sélectionner pour une large adaptabilité. On peut alors dire que l'adaptabilité sera une garantie de la régularité du rendement dans un site.

En définitive, une limitation de la zone de diffusion peut avantageusement être faite en tenant compte du type de milieu de culture (environnements de type « défavorable », environnements de type « favorable ») mais géographiquement la découpe en sous-régions doit être faite au minimum.

B) SYSTEMES LIES AUX GENOTYPES

Certains génotypes montrent une plus grande régularité de rendement que d'autres dans une série d'environnements. Ceci peut être le résultat de qualités agronomiques (cycle adapté aux saisons de culture, résistance à la verse, à la submersion pour le riz inondé...), de tolérances (aux maladies, aux insectes...), ce peut être aussi le résultat d'une foule de mécanismes de nature généralement inconnue (tolérance aux températures extrêmes, aux périodes de sécheresse, aptitude à donner un tallage uniforme à l'unité de surface, aptitude à la compensation entre les composantes du rendement...).

Si on connaît mal la nature de ces mécanismes, par contre leurs effets ont été souvent observés et reliés aux structures génétiques des variétés. Nous pouvons examiner les systèmes de régulation distingués par ALLARD (1964) : individual buffering et populational buffering.

Individual buffering = effet tampon au niveau de l'individu ; c'est la tendance de génotypes, homozygotes ou hétérozygotes, à donner dans des structures homogènes (lignées pures ou hybrides simples) des rendements réguliers.

Cette propriété a été très fréquemment associée à l'hétérozygotie : travaux d'ADAMS et SHANK (1959), SHANK et ADAMS (1960), ROWE et ANDREW (1963) sur maïs ; travaux de CLAUSEN et HIESEY (1958) sur *Potentilla glandulosa*, de HIESEY (1963) sur *Mimulus*, de GRIFFING et LANDGRIDGE (1963) sur *Arabidopsis thaliana* montrant que les F1 sont plus thermostables que les lignées parentales ; travaux de PALMER (1952) sur blé, d'ALLARD et WORKMANN (1963) sur *Lima beans*.

La règle n'est pas générale ; en particulier, chez les plantes autogames ou fortement autogames, à fréquence élevée d'homozygotie, la régularité de rendement des F1 a pu, dans certains cas, être observée voisine de celle des lignées parentales : travaux de JINKS et MATHER (1955), PAXMAN (1956), SMITH et DALY (1959) sur *Nicotiana rustica*, WILLIAMS (1960) sur tomate, QUISENBERRY et KOHEL (1971) sur coton, CABANGBANG (1972) sur sorgho.

Parmi les lignées pures de maïs et parmi les lignées pures de plantes autogames, de grandes différences ont pu être observées pour la régularité du rendement. Dans la sélection pour la régularité du rendement chez une espèce, il y a donc lieu d'inventorier les possibilités offertes par la variabilité

génétique d'une part et par les structures génétiques d'autre part. Nous pouvons citer trois exemples : utilisation de la prolificité chez le maïs par EBERHART et RUSSEL (1968) ; sélection de lignées d'avoine à rendements élevés et stables par PFAHLER (1972), études du riz hybride pour la culture pluviale par SWAMINATHAN et col. (1972).

Populational buffering = effet tampon au niveau de la population. C'est la tendance d'un groupe génotypes différents, réunis dans des structures qui sont donc hétérogènes, à donner des rendements réguliers.

La régularité de rendement observée dans certains cultivars (hybrides doubles, générations avancées en bulks, multilignées ou multihybrides) a été attribuée à la diversité génétique.

SPRAGUE et FEDERER (1951) et JONES (1958) ont montré que les hybrides doubles de maïs donnent des rendements plus réguliers que les hybrides simples ; EBERHART et col. (1964) ont conclu de même pour les hybrides trois voies par rapport aux hybrides simples. Sans contredire ces résultats, EBERHART et RUSSEL (1969 a) notent toutefois que l'on peut sélectionner des hybrides simples de maïs ayant une très bonne régularité de rendement.

ALLARD (1961), ALLARD et JAIN (1962), ROWE et ANDREW (1964) ont trouvé une plus grande régularité du rendement dans des bulks d'hybrides en F7 environ que dans les lignées parentales ou les F1.

JENSEN (1952) et BORLAUG et GIBBER (1953) ont montré l'intérêt des multilignées ou des multihybrides (mélanges mécaniques de lignées pures ou d'hybrides simples) à la fois pour une meilleure régularité du rendement, en particulier par une protection contre les maladies, et pour une plus large adaptabilité. Ces résultats ont été confirmés par SUNESON (1956), ALLARD (1961), SIMMONDS (1962), JENSEN (1965), ROSS (1965), PFAHLER (1965), RASMUSSEN (1968), REICH et ATKINS (1970), QUALSET et GRANGER (1970). Dans tous ces travaux, il n'y a pas eu de test pour l'aptitude au mélange ou aptitude à la coopération, c'est-à-dire que les mélanges ont été plus ou moins faits au hasard.

L'utilisation des structures génétiquement hétérogènes doit évidemment tenir compte de la nécessité, dans de nombreux cas, d'obtenir un produit culturel et commercial d'aspect homogène.

Le système d'effet tampon au niveau du cultivar peut être élargi au niveau des cultures dans l'exploitation ou même dans la région. La culture de plusieurs variétés et la culture associée de plusieurs espèces peuvent correspondre à la recherche d'un rendement au niveau de l'exploitation par une utilisation raisonnée des cultivars. La rotation, au niveau de la région, de cultivars différant dans leurs gènes de résistance verticale aux maladies peut être aussi considérée comme une utilisation de la diversité génétique pour une meilleure régularité du rendement.

Pour conclure, nous citerons quelques applications pratiques en matière d'expérimentation variétale.

Pour une meilleure efficacité et une meilleure rentabilité des programmes de sélection où la régularité du rendement est un des objectifs, il convient d'étendre géographiquement le plus possible la zone d'expérimentation. Il y a bien sûr une limite à cette attitude, imposée par de grandes différences dans la longueur du jour, la température moyenne, l'altitude...

Les résultats d'expérimentation obtenus dans les environnements défavorables ou peu favorables ont une valeur importante pour connaître la réponse dynamique des matériels génétiques testés aux variations de l'environnement.

Les programmes de sélection doivent, dans la mesure du possible, préciser les conditions d'environnement que les cultivars sont susceptibles de rencontrer une fois diffusés. Lors des phases de sélection et d'essais, le sélectionneur doit alors imposer à son matériel une gamme suffisamment représentative de ces conditions d'environnements.

Les qualificatifs d'aléatoire, de providentiel ont fréquemment été donnés au rendement culturel. Toutefois, grâce aux méthodes de travail dont nous disposons maintenant, une plus grande régularité du rendement peut être obtenue. Alors, le rendement restera encore providentiel mais sera moins aléatoire.

BIBLIOGRAPHIE

- ABINGTON (J.B.), 1972. Genotype-environment interactions and their application in a maize breeding programme.
Expl. Agric., 1972, 8, pp. 283-7.
- ABOU-EL-FITTOUH (H.A.) et alii, 1969. Genotype by Environment Interaction in Cotton their nature and related environmental variables.
Crop Sci., 1969, 9, pp. 377-81.

- ADAMS (M.W.) and SHANK (D.B.), 1969. The relationship of heterozygosity to homeostasis in maize hybrids. *Genetics*, 1969, 44, pp. 777-86.
- ALLARD (R.W.), 1961. Relationship between genetic diversity and consistency of performance in different environments. *Crop Sci.*, 1961, 1, pp. 127-33.
- and JAIN (S.K.), 1962. Population studies in predominantly self-pollinated species. II. Analysis of quantitative genetic changes in a bulk-hybrid population of barley. *Evolution*, 1962, 16, pp. 90-101.
- and WORKMAN (P.L.), 1963. Population studies in predominantly self-pollinated species. IV. Seasonal fluctuation in estimated values of genetic parameters in lima bean populations. *Evolution*, 1963, 17, pp. 470-80.
- and BRADSHAW (A.D.), 1964. Implications of Genotype-Environmental Interactions in Applied Plant Breeding. *Crop Sci.*, 1964, 4, 5, pp. 503-8.
- ATHWAL (D.S.), SINGH (G.), 1966. Variability in Kangni (*Setaria italia*). 1) Adaptation and genotypic and phenotypic variability in four environments. 2) G × E interaction, heritability and genetic advance. *Ind. J. of Gen. and Pl. Br.*, 1966, 26, pp. 142-52 et 153-61.
- BAKER (R.J.), 1968. Genotype-environment interaction variances in Cereal yield in western Canada. *Canadian J. of Pl. Sc.*, 1968, 48, pp. 293-98.
- 1969. Genotype-environment interactions in yield of wheat. *Canadian J. of Pl. Sc.*, 1969, 49, pp. 743-51.
- BORLAUG (N.E.) and GIBBER (J.W.), 1953. The use of flexible composite wheat varieties to control the constantly changing stem rust pathogen. *Agron. Abstr.*, 1953.
- BRADSHAW (A.D.), 1965. Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. *Advance Genet.*, 1965, 13, pp. 115-55.
- BRESE (E.L.), 1969. The measurement and significance of genotype-environment interactions in grasses. *Heredity*, 1969, 24, pp. 27-44.
- BUCIO ALANIS (L.), 1966. Environmental and genotype-environmental components of variability. I. Inbred lines. *Heredity*, 1966, 21, 3, pp. 387-97.
- and HILL (J.), 1966. Environmental components of variability. II. Heterozygotes. *Heredity*, 1966, 21, pp. 399-405.
- *et alii.*, 1969. Environmental and genotype-environmental components of variability. V. Segregating generations. *Heredity*, 1969, 24, pp. 115-27.
- CABANGBANG (R.P.), GOMEZ (A.A.), 1972. Phenotypic stability of yield in grain sorghum populations. *SABRAO Newsletter*, 1972, 2, pp. 95-102.
- CAMACHO (L.H.), 1968. Stabilité et adaptabilité de lignées homozygotes de haricot, leur utilisation dans la sélection en vue du rendement. *Agronomia tropical*, XVIII, 2, 1968.
- CLAUSEN (J.), HIESEY (W.M.), 1958. Phenotypic expression of genotypes in contrasting environments. *Rep. of. Scottish Pl. Breed. Stn.*, 1958, pp. 41-51.
- COMSTOCK (R.E.), MOLL (R.H.), 1963. Genotype-environment interactions. *Symp. on Statist. Gen. and Pl. Br., NAS-NRC 982*, 1963, pp. 164-96.
- COOK (S.A.), JOHNSON (M.P.), 1968. Adaptation to heterogenous environments. I. Variation in heterophylly in *Ranunculus flammula*. *Evolution*, 1968, 22, pp. 496-516.
- DAWSON (P.S.), 1968. Developmental and genetic homeostasis in two species of flour beetle. *Evolution*, 1968, 22, pp. 217-27.
- EBERHART (S.A.) et RUSSEL (W.A.), 1966. Stability Parameters for Comparing Varieties. *Crop Sc.*, 1966, 6, pp. 36-40.
- — 1969. Yield and Stability for a 10-Line Diallel of Single-Cross and Double-Cross maize Hybrids. *Crop Sc.* 1969, 9, pp. 357-61.

- FINLAY (K.W.) and WILKINSON (G.N.), 1963. The analysis of adaptation in a plant breeding programme.
Austr. J. Agric. Res., 1963, 14, pp. 742-54.
- FREEMAN (G.H.), PERKINS (J.M.), 1971. Environmental and genotype-environmental components of variability. VIII. Relations between genotypes grown in different environments and measures of these environments.
Heredity, 1971, 27, 1, pp. 15-23.
- FRIPP (Y.J.), CATEN (C.E.), 1971. Genotype-environmental interactions in *Schizophyllum commune*. I. Analysis and character.
Heredity, 1971, vol. 27, n° 3, pp. 393-407.
- 1972. Genotype-environmental interactions in *Schizophyllum commune*. II. Assessing the environment.
Heredity, 1972, vol. 28, n° 2, pp. 223-38.
- GOUD (J.V.) *et alii*, 1969. Recent trends in rice breeding in Mysore State. III. Adaptation and geno- and phenotypic variability in three environments. —
Zeitschrift für Pflanzenzüchtung J. of Pl. Br., 1969, 62, pp. 131-7.
- GRIFFING (B.) and LANGRIDGE (J.), 1963. Phenotypic stability of growth in the self-fertilized species, *Arabidopsis thaliana*.
Statistical Genetics il Pl. Breeding Nat. Acad. Sc. Nat. Res. Council Publ. 982, 1963, pp. 368-94.
- HARDWICK (R.C.), 1972. Method of investigations genotype-environment and other two factor interactions.
Nature New Biology, 236, 12, 1972, pp. 191-2.
- WOOD (J.T.), 1972. Regression methods for studying genotype-environment interactions.
Heredity, 1972, 2, pp. 209-22.
- HIESEY (W.M.), 1963. The genetic-physiologic structure of species complexes in relation to environment.
Proc. 11th Int. Cong. Genet. Pergamon Press, Oxford, 1963.
- JENSEN (N.F.), 1952. Intravarietal diversification in oat breeding.
Agron. J., 1952, 44, pp. 30-4.
- 1965. Multiline Superiority in Cereals.
Crop Sc., 1965, 5, pp. 566-8.
- JINKS (J.L.) and MATHER (K.), 1955. Stability in development of heterozygotes and homozygotes.
Proc. Soc. B., 1955, vol. 143, pp. 561-78.
- and PERKINS (J.M.), 1970. Environmental and genotype-environmental components of variability. VII. Simultaneous prediction across environments and generations.
Heredity, 1970, 25, 3, pp. 475-80.
- JOHNSON (V.A.) *et alii*, 1968. Regression analysis of general adaptation in hart red winter wheat.
Crop Sc., 1968, March-April, pp. 187-91.
- JONES (D.F.), 1958. Heterosis and homeostasis in evaluation and in applied genetics.
Am. Nat., 1958, 92, pp. 321-28.
- JOPPA (L.R.) *et alii*, 1971. Yield stability of selected spring wheat cultivars (*Triticum aestivum* L. em thell) in the Uniform Regional Nurseries, 1959 to 1968.
Crop Sc. (Madison), 1971, n° 2, pp. 238-41.
- LERNER (I.M.), 1954. Genetic homeostasis.
John Wiley and Sons, New York, 1954.
- LEVINS (R.), 1963. Theory of fitness in a heterogenous environment. II. Developmental flexibility and niche selection.
Am. Nat., 1963, 97, pp. 75-90.
- LEWIS (D.), 1954. Gene-environment interactions. A relationship between dominance, heterosis, phenotypic stability and variability.
Heredity, 1954, 8, pp. 333-56.
- LEWONTIN (R.C.), 1956. Studies on homeostasis and heterozygosity. I. General considerations. Abdominal bristle number in second chromosome homozygotes of *Drosophila melanogaster*.
Am. Naturalist, 1956, 90, pp. 237-55.
- MATHER (K.), 1953. The genetical control of stability in development.
Heredity, 1953, 7, pp. 297-336.
- 1955. Polymorphism as an outcome of disruptive selection.
Evolution, 1955, 9, p. 52.

- JONES (R.M.), 1958. Interaction of genotype and environment in continuous variation. I. Description.
: *Biometrics* 1958, 14, pp. 343-59.
- NGOC QUOI (N.), WEIL (J.), 1973. Etude statistique de la stabilité du rendement de 56 variétés de maïs expérimentées en Côte-d'Ivoire.
Doc. IRAT, Paris, 1973.
- PALMER (T.P.), 1952. Population and selection studies in Triticum cross.
Heredity, 1952, 6, pp. 171-85.
- PARODA (R.S.) and HAYES (J.D.), 1971. An investigation of genotype-environment interactions for rate of ear emergence in spring barley.
Heredity, 1971, 26, part. 2, pp. 157-75.
- PAXMAN (G.J.), 1956. Differentiation and stability in development of *Nicotiana rustica*.
Ann. Bot. N.S., 1956, 20, pp. 331-47.
- PERKINS (J.M.) and JINKS (J.L.), 1968. Environmental and genotype-environmental components of variability. III. Multiple lines and crosses.
: *Heredity*, 1968, 23, 3, pp. 339-56.
- — 1968. Environmental and genotype-environmental components of variability. IV. Non-linear interactions for multiple inbred lines.
Heredity, 1968, 23, pp. 525-35.
- 1970. Environmental and genotype-environmental components of variability. VI. Diallel sets of crosses.
Heredity, 1970, 25, 1, pp. 29-40.
- and JINKS (J.L.), 1971. Analysis of genotype x environment interaction in triple test cross Data.
Heredity, 1971, 26, n° 2, pp. 203-9.
- — 1971. Specificity of the interaction of genotypes with contrasting environments.
Heredity, 1971, 26, 3, pp. 463-74.
- 1972. The principal component analysis of genotype-environmental interactions and physical measures of the environment.
Heredity, 1972, 29, 1, pp. 51-70.
- PFAHLER (P.L.), 1965. Environmental variability and genetic diversity within populations of oats (Cultivated species of *Avena*) and Rye (*Secale cereale* L.).
Crop Sc., 1965, vol. 5, pp. 271-5.
- 1972. Relationship between grain yield and environmental variability in oats.
Crop Sc., 1972, 12, 2, pp. 254-5.
- PLAISTED (R.L.), 1960. A shorter method for evaluating the ability of selections to yield consistently over locations.
Amer. Potato J., 1960, 37, pp. 166-72.
- QUALSET (C.O.) and GRANGER (R.M.), 1970. Frequency dependent stability of performance in oats.
Crop Sc., 1970, 10, 4, pp. 386-9, n° 107.
- QUISENBERRY (J.E.) and KOHEL (R.J.), 1971. Phenotypic stability of cotton.
Crop Sc., vol. 11, n° 6, 1971, pp. 827-9.
- RASMUSSEN (D.C.), 1968. Yield and stability of yield of barley populations.
Crop Sc., vol. 8, sept.-oct. 1968, pp. 600-2.
- REICH (V.H.) and ATKINS (R.E.), 1970. Yield stability of four population types of grain Sorghum, *Sorghum bicolor* (L.) Moench, in different environments.
Crop Sc., 1970, 10, 5, pp. 511-7.
- RIEGER (R.) and alii, 1968. A glossary of genetics and cytogenetics.
Springer-verlag Berlin Heidelberg New York, 1968, 506 p.
- ROSS (W.M.), 1965. Yield of grain sorghum hybrids alone and in blends.
Crop Sc., 1965, 5, pp. 593-4.
- ROWE (P.R.) and ANDREW (R.H.), 1964. Phenotypic stability for a systematic series of corn genotypes.
Crop Sc. 1964, 4, pp. 563-7.

- RUSSELL (W.A.), EBERHART (S.A.), 1968. Testcrosses of one—and two-ear types of corn belt maize inbreds. II. Stability of performance in different environments. *Crop Sc.*, 1968, vol. 8, n° 2, n° 118, pp. 248-51.
- SALISBURY (E.J.), 1940. Ecological aspects of plant taxonomy. The New Systematics, Univ. Press Oxford, 1940, 329 p.
- SAMUEL (C.J.A.) *et alii*, 1970. Assessing and predicting environmental response in *lolium perenne*. *J. Agric. Sc., Camb.* 1970, 75, pp. 1-9.
- SCHMALHAUSEN (I.I.), 1949. Factors of Evolution. Blakiston Co., Philadelphia, 1949, et in Mc Graw Hill, New York.
- SCHUTZ (W.M.) and BERNARD (R.L.), 1967. Genotype x environment interactions in the regional testing of soybean strains. *Crop Sc.*, 1967, 7, pp. 125-30.
- SIMMONDS (N.W.), 1962. Variability in crop plants, its use and conservation. *Biological Review*, 1962, 37, pp. 422-65.
- SMITH (H.H.), DALY (K.), 1959. Discrete populations derived by intraspecific hybridization and selection in *Nicotiana*. *Evolution*, 1959, 13, pp. 476-87.
- SPRAGUE (G.F.) and FEDERER (W.T.), 1951. A comparison of variance components in corn yields trials. II. Error, year x variety, location x variety, and variety components. *Agron. J.*, 1951, 43, pp. 535-41.
- 1966. Quantitative genetics in plant improvement. Pl. Breeding x Symp. Iowa St. Univ., 1966, pp. 315-54, Ames. Iowa.
- SUNESON (C.A.), 1956. An evolutionary plant breeding method. *Agron. J.*, 1956, 48, pp. 188-91.
- SWAMINATHAN (M.S.) *and alii*, 1972. Outlook for hybrid rice in India. Symp. on Rice Breeding, IRRI, Los Banos, 1972, pp. 609-13.
- THODAY (J.M.), 1953. Components of fitness. Symp. Soc. Exp. Biol., 1953, 7, pp. 96-113.
- WADDINGTON (C.H.), 1942. Canalisation of development and the inheritance of acquired characters. *Nature*, 1942, 150.
- WESTERMANN (J.M.) and LAWRENCE (M.J.), 1970. Genotype-environment interaction and developmental regulation in *Arabidopsis thaliana*. I. Inbred lines : description. *Heredity*, 1970, 25, 4, pp. 609-27.
- WILLIAMS (W.), 1960. Relative variability of inbred lines and F₁ hybrids in *Lycoperscum esculentum*. *Genetics*, 1960, 45, pp. 1457-65.
- YATES (F.) and COCHRAN (W.G.), 1938. The analysis of groups of experiments. *J. Agric. Sc., Camb.*, 1938, 28, pp. 556-80.

RESUME. — *La régularité du rendement cultural correspond à un des aspects des relations génotypes-environnements. Les termes créés pour décrire ces relations sont nombreux, une revue bibliographique en est donnée. Les interactions génotypes-environnements créent une difficulté en amélioration variétale mais, surtout depuis une dizaine d'années, des solutions ont été proposées permettant de maîtriser les interactions pour un meilleur contrôle des solutions et des expérimentations ; ces solutions sont décrites. Enfin, des systèmes favorisant la régularité du rendement sont analysés ; ces systèmes sont liés soit au milieu de culture soit aux génotypes.*

SUMMARY. — **YIELD REGULARITY, AN IMPORTANT GENERAL TARGET OF SELECTION.**

Yield regularity corresponds to one of the aspects of the genotype-environment relationships. Many terms were created to describe these relations, a bibliography is given. The genotype-environment interactions raise difficulties in variety improvement but, especially for 10 years, solutions have been proposed which permit to master the interactions for a better control of the solutions and experiments; these solutions are described. Lastly, systems which promote regular yields are analysed; these systems are related either to the crop environment or to the genotypes.

RESUMEN. — LA REGULARIDAD DEL RENDIMIENTO, UN IMPORTANTE OBJETIVO GENERAL DE SELECCION.

La regularidad del rendimiento del cultivo corresponde a uno de los aspectos de las relaciones genotipo-medios ambientales. Se presenta una lista bibliográfica de los términos creados para describir dichas relaciones, los cuales son numerosos. Las interacciones genotipos-medios ambientales originan una dificultad en el campo de la mejora varietal, pero se han propuesto soluciones para controlar mejor las soluciones y experimentaciones, sobre todo desde unos diez años. Se describen dichas soluciones. Por último, se analizan unas sistemas que favorecen la regularidad de los rendimientos. Dichos sistemas están relacionados con el ambiente de cultivo o con los genotipos.

L'AGRONOMIE TROPICALE

Extrait du Vol. XXIX, n° 6-7
JUIN-JUILLET 1974

LA RÉGULARITÉ DU RENDEMENT, UN IMPORTANT OBJECTIF GÉNÉRAL DE SÉLECTION

par

M. JACQUOT

Ingénieur de Recherches (IRAT/Côte d'Ivoire)

Fonds Documentaire ORSTOM



010007784