

LA BETTERAVE SUCRIÈRE

A - CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DE LA PRODUCTION	2
1. Utilisation	2
2. Évolution des surfaces, productions, rendements.....	2
3. Répartition de la production sur le territoire	6
B - BOTANIQUE ET ÉCOPHYSIOLOGIE	6
1. Caractéristiques générales de la plante	6
2. Croissance et développement	9
C - CONDUITE DE LA CULTURE	13
1. Place dans les systèmes de culture et choix variétal	13
2. Implantation	16
4. Protection phytosanitaire	18
a) <i>Lutte contre les maladies</i>	19
b) <i>Lutte contre les ravageurs</i>	19
c) <i>Lutte contre les adventices (cf. annexe 2)</i>	23
5. Récolte.....	24
BIBLIOGRAPHIE	29

A - CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DE LA PRODUCTION

1. Utilisation

Outre la betterave potagère, on cultive en France deux types de betteraves : **sucrière** et **fourragère**¹. Cette dernière ne concerne plus que des surfaces mineures en France (moins de 50 000 hectares, cf. partie Eléments généraux), et son importance économique est faible.

L'utilisation « noble » de la betterave sucrière est évidemment comme matière première dont on extrait du **saccharose**. Le sous-produit principal issu de cette extraction, la **pulpe** de betterave, est valorisé dans l'alimentation des ruminants; le second sous-produit, la **mélasse**, est utilisé dans diverses industries, dont la levurerie, la distillerie, l'industrie animale. Mais la betterave sucrière est également utilisée depuis longtemps pour produire de **l'alcool** (sur 5 à 10% des surfaces cultivées en France), et depuis 1994 comme source de carburant (production d'éthanol), sur des surfaces relativement faibles (environ 3 % de la surface totale en betteraves sucrières en France en 2000).

2. Évolution des surfaces, productions, rendements

La culture de la betterave sucrière n'a commencé qu'à la **fin du 18ème siècle**, contrairement au blé (antiquité indo-européenne), ou au maïs et à la pomme de terre (antiquités mexicaine et péruvienne). Deux petites sucreries fonctionnent, en France, dès avant le blocus continental (1806), mais c'est celui-ci qui entraîne un véritable développement de la culture de la betterave : il faut, en effet, trouver un produit de substitution au sucre de canne, ce dernier ne parvenant plus sur le continent européen. Après l'Empire, les "*arrivages*" de sucre reprennent. Son histoire est, à la fin du 19ème siècle et au début du 20ème, dominée en Europe par la rivalité entre la canne et la betterave. A l'heure actuelle, le sucre de betterave représente **un peu moins du tiers de la production mondiale de sucre** (Figure 1).

¹ La bette (*Beta vulgaris*, var. *cicla*) appartient à la même espèce que la betterave; ses feuilles sont très développées; c'est leur nervure principale, large et charnue, que l'on consomme.

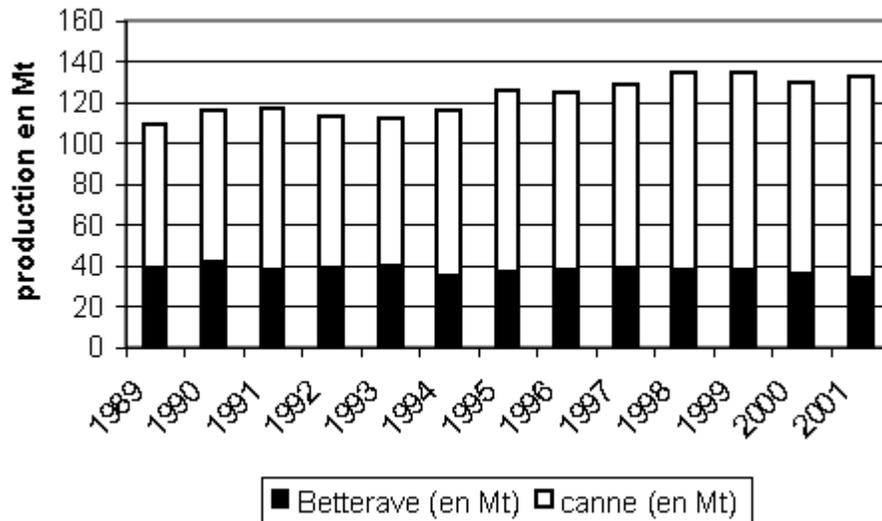


Figure 1 : Partage entre la canne et la betterave dans la production de sucre au niveau mondial (données FAOSTAT)

Depuis l'accord du 24 juillet 1966, il existe en Europe un **Marché Commun Sucrier**. Il repose sur un système de quotas (Figure 2), qui a été revu à plusieurs reprises (la dernière modification, appelée « VIIIème règlement », porte sur la période 95/96 à 2000/2001, et intègre entre autres l'arrivée des nouveaux membres de l'UE). Ce règlement a été reconduit pour 5 ans en 2001 et est en cours de renégociations. Chaque pays de l'UE dispose d'un quota de base (**le quota A**) qu'il redistribue à chacune de ses sucreries. Chaque entreprise répartit ensuite son quota entre ses planteurs (en fonction du volume de livraison antérieur à la mise en place du système). Le sucre produit dans la limite de ce quota (et donc les betteraves correspondantes), bénéficie d'un prix garanti. Le quota A de la France s'élève dans le dernier règlement à 2.56 millions de tonnes de sucre blanc pour la métropole, auxquels il faut rajouter 436.000 tonnes pour les DOM ; le quota A européen est de près de 12 millions de tonnes. Le quota A français est le plus élevé de l'UE, suivi de près par celui de l'Allemagne, puis de l'Italie, du Royaume-Uni et de l'Espagne.

Au-delà de la quantité correspondant au quota A, et dans une limite (appelée **quota B**) fixée par l'UE, les sucreries peuvent encore commercialiser librement leur production, mais elles doivent verser à Bruxelles une cotisation de production. Le prix payé au producteur pour les betteraves de cette tranche est donc le **prix garanti diminué de la cotisation**. Le tonnage de quota B par pays correspond à une fraction variable du quota A : de 4.6 % pour l'Espagne à 30.8 % pour l'Allemagne.

Enfin, le sucre produit en dépassement de cette tranche (appelé souvent, de façon impropre, "**quota C**") doit être vendu au cours mondial, très fluctuant, dépendant de l'état des stocks à l'échelle mondiale. Le cours mondial est à l'heure actuelle relativement bas.

Les surfaces plantées en betteraves industrielles (Figure 3) en France ont été fluctuantes depuis 50 ans, reflétant l'évolution du marché fonction de l'évolution des stocks mondiaux (risques de pénurie au milieu des années 70 par exemple) et de la réglementation (fermeture de nombreuses distilleries au début des années 50).

Comme le montre la figure 4, les rendements sucriers ont beaucoup progressé depuis le début des années 60. Le rendement sucrier est fonction du **tonnage** brut par hectare et de la **richesse** en saccharose des betteraves produites. Pour tenir compte de ces deux facteurs, le rendement à l'hectare est souvent exprimé après avoir été ramené à une valeur standard de 16% de richesse saccharine.

La France représente 21% des surfaces betteravières de l'UE à 15 en 1995, derrière l'Allemagne (27%), et devant l'Italie (15%). C'est en France que les rendements sont les plus élevés, juste devant les Pays-Bas, la Belgique et l'Allemagne. L'UE représente en 1993-94 le premier producteur de sucre mondial, loin devant l'Inde, le Brésil, la Chine et les Etats-Unis. La France est le 5^{ème} producteur mondial. Si la production mondiale de sucre (suivant en cela la demande) a été multipliée par 10 depuis le début du siècle, la betterave sucrière subit la concurrence non seulement de la canne, mais aussi des édulcorants issus de l'amidon, de la chicorée, ou des édulcorants intenses. Le marché n'est donc pas particulièrement « porteur », mais le système interprofessionnel mis en place garantit aux agriculteurs qui possèdent des droits de livraison (via les quotas) une **très bonne rentabilité de la culture**.

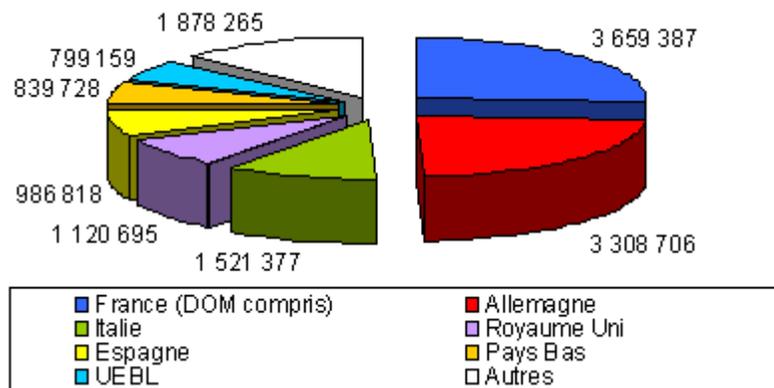


Figure 2 : Répartition des quotas betteraviers entre les pays européens en 2000 (données FIRS)

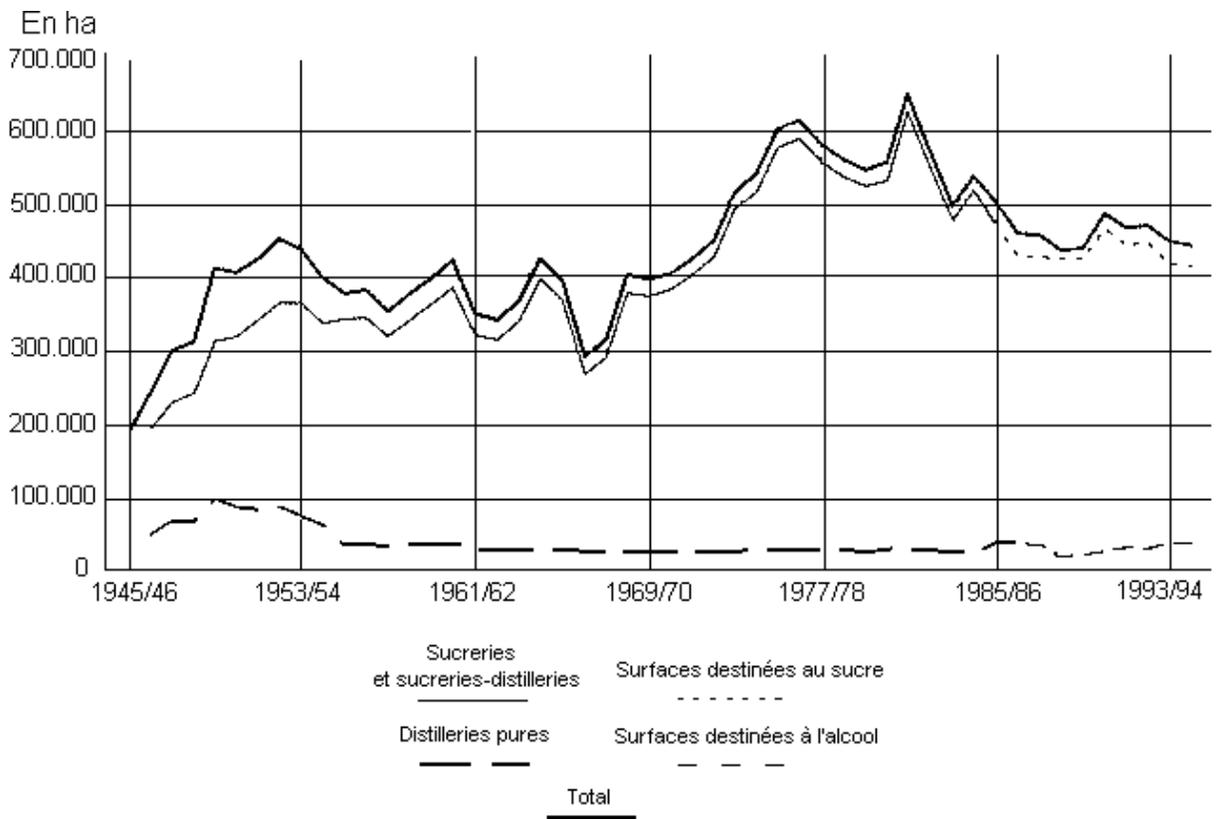


Figure 3 : Evolution des surfaces en betteraves industrielles en France

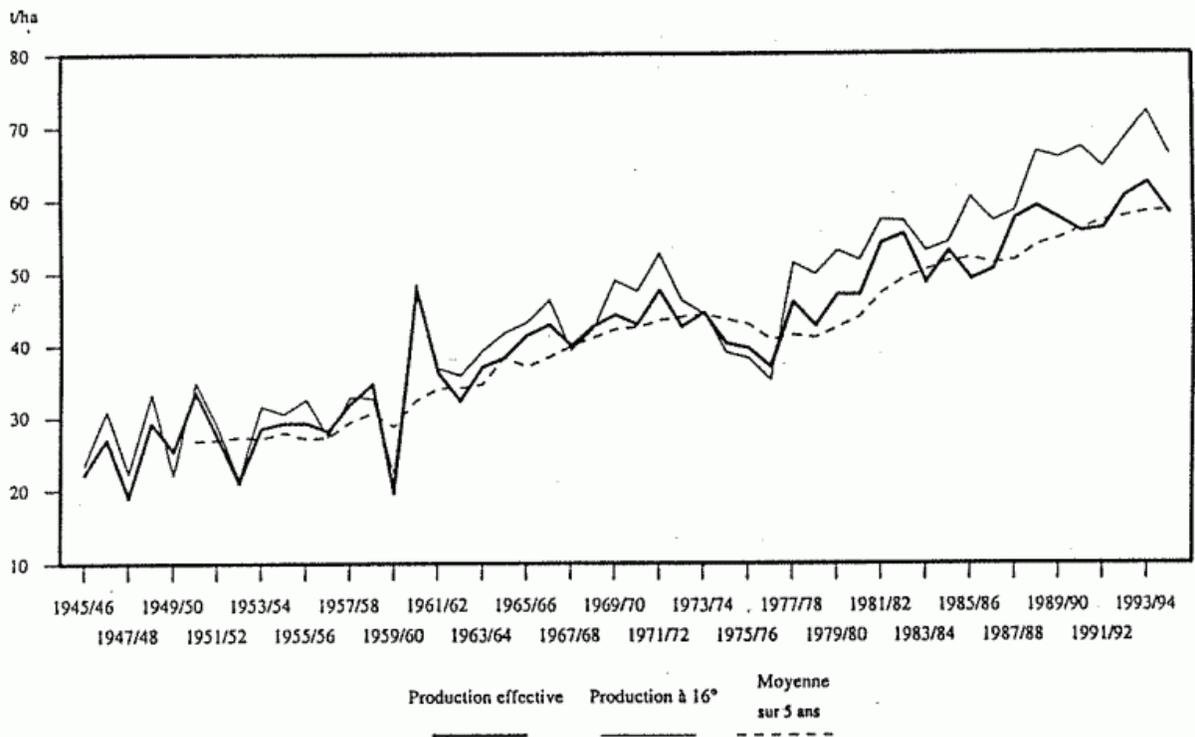


Figure 4 : Evolution des rendements betteraviers

3. Répartition de la production sur le territoire

La production française de betteraves industrielles reste en 1995 très concentrée avec deux tiers du total national des surfaces assuré par seulement six départements (Figure 5) : Aisne, Marne, Oise, Pas-de-Calais, Seine-et-Marne, Somme. Cette concentration est également valable à l'échelle européenne. On assiste également à une concentration de l'outil industriel : le nombre de sucreries en France est ainsi passé de 104 en 1958 à 51 au début des années 90.

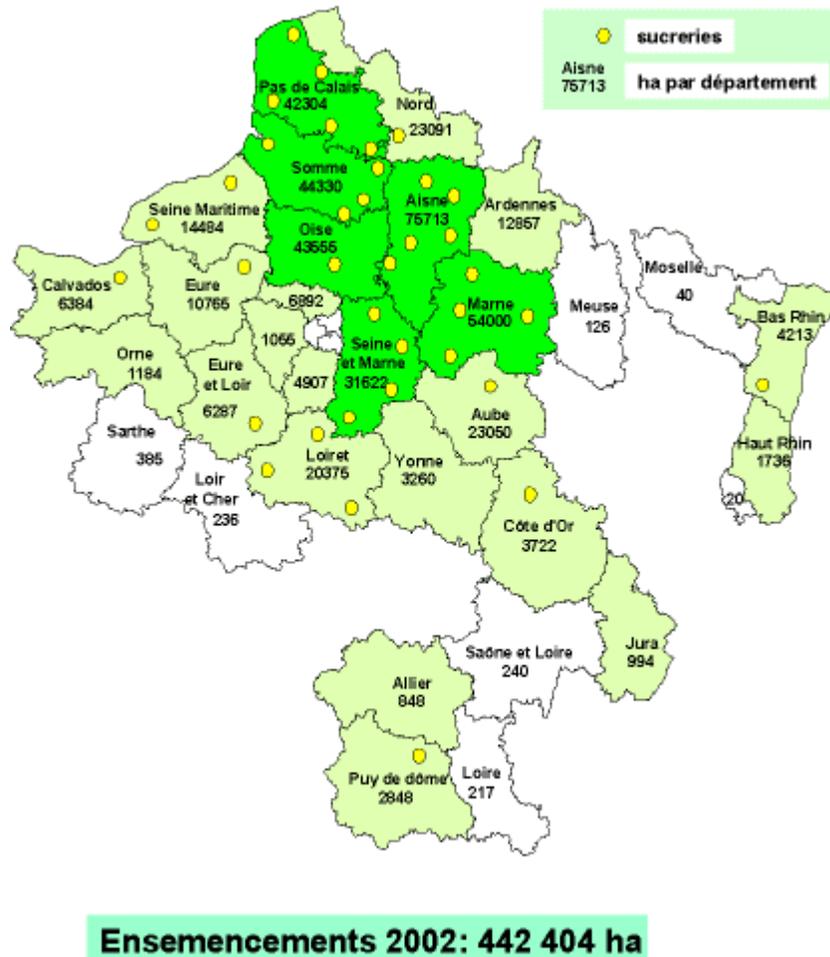


Figure 5 : Localisation des surfaces en betteraves industrielles sur le territoire français (source : ITB)

B - BOTANIQUE ET ÉCOPHYSIOLOGIE

1. Caractéristiques générales de la plante

La betterave appartient à la famille des **chénopodiacées**. Les espèces du genre "*Beta*" peuvent être classées en trois groupes principaux : *Beta maritima* appartient au groupe des "*Vulgares*". On trouve plus particulièrement cette espèce le long des côtes atlantiques et méditerranéennes.

Elle a donné naissance, par culture et sélection traditionnelle, dans des zones probablement situées aux confins de l'Europe et de l'Asie, à différentes formes : betterave potagère, betterave fourragère. Ces diverses espèces ne semblent pas connues en Europe occidentale avant le 16ème siècle. La betterave sucrière n'a été cultivée qu'à la fin du 18ème siècle, à partir de certaines variétés de betteraves fourragères blanches.

C'est une plante bisannuelle quand elle est cultivée:

- la **phase végétative** (tubérisation, développement du bouquet foliaire, accumulation de réserves sous forme de sucre) dure toute la première année;
- la **phase reproductive** (montaison et fructification) s'accomplit normalement au cours de la deuxième année.

La culture de la betterave pour le sucre comporte uniquement la phase végétative, qui dure environ 180 jours (de mars-avril à septembre-octobre).

Plante de **climat tempéré frais**, sa culture est surtout répandue en Europe, Russie et aux USA. Particulièrement prospère entre les 47ème et 54ème degrés de latitude nord, elle n'est guère possible ailleurs qu'en culture irriguée.

En fin de première année, la plante présente une racine volumineuse surmontée d'un **bouquet foliaire** qui comporte 40 feuilles. Il est dit "*préfloral*". Ces feuilles s'insèrent sur le **collet** représentant l'axe épicotylé hypertrophié de la plante (**Figure 6**).

La **racine** a, chez la betterave sucrière, une forme conique, et présente un sillon longitudinal très marqué, délimitant une zone riche en sucre (sillon saccharifère). La teneur en matière sèche varie de 20 à 25%; celle en sucre de 15 à 19% ou plus du poids frais des racines. Chez la betterave fourragère, la racine a une forme allongée ovoïde ou cylindrique. Le sillon est absent ou peu marqué. La teneur en matière sèche varie de 9 à 22%.

Une coupe transversale de la racine montre une structure en anneaux, qui sont autant d'assises génératrices secondaires (anneaux méristématiques). Le sucre s'accumule dans le parenchyme entre les anneaux et à leur périphérie.

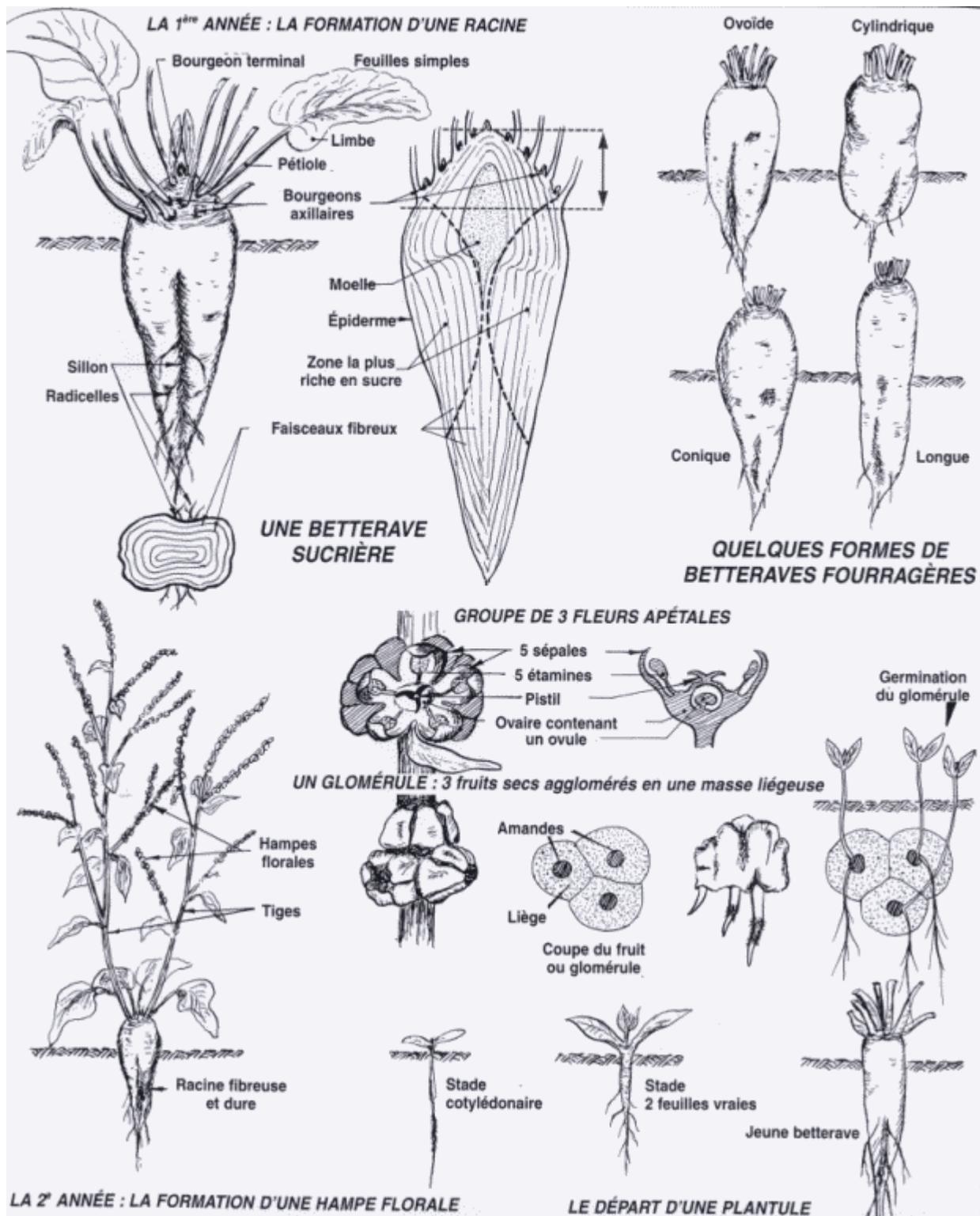


Figure 6 : Caractères morphologiques de la betterave (Soltner 1998)

En deuxième année, la plante produit une ou plusieurs hampes florales ramifiées en utilisant les réserves de la racine.

En raison d'une maturité des étamines plus précoce que celle du pistil (dichogamie proandre), accompagnée d'une autostérilité, la fécondation croisée (principalement par le vent) est de règle.

Les fruits (Figure 7) sont entourés d'une coque non adhérente qui les protège des accidents parasites et leur sert de régulateur d'humidité à la germination. Groupés par 3 à 5 dans les anciennes variétés, ils forment le **glomérule**. Nous verrons cependant plus loin que les variétés sucrières actuellement commercialisées en France possèdent des glomérules ne contenant qu'un fruit (semences monogermes).

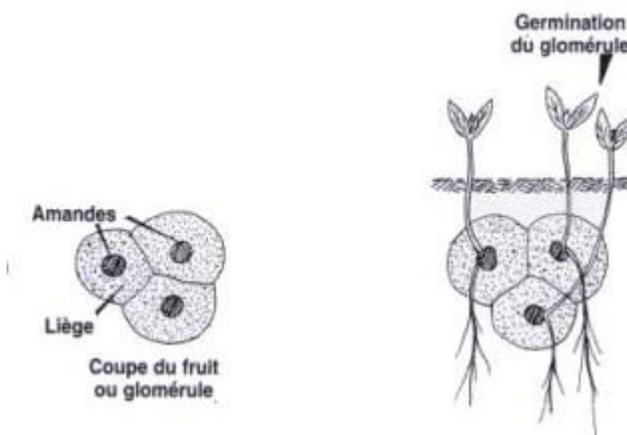


Figure 7 : Le glomérule de betterave sucrière (Soltner 1998)

2. Croissance et développement

A la différence de cultures à graines, où les cycles sont rythmés par des états morphologiques (levée, début montaison, floraison, maturité), il n'y a pas de stades morphologiques bien nets pour la betterave sucrière.

Les premières tentatives de description distinguaient trois périodes dans le cycle de la plante (Figure 8) :

- la **période juvénile**, de la germination au stade "16 feuilles",
- la **période d'adolescence**, du stade "16 feuilles" au stade "40 feuilles",
- la **période de maturation** ou de reproduction sexuée.

* La **période juvénile** comprend trois phases :

a) Une phase de différenciation des tissus primaires, qui s'étend de la germination au stade "2 feuilles vraies".

b) Une phase de différenciation des tissus secondaires, du stade "2 feuilles" au stade "6 feuilles". Les premières radicelles apparaissent durant cette phase.

c) Une phase de décortication et protubérisation du stade "6 feuilles" au stade "16 feuilles" : c'est le **début de la tubérisation** de la racine, **phase critique** pour la plante.

* La période d'adolescence

La jeune betterave différencie toujours des feuilles. Celles-ci demeurent en rosette. La racine grossit par entrée en fonction de cambiums multiples différenciant une série d'anneaux concentriques constitués de faisceaux criblovasculaires. A la fin de cette période (octobre), la racine a atteint sa structure, son poids et sa composition définitive.

* La période de maturation ou de reproduction sexuée

La betterave cultivée est bisannuelle. Cette période n'est donc atteinte qu'en deuxième année. Au cours de cette phase, la tige, jusque-là demeurée court-nouée (rosette végétative), s'allonge puis fleurit et fructifie (Figure). Deux ou trois tiges secondaires peuvent également se développer.

Mais cette vision du cycle a été fortement critiquée (en particulier, il n'y a pas de maturité : en l'absence de vernalisation, l'accumulation se poursuit dans la racine, puis dans le collet qui s'allonge alors de manière importante) et les travaux de différents chercheurs ont permis de proposer les stades suivants, qui reposent sur des relations allométriques (rapport du poids des feuilles au poids de la racine) et sur la stabilisation du taux de sucre dans la matière sèche (Figure 9) :

- **Germination-Levée** : Vie souterraine à partir des réserves, acquisition des paramètres de la croissance exponentielle (P_0 étant le poids à la levée et T_0 la date de levée).
- **De T_0 à T_1** : Apparition de la première paire de feuilles (T_1). On constate la diminution du rapport PR/PF (Poids de racine/Poids de feuilles), la croissance est due à l'activité des cotylédons.
- **De T_1 à T_2** : Stabilisation du PR/PF, proportionnalité entre l'apparition des anneaux méristématiques et l'émission des feuilles, croissance exponentielle en poids du bouquet foliaire et de la racine. Les feuilles sont de plus en plus grandes et à T_2 environ, apparaît la plus grande (6ème paire).
- **De T_2 à T_3** la racine progresse encore de façon exponentielle, mais plus le bouquet foliaire. On observe le décrochement du ratio Nombre de feuilles apparues/Nombre d'anneaux.
- **De T_3 à T_4** , qui marque la fin de l'augmentation de la teneur en sucre rapportée à la matière sèche (environ 75%). La croissance de la racine peut être considérée comme linéaire entre T_3 et T_4 et au-delà, la vitesse est variable en fonction des conditions de compétition et d'état du milieu (eau, rayonnement) et des plantes (état du feuillage).

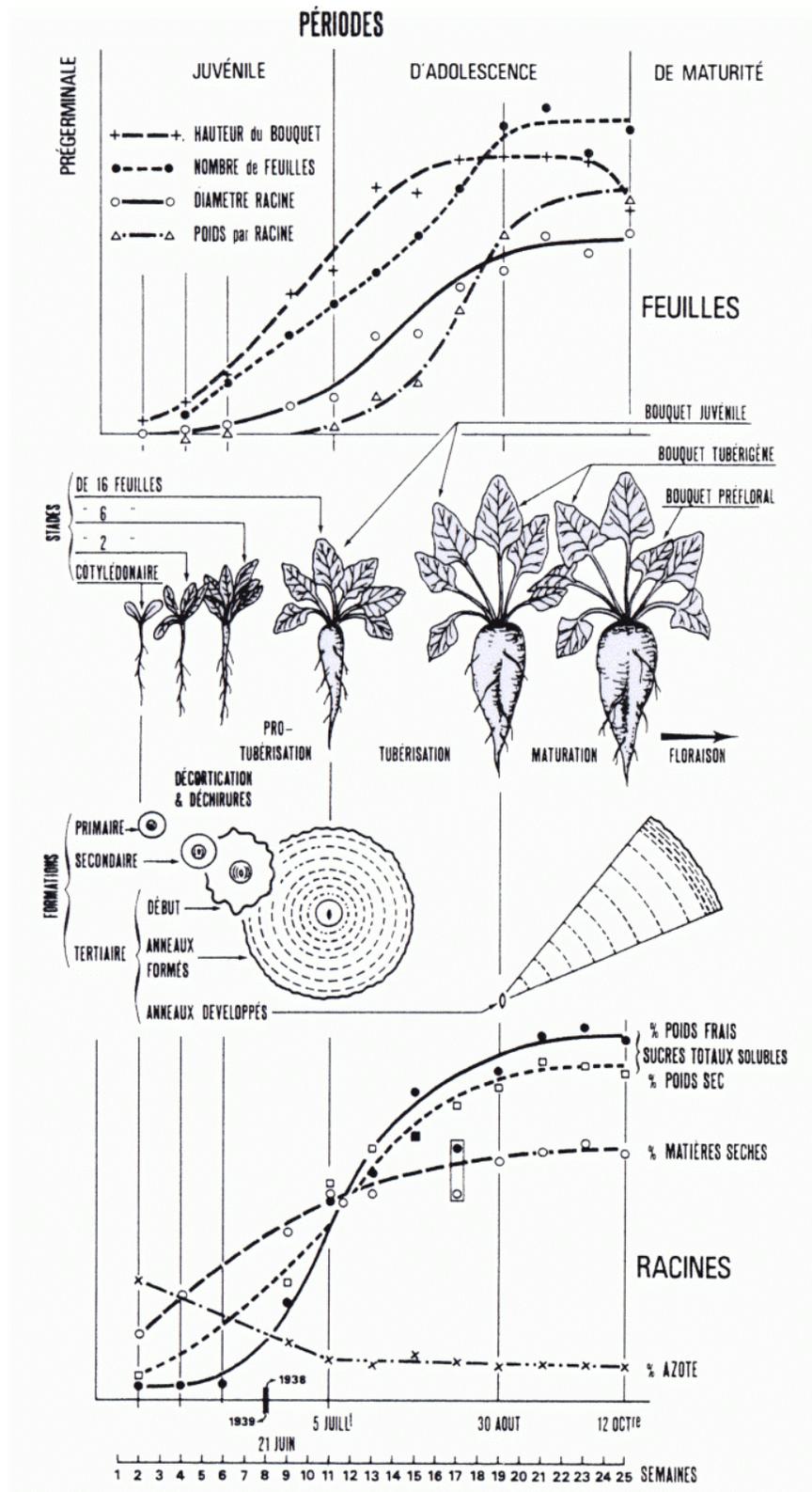


Figure 8 : Les étapes du cycle végétatif de la betterave (Moule 1982)

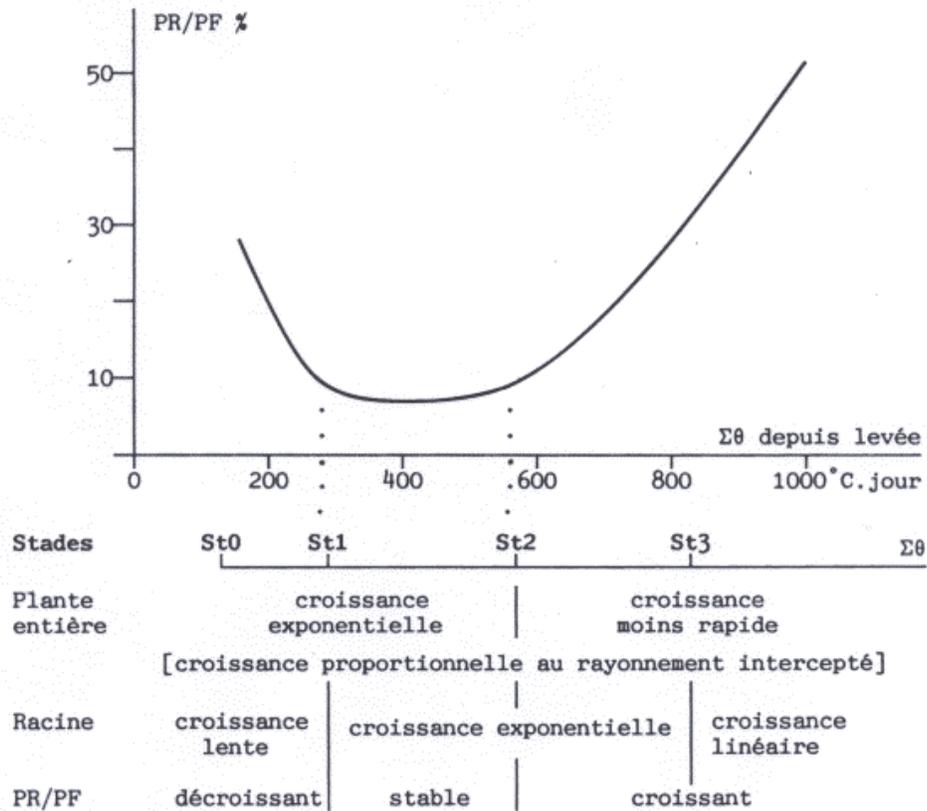


Figure 9 : Cycle de la betterave sucrière (Combe and Picard 1994)

*** Effets de la vernalisation et de la photopériode**

Pour monter et fleurir, la betterave a besoin d'une vernalisation à un stade assez avancé ("*stade 6 feuilles*"). Soumise en permanence à une température élevée, une betterave bisannuelle demeure en rosette végétative, même en jour continu. Mais elle serait également vernalisable au cours de la maturation des graines. Ceci justifie la production de semences en zones méridionales dans lesquelles se trouvent aussi des betteraves sauvages annuelles et polygermes, ce qui est gênant pour la production de lots de semences monogermes.

*** Effet de la température**

La germination débute aux environs de + 5°C; pratiquement, une température de l'ordre de + 8°C dans le sol est requise pour les semis. La vitesse d'apparition des états de développement est étroitement fonction de la température dans un intervalle de 1-2 à 18-20°C. On peut avancer les ordres de grandeur suivants : humectation de la semence : T0, minimum de 120° jour, fonction de la profondeur et des

obstacles dans le lit de semence; T0 à T1, 200 °.jour; T1 à T2, 300 °.jour; T2 à T3, 100 °.jour; T3 à T4, au moins 200 °C.jour².

Au stade jeune la betterave supporte mal les températures inférieures à + 4°C (ralentissement de la croissance et accroissement des risques de maladies fongiques). En semis très précoces, les dégâts dus aux **gelées de printemps** sont donc à craindre (à partir de - 3°C). En automne, elle supporte des gelées de - 5°C.

Pour la période de pleine croissance foliaire, l'action de la température serait optimale entre 20°C et 28°C, optimum variable avec la variété.

C - CONDUITE DE LA CULTURE

1. Place dans les systèmes de culture et choix variétal

La betterave sucrière est une culture à **forte marge brute** par hectare. Les agriculteurs ont donc tendance à lui réserver les sols de l'exploitation qui présentent les plus fortes potentialités. La betterave sucrière est intégrée dans des successions culturales où elle apparaît souvent tous les deux (BS/blé), trois (BS/blé/orge) ou quatre ans (BS/blé/pomme de terre/blé par exemple).

La betterave est une plante allogame à fécondation croisée. Les individus sont hermaphrodites, pour la plupart autostériles, le pollen étant transporté par le vent. En fait, pour cette raison, il y a hétérogénéité des souches constituées par des populations (groupes d'individus dont les caractéristiques, aussi homogènes que possible pour les principales qualités agronomiques, varient pour les caractères secondaires). Plusieurs « révolutions » successives en matière d'amélioration variétale de la betterave ont permis une augmentation des rendements et une diminution de la main-d'oeuvre nécessaire à la culture (Figures 10 et 11).

On utilise dans les croisements des betteraves tétraploïdes (4 n = 36 chromosomes), obtenues par traitement à la colchicine. Ces betteraves tétraploïdes sont croisées avec des diploïdes et donnent des variétés commerciales triploïdes. Les véritables progrès ont été accomplis grâce à l'obtention de **lignées mâles stériles** qui présentent des étamines avortées sans pollen et se comportent comme des lignées femelles permettant le croisement total : elles permettent de réaliser chez la betterave ce que l'on avait réussi chez le maïs 50 ans plus tôt : des hybrides à 100% utilisant pleinement la vigueur hybride.

L'autre grande découverte fut celle de souches monogermes génétiques, qui ont permis la suppression de la coûteuse opération de démariage. Pour cela, des lignées mâles stériles monogermes sont croisées avec des pollinisateurs multigermes tétraploïdes ou diploïdes donnant les semences monogermes actuelles.

² Les sommes de températures sont en base 0°C.

A l'origine, le glomérule est plurigerme : il donne ainsi naissance à plusieurs plantules (Fig. 6). Pendant longtemps on a dû procéder à un "démariage", opération consistant à éliminer les plantules les moins vigoureuses pour n'en laisser qu'une croûte de façon satisfaisante.

Parallèlement à l'économie de main-d'oeuvre, ces semences ont permis une amélioration des rendements par une généralisation des semis "en place" par semoir de précision : le nombre de plants à l'hectare est passé de 60/70 000 à 80/90 000, tandis que la quantité de semences nécessaire passait de 20 à 1.35 kg. Le semis "en place", associé à la mécanisation, a permis de semer la totalité des surfaces dans un temps très court, à la meilleure période de l'année.

En France, les semences sont souvent enrobées, ce qui leur donne une forme sphérique qui facilite l'utilisation des semoirs de précision. L'enrobage contenant des produits phytosanitaires (insecticides, fongicides) permet également de protéger la jeune plantule contre des maladies et ravageurs qui peuvent causer de graves dégâts.

Il existe de nombreuses marques commerciales de semences, mais seules quelques-unes sont largement utilisées.

On distingue trois grands types de variétés (cf annexe 1) :

- **Type E** (de l'allemand "Ertragreich", riche en rendement), à poids de racines élevé (900 g), mais pauvre en sucre (14-15%); sans intérêt pour l'industriel;
- **Type Z** ("Zuckerreich", riche en sucre), à teneur en sucre élevée (17-18%)³; racines coniques et petites (600 g);
- **Type N** ("Normalreich", normalement riche); teneur en sucre racines moyennes.

La variation variétale entre ces trois types E, Z et N, est continue. Les variétés appartiennent de façon plus ou moins nette à l'un de ces types et sont souvent intermédiaires. On les caractérise alors par deux lettres : EE (type très faiblement sucrier), NE, NZ et ZZ (type très fortement sucrier). Le choix variétal par les agriculteurs tient compte de la productivité, mais également de la résistance ou de la tolérance à certaines maladies ou certains parasites, et de la sensibilité à la montée à graine. En 2000, à titre d'exemple, 1/3 des variétés du marché sont résistantes à la rhizomanie.

³ La teneur en sucre peut être plus élevée en année sèche.

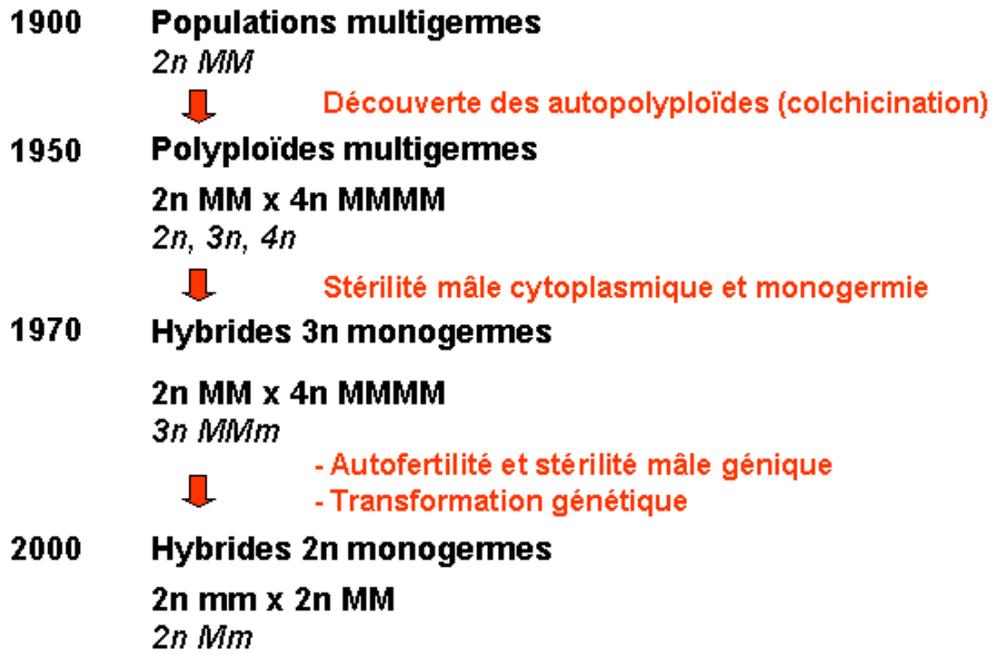


Figure 10 : Evolution de la structure variétale chez la betterave

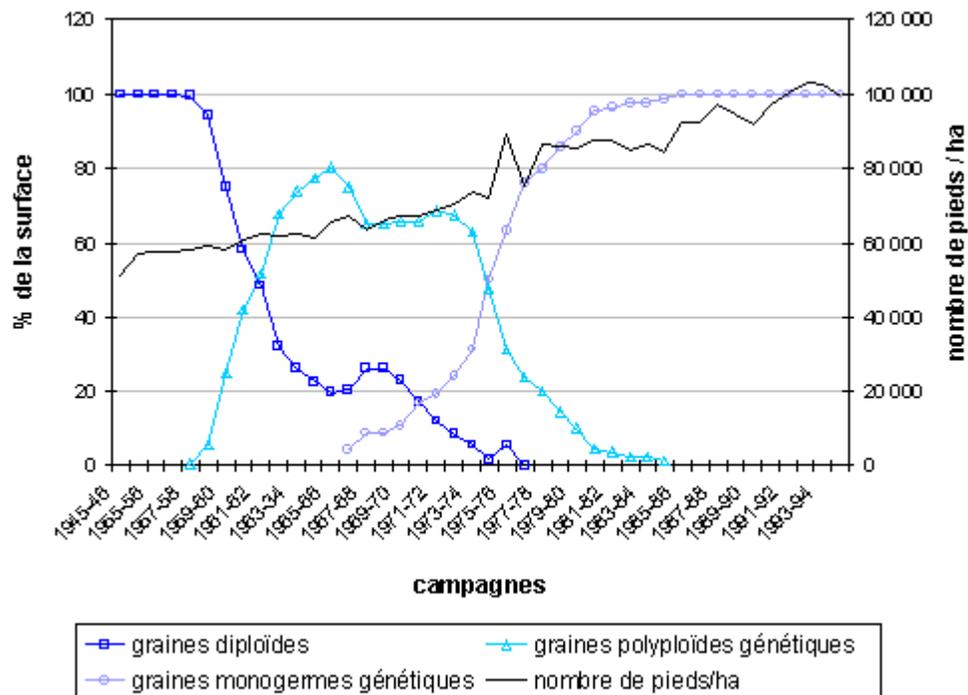


Figure 11 : Modification des semences de betteraves sucrières, impact sur le nombre de pieds à l'hectare

2. Implantation

Le raisonnement de la **date de semis** tient compte de la sensibilité à la vernalisation. Les températures basses rencontrées par les semis précoces (avant fin mars dans le Bassin Parisien) vont, si leur durée est suffisante (printemps froid), favoriser la montée, dans l'année même, d'une fraction plus ou moins importante des plantes, comme pour les betteraves sauvages. Cette **montée à graines** pourra entraîner des pertes importantes à la récolte (les réserves de la racine sont utilisées pour fabriquer la tige et les hampes florales). De plus, si on les laisse se resemer, on aura les années suivantes des betteraves "sauvages" difficiles à éliminer autrement qu'à la main des champs de betteraves cultivées. La graine de betterave sucrière étant par ailleurs de petite taille, et les aires de cultures correspondant aux plateaux limoneux du nord de la France sensibles à la battance, les agriculteurs évitent des semis trop précoces qui exposeraient trop les jeunes pousses à des risques d'orages printaniers, générateurs de croûte de battance empêchant la levée des graines semées. Par ailleurs, la date de récolte ne peut être repoussée indéfiniment (risque de ne pouvoir récolter si le sol est trop humide), et une date de semis trop tardive, qui raccourcirait trop la durée de croissance de la racine, pénaliserait le rendement. Les dates de semis sont ainsi généralement comprises entre **la mi-mars et la mi-avril**.

La maîtrise de la **densité de peuplement** est primordiale pour la réussite de la betterave sucrière. La densité de plantes/m² et sa régularité jouent en effet fortement sur le rendement (**Figure 12**), car il n'y a aucune possibilité de compensation des faibles densités par ramification. Par ailleurs, la densité joue également sur la qualité de la betterave récoltée. Celle-ci intègre la forme de la racine, mais aussi sa teneur en saccharose (richesse), et sa teneur en azote alpha-aminé et en potassium et sodium (impuretés), dont l'augmentation rend plus difficile l'extraction du sucre. Au-delà d'un certain poids de racine, la richesse diminue et la teneur en impuretés augmente (**Figure 13**).

Pour ces différentes raisons, on vise un peuplement d'environ 10 plantes/m disposées régulièrement sur la ligne (interlignes de 45 à 50 cm).

Les travaux du sol avant semis nécessitent une attention particulière de la part des agriculteurs. Le labour doit être réalisé de manière à ne pas laisser subsister dans le profil de zones compactes pouvant **déformer les racines** lors de leur croissance, et de manière à permettre un **affinement correct du lit de semences** par les opérations de travail superficiel ultérieures. Celles-ci visent à créer un lit de semences pas trop fin pour éviter les problèmes de battance, mais sans trop de mottes qui pourraient également représenter des obstacles à la levée. Les semoirs monograines de betteraves sucrières sont d'ailleurs équipés de multiples accessoires permettant un dernier travail du sol juste sur la ligne de semis, afin d'optimiser la structure obtenue.

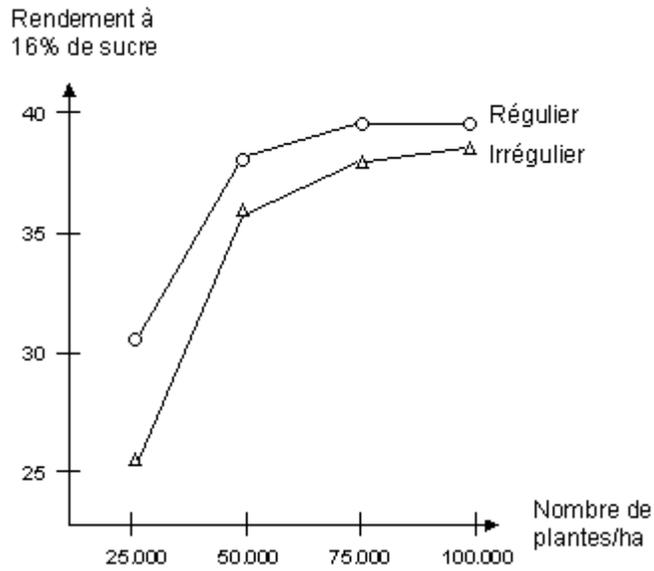


Figure 12 : Effet de la densité de peuplement sur le rendement de la betterave sucrière

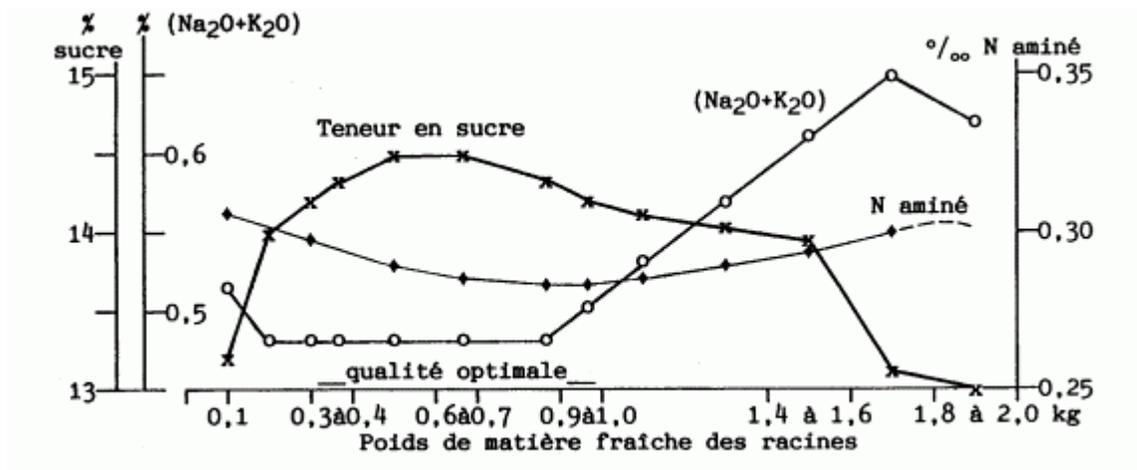


Figure 13 : Effet de la taille de la racine sur la richesse et la teneur en impuretés (Combe and Picard 1994)

3. Fertilisation

La fertilisation **azotée** doit être raisonnée au plus juste pour tenir compte de ses **effets en partie antagoniques sur le rendement et sur la qualité** (Figure 14). La quantité d'azote nécessaire pour le peuplement est d'environ 220 kg/ha; la fertilisation azotée doit intégrer, pour parvenir à cette quantité, les fournitures en azote par le sol, mais aussi les minéralisations des amendements organiques (fumiers, vinasses...) fréquemment apportés au sol pendant l'hiver précédant le semis de la betterave sucrière.

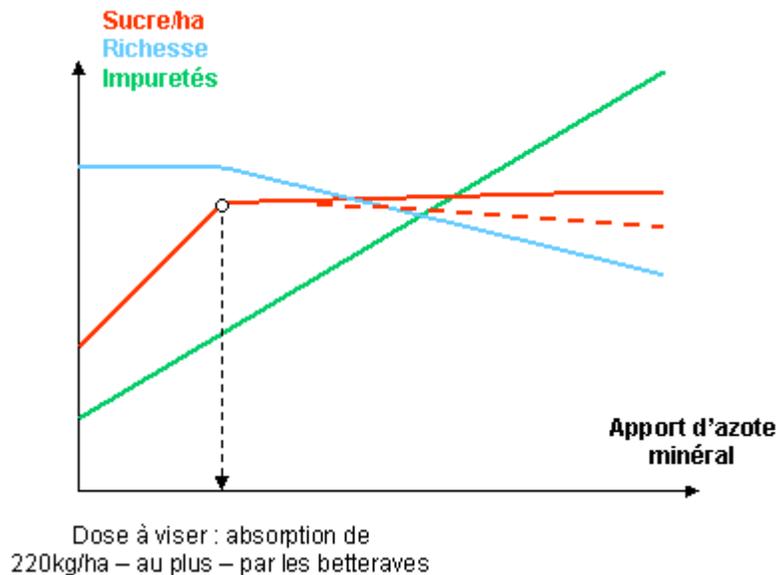


Figure 14 : Fertilisation azotée, rendement, richesse et impuretés

La fertilisation phospho-potassique est raisonnée selon les éléments donnés dans la première partie. La betterave sucrière est exigeante en ces éléments, mais un excès de fertilisation potassique peut être préjudiciable à la qualité. Il est donc particulièrement important, ici encore, de tenir compte des apports en P et K liés aux amendements organiques.

4. Protection phytosanitaire

La lutte contre les ennemis et les maladies de la betterave et contre les mauvaises herbes joue un rôle primordial sur l'élaboration du rendement de cette culture et aussi sur son prix de revient : on dit couramment que si un hectare de betterave donne un revenu brut d'une valeur de 100, il aura fallu dépenser, pour cultiver cet hectare, 25 à 30 de produits phytosanitaires, dont 15 à 20 d'herbicides (le désherbage, effectué à la main jusqu'en 1965, est maintenant largement réalisé par des herbicides spécifiques; le binage mécanique interligne garde cependant une importance notable, ainsi que certains passages manuels « de figolage » durant l'été).

Contrairement au maïs et au tournesol, dont le parasitisme est varié et changeant selon les conditions climatiques, la protection de la betterave est bien ciblée. Assurer le rendement, c'est barrer la route aux

ravageurs souterrains (par exemple les taupins et les blaniules). C'est aussi compléter cette protection par une application foliaire anti-pucerons afin d'éviter toute contamination de jaunisse virale.

a) Lutte contre les maladies

Les principales maladies de la betterave sont présentées au **tableau 1**. On constate, à la lecture de ce tableau, que les moyens de lutte ne reposent pas uniquement sur les produits chimiques : les techniques de travail du sol (enfouissement des résidus), la fréquence et le retour de la culture sur une même parcelle, sont également des moyens de prévention efficaces contre certaines maladies. Le tableau 4 donne les principaux fongicides utilisés sur betterave.

La maladie qui a pris le plus d'importance au cours des 15 dernières années est la **rhizomanie** - parce qu'il n'existe pas de lutte chimique actuellement, que ses dégâts sont très importants, et qu'elle se conserve longtemps dans le sol. Les surfaces atteintes sont de plus en plus importantes, la dissémination se faisant par taches, notamment par le biais des machines et des épandages d'effluents. On estime qu'en l'an 2000 la moitié des surfaces en betteraves sucrières en France sera concernée. Seul l'emploi de variétés tolérantes permet de limiter les dégâts.

b) Lutte contre les ravageurs

Le **tableau 3** donne les principaux ravageurs de la betterave sucrière.

Outre les interventions en cours de culture, les protections fongicide et insecticide des semences sont très importantes : une partie est assurée directement par le sélectionneur qui incorpore à l'enrobage des produits de lutte contre la cercosporiose et le phoma, et maintenant contre les insectes. L'agriculteur intervient également par des traitements localisés sur la ligne de semis à l'aide de localisateurs incorporés au semoir.

Les produits insecticides disponibles actuellement (**Tableau 4**) sont très efficaces, si l'on se conforme aux conditions d'emploi. Le problème est plutôt pour l'agriculteur de raisonner **l'opportunité** d'une intervention : il faut décider d'un seuil d'infestation à partir duquel le traitement devient rentable.

Le Service de la Protection des Végétaux met en place chaque année, en collaboration avec l'ITB et les sucreries, un réseau de piégeage et de comptage des populations de pucerons. Leurs avertissements constituent un outil indispensable pour raisonner la date des interventions et ainsi optimiser les traitements insecticides.

Tableau 1 : Les maladies de la betterave (Soltner 1998)

NOM	ORGANES TOUCHÉS	DESCRIPTION DÉGATS	MOYEN DE LUTTE
CERCOSPORIOSE <i>Cercospora beticola</i>	Feuilles	Apparition fin juin de petites taches brunes, cercleées de rouge 1 à 3 mm, qui, en se multipliant, dessèchent les feuilles. <i>Pertes en poids et densité.</i>	- Bon enfouissement des collets et du fumier ; - Désinfection des semences ; - Pulvérisation dès l'apparition des premières taches, d'un fongicide approprié.
RAMULARIA <i>Ramularia betae</i>	Feuilles	Taches arrondies, pouvant atteindre 1 cm de diamètre couleur blanche ou grise, bordée d'une marge foncée brune ou rouge. <i>Ne pas confondre avec la Cercosporiose. Cette maladie succède souvent à l'oïdium.</i>	Les traitements contre l'oïdium et la cercosporiose lutte efficacement contre l'alternaria.
ALTERNARIA <i>Alternaria tenuis</i>	Feuilles	Les feuilles les plus âgées commencent à jaunir, se couvrent de taches brunes irrégulières à bords arrondis (1 à 2 cm). Taches entre les nervures, se couvrant d'une abondante moisissure noire. Favorisé par une période de sécheresse prolongée. <i>Maladie peu importante.</i>	Cette maladie dénote de mauvaises conditions de végétation : déséquilibre nutritif, mauvaise structure du sol...
ROUILLE <i>Uromyces betae</i>	Feuilles	Taches arrondies avec pustule au centre. Apparaissent assez tardivement au cours de l'été (août). <i>Maladie peu importante.</i>	Peut provenir de fumier contaminé. Soigner l'enfouissement du fumier.
RHIZOCTONE violet <i>Rhizoctonia Violaeca</i>	Racines	Taches violacées et noirâtres, en-dessous desquelles la chair est altérée. <i>Maladie grave mais localisée. Après l'arrachage des silos entiers peuvent être contaminés.</i>	Aucun moyen pratique. - Eviter le retour trop fréquent de cultures sensibles (betteraves, luzerne, carotte, endive...) - Drainer les zones humides.
PIED NOIR FONTE DES SEMIS <i>Phoma betae</i> <i>Altemaria tenuis</i> <i>Phytilum de barayanum</i>	Jeunes plantules	Les plantules se couchent sur le sol et ne tardent pas à pourrir. Quand on arrache les plantules, on peut constater que la jeune radicule est transformée en filament brunâtre ou noir. Attaque de pré-émergence. <i>Dégâts importants.</i>	Traitement des semences.
OÏDIUM <i>Microsphaera betae</i> <i>Erysiphe betae</i>	Feuilles	Feutrage blanc à la surface des feuilles. Apparaît sous forme de foyers pouvant s'étendre. Les variétés actuelles sont particulièrement sensibles.	Traitements curatifs plutôt que préventifs dès l'apparition des premiers foyers avec produits à base de soufre.
MALADIE DU CŒUR Due à une carence en bore. Maladie souvent aggravée par le champignon <i>Phoma betae</i> .	Cœur	La partie centrale du collet se creuse et présente une pourriture brun-noir. Dessèchement du feuillage et développement de bourgeons foliaires secondaires.	Corriger la carence en bore du sol par des apports d'engrais boratés. Eventuellement pulvérisations de solutions boratées.
RHIZOMANIE Maladie à virus transmise par le champignon <i>Polymixa betae</i> .	Feuilles et racines	Flétrissement du feuillage aux heures chaudes, début juillet, de betteraves isolées ou groupées par taches. Les betteraves atteintes présentent un chevelu racinaire "poivre et sel" très important, et une forte réduction de croissance du pivot.	Allonger la rotation.
JAUNISSE Maladie à virus transmise par le puceron vert du pêcher <i>Myzus persicae</i> et le puceron noir <i>Aphis fabae</i> .	Feuilles	Voir description et lutte planche 8-30	

(*) On peut maintenant utiliser également des variétés tolérantes, indispensables en zones très infestées

Tableau 2 : Principaux fongicides utilisés sur betterave (ITB)

Spécialité	Matières actives	Firme
ALTO BS PEPITE	cyproconazole + fentine acétate	SYNGENTA
ARMURE	difénoconazole+propiconazole	SYNGENTA
CAPITAN S	flusilazol	DU PONT DE NEMOURS
CASTELLAN S	fluquinconazole + soufre	AVENTIS
IMPACT R SOPRA	flutriazol + carbendazime	CHEMINOVA
IMPACT SOPRA	flutriazol	CHEMINOVA
INITIAL	flusilazole + fenpropimorphe	DU PONT DE NEMOURS
MICROTHIOL spécial	soufre	ELF ATOCHEM AGRI
MONNAIE	époxyconazole + fenpropimorphe	BASF
OGAM	krésoxim-méthyl + époxyconazole	BASF AGRO
PUNCH CS	flusilazol + carbendazime	DU PONT DE NEMOURS
SPYRALE	difonoconazole + fenpropidine	SYNGENTA
THIOVIT"MICROBILLES"	soufre	SYNGENTA
TIMBAL F	tétraconazole+fentine-acétate	SIPCAM

Tableau 3 : Les animaux nuisibles de la betterave (Soltner 1998)

NOM	ORGANES TOUCHÉS	DESCRIPTION	DÉGATS	LUTTE
ATOMAIRE <i>Atomaria linearis</i>	Jeunes racines	Très petit insecte allongé, brun ou noir de 1 mm de long, difficile à percevoir.	Piqûres des jeunes racines au-dessous de la surface du sol d'où cassure des betteraves au niveau du collet. Dégâts importants.	Traitement insecticide des semences ou insecticides microgranulés. Allonger la rotation.
BLANIULE <i>Blaniulus guttulatus</i>	Plantules	Mille-pattes blanchâtres (15-20 mm), souvent groupés en paquets autour des racines ou des jeunes racines.	Dessèchement, noircissement et disparition de plantules attaquées. Dégâts importants.	Traitement insecticide des semences ou insecticides microgranulés. Améliorer la décomposition des pailles et fumiers.
NEMATODES <i>Heterodera schachtii</i>	Racines, collets	Ver dont les kystes forment de petites boules blanches sur les racines.	Les betteraves atteintes sont très chevelues et restent chétives. Dégâts importants.	Traitement éventuel avec nématicide après analyse de la densité de pullulation. Allonger la rotation.
TAUPINS <i>Agriotes sp.</i>	Jeunes racines	Insecte dont seule la larve est nuisible : ver fil de fer de couleur jaune.	Morsures sur racines ; provoque la fonte des semis. Dégâts importants.	Traitement insecticide des semences ou insecticides microgranulés.
ALTISES <i>Chaetocnema tibialis</i>	Feuilles	Petite puce vert métallique de 1 à 2 mm, visible par temps ensoleillé.	Petites morsures arrondies sur le bord des feuilles. Dégâts rares.	En cas de forte pullulation, poudrage ou pulvérisation avec insecticide autorisé.
CHARANÇON <i>Tanymecus palliatus</i>	Feuilles	Insecte gris de 5 mm de long.	Détruit les feuilles de jeunes betteraves ou sectionne les tiges au niveau du sol. Dégâts parfois assez graves.	En cas de forte pullulation, poudrage ou pulvérisation avec insecticide autorisé.
NOCTUELLE <i>Autographa gamma</i>	Feuilles	Papillons dont les chenilles seules sont nuisibles ; celles-ci sont de couleur grise et de 3 cm de long.	Détruisent complètement la partie aérienne des jeunes betteraves.	Appâts empoisonnés à base de son additionné d'un insecticide autorisé.
PEGOMYIE <i>Pegomyia betae</i>	Feuille	Mouche dont la larve mine les feuilles ; 3 générations par an ; seule la première est dangereuse.	Les galeries creusées par les larves se réunissent et se dessèchent ; en cas d'attaque grave, les jeunes plantes peuvent mourir.	Pulvérisation avec un produit à base d'un insecticide autorisé.
TEIGNE <i>Scrobipalpa ocellatella</i>	Feuilles	Papillon analogue à une mite, dont la petite chenille blanche à rayures rouges, vit dans le cœur de la jeune betterave.	Pourriture et destruction du bouquet central. Dégâts importants en Charente-Maritime, Côte-d'Or, Vallée du Rhône.	Avant que la chenille ne s'enferme dans les feuilles centrales, placer dans le cœur de la betterave des microgranules insecticides. Lutte très difficile.
PUCERONS Puceron noir <i>Aphis fabae</i> Puceron vert du pêcher <i>Myzus persicae</i>	Feuilles	Pucerons ailés ou non vivant en colonies dans les replis des feuilles. Le puceron vert est difficile à détecter.	Par leurs piqûres ils transmettent aux betteraves des virus, notamment celui de la jaunisse : les feuilles jaunissent, s'épaississent, deviennent cassantes. Les nervures restent vertes.	Pulvérisation d'un insecticide de préférence systémique dès l'apparition de 5 à 10 pucerons sur 10 betteraves, avant le 25 mai en région parisienne, ou le 10 juin plus au Nord. Le traitement insecticide des semences protège les jeunes betteraves pendant les premières semaines.

Tableau 4 : Principaux insecticides utilisés sur la betterave (ITB)

Spécialités	Matières actives	Firmes
AZTEC	triazamate	BASF AGRO
BEST	deltaméthrine + pyrimicarbe	AVENTIS
CARDINAL	fipronil + aldicarbe	AVENTIS
COUNTER PLUS	terbufos	BASF AGRO
CURATER	carbofuran	BAYER
DECIS	deltaméthrine	AVENTIS
DOCTUS	triazamat	SIPCAM
DRIFENE AP	endosulfan + parathion éthyl	AVENTIS
DURSBAN 2	chlorpyriphos + éthyl	DOW AGROSCIENCES
ENDURO	beta-cyfluthrine + oxydemeton méthyl	BAYER
ESPADON	carbofuran	PHYTORUS
FASTAC	alphamétrine	BASF AGRO
KARATE K	lambda-cyhalothrine + pyrimicarbe	SYNGENTA
KARATE X Press	lambda-cyhalothrine	SYNGENTA
KARATE Zeon	lambda-cyhalothrine	SYNGENTA
MAGEOS	alphamétrine	BASF AGRO
MAVRIK B	fluvalinate + thiométon	MAKTESHIM AGAN FRANCE
OKAPI GF	lambda-cyhalothrine+pyrimicarbe	SYNGENTA
PIRIMOR G	pyrimicarbe	SOPRA
SCHUSS	fipronil	AVENTIS
SPI	carbosulfan	BELCHIM
SUMI ALPHA	Esfenvalérate	PHILAGRO
SUMITON	Esfenvalérate + oxydéméthon méthyl	BASF AGRO
TALSTAR	bifenthrine	AVENTIS
TEMIK 10 G	aldicarbe	AVENTIS

c) Lutte contre les adventices (cf. [annexe 2](#))

Le désherbage de la betterave sucrière associe très fréquemment **une lutte chimique à un binage**, que la grande largeur entre rangs et la faible hauteur de la culture permettent facilement.

Les produits herbicides sont souvent utilisés en mélange, et appliqués en plusieurs passages. En annexe figurent les principaux produits de désherbage utilisés en culture de betterave sucrière.

5. Récolte

La récolte est réalisée par des machines qui combinent les opérations **d'arrachage, d'effeuillage, de décolletage, et de chargement**. Les betteraves sont ensuite déposées en tas en bout de champ, avant d'être reprises par camion et emmenées aux sucreries. Celles-ci ne disposant pas de capacités de stockage importantes, afin que la qualité ne se détériore pas lors de l'entreposage au champ, **l'arrachage s'étale sur plusieurs semaines**. Cet étalement vaut pour l'ensemble d'une sucrerie, mais également pour chaque exploitation (dès que sa sole betteravière est suffisante); ceci afin de ne pas pénaliser certains agriculteurs, ceux qui seraient contraints de livrer les premiers l'ensemble de leur production (puisque la durée du cycle joue sur le rendement).

Lors de la récolte, on cherche à **minimiser les pertes** par casse des racines d'une part, et la masse de terre qui adhère aux racines (la « **tare terre** ») d'autre part. Ces deux critères de qualité se détériorent lorsque le climat est pluvieux lors de la récolte, et d'autant plus que les sols sont argileux.

Annexe 1- Les variétés sucrières en 2001 (d'après Semences et Progrès n° 110)

Betteraves sucrières																	
Distributeurs	Variétés	Spécificités					Années d'inscription	Obtenteurs	Type commercial	Types d'enrobage proposés						Coloration des graines	
		rhizomanie	rhizomanie + (1)	aphanomyces	nématode	rhizoctone				tare terre	Advanta	Cappelle	Cermer-91	Germain's	KWS		Danisco
Agrosem Ringot Betteraves	Arizona	•					98	Agra (IT)	N								bleu
	Astina						98		N-NZ								
	Béluga*						99	N-NE									
	Bienvenue			•			95	Syngenta Seeds	NE								
	Brazzil°		•				01	Agra (IT)	N								
	Epure***						99		N-NE								
	Evasion				•		96	Syngenta Seeds	?								
	Hoggar		•				00		N								
	Larédo°°		•				99	Agra (IT)	NE								
	Sensas						00	Syngenta Seeds	N								
Alpha Semences	Granate	•					ce	Lion Seeds (GB)	NE							jaune	
	Kaora						01		N-Z								
	Lionne n° 4						99		N								

(1) **Rhizomanie +** : variété tolérante à la rhizomanie, également supérieure aux témoins en zone indemne.

(ce) : **Granate** n'est pas inscrite au Catalogue français, mais peut être commercialisée en France grâce à son inscription au catalogue européen.

Conseils ITB :

*** variété classique conseillée

** variété classique recommandée (2 ans d'expérimentation)

* variété classique signalée (1 an d'expérimentation)

°°° variété tolérante à la rhizomanie conseillée

°° variété tolérante à la rhizomanie recommandée (2 ans d'expérimentation)

° variété tolérante à la rhizomanie signalée (1 an d'expérimentation)

Note : La coloration des graines peut être intéressante quand l'agriculteur veut rechercher les graines dans la terre (pour vérifier la précision du semis par exemple). Pour certaines entreprises de sélection la couleur peut aussi constituer un élément promotionnel. C'est la raison pour laquelle les couleurs sont différentes d'une entreprise à l'autre, même quelquefois pour un type d'enrobage identique

Betteraves sucrières (suite)																		
Distributeurs	Variétés	Spécificités					Années d'inscription	Obtenteurs	Type commercial	Types d'enrobage proposés						Coloration des graines		
		rhizomanie	rhizomanie + (1)	aphanomyces	nématode	rhizoctone				tare terre	Advanta	Cappelle	Cermer 91	Germain's	KWS		Danisco	Suet-Knolle
GAE Semences	Cartouche	•					99	Kuhn (NL)	NE	•							enrobées : <i>bleu</i>	
	Gavroche	•					02		N	•								
	Jumper					•	96		N-NE	•								
	Lafayette						01		N	•								
	Syracuse						99		N-NZ	•								
Danisco Semences	Manila*						01	Danisco Semences (FR)	N-NE						•	nues et enrobées : <i>pelliculées en vert</i>		
	Mekka						98		N						•			
	Panama						95		N-NE						•			
	Tahiti	•					01		N-NE						•			
	Toronto						97		N						•			
	Verona	•					00		N						•			
Deleplanque et Cie	Alezan ^{oo}		•				00	Dr. H. Strube (DE)	N		•				•	nues et enrobées : <i>bleu</i>		
	Alpage ^o		•				01	N		•					•			
	Cardinal						92	Schreiber's (DE)	N-NZ		•				•			
	Dacota ^{ooo}	•					97	Dieckmann (DE)	N		•				•			
	Disco						94	N		•					•			
	Eole						00	Dr. H. Strube (DE)	NE		•				•			
	Jacana ^{***}						99	Dieckmann (DE)	N-NE		•				•			
	Khazar ^{**}						98	Dr. H. Strube (DE)	N-NZ		•				•			
	Lynx ^{***}						95	N		•					•			
	Maléo		•				00	Dieckmann (DE)	N		•				•			
	Rhist ^{ooo}	•					99	Dr. H. Strube (DE)	NE		•				•			
	Sterna	•					99	Dieckmann (DE)	N-NZ		•				•			
	Tellus						94	Dr. H. Strube (DE)	N-NZ		•				•			
Titus ^{***}						97	NE		•	•				•				
Florimond Desprez	Amélie						89	Florimond Desprez (FR)	N-NZ	•						nues et enrobées : <i>bleu</i>		
	Cathy						99		N	•								
	Judith						99		N	•								
	Reggae		•				00		N-NE	•								
	Salsa	•					00		N-NE	•								
Hilleshög	Access						94	Syngenta Seeds	N						•	enrobées : <i>pelliculées en bleu</i>		
	Active						01		N						•			
	Alliage ^{***}					•	99		N						•			
	Clip		•				98		N-NE						•			
	Comète			•		•	92		N						•			
	Envol ^{**}						00		N						•			
	Nemakill				•		96		NE						•			
	Slalom						01		NZ						•			
	Studio ^o	•					01		NE						•			
Victoire ^{oo}	•				•	00	NE						•					

Betteraves sucrières (suite)																	
Distributeurs	Variétés	Spécificités					Années d'inscription	Obtenteurs	Type commercial	Types d'enrobage proposés						Coloration des graines	
		rhizomanie	rhizomanie + (1)	aphanomyces	nématode	rhizoctone				tare terre	Advanta	Cappelle	Cermer 91	Germain's	KWS		Danisco
KWS France	Anema				•		97	KWS (DE)	N-NE					•			nues et enrobées : <i>orange</i>
	Angelina ^{ooo}		•				99		N					•			
	Ariana ^{***}						98		N					•			
	Aurélia ^{***}						98		NZ-N					•			
	Bénédicta						01		N-NE					•			
	Brigitta ^{oo}		•				00		N-NE					•			
	Candida	•					01		NZ-N					•			
	Daniela ^{**}						00		N					•			
	Dorena ^{oo}		•				00		N					•			
	Fioretta		•				01		N-NE					•			
	Johanna		•				00		NZ-N					•			
	Juvéna*						01		NZ-N					•			
	Laetitia		•			•	98		N					•			
	Olympia					•	98		NZ-N					•			
	Ophelia						97		N-NE					•			
	Paloma ^{***}						99		N					•			
Paulina		•			•	01	N					•					
Roberta						92	N-NE					•					
Véronica ^{ooo}		•				98	N					•					
Ets Lemaire Deffontaines	Armure		•				99	Delitzsch (DE)	NZ-N					•		nues et enrobées : <i>vert</i>	
	Avignon		•				00		N					•			
	Monarch						01		N					•			
Momont	Chrono						00	Betaseed (US)	N		•					nues et enrobées : <i>vert</i>	
	Excel						94		N-NZ		•						
	Liberté						93		N-E		•						
	Parade ^{ooo}		•				99		NE		•						
	Progress		•				00		N		•						
SES France	Baladin						01	SES Europe (BE)	N	•						nues et enrobées : <i>bleu</i>	
	Climax						99		N	•							
	Crocodile ^{oo}		•				00		N	•							
	Rafal ^{ooo}		•				99		N	•							
	Sharma						00		N-NZ	•							
	Shéri ^{ooo}		•				98		N	•							
Sonate ^{***}						98	N	•									
VanderHave France	Agora		•				97	VanderHave (NL)	N	•						nues et enrobées : <i>vert</i>	
	Baccara ^{oo}		•				00		NZ-N	•							
	Centaure ^{***}						97		NE	•							
	Décibel*						01		NZ	•							
	Généal ^o		•				01		N	•							
Pépité ^{**}						99	N-NE	•									

Annexe 2 : Les herbicides de la betterave (source : ITB)

Spécialité	Matières actives	Firmes
AGIL	propaquizafof	MAKTESHIM AGAN FRANCE
BETANAL PROGRESS OF	phenmediphame + desmediphame + éthofumésate	AVENTIS
BETANAL TRIO SF	phenmédiphame + éthofumésate + métamitronne	AVENTIS
BETTER DF	chloridazone	SIPCAM
BICEPS SC	phenmédiphame + desmédiphame + éthofumésate	SIPCAM
BOXER EC	éthofumésate	SIPCAM
BOXER SC 500	ethofumesate 500 g/l	SIPCAM
CENTURION 240 EC	cléthodim	SIPCAM
COMPACT PRO	phenmediphame + desmediphame	AVENTIS
CROTALE	phenmédiphame	FLEXAGRI
ELOGE	haloxyfop - éthoxyéthyl R	BAYER
FASNET EC	phenmediphame	SIPCAM
FASNET SC	phenmédiphame	SIPCAM
FOLY R	clétodime + mouillant	SIPCAM
FUSILADE X 2	fluazifop-P-butyl	SYNGENTA
GOLTIX ULTRA 90	métamitronne	BAYER
GOLTIX ULTRADISPERSIBLE	métamitronne	BAYER
GRIZZLI 70 DF	metamitronne 70%	SIPCAM
LONTREL	clopyralid	DOW AGROSCIENCES
MURENA	éthofumesate	PHYTORUS
PATROL	éthofumésate	FLEXAGRI
PHYTORPHAM 0-157	phenmediphame	PHYTORUS
PILOT	quizalofop-éthyl	PHILAGRO
PYRAMINE DF	chloridazone	BASF AGRO
REBELL T	quinmérac + chloridazone	BASF
SAFARI	triflousulfuron-méthyl	DU PONT DE NEMOURS
STRATOS ULTRA	cycloxydime	BASF
TARGA D +	quizalofop - éthyl	AVENTIS
TRAMAT F	éthofumésate	AVENTIS
VENZAR	lénacile	DU PONT DE NEMOURS
VESUVE	quizalofop-éthyl + cléthodime	PHILAGRO
ZEPLIN	quinmerac+chloridazone	BASF

BIBLIOGRAPHIE

Combe, L. and D. Picard (1994). Elaboration du rendement des principales cultures annuelles. Paris, INRA.

Moule, C. (1982). Plantes sarclées et diverses. Paris, La Maison Rustique.

Soltner, D. (1998). Les grandes productions végétales : céréales, plantes sarclées, prairies. Sainte-Gemme-sur-Loire, Sciences et Techniques Agricoles.

Semences et Progrès n°110 (janv-fév-mars 2002).

Site de l'ITB : <http://www.institut-betterave.asso.fr/>