

# Les problèmes techniques du semis

André FLEURY

Maître de Conférences, Chaire d'Agronomie, INA-PG

## SOMMAIRE

*Après rappoel des processus de la germination et de la levée, en cause dans l'établissement d'une plante, on précise les principaux critères d'évaluation du semis après levée :*

- *Temps moyen de levée, et distribution de la valeur individuelle ;*
- *Pourcentage de levée, et lois fréquentielles de répartition de la densité (sur des surfaces élémentaires) et de la surface disponible par plante ;*
- *Viguer au départ, dont la dépendance vis-à-vis du temps de levée est variable selon les graines et les espèces.*

*L'état des relations entre état initial du peuplement et son homogénéité de structure, et le rendement permet de classer les cultures selon leur sensibilité à la qualité de la levée.*

*Les principales exigences vis-à-vis des composantes de l'acte technique du semis (lot de graines, semoir, état de la terre) sont discutées. La décision de l'agriculteur, en rapport avec certaines contraintes spécifiques de l'exploitation, est analysée en ce qui concerne la date, la densité et la disposition spatiale du semis. Les corrections éventuelles sont indiquées.*

Le semis est l'acte essentiel qui a historiquement distingué l'agriculture de la cueillette : il a représenté la prise en charge par l'homme de la reproduction des peuplements végétaux. Réussir un semis a toujours été difficile, et le reste ; il absorbe encore actuellement grosso modo la moitié du temps de travail consacré à une culture. Les caractéristiques signifiantes des graines vis-à-vis de l'avenir d'une espèce dans son environnement écologique (c'est une forme de résistance, d'adaptation et de dissémination) sont leur petite taille, corrélative d'une autonomie limitée après germination, les enveloppes multiples de l'amande, et leur état sec. La jeune plante est elle-même très fragile vis-à-vis des nombreuses agressions de son milieu. Aussi l'agriculteur doit-il mettre la terre dans un état favorable à une installation rapide, qui se révèle souvent fragile à l'égard du milieu.

L'évolution technique et sociale de l'agriculture a profondément transformé la conduite de l'installation du peuplement : période de semis, densité et localisation spatiale. Les décisions relevaient plus du souci d'une meilleure protection de la plante (en particulier en ce qui concerne les adventices) que d'une utilisation maximale des facteurs de croissance. L'avènement des pesticides, l'extension de la fertilisation ont permis de gérer davantage le peuplement en fonction de l'eau et de la lumière ; les peuplements sont devenus plus denses. L'ajustement progressif du peuplement propre à certaines espèces (éclaircissage, repiquage, voire taille) est devenu peu acceptable. Aussi le poids relatif de l'état du peuplement à la levée a-t-il crû dans les préoccupations des agriculteurs.

On montrera donc, dans cet article, après avoir sommairement analysé ce que sont germination et levée, en quoi leur résultat influence le rendement final des cultures ; puis comment l'agriculteur peut agir sur cette première phase de la vie du peuplement.

## I. — L'ÉTABLISSEMENT D'UNE PLANTE.

Un des apports des agronomes modernes a été de considérer le peuplement dans son ensemble, avant d'en étudier les individus. Cependant, dans cette première partie, on s'attachera au niveau individuel, parce qu'on peut admettre qu'il y a, dans la phase d'établissement, indépendance entre chaque constituant. Ce n'est pas absolument vrai ; certaines espèces ont besoin très précocément de relations sociales — témoin le trèfle souterrain dont la germination, stimulée par le gaz carbonique, se fait mieux quand plusieurs graines sont voisines — ou l'effet additif des plantes d'un

poquet pour vaincre la résistance de la terre à leur levée (GERARD C.-J., 1980). C'est cependant tout à fait acceptable pour les plantes de grandes cultures, d'autant plus que de telles manifestations ressortent plutôt de coopération transitoire. Surtout, on veut ici seulement préciser les grandes lignes de la phase Germination-Levée, afin de fonder l'analyse des problèmes que pose le semis.

### 1.1. LE DEROULEMENT DE LA PHASE GERMINATION-LEVEE.

La graine est constituée de **cotylédons** (un ou deux), où sont accumulées les réserves, et d'un **embryon**. Ce dernier est déjà organisé selon les 3 parties de la future plante : la **gemma**, à l'extrémité supérieure, qui porte éventuellement des ébauches de feuilles déjà différenciées, la **radicule**, à l'extrémité inférieure, reliées par la **tigelle** qui assure le contact avec les réserves cotylédonaire.

La première étape est l'**imbibition de la graine** : la quantité d'eau nécessaire pour qu'il y ait germination est caractéristique d'une espèce. Par conséquent, le temps d'absorption est inversement proportionnel à la vitesse de pénétration de l'eau. Cette imbibition est régie par les lois de la diffusion de l'eau vers le corps sec et poreux qu'est la graine (BRUCKLER L., 1979) ; sont en cause :

- La surface réelle d'échange, c'est-à-dire la fraction de la surface de la graine en contact avec la terre ;
- La différence de potentiel hydrique entre terre et graine ;
- Les différentes couches entourant la graine, qu'elles soient naturelles (téguments, péricarpe du glomérule de betterave, glumelles adhérentes de l'orge) ou résultant du traitement des semences (enrobage). Cette phase terminée, la graine a grossi, ses enveloppes deviennent perméables aux gaz et la germination sensu stricto commence. Jusqu'à ce moment, le processus est réversible : la dessiccation n'implique pas la mort de l'embryon, mais seulement un retour en arrière. Cependant, il n'est pas exclu qu'il y ait une certaine lésion de la graine, quand de telles réversions se produisent.

La seconde étape est l'**entrée en vie active de l'embryon** : les enzymes produites vont permettre l'hydrolyse des réserves ; la croissance commence. Les besoins de la graine sont alors plus diversifiés ; l'eau est toujours indispensable, mais les échanges gazeux interviennent (absorption d'oxygène, évacuation de gaz carbonique). La vitesse de germination est essentiellement régie par la température ; la relation, selon la gamme de température rencontrée, est exponentielle ( $Q_{10}$ ) ou linéaire (à base spécifique). L'excès d'eau est alors très néfaste, sans correspondre nécessairement à la saturation de la terre ; ainsi, sur pois, POWELL et MATTHEWS (1980) montrent, pour une terre dont la capacité au champ est de 44 %, que la levée est bien plus élevée à l'humidité de 20 % qu'à 35 %. Le même phénomène existe en betterave : le mucilage externe, trop hydraté, voit sa perméabilité aux gaz réduite. Conventionnellement, la germination s'achève avec la sortie de la radicule hors des téguments. Les relations avec le milieu changent alors de nature. La radicule va rapidement supplanter les téguments dans leur rôle d'alimentation hydrique ; pour quelques espèces, l'alimentation minérale commence. Cette jeune racine possède un géotropisme positif, mais elle ne croît en profondeur qu'en l'absence d'obstacle mécanique : cela pose la question de l'état structural sous la graine. Par ailleurs, sa vitesse de croissance dépend également de la température perçue au point végétatif : si elle est réduite, situation rencontrée dans les couches inférieures du sol en fin d'hiver, elle ralentit la croissance et la ramification du système racinaire sans en modifier la direction (RONCIN F., 1974 ; CHAILLOU S. et al., 1976).

Ensuite commence la **croissance de la tigelle**, qui va devoir traverser la couche supérieure de terre, dont la résistance mécanique et l'épaisseur seront déterminantes d'une levée rapide. Cette étape a été analysée par GERARD C.-J. (1980) sur coton, qui montre que la poussée exercée par la plante :

- est proportionnelle à la section de l'hypocotyle (en général liée à la dimension de la graine) ;
- présente un optimum thermique ;
- est accrue en bonnes conditions d'alimentation hydrique (turgescence), ce qui, par ailleurs, permet de réduire la cohésion de la terre ;

— croît à partir de la sortie de la tigelle hors des téguments.

Par ailleurs, les plantes à tigelle hypocotylée rencontrent beaucoup de difficultés, comme BOWERS S.-A. et HAYDEN C.-W. (1972) l'ont montré sur haricot : ils observent que la levée passe de 20 %, quand l'hypocotyle démarre à la base de la graine, à 40 % quand il part du haut (graine inversée) à cause de la nécessité de rotation des cotylédons en terre.

Enfin se produit à la levée un phénomène capital pour l'avenir de la plante : c'est le **relais des réserves de la semence par la photosynthèse** qui devient rapidement prépondérante. La phase initiale d'installation de la plante est terminée. L'incidence des conditions écologiques du lit de semences ne sera cependant finie que lorsque les racines auront colonisé les parties profondes du profil, et que l'apex, en montant avec la tige, ne sera plus influencé par la température de surface.

## 1.2. LES GRANDES CONSEQUENCES VIS-A-VIS DU SEMIS.

La durée totale de cette phase dépend de la plante et du milieu. Pour la plante, c'est sa réponse à la température qui est déterminante : ainsi cette phase demande approximativement 100 degrés/jours (base 0°) pour le blé, 100 degrés/jours (base 5°) pour la betterave, 70 degrés/jours (base 7°) pour le maïs. Cette durée minimale est accrue par le temps d'humectation de la graine en conditions sèches et par la profondeur de semis (en particulier pour des températures nettement inférieures à l'optimum) (1).

Déjà, à ne considérer que cette phase, apparaissent des exigences dont la satisfaction conduit à des contradictions : l'agriculteur devra trancher par des compromis. En particulier, on peut souligner les diversités d'attitude selon le régime climatique. Si, en régions tropicale sèche et méditerranéenne, ce sont les besoins en eau de la graine qui déterminent les dates de semis, dans les régions tempérées, c'est bien plus le souci de placer dans les meilleures conditions le peuplement installé, dont feuilles et racines ont colonisé déjà leurs milieux respectifs. Cela conduit à placer la germination et la levée dans des conditions limites du point de vue de la température, et des risques d'évolution de l'environnement de la graine. C'est notamment le cas du maïs et de la betterave.

Le semis doit donc prendre en charge l'alimentation hydrique de la graine, respecter les contraintes thermiques, ce qui conduit à raisonner la profondeur du semis.

## II. — CRITIQUE DU SEMIS ET ROLE DANS LA VALEUR DU RENDEMENT.

Si c'est en fin de cycle que l'on juge la réussite de la culture, on a besoin de diagnostics intermédiaires. D'une part, ils permettent de porter une appréciation sur les techniques spécifiques du semis : préparation du sol, lot de graines, usage du semoir ; d'autre part, certaines espèces autorisant des corrections, un pronostic doit être porté afin de les décider en fonction des relations entre état du peuplement à la levée et élaboration du rendement.

### II.1. LE JUGEMENT A LA LEVEE.

On peut distinguer 3 groupes de critères. Les 2 premiers sont estimables sitôt l'effectif du peuplement stabilisé ; le 3<sup>e</sup> l'est un peu plus tard et n'est pas totalement spécifique de l'opération semis.

#### II.1.1. Le temps nécessaire à l'obtention du peuplement.

Pour une plante, le temps de levée individuel (TLI) est celui qui s'écoule entre sa mise en terre et l'apparition de la jeune plante à la surface du sol. Pour le peuplement, on peut donc décrire, par un histogramme, la dispersion des TLI, que l'on peut caractériser par divers indices, et calculer la valeur moyenne, dite « Temps Moyen de

(1) Pour le peuplement, la durée sera accrue de l'intervalle entre premières et dernières levées : c'est à la fois un effet du lot de graines, et du milieu à cause de sa grande diversité à l'échelle qu'implique la dimension de la graine.

Levée » ou TML. Il est mesuré en unité de temps ; son expression en fonction de la température (« somme de température ») permet une confrontation avec des références, d'où l'on peut déduire l'éventuelle action de facteurs limitants autres que la température.

Puisqu'à la levée correspond, pour une plante, le relai par la photosynthèse des réserves de la graine, les individus les premiers levés ont un avantage de croissance, à date calendaire égale, sur les plus tardifs.

### 11.1.2. La proportion de graines donnant une plante et la variation de densité de peuplement.

Ce critère, **pourcentage de levée** ou **PL**, est calculé comme rapport de l'effectif de plantes obtenu à celui des graines mises en terre. Cela suppose de connaître cette dernière valeur, et donc, dans les espèces où l'on estime la densité de semis en poids de semence, de connaître le poids moyen individuel d'une graine.

Un pourcentage de levée insuffisant entraîne une répartition spatiale des individus transformée par rapport à celle des graines. En supposant régulière la distribution des semences par le semoir, on peut caractériser cette nouvelle structure spatiale. On fait apparaître les variations de densité sur des surfaces élémentaires petites considérées comme unités, ou dans des poquets, en considérant leur distribution. La fréquence de chaque valeur de densité est donnée par les différents termes du développement du binôme de PASCAL :

$$(p + q)^n = 1$$

p : représente le pourcentage de levée PL,

q = (1-p),

n : nombre de graines semées par surface élémentaire ou par poquet.

On peut mettre également en évidence les variations de la « surface disponible » d'un individu (conventionnellement, ensemble des points plus proches de cet individu que de tout autre). Dans un peuplement issu d'un semis de précision, d'interligne constant et caractérisé par un espacement constant entre graines, ce dernier peut être utilisé comme unité de surface. La fréquence d'un espacement de valeur k entre deux plantes voisines, résultant de l'absence de (k-1) plantes, dépend alors du pourcentage p de levée :

$$N_k/N = p (1-p)^{k-1} \text{ (FLEURY, 1971)}$$

On peut alors en déduire la fréquence de chaque valeur de surface disponible, demi-somme des deux espacements successifs k et k' séparant une plante de ses voisines de ligne :

On vérifie que les différentes combinaisons de k et k' correspondant à une même somme sont équiprobables.

Puisque ces deux relations déduisent les fréquences théoriques de la valeur moyenne du pourcentage de levée, on peut les comparer aux valeurs observées. Le désaccord éventuel conduit à reconnaître l'hétérogénéité de la zone étudiée vis-à-vis de la levée : c'est donc un outil de diagnostic.

### 2.1.3. La vigueur au départ du peuplement.

C'est essentiellement la vitesse de croissance qui la caractérise. Elle dépend, en premier lieu, de la capture des facteurs de croissance par les feuilles et les racines. Elle est intégrée au jugement du semis si les caractéristiques des graines, en interaction avec le milieu lors de la germination et de la levée, l'affectent réellement. Pour l'essentiel, il s'agit de préciser, d'une part, si la vitesse de croissance d'un individu est en relation avec sa date de levée, d'autre part, dans quelle mesure l'étalement de la levée joue un rôle dans la croissance du peuplement.

Il y a une double réponse à la première question. Il existe une variabilité interne au lot de graines qui concerne la durée entre début de germination et levée, qui ne se traduit pas sur la vitesse de croissance après levée ; elle est observée sur colza

(1) PL inclut les manques dus au semoir, à la prédation...

(LE SAOUT Michaële, 1982) et sur betterave (CANEILL J., FLEURY A., 1983). Son origine est vraisemblablement dans les positions respectives de graines sur l'inflorescence de la plante-mère : elle est donc une propriété intrinsèque du lot. Cependant, SMITH R.-S. et ELLIS M.-A. (1981) montrent, sur soja, que des graines âgées manifestent à la fois un retard à la levée et une moindre vitesse de croissance ; c'est encore une qualité inhérente au lot de graines, mais liée cette fois à la technologie (âge du lot, conditions de stockage). Par ailleurs, l'existence d'une faible vitesse de croissance en liaison avec le retard de levée peut être liée au milieu. C'est ce que HADJICHRISTODOULOU *et al.* (1977), sur blé, TOWNSEND (1979), sur « cicer milk-vetch », montrent dans le cas de graines situées à une profondeur relativement grande. De même constate-t-on qu'en présence de levée discontinue, il peut y avoir une vitesse de croissance restreinte pour les plantes tardives (LETERME Ph., 1981).

De toute façon, l'étalement de la levée affecte la croissance du peuplement ; de nombreuses observations montrent la validité de modèle exponentiel de la croissance en début de cycle en l'absence de facteur limitant (par exemple : SCOTT R.-K. *et al.*, 1974 sur betterave) :

$$m = m_0 e^{kt} \quad \text{soit } dm/dt = km_0 e^{kt}$$

$m$  : poids de la plante au temps «  $t$  »,

$m_0$  : poids lorsqu'elle ne dépend plus des réserves de la semence,

$k$  : vitesse de croissance relative (RGR).

A une date donnée, les plantes précoces ont une durée «  $t$  » de fonctionnement plus grande ; elles sont donc plus grosses. Elles conservent cet avantage et seront dominantes dès qu'apparaîtra la compétition.

## II.2. REUSSITE DU SEMIS ET RENDEMENT.

Si les 3 groupes de critères considérés permettent un jugement sur la réussite du semis et sont nécessaires pour un diagnostic, ils n'ont pas, pour autant, a priori, de valeur de pronostic sur le rendement. Il faut les considérer sous un autre angle pour cette analyse, qui est celui de l'homogénéité de la structure du peuplement, au sens défini par MASLE Josette (1980) de la « distribution des états de croissance et de développement ».

### II.2.1. Cas d'un peuplement homogène.

Dans ce cas, on doit considérer l'influence d'une modification du TML ou de la vigueur comparable pour tous les individus, la variabilité du lot de graines étant par ailleurs faible. Cette influence ne sera défavorable que si la disponibilité des facteurs de croissance est affectée, ou si le retard d'installation du peuplement provoque une modification défavorable d'état du milieu.

Ainsi, plusieurs travaux rendent compte de la relation entre rendement et rayonnement intercepté sur l'ensemble du cycle : SCOTT R.-K. et JAGGARD K.-W. (1978) en betterave, BONHOMME R. (1981) en maïs. Un accroissement du TML va reculer le cycle vers une période de l'année où le rayonnement solaire diminue. Cependant, s'il y a un facteur limitant dont la disponibilité n'est pas affectée par ce retard, il n'y aura pas de répercussion. Ainsi CANEILL J. (1980) montre une corrélation négative entre les vitesses de croissance en début et en fin de cycle en betterave, qu'il attribue au déficit hydrique induit au début du cycle par une consommation élevée. De même, en 1976, année très sèche, des retards à la levée ont repoussé la date du manque d'eau, sans modifier la consommation totale en eau ni le rendement de betterave sucrière (CAPILLON A., FLEURY A., 1977). Par ailleurs, un retard dans le recouvrement foliaire expose davantage la terre à la dégradation ou à la dessiccation ; un retard d'enracinement peut placer les racines en conditions plus sèches. Sur soja, EGLI D.-B. et TEKRONY D.-M. (1979) montrent, à partir de leurs résultats et de nombreuses références, qu'il n'apparaît de relations entre vigueur à la levée et rendement que si les conditions de culture sont idéales. Corollairement, une bonne implantation est une condition nécessaire à la valorisation d'un niveau élevé de facteurs de croissance.

## II.2.2. Cas d'un peuplement hétérogène.

Il peut être dû aux caractéristiques propres des graines, ou au résultat du semis observé à la levée : TLI varié, hétérogénéité de répartition des plantes (donc surfaces disponibles variées), différences de vigueur entre individus. Cela pose la question de l'incidence de la structure du peuplement sur le rendement. De façon générale, apparaissent des plantes dominantes, à la fois par l'extension de leurs capteurs (feuilles et racines) et leur position privilégiée dans le temps (racines : accès à des zones encore inexploitées, donc non épuisées en facteurs) et dans l'espace (feuilles dominantes dans le couvert, donc mieux éclairées).

### Des différences d'âge ou de stades de développement sont-elles pénalisantes ?

Pour les espèces où le développement des organes récoltés est lié à des photo- ou thermopériodismes, réalisés à des dates précises du calendrier (parfois en interaction avec l'état de croissance ou de développement), sa réalisation entraîne une homogénéisation de stade qui gomme celle qui a pu exister en début de cycle (céréales, colza). Par contre, dans une espèce comme le maïs, le retard persiste ; la montaison de pieds plus jeunes, du fait du recul de la levée, se fait après celle des autres, dans des conditions d'éclairement devenues défavorables par ombrage relatif. C'est ainsi qu'apparaît la stérilité, ou du moins une baisse sensible de production individuelle. Une telle réduction n'est grave que si les conditions suivantes se manifestent : non-utilisation des facteurs de croissance disponibles, ou altération de la qualité à la récolte. C'est ce que RIBEYRE C. (1982) montre sur tournesol : des levées tardives entraînent un retard de maturité, qui élève le taux d'humidité à la récolte, d'où réfraction de la part de l'organisme stockeur

### Et des différences d'états de croissances ?

Outre l'aspect ci-dessus évoqué de l'utilisation de facteurs de croissance, cela pose la question de l'incidence du poids individuel sur l'efficacité de la matière sèche, rapport de la quantité utile (sucre, grains...) à la matière sèche totale produite. Cette incidence apparaît faible chez les espèces à forte ramification : céréales à tallage élevée, colza, espèces indéterminées (féverole...), mais importante chez celles où cette aptitude est peu exploitée (maïs) ou inexistante (betterave sucrière). On constate alors — du moins en peuplement, où un pied de faible dimension est dominé — que cette efficacité est moindre pour les individus de poids réduit. Ils contribuent alors moins à la production utile qu'à la production totale.

Ainsi on ne peut formuler de loi générale sur la relation entre résultat de semis et rendement, parce que cela dépend et du milieu et de l'espèce cultivée. A contrario, on peut néanmoins retenir qu'une perte d'homogénéité, ou qu'une faible vitesse de croissance ne sont jamais favorables (1).

## II.3. SENSIBILITE DES ESPECES CULTIVEES A LA REUSSITE DU SEMIS.

Les analyses précédemment développées montrent ce qui va permettre d'évaluer la sensibilité des cultures, à savoir les risques auxquels elles sont exposées.

La position du cycle dans l'année est très importante sous nos latitudes. Le rayonnement est maximal fin juin, et commence à décroître fortement à partir du début août (baisse d'intensité et réduction du jour). Les plantes à cycle estival (betterave sucrière, maïs, tournesol) seront donc sensibles à des retards (TML, vigueur), au contraire des espèces implantées en automne et faisant l'essentiel de leur croissance au printemps : variétés d'hiver de céréales, colza, pois... Les variétés de printemps de ces dernières auront un comportement intermédiaire.

Les plantes susceptibles d'une forte ramification sans changement d'efficacité de matière sèche — telles les céréales ou le colza — s'adaptent mieux à des variations précoces de densité du peuplement ; de même celles présentes dans des systèmes de culture acceptant le repiquage ou l'éclaircissage, ou susceptibles d'être taillées.

(1) Hormis le cas des cultures en conditions semi-arides, où une consommation trop précoce d'une eau rare est préjudiciable à l'alimentation hydrique en fin de cycle.

Tableau 1. — Incidence de l'échec du semis sur le rendement

	Espèce	Betterave sucrière	Maïs	Tournesol	Céréales d'hiver	Céréales printemps	Haricot	Colza d'hiver
CRITERE DE CONSTAT. DE: L'ECHEC	TML élevé	+++	++++	+++	+	++	++	+++
	Echelonnement de levée	++	++++	++	+	++	+++	++
	Faible pourcentage de levée	+++	++++	++	+	++	++	+
	Faible vigueur au départ	+++	++++	++	+ à ++	+	++	+

Quand la dimension de la plante est considérée comme critère de qualité (productions légumières : salade, chou ; betterave sucrière), la maîtrise de la densité de peuplement peut être essentielle. Les espèces pour lesquelles existent des phases d'homogénéisation, du fait du climat (périodiques) ou du fait de leur autorégulation (non-montée des talles tardives dominées vis-à-vis de la lumière) seront moins susceptibles vis-à-vis de l'hétérogénéité.

Enfin, le milieu intervient, à cause des risques qu'il fait encourir. C'est le risque de gel, impliquant d'avoir atteint un certain stade de résistance ; c'est celui d'une phase critique (fécondation du maïs) impliquant d'adapter cette phase au climat probable.

Le tableau 1 propose une estimation de ces risques pour quelques espèces de grande culture. Il est indicatif et traduit une situation moyenne, susceptible d'évolution ; ainsi, l'adoption probable du semis de précision de graines enrobées en colza pourrait accentuer la dépendance de son rendement vis-à-vis du semis. Il ne prend que partiellement en compte les adaptations techniques que peut retenir un agriculteur.

En fait, ces critères de classification permettent de constituer 5 groupes, que l'on peut ordonner des plus aux moins sensibles :

- I - Implantation de début de printemps, faible densité en pieds (environ 10/m<sup>2</sup>) et faible ramification : maïs, tournesol, betterave, chou ;
- II. Même date, mais densité moyenne (quelques dizaines/m<sup>2</sup>) et forte ramification : haricot, cultivars de printemps de colza, pois... ;
- III. Céréales de printemps ;
- IV. Cultivars d'hiver des espèces du groupe II ;
- V. Cultivars d'hiver des céréales.

### III. — LES DECISIONS TECHNIQUES DE L'AGRICULTEUR.

Réussir le semis reste une condition souvent nécessaire d'un rendement acceptable. L'agriculteur dispose pour cela de 3 familles d'éléments auxquels il va affecter un « cahier des charges » spécifique : les semences, le matériel de semis, le profil cultural du lit de semence. Leur analyse séparée ne doit pas masquer qu'on va essayer de pallier les insuffisances des uns par la qualité des autres. Mais il y a une limite : en conditions difficiles, on devra être moins exigeant quant au cahier des charges, ce qui permet une réduction de coûts. La décision de l'agriculteur intègre d'autres aspects : le climat à venir, et des limitations propres à l'exploitation.

#### III.1. LE CAHIER DES CHARGES DU SEMIS.

##### III.1.1. Le lot de graines.

L'intérêt de l'homogénéité et de la vitesse d'installation a été montré, mais la possibilité de constituer des lots de graines très homogènes est limitée, d'une part, par la faisabilité, d'autre part, par des considérations de coûts. En effet, il n'est possible de séparer des lots de semences que si l'on dispose de critères a priori et commodes de tri ; pour l'essentiel, il s'agit de calibrage et de densimétrie. Aussi les nombreux travaux actuels qui montrent la diversité des potentialités des graines selon leur position sur l'inflorescence-mère ne sont-ils pas encore valorisables en technologie de semence.

L'intérêt des graines de fort calibre est généralement établi, en ce qui concerne la croissance individuelle. Cependant, plusieurs auteurs montrent qu'il y a indépendance entre la dimension de la graine et la vitesse de croissance relative (RGR des Anglo-saxons) ; on peut citer FORESTIER (1973) sur l'arachide, SCOTT (1974) sur betterave à sucre. Par conséquent, on peut en déduire que c'est le poids de graine à l'unité de surface qui rend pertinemment compte de la vitesse de croissance : un plus grand nombre de petites graines conduit au même rendement qu'un petit nombre de grosses. Ainsi, le choix des grosses graines ne s'impose, mutatis mutandis, que si la taille de



l'organe récolté est affectée par la densité de peuplement, que si c'est un élément d'appréciation, et que si le seul facteur limitant est la lumière. A cette dernière condition près, ce peut être le cas de la betterave, mais pas des céréales ou du colza.

Par ailleurs, plus le tri est sévère, plus le prix des semences est élevé ; on conçoit qu'il y ait une réserve à employer des lots coûteux, quand leur effet sur le rendement est difficile à mettre en évidence.

La caractérisation du pourcentage de germination (déterminée en laboratoire) est très nécessaire. Bien qu'on ne puisse le considérer comme une prévision de levée en terre, il en représente probablement le maximum possible ; c'est pourquoi, s'il n'est pas au plus élevé, il sert à une première correction de la densité de semis.

### III.1.2. Le semoir.

Le progrès décisif qu'a représenté l'adoption du semoir à la fin du siècle dernier a été d'améliorer considérablement le PL en maîtrisant mieux la profondeur du semis, puis de permettre le réglage de la densité de semis. Il a fallu la mise au point de semoirs de précision pour ajouter la maîtrise de l'espacement entre graines. La recherche du contrôle de la profondeur et de la régularité rend l'action du semoir dépendante de l'état structural et des caractéristiques mécaniques actuelles (humidité) de la terre. Aussi le semoir prend-il en charge un certain réaménagement du lit de semence, sur et au voisinage de la ligne de semis. Pour obtenir une définition précise de la profondeur de semis, on a été amené à fractionner les diverses étapes de l'acte de semer :

- Evacuation des éléments les plus grossiers hors de la ligne du semis ;
- Ouverture d'un sillon, dont le fond est situé en zone humide ; la terre ainsi retirée doit pouvoir servir au recouvrement ultérieur, donc ne pas être rejetée trop loin. Le fond du sillon ne doit pas être à l'origine d'obstacles à l'enracinement ;
- Dépôt et enfoncement de la graine dans le fond du sillon ;
- Recouvrement de la graine, avec une épaisseur de terre contrôlée.

L'importance de ces diverses étapes est variable selon les espèces (cf. tableau 1). Les plus exigeantes sont des graines à faibles réserves, à taux de germination inférieur à 100 %, et dont l'espèce nécessite une faible densité et implantée à une date où la surface risque de se dessécher du fait du climat. Cela correspond à la betterave sucrière ; à l'opposé, on trouve les céréales implantées en automne.

L'existence d'autres équipements correspond davantage à d'autres préoccupations : système de guidage, épandage de pesticides ou d'engrais.

Par tous ces perfectionnements, le semoir est devenu un matériel coûteux ; on lui demande donc de pallier certaines limites des autres éléments du semis. L'exigence de régularité de distribution est particulièrement élevée ; elle suppose que le lot de graines soit d'une qualité suffisante. La précision de position de la graine dépend du mécanisme de distribution, mais aussi des déplacements possibles de la graine sur le sillon. Cela met en cause le nivellement général de la parcelle, la régularité du sillon, et suppose une vitesse d'avancement suffisamment réduite pour que la graine ne soit pas projetée. Les systèmes d'enfoncement de la graine dans le sillon sont, à ce titre, intéressants. Si l'état structural de la parcelle doit être acceptable, la possibilité de tri des éléments les plus grossiers, par les organes avant du semoir, permet de limiter les exigences d'affinement.

### III.1.3. Le profil cultural en surface.

Les préoccupations se situent toujours à deux échelles de temps.

La première est celle du déroulement de la phase Germination-Levée et des contraintes de mise en œuvre du semoir. Assurer les meilleures conditions de levée requiert :

- **De maîtriser l'alimentation en eau de la graine.** Pour cela elle ne doit pas être trop près de la surface. De nombreuses observations montrent, en effet, que l'implantation superficielle d'une graine est exposée à divers aléas : risques de prédation, milieu à humidité très variable et souvent faible (LATIFI-SOUKI KAWTHAR, 1983). Assurer le contact terre-graine conduit à rechercher une structure très

émiétée sans perdre d'eau. L'exigence est d'autant accrue que l'on sème en conditions sèches (semis en pays méditerranéens de colza d'hiver, de céréales d'hiver en zones soumises au gel, de maïs tardif).

- **De maîtriser la température du sol pour les semis de fin d'hiver** (céréales de printemps, betteraves) ; FOURBET J.-F. (1975) a ainsi montré des écarts de quelques degrés du lit de semence selon les modalités de préparation du sol.
- **D'assurer les échanges gazeux**, ce qui suppose une porosité suffisante et l'absence de saturation du profil.

Il y a déjà nécessité de nombreux compromis ; mais également quand on fait intervenir la seconde échelle de temps, celle de l'évolution de la couche superficielle tant que le feuillage n'assure pas un isolement suffisant. Il s'agit essentiellement de la dégradation sous l'effet de la pluie, et des risques de dessiccation avant une implantation suffisante des racines.

### III.2. LES DECISIONS DE L'AGRICULTEUR EN MATIERE DE SEMIS.

Elles concernent la préparation du sol, la date et la densité de semis.

#### III.2.1. La préparation superficielle et la date de semis.

La période de semis constitue une norme à l'échelle régionale, que l'agriculteur adapte en fonction du terrain et du précédent cultural. Ce qui est plus déterminant sur une exploitation concerne l'estimation du risque climatique que fait l'agriculteur, et la marge de liberté que lui donnent son calendrier de travail et les outils dont il dispose. De façon générale, on peut reconnaître que l'on cherche à minimiser le temps entre la dernière façon et le semis, que ce soit en conditions sèches (le travail risque de ramener une terre encore humide qui va sécher rapidement) ou en conditions humides (une pluie supplémentaire va risquer de détruire la structure meuble créée). Or, la disponibilité de semoirs n'est pas toujours grande, en particulier lorsqu'il y a semoir collectif : en ce cas, le déroulement de la préparation du sol, qui se fait sous réserve de la mise à disposition du semoir, n'est pas forcément adéquate, comme le montre LETERME Marie-Josée (1981).

Ce sont les espèces semées au printemps, à faible densité de peuplement, à durée de cycle exigeante, et sensibles à la sécheresse (betterave, maïs, tournesol, voire chou fourrager) qui sont les plus contraignantes. D'une part, l'agriculteur tend à rechercher la finesse la plus grande du lit de semence afin d'améliorer les chances d'installation ; c'est parfois difficile dans la mesure où cette période est souvent chargée (fertilisation et traitements). D'autre part, la répétition des passages alors que le fond de terre est généralement humide risque de conduire à une dégradation de l'état structural en profondeur, nuisible à l'implantation racinaire nécessaire à une alimentation correcte, voire, en betterave, à une moindre croissance radiale du fait de la résistance mécanique de la terre (surtout par temps sec). Il n'est pas sûr qu'un affinement très grand, mais risqué, soit préférable à une proportion de terre fine plus faible, mais avec une humidité supérieure ; un bon contrôle de la profondeur de semis (déterminée par rapport au profil hydrique) et une vitesse réduite lors du semis doivent souvent permettre une meilleure qualité de levée. C'est notamment le cas du maïs que ses grosses graines rendent plus tolérant à un état structural moins affiné. Par ailleurs, les semis très précoces pour des espèces au seuil thermique relativement élevé conduisent à un long temps de levée générateur de risques d'asphyxie. Une analyse climatique est souvent éclairante, comme le montre celle réalisée par BOIFFIN J. *et al.* (1981) sur la levée du colza en terre battante.

Les céréales d'hiver paraissent moins exigeantes ; cependant, la profondeur de semis est souvent dépendante de la préparation du sol. Un grand ameublissement conduit à une grande profondeur de semis, qui, en conditions froides, ralentit la levée.

#### III.2.2. La densité de semis et la disposition spatiale des graines.

La densité de peuplement fait généralement l'objet de références régionales bien établies, encore que leur durée d'établissement ne prenne pas toujours bien en compte la variabilité du climat, comme BOIFFIN J. *et al.* (1975) l'ont montré dans le cas du maïs. En particulier, la densité doit prendre en compte la nature et le niveau des facteurs limi-

tants non maîtrisés par l'agriculteur ; pour les espèces à cycle estival, c'est en général l'eau. Cela explique que le resserrement des rangs, au profit d'un plus grand espacement sur la ligne, ne soit pas nécessairement générateur d'un rendement accru, alors que l'utilisation de la lumière serait meilleure : elle n'est pas alors limitante. On constate d'ailleurs, effectivement, un rapprochement des lignes de betteraves dans les régions septentrionales par rapport aux parcelles méridionales de l'aire de culture en France (Sud du Bassin Parisien, Limagne).

Un autre aspect de l'écartement des lignes concerne le passage des roues de tracteur pour les semoirs à largeur moyenne (6 rangs) en betterave ; la largeur de roues est souvent peu inférieure à l'interligne, le tassement induit change de façon importante l'état de la terre avant le passage des différentes pièces de l'élément semeur.

Face au risque de non-levée, l'accroissement de densité est un palliatif limité, du moins pour les plantes à densité optimale bien définie, puisque, l'interligne étant fixé par les autres matériels (notamment ceux de récolte), il ne peut être adapté. C'est alors sur la ligne que l'on rapproche les pieds, au risque d'une compétition entre pieds (préjudiciable plus nettement en maïs).

En culture céréalière, la disposition spatiale est moins contraignante, encore que l'objectif de très forts rendements conduise à être plus exigeant sur la maîtrise du semis : précocité plus grande, rapprochement des lignes et espacement accru sur la ligne. Par ailleurs, il faut rappeler que la densité en pieds pèse moins pour ces espèces que la densité en tiges (cf. ci-après).

### III.2.3. Correction d'un semis mal réussi.

Une fois achevé l'acte du semis, les ressources de l'agriculteur sont limitées, hormis des façons très superficielles, soit pour mieux recouvrir les semences (c'est la technique traditionnelle du hersage en l'absence de semoir assurant cette opération), soit pour réduire le risque de non-humectation par roulage. Cette décision doit intervenir peu de temps après semis, pour ne pas léser les premières levées.

Ultérieurement, les perspectives sont très différentes entre espèces, et entre systèmes de culture. L'éclaircissage des betteraves, du maïs, a été longtemps un moyen puissant de correction, qui limitait les exigences du semis ; mais il est généralement abandonné en France. A l'opposé, les espèces d'automne végétant au printemps produisent alors leurs ramifications. Le défaut général d'azote dans le milieu permet alors de conduire la densité de peuplement pertinente (nombre d'épis en céréales) par la fertilisation azotée puisque, l'eau ne manquant pas, c'est la lumière qui constitue le facteur limitant déterminant jusqu'au début de l'été.

## CONCLUSION.

Une bonne réussite de semis est donc difficile ; plusieurs raisons l'expliquent. D'une part, la dépendance vis-à-vis du climat à venir est très grande : dans presque tous les cas, la prévision météorologique se fait sur une durée bien inférieure au temps de levée. Or les cultures implantées au printemps le sont presque toujours en conditions limites de température, afin de réserver à la croissance du peuplement les conditions meilleures de rayonnement et de chaleur. D'autre part, s'il est relativement facile de constater une mauvaise levée, il est très difficile de juger de l'adéquation de la densité de peuplement d'une parcelle aux conditions de l'année ; cela exige une démarche d'enquête par comparaison entre situations et entre années, souvent délicate et lourde à mettre en œuvre. Quant à la levée, il n'est pas toujours facile de l'expliquer, sauf situation particulièrement contrastée ; le travail cité ci-dessus (BOIFFIN J. *et al.*, 1974) est un exemple réussi d'une telle analyse.

Or l'accroissement du potentiel variétal, la meilleure maîtrise de facteurs de croissance rendront à l'avenir plus exigeant vis-à-vis de l'utilisation de la lumière, devenue progressivement facteur limitant. C'est alors que la réalisation de la meilleure structure spatiale et d'un peuplement homogène couvrant rapidement le sol deviendra indispen-

sable. Cela passe par la **qualité des semences** (homogénéité, germination totale — non encore assuré en betterave —, forte vigueur au départ), **une bonne utilisation du semoir** (profondeur de semis et régularité de position), **une maîtrise accrue** — c'est le plus difficile — **du profil** qui ne pénalise pas l'implantation des racines.

L'évolution des techniques de semis en culture légumière (semis de graines en bandes préfabriquées, graines prégermées, voire repiquage) est révélatrice des transformations possibles des méthodes d'implantation des peuplements de grandes cultures.

---

## SUMMARY

### TECHNICAL ISSUES OF SOWING

*The processes of germination and emergence of a plant are briefly described, in order to explain the requirements for a good implantation of a crop, and recall that the duration of this phase is determined by the seed-bed temperature, but may be lengthened by water lack. In most countries, the period of full growth is chosen to coincide with best climatic conditions. So that, the conditions then can often be rather poor: cold at the beginning of spring, in temperate areas, dry during autumn in the mediterranean regions or at the very beginning of the rain season in dry tropical regions.*

*The main tests of sowing estimates are:*

- *the distribution and the mean value of emergence time;*
- *the emergence rate, which defines a part of the stand homogeneity (the relations between this rate and the respective frequencies of available area, and the number of plants on an elementary surface or a an hill are mentioned);*
- *the initial CGR which, in addition to climatic conditions depends on the real status of the seeds and the sowing depth. For seeds in good conditions there is no relation between RGR and emergence time.*

*The connections between emergence quality and yield vary with the species. If the stand structure is however homogeneous, a poor or late emergence is detrimental to yield only when some growth factors are not exploited by the plants, or when the harvesting is relatively premature. In a heterogeneous stand (for growth and development), the effects of the emergence depend on the climatic conditions necessary for development. Defavorable results occur when the « harvest index » depends on the individual size, or when this size governs market factors (in sugar-beet, for instance). A classification is given according to the time of sowing, the sowing density and the species.*

*The technical decisions are discussed. In addition to the usual aspects of seed quality, the usefulness of large seeds is studied, by emphasizing that RGR and size are not linked. The different functions of sowing machine are analysed. Soil tillage must comply with contradictory requirements: a good implantation of the stand (water absorption, respiration, emergence), without making more brittle the soil structure towards climate.*

*The farmer's decision depends also on the availability of the implements, specially the drill which is not always his ownership. In other respects, better references are necessary, which have regard for climatic variations (concerning soil tillage, sowing density and spatial arrangement according to limiting factors). After sowing, shallow tillage may correct the seed-bed; after emergence thinning is nowadays scarcely possible, in the most farming systems. Only for some crops (cereals, maybe oil-seed rape) nitrogenous fertilization allows an adjustment of the stand by controlling tillering or branching.*

*In conclusion, it's recalled that higher is the new cultivar's potential, higher are the requirements for sowing.*

## Références bibliographiques

- BOIFFIN J., SEBILLOTTE M., DUBY Camille, 1975. — Influence des conditions écologiques et de l'histoire culturale sur le rendement du maïs. *Ann. Agron.*, **25** (5), 555-591.
- BOIFFIN J., FABRE B., GAUTRONNEAU Y., SEBILLOTTE M., 1981. — Les risques de mauvaise levée du colza en terre battante. *Inf. Techn. CETIOM*, 73.
- BONHOMME R., 1981. — Action des facteurs climatiques sur le développement du maïs. *Cycle Supérieur d'Agronomie, INA-PG*.
- BOWERS S.-A., HAYDEN C.W., 1972. — Influence of seed orientation on bean seedling emergence. *Agronomy Journal*, **64**, 736-738.
- BRUCKLER L., 1979. — L'inhibition et la germination des semences en conditions sèches. *Thèse de Docteur Ingénieur, INA-PG*.
- CANEILL J., 1980. — Elaboration du rendement et pureté de la betterave à sucre dans une petite région. *Document multiplié GEARA-INA-PG*.
- CANEILL J., FLEURY A., 1977. — Observations sur l'hétérogénéité d'un peuplement de betteraves en début de cycle. *INA-PG, non publié*.
- CAPILLON A., FLEURY A., 1977. — C.A. annuel : « Essai de Systèmes de culture ». *INA-PG, non publié*.
- CHAILLOU S., BLONDON F., SCHEIDECKER D., 1976. — Contribution à l'étude de l'action d'une température basse sur la croissance et l'alimentation minérale d'un hybride précoce de maïs. *C.R. Acad. Agric. Fr., séance du 26/5, 714-724*.
- EGLI D.B., TEKRONY D.-M., 1979. — Relation between soybean seed vigor and yield. *Agronomy Journal*, **71**, 755-758.
- FLEURY A., 1971. — Irrégularité de semis et composantes du rendement de la betterave sucrière. *Ann. Agron.*, **22** (3), 291-307.
- FORESTIER J., 1973. — Caractères végétatifs, croissance et rendement de l'arachide hâtive. *Cah. ORSTOM, Série Biol.*, **19**, 43-62.
- FOURBET J.-F., 1975. — Effet à long terme des techniques simplifiées. *Etude SEI*, **59**, 145-204.
- GERARD C.-J., 1980. — Emergence force by cotton seedlings. *Agronomy Journal*, **72**, 473-476.
- HADJICHRISTODOULOU A., DELLA A., PHOTIADES J., 1977. — Effect of sowing depth on plant establishment, tillering capacity and other agronomic characters of cereals. *J. of Agric. Sci., Camb.*, **89**, 161-167.
- LATIRI-SOUKI Kawthar, 1983. — La betterave à sucre dans la Basse-Vallée de la Medjerda. — Analyse de l'élaboration du rendement selon différents itinéraires techniques. *Thèse de Docteur Ingénieur, INA-PG*.
- LE SAOUT Michaële, 1982. — Etude en serre des variations de vitesse de croissance et de développement du colza d'hiver en phase végétative. *Mémoire de DAA, sous la direction de Ph. Leterme, INA-PG*.
- LETERME Marie-Josée, 1981. — Conduite des cultures de betterave sucrière dans le canton de Montereau. *Mémoire de fin d'étude à l'E.N.S.S.A.A., sous la direction de A. Capillon, INA-PG*.
- LETERME Ph., 1981. — Communication personnelle.
- MASLE Josette, 1980. — L'élaboration du nombre d'épis chez le blé d'hiver. Influence de différentes caractéristiques de la structure du peuplement sur l'utilisation de l'azote et de la lumière. *Thèse de Docteur Ingénieur, INA-PG*.
- POWELL A.-A., MATTHEWS S., 1980. — The significance of damage during imbibition to the field emergence of peaseeds. *J. of Agric. Sci., Camb.*, **05**, 35-38.
- RIBEYRE Cl., 1983. — C.R. annuel ATP «Introduction du tourmesol dans les exploitations des Marais de l'Ouest». *INRA-SAD-INA-PG*.
- RONCIN F., 1975. — Rôle de l'orientation de la semence et de la température du sol sur la direction de croissance de la racine principale de maïs. *INA-PG, non publié*.
- SCOTT R.K., HARPER F., WOOD D.-W., JAGGARD K.W., 1974. — Effects of seed size on growth development and yield of monogerm sugar beet. *J. of Agric. Sci., Camb.*, **82**, 517-530.
- SCOTT R.K., JAGGARD K.W., 1978. — Theoretical criteria for maximum yield. *IIRB*, 41<sup>e</sup> Congrès, 179-198.
- SMITH R.S., ELLIS M.-A., 1980. — Soybean nodulation as influenced by seedling vigor. *Agronomy Journal*, **72** (4) 605-608.
- TOWNSEND C.-E., 1979. — Association among seed weight, seedling emergence and planting depth in cicer milkvetch. *Agronomy Journal*, **71**, 410-413.

