

DIVERSITE DES PLANTES CULTIVEES

Recueil de vocabulaire agricole et bases agronomiques

Fiches de synthèse pour 7 grands types de plantes cultivées :

Le blé tendre d'hiver

Le maïs

La pomme de terre

Le soja

Les prairies cultivées

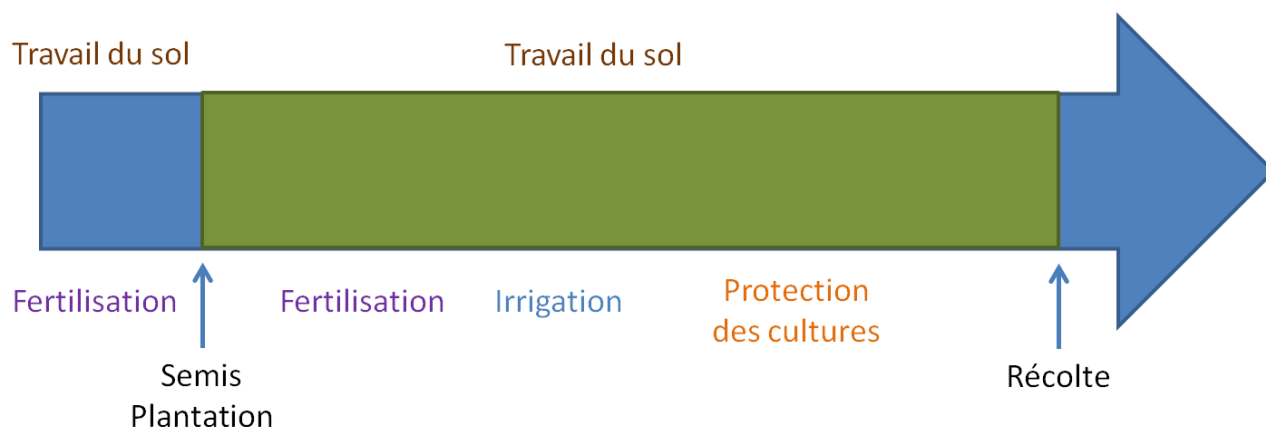
La tomate

Le pommier

TABLE DES MATIERES

Diversité des plantes cultivées	1
Table des matières.....	2
Techniques culturales – Définitions (d’après le Larousse agricole, 2002)	3
Surfaces, rendements et production récoltée en céréales, oléagineux et protéagineux en France en 2010-2011	8
Surfaces, rendements et production récoltée en pomme de terre en France en 2010-2011	9
Calendriers culturaux des principales plantes cultivées en France	10
Le blé tendre d'hiver	12
<i>Triticum aestivum</i>	12
Le maïs (grain et fourrage).....	20
<i>Zea mays</i>	20
La pomme de terre	30
<i>Solanum tuberosum</i>	30
Le soja	39
<i>Glycine max</i> (L.).....	39
Les prairies cultivées	48
La Tomate	60
<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.	60
Le Pommier	70
<i>Malus domestica</i> Borkhausen.....	70
Lexique.....	79

Ce document se conçoit comme un recueil de bases sur les techniques culturales et les principaux types de plantes cultivées en France. Les mots suivis d’un astérisque sont repris dans le lexique.



TRAVAIL DU SOL

Ensemble de pratiques culturales visant à mettre le sol dans un état favorable à la production.

Le travail du sol avant le semis a pour but d'assurer la destruction mécanique de la végétation adventice et des repousses de la culture précédente, d'éviter la prolifération des parasites, d'enfouir les résidus de récolte, les amendements et les engrais de fond, d'améliorer le stockage et la circulation de l'eau dans le sol, de créer un état structural favorable à la germination des semences ainsi qu'à l'installation et au bon fonctionnement du système racinaire, et enfin de niveler la surface du sol afin de faciliter le fonctionnement du semoir. Il comprend généralement un travail profond sur une épaisseur de sol variant de 20 à 40 cm, suivi d'un travail superficiel (ou reprise de labour) dont l'objectif principal est de préparer le lit de semences.

Enfin, le binage et le sarclage ont pour objectif d'entretenir les cultures en rangs après la levée, en ameublissant le sol en surface et en détruisant mécaniquement les adventices.

L'opération type de **travail profond** est le labour, le plus souvent réalisé à l'aide d'une charrue à versoir, plus rarement avec une charrue à disques ; cette opération se caractérise par un retournement de l'ensemble de la couche de terre travaillée. Diverses opérations de travail du sol en profondeur, mais sans le retourner, peuvent aussi être réalisées avec une sous-soleuse, un chisel lourd, une machine à bêcher ou un décompacteur.

Les **travaux superficiels** du sol sont effectués à l'aide d'outils à disques (pulvérisateur à disques, cover-crops), ou à dents. Parmi ces derniers, on distingue ceux qui sont animés par la prise de force du tracteur (hermes alternatives, hermes rotatives, cultivateurs à axe horizontal), de ceux qui sont simplement traînés par le tracteur (vibroculteurs, chisels légers ou hermes). Enfin, la préparation du lit de semences peut être complétée par un passage de rouleaux, dont l'objectif est de tasser légèrement le sol, parfois de compléter l'action d'émiettement des outils à dents ou à disques.

La préparation du sol peut être simplifiée ou réduite à une seule opération. Pour des raisons d'économie de matériel, de carburant et de temps, ou pour préserver le sol de l'érosion, on peut même procéder au **semis direct** (à l'aide d'un semoir adapté) sur les résidus de la culture précédente, sans travail du sol préalable.

Il n'y a pas, pour une culture, un itinéraire de travail du sol type. Le choix d'un mode de préparation est complexe ; il doit tenir compte du type de sol et de climat, de l'état de la parcelle laissé par la culture précédente, des exigences de la culture à mettre en place, du temps et des équipements disponibles.

PLANTATION

Mode d'implantation des cultures basée, par opposition au semis, sur la mise en terre soit d'un plant (jeune plante issue d'une semence que l'on a fait germer et lever à l'abri), soit d'un fragment de végétal (tige, tubercule, rejet, ...) Exemple : pomme de terre.

SEMIS

Mise en terre des semences.

Ce terme est employé par opposition à la plantation, qui consiste à mettre en terre des plants ou des tubercules. Selon les espèces et le mode de culture, le semis peut se faire en place ou en pépinière.

En **grande culture**, le semis se fait en place, dans un sol généralement préparé par un labour profond suivi d'une ou de plusieurs reprises de labour destinées à favoriser au mieux la germination des graines puis la levée des plantules. Le semis proprement dit s'effectue ensuite à l'aide d'un semoir de précision pour les cultures en rangs, d'un semoir à céréales pour les autres (colza, pois, ...), généralement en ligne. Mais on peut également semer à la volée en jetant les semences ou les graines sur le champ, sans ordre mais en respectant un objectif de densité. Autrefois pratiqué à la main, le semis à la volée est réalisé aujourd'hui à l'aide de semoirs-centrifuges. Ce type de semis est adapté à la mise en place des prairies. Il est de plus en plus courant, surtout pour les céréales et les oléoprotéagineux, de simplifier cette étape de l'itinéraire technique : en supprimant l'opération de labour profond, en réduisant le nombre de passages lors de la reprise, ou en combinant reprise et semis en un seul passage. A l'extrême, les matériels de semis direct permettent d'enfouir directement les graines sans travail du sol préalable, mais cela peut poser d'autres problèmes (maîtrise des mauvaises herbes, des parasites, de l'état structural du sol) qu'il faut résoudre en adaptant l'ensemble de la conduite de la culture.

En **culture maraîchère** et en **horticulture**, le semis s'effectue soit en place, soit en pépinière. En pépinière, les graines sont souvent semées dans des petits cubes de tourbe. La germination s'effectue sous abri dans des conditions de température, d'humidité et de lumière optimale, de manière à avoir une levée aussi rapide et régulière que possible. On repique ensuite le jeune plant avec cube de tourbe, après avoir préparé puis paillé le sol. Le semis en place s'effectue le plus souvent en ligne, car cela facilite les opérations d'entretien et d'éclaircissements de la culture. La préparation du sol se fait en deux temps, travail profond puis reprise, en veillant à obtenir un lit de semences très fin car en général les semences maraîchères sont de très petite taille. Les semences sont traitées afin d'assurer une protection phytosanitaire dès le début de la culture. Lorsque le semis est effectué à la main, on sème soit en ligne, soit en poquet (pour les graines les plus grosses). Une fois la levée effectuée, on sélectionne les plants les plus vigoureux (démariage).

FERTILISATION

Amélioration d'un sol par apport d'engrais ou d'amendements.

La fertilisation améliore l'aptitude d'un milieu à satisfaire les besoins des cultures pour assurer une production de qualité, tout en garantissant la sécurité alimentaire. L'apport de matières fertilisantes (amendements*, engrais) permet :

- la correction de l'acidité du sol, qui s'obtient par l'épandage d'amendements minéraux basiques calcaires et/ou magnésiens ;
- le maintien du taux d'humus, assuré par le retour des résidus de cultures, l'enfouissement des déjections animales (fumier, lisier) et le recyclage des sous-produits industriels ou urbains ;
- la satisfaction des besoins en éléments minéraux des végétaux : l'apport d'engrais permet de compenser les prélèvements d'éléments minéraux par les plantes et leur transfert vers les zones de consommation (villes et exportations). Les engrais minéraux permettent de mettre à disposition des plantes cultivées de l'N, P et du K ; éléments minéraux nécessaires à la croissance et au développement des cultures. Ces apports peuvent aussi permettre de renforcer les quantités d'éléments minéraux dans les sols qui en contiennent insuffisamment. Cependant, les pratiques de fertilisation ne sont pas les seules à améliorer la fertilité des milieux. Elles doivent s'inscrire dans des systèmes où la succession des cultures et l'ensemble des techniques culturales contribuent au fonctionnement durable de l'agriculture.

IRRIGATION

Apport artificiel d'eau à des plantes cultivées, qui a pour but de compenser l'insuffisance des précipitations naturelles et de permettre la croissance et le développement de ces plantes.

Cette technique est apparue dès le début de l'agriculture. Elle comprend deux étapes principales : la mobilisation des ressources en eau (cours d'eau, lacs, nappes souterraines, sources, etc.) et la distribution de l'eau collectée aux plantes cultivées.

L'irrigation présente surtout de l'intérêt dans les zones arides ou semi-arides dans lesquelles les besoins en eau des plantes sont toujours supérieurs aux ressources, mais elle est aussi pratiquée dans les zones plus humides pour régulariser la production et éviter des déficits en eau à des moments critiques du cycle de croissance. On utilise aussi les apports d'eau pour pratiquer une fertilisation simultanée (irrigation fertilisante) et pour lutter contre le gel.

TECHNIQUES D'IRRIGATION

Il existe deux moyens d'apporter de l'eau à la plante : soit en simulant la pluie (irrigation par aspersion), soit en alimentant directement les racines (irrigation gravitaire).

L'irrigation par aspersion consiste à arroser les plantes par une pluie de gouttelettes. C'est la technique la plus courante en Europe. Un appareil de pompage alimente sous pression (7 à 8 bar) des conduits amenant l'eau aux appareils de distribution (canons, asperseurs, etc.) qui répartissent les gouttelettes sur une surface souvent circulaire. Les installations sont fixes ou mobiles. Une couverture totale et permanente est rarement réalisée : elle supprime la main d'œuvre mais coûte cher en investissement. Elle peut se déclencher automatiquement selon un programme préétabli. L'irrigation par aspersion n'exige aucun aménagement préalable ; elle est possible en terrain accidenté et sur presque tous les types de sols. On doit néanmoins éviter les arrosages trop brutaux sur sols fragiles à structure instable (sols très limoneux et faiblement pourvus en matière organique par ex.). Par contre, cette technique demande un investissement important et des dépenses énergétiques non négligeables.

Dans l'irrigation de surface, l'eau circule librement par gravité (l'irrigation est dite « gravitaire ») à la surface du sol. C'est le mode le plus ancien d'irrigation : des réseaux sont attestés au VI^{ème} millénaire avant J.-C. En Mésopotamie. Il est encore très répandu dans les pays en voie de développement, qui ont peu de capitaux et une grande disponibilité en main-d'œuvre ; mais il est souvent générateur de plus de gaspillage d'eau qu'une irrigation par aspersion bien conduite.

Avec l'irrigation localisée, une irrigation gravitaire (appelée parfois « goutte-à-goutte »), n'arrose qu'une faible partie du sol, au voisinage des racines, avec un débit très faible (1 à 8 L/h) et une faible pression (de l'ordre de 1 bar). Les apports sont fréquents et fractionnés, et souvent délivrés automatiquement selon un programme préétabli, voire piloté à partir de mesures agronomiques et climatiques introduites dans un ordinateur d'arrosage.

PROTECTION DES CULTURES

Ensemble des techniques utilisées pour la lutte contre les ennemis des plantes cultivées.

Depuis les origines de l'agriculture, les ennemis des cultures (ravageurs animaux, maladies, mauvaises herbes) infligent des pertes sévères aux productions. Au XIX^{ème} Siècle, la littérature agricole et scientifique met en relief les ravages considérables exercés par certains insectes, tels que les vers blancs sur les cultures céréalières, sarclées et maraîchères.

De même, l'introduction en Europe de divers nuisibles provenant d'Amérique du Nord entraîne de véritables désastres économiques et sociaux : destruction du vignoble européen par le phylloxéra, disette en Europe et famine dramatique en Irlande causée par la destruction des champs de pommes de terre par le mildiou, très graves pertes en viticulture dues au mildiou et à l'oïdium de la vigne, etc.

TECHNIQUES EMPLOYEES ET PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT.

La protection des cultures a longtemps été empirique et, faute de connaissances et de moyens, peu efficace. Depuis le début du XX^{ème} Siècle, elle se fonde au contraire sur la connaissance de la biologie des ennemis des cultures et sur le développement de leurs populations. Des stratégies et des méthodes de lutte de plus en plus affinées ont vu de jour de façon à aboutir à une protection raisonnée des cultures.

La prophylaxie, l'utilisation de variétés résistantes ou tolérantes, l'emploi à bon escient de produits phytosanitaires, le recours à des méthodes alternatives telles que l'emploi d'antagonistes, permettent de réduire les pertes. La gestion de l'ensemble de ces méthodes, sans privilégier l'une par rapport aux autres, conduit à une protection intégrée des cultures, vers laquelle tendent les pratiques agricoles.

La protection des plantes repose cependant pour une très large part, dans les pays industrialisés, sur l'utilisation de produits phytosanitaires. Leur efficacité immédiate et long terme est indéniable et, grâce à eux, les rendements et la qualité des produits récoltés ont considérablement progressé et ont permis de régulariser la production agricole. Sans traitements phytosanitaires (des semences et des plants, et en cours de végétation), les rendements chuteraient de 30 à 70 % selon les productions.

Mais ce progrès ne va pas sans inconvénients, en raison des risques de toxicité et d'écotoxicité que présentent les produits de traitements. C'est pourquoi leur homologation et leurs conditions d'emploi font l'objet de normes de plus en plus contraignantes, afin que soit préservés la santé des utilisateurs et des consommateurs et que l'environnement dans son ensemble (eu, sol, air, organismes vivants) ne soit pas durablement perturbé.

DESHERBAGE

Ensemble des techniques utilisées pour éliminer les mauvaises herbes.

Selon le milieu, le besoin de désherbage et les moyens diffèrent.

Dans de nombreuses situations, le désherbage chimique est très répandu ; c'est parfois l'unique moyen de contrôle des adventices, notamment en grandes cultures, mais aussi dans le vignoble, les zones non cultivées, industrielles, urbaines ... En cultures légumières où très peu d'herbicides sont homologués, le désherbage peut être assuré mécaniquement, par solarisation (plastique noir étalé sur le sol), par désinfection du sol à la vapeur d'eau.

De plus en plus cependant, certaines pratiques limitent l'usage des herbicides : dans les vignes et vergers enherbés, l'entretien se limite à la fauche de l'enherbement (semé ou naturel) et au travail du sol au pied de la culture ; en agriculture biologique, on joue sur la succession des cultures, les travaux du sol dans l'interculture et pour la mise en place des cultures, par de moyens mécaniques ou thermiques.

La stratégie de désherbage chimique est fondée sur la destruction sélective des adventices susceptibles de se trouver dans la culture (désherbage de prélevée) ou des adventices déjà levées (post-levée), le plus tôt possible car la sélectivité des herbicides diminue avec le stade de la culture. A chaque culture sont associés des herbicides aux spectres d'activité variés ; il faut souvent plusieurs produits utilisés en mélange et/ou successivement pour contrôler l'ensemble des espèces présentes.

RECOLTE

Ensemble des opérations ayant pour but de recueillir et d'enlever du champ ou de la serre les produits d'une culture.

La récolte porte un nom particulier pour certains produits : **moisson** pour les céréales, les oléagineux et le protéagineux, **vendanges** pour le raisin destiné à la vinification, **fenaïson** pour certains fourrages récoltés par voie sèche. Pour les autres produits, on parle, suivant les cas, d'**arrachage** (betteraves, pommes de terre, légumes enterrés, etc.) ou de **cueillette** (fruits, légumes).

MECANISATION DES RECOLTES

Dans les pays développés, toutes les récoltes de grande culture sont mécanisées (céréales, oléagineux, graines diverses, racines et tubercules), de même que les vendanges, à l'exception de certains grands crus et les récoltes de certaines cultures légumières pour la conserverie (haricots verts mange-tout, petits pois, etc.). La récolte se fait parfois en plusieurs temps (arrachage, nettoyage, alignement, chargement, débardage pour les racines), mais on tend à réaliser toutes les opérations en un seul passage grâce à une machine combinée et automotrice. A l'inverse, dans de nombreux pays en voie de développement, les récoltes sont manuelles, réalisées à l'aide d'outils traditionnels.

Seuls les produits les plus fragiles sont difficilement récoltables à la machine (pommes, pêches ou poires pour la consommation de table) ; dans ce cas, les ouvriers effectuant la cueillette sont souvent rapprochés des fruits à cueillir par des passerelles ou des nacelles. Cependant, la manutention finale est presque toujours mécanisée (sacs, caisses, palettes, etc.).

De même, certains légumes fragiles ou à maturité échelonnée, ne sont pas récoltés couramment de façon mécanique, même si l'on a conçu quelques prototypes de robots de récolte (asperges blanches). Par

contre, dès que les fruits ou les légumes sont peu fragiles (noix, noisettes, olives, etc.) ou destinés à des transformations agroalimentaires (confitures, marmelades, compotes), la récolte est mécanisée, surtout quand la maturité est groupée. Elle est alors réalisée par battage et peignage des rameaux pour les fruits rouges, par vibration ou secouage des branches et des troncs pour les arbres fruitiers. Les produits tombent à terre ou dans des réceptacles et sont ensuite ramassés et chargés mécaniquement dans des remorques.

SURFACES, RENDEMENTS ET PRODUCTION RECOLTEE EN CEREALES, OLEAGINEUX ET PROTEAGINEUX EN FRANCE EN 2010-2011

CULTURES	SUPERFICIE DEVELOPEE (ha)			RENDEMENT (100 kg/ha)		PRODUCTION RECOLTEE (tonne)		
	2010	2011	INDICE 2011/2010	2010	2011	2010	2011	INDICE 2011/2010
CEREALES (y c. semences)								
Blé tendre d'hiver	4 881 304	4 975 158	101,9	72	68	35 382 247	33 884 302	95,8
Blé tendre de printemps	16 606	14 463	87,1	63	57	104 627	82 859	79,2
Total blé tendre	4 897 910	4 989 621	101,9	72	68	35 486 874	33 967 162	95,7
Blé dur d'hiver	494 110	411 512	83,3	50	48	2 490 353	1 994 960	80,1
Blé dur de printemps	12 738	6 345	49,8	46	50	58 511	31 960	54,6
Total blé dur	506 848	417 857	82,4	50	49	2 548 865	2 026 920	79,5
Seigle et méteil	29 642	27 663	93,3	51	45	152 433	124 406	81,6
Orge et escourgeon d'hiver	1 153 545	1 055 231	91,5	65	60	7 502 154	6 313 823	84,2
Orge et escourgeon de printemps	421 093	489 354	116,2	60	50	2 543 965	2 461 092	96,7
Total orge et escourgeon	1 574 638	1 544 585	98,1	64	57	10 046 119	8 774 915	87,3
Avoine d'hiver	56 247	47 358	84,2	46	43	261 078	204 720	78,4
Avoine de printemps	30 206	30 200	100,0	43	38	130 927	114 589	87,5
Total avoine	86 453	77 558	89,7	45	41	392 004	319 309	81,5
Maïs grain	1 550 623	1 542 898	99,5	90	102	13 952 867	15 727 336	112,7
<i>dont maïs grain irrigué</i>	<i>621 272</i>	<i>635 920</i>	<i>102,4</i>	<i>104</i>	<i>111</i>	<i>6 477 471</i>	<i>7 089 031</i>	<i>109,4</i>
<i>dont maïs grain non irrigué</i>	<i>929 351</i>	<i>906 978</i>	<i>97,6</i>	<i>80</i>	<i>95</i>	<i>7 475 396</i>	<i>8 638 305</i>	<i>115,6</i>
Maïs semence	49 449	53 121	107,4	37	35	180 862	186 546	103,1
Total maïs	1 600 072	1 596 019	99,7	88	100	14 133 730	15 913 882	112,6
Sorgho	47 654	43 569	91,4	55	65	262 614	281 581	107,2
Triticale	383 301	391 011	102,0	54	51	2 060 658	1 986 131	96,4
Autres céréales non mélangées	37 239	30 717	82,5	34	30	127 433	90 832	71,3
Mélanges de céréales (hors méteil)	46 817	58 881	125,8	39	36	180 351	211 813	117,4
TOTAL CEREALES (sauf riz)	9 210 574	9 177 481	99,6	71	69	65 391 081	63 696 951	97,4
Riz Indica	7 320	4 706	64,3	41	44	29 930	20 500	68,5
Riz Japonica	16 226	18 551	114,3	52	59	85 122	108 570	127,5
Riz	23 546	23 257	98,8	49	55	115 052	129 070	112,2
TOTAL TOUTES CEREALES	9 234 120	9 200 738	99,6	71	69	65 506 133	63 826 020	97,4
OLEAGINEUX (y c. semences)								
Colza d'hiver (et navette)	1 458 990	1 551 559	106,3	33	35	4 796 592	5 355 291	111,6
Colza de printemps (et navette)	4 801	4 378	91,2	30	31	14 493	13 524	93,3
Total colza (et navette)	1 463 791	1 555 937	106,3	33	35	4 811 086	5 368 815	111,6
Tournesol	692 265	741 501	107,1	24	25	1 635 593	1 882 448	115,1
Soja	49 736	41 571	83,6	27	29	136 745	122 524	89,6
Lin oléagineux	18 121	16 424	90,6	20	19	35 852	30 684	85,6
Autres oléagineux	9 030	8 445	93,5	17	20	15 621	16 471	105,4
TOTAL OLEAGINEUX	2 232 943	2 363 876	105,9	30	31	6 634 896	7 420 941	111,8
PROTEAGINEUX (y c. semences)								
Féveroles (et fèves)	151 342	91 409	60,4	32	38	483 302	344 786	71,3
Pois protéagineux	239 517	183 418	76,6	45	36	1 069 205	663 235	62,0
Lupin doux	6 273	3 486	55,6	25	21	15 568	7 492	48,1
TOTAL PROTEAGINEUX	397 132	278 313	70,1	39	36	1 568 075	1 015 514	64,8

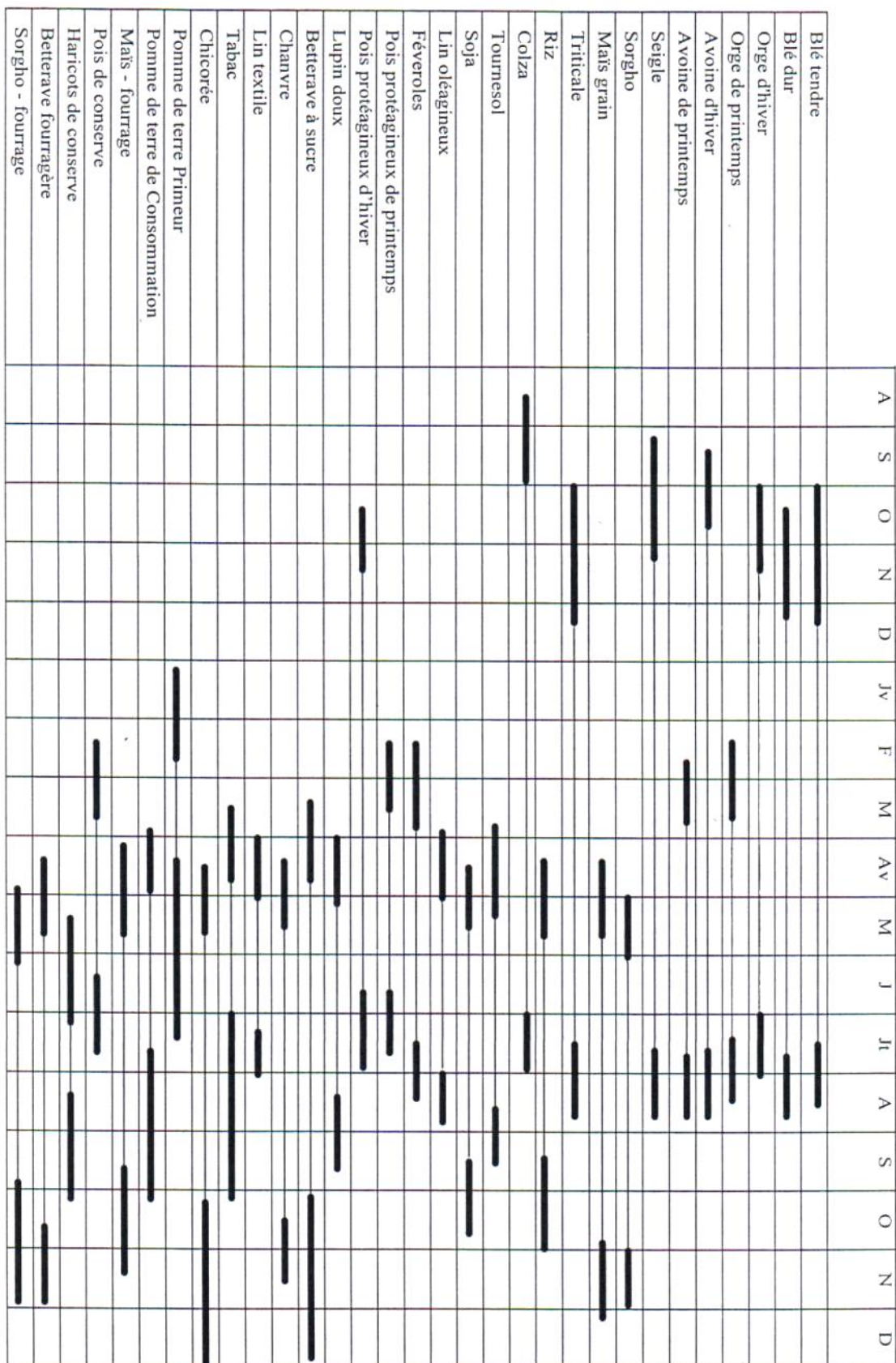
SURFACES, RENDEMENTS ET PRODUCTION RECOLTEE EN POMME DE TERRE EN FRANCE EN 2010-2011

CATEGORIES	SUPERFICIE DEVELOPEE (ha)			RENDEMENT (100 kg/ha)		PRODUCTION RECOLTEE (tonne)			PRODUCTION dirigée vers la TRANSFORMATION (tonne)		
	2 010	2 011	INDICE 2011/2010	2 010	2 011	2 010	2 011	INDICE 2011/2010	2010	2011	INDICE 2011/2010
POMMES DE TERRE											
Plants certifiés	17 704	17 130	96,8	275	286	486 796	489 672	100,6	///	///	///
Dessus de plants	///	///	///	///	///	109 301	112 073	102,5	Teneur en fécule (%)		
Féculerie	20 072	20 264	101,0	496	541	995 336	1 095 473	110,1	19,3	19,9	103,1
Primeurs ou nouvelles (commercialisées avant le 1/8)	7 401	7 949	107,4	221	250	163 864	198 880	121,4	11 896	14 108	119
Conservation et demi-saison	111 376	112 471	101,0	433	488	4 827 008	5 489 000	113,7	1 608 630	1 818 690	113,1
ENSEMBLE CONSOMMATION	118 777	120 420	101,4	420	472	4 990 872	5 687 880	114,0	///	///	///
ENSEMBLE POMMES DE TERRE	156 553	157 814	100,8	420	468	6 582 305	7 385 097	112,2	///	///	///

Source : AGRESTE, 2013

CALENDRIERS CULTURAUX DES PRINCIPALES PLANTES CULTIVEES EN FRANCE

Source : Doré et al, 1998.



Bibliographie

AGRESTE. Grandes cultures, fourrages, prairies. Chiffres clés [en ligne].

Disponible sur : <http://agreste.agriculture.gouv.fr/thematiques/productions-vegetales/grandes-cultures-fourrages/> (consulté le 31/01/2013).

Doré T, Martin P, Roger-Estrade J, Eléments pour la conduite des principales grandes cultures et prairies, Département AGER, INAPG, 1998, p. 13

Mazoyer M et al, Larousse agricole, Larousse, Paris, 2002, 767 p.

LE BLE TENDRE D'HIVER

Triticum aestivum



Figure 1-1 : Epis de blé mûr.
Source : Arvalis 2013

Le blé tendre d'hiver est la céréale à paille la plus cultivée au Monde : environ 220 millions d'hectares pour près de 600 millions de tonnes (rendement moyen de 25 q/ha) (Mazoyer et al, 2002). Originaire du Croissant fertile (actuel Moyen-Orient), il a été implanté progressivement sur tous les continents, au fil des nouvelles installations de populations humaines.

Cette céréale couvre près de 5 millions d'ha en France en 2011, avec un rendement moyen d'environ 70 q/ha (Agreste, 2012). C'est, de loin, la principale céréale cultivée en France et dans l'Union européenne (environ 17 millions d'ha avec une moyenne de 60 q/ha – Larousse agricole, 2002). Sa principale utilisation reste l'alimentation humaine (près de 80 %) sous forme de farine (meunerie), de pétales ou de grains entiers.

Il est par ailleurs employé en alimentation animale, en grains entiers, en grains aplatis ou en farine (15 à 20 %).

Enfin, des usages non alimentaires se développent depuis quelques décennies : amidon en papeterie, détergents, adhésifs, plastiques, cosmétiques, produits pharmaceutiques. Mais ils ne représentent que 4 à 5 % de la production française.

Voyons à présent plus en détails quelles sont les caractéristiques botaniques de l'espèce, ses principales exigences agro-écologiques, le mode d'élaboration de son rendement pour finir par un aperçu des itinéraires techniques possibles avec cette culture.

I- ESPECE

Le blé tendre appartient à la famille des Poacées.

C'est une plante annuelle, capable de taller (voir Figure 1-2) : elle peut émettre des brins secondaires fertiles en complément du brin principal, dit maître-brin, issu de la germination de l'embryon.

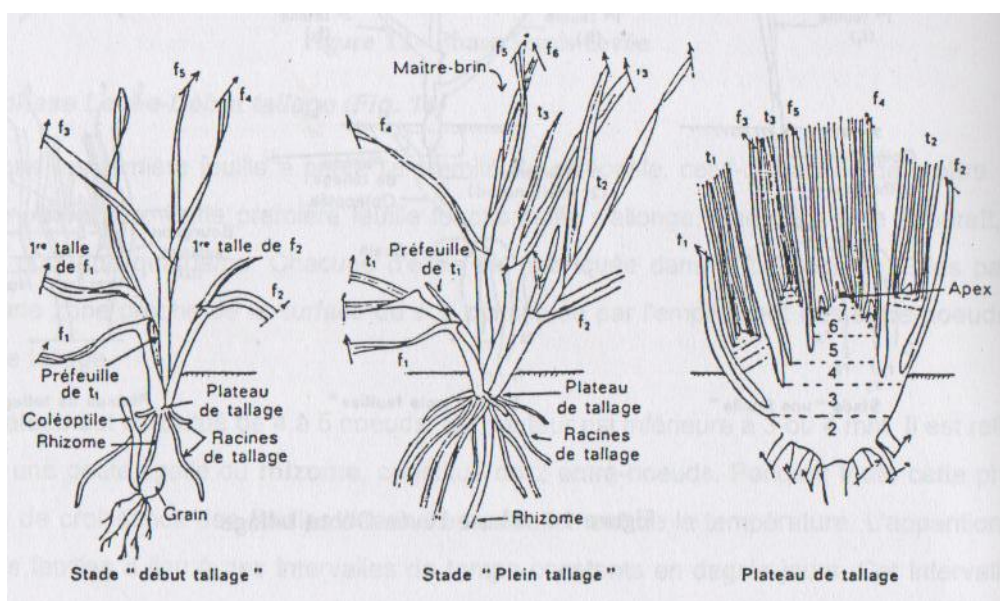


Figure 1-2 : Phase début tallage-début montée (tallage herbacé)

Source : Doré et al 1998

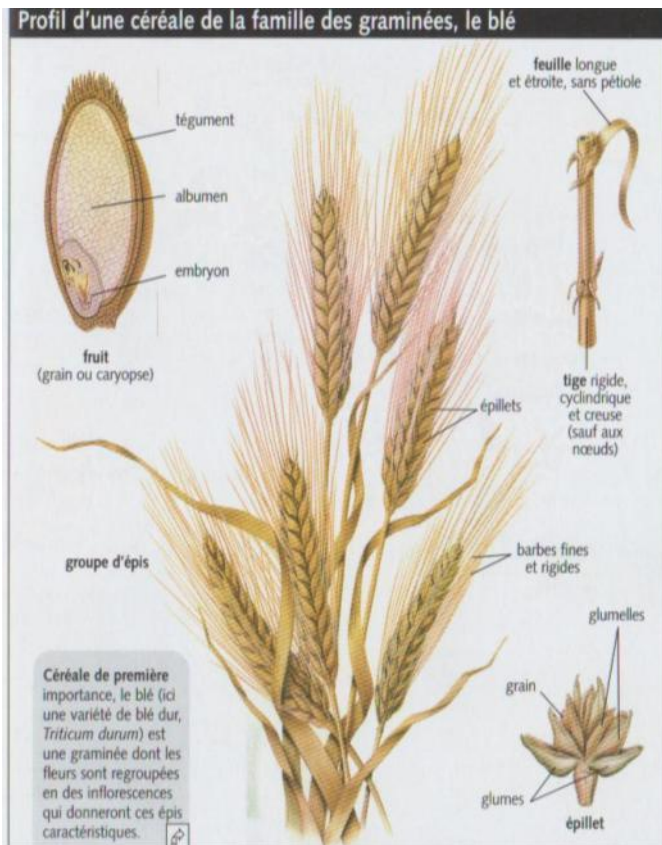


Figure 1-3 : Planche descriptive du Blé

Source : Garnier L 2004.

L'épi est le plus souvent blanc, parfois roux, selon les variétés (il en existe plus de cent) et porte ou non des barbes plus ou moins longues (blés alors dits « barbus ») et la hauteur des tiges est variable (Fig. 1-4).



Figure 1-4 : Collection de blés anciens.

Source : CGAL 2013

La fécondation est **auto-game**.

Comme pour toutes les Poacées, le fruit qui en est issu est de type sec et indéhiscant, appelé le **caryopse**. Il présente la particularité d'avoir les parois soudées à la graine. Ces parois constituent le **son**, sous-produit de l'extraction de la farine en meunerie, parfois réemployé en alimentations humaine ou animale.

PHENOLOGIE

Le cycle de développement du blé comporte 9 stades principaux, répartis en deux périodes successives : une période **végétative** suivie d'une période **reproductive**.

Les noms des divers stades ainsi que les durées indicatives les séparant les uns des autres sont présentés dans le document 1-5 ci-dessous.

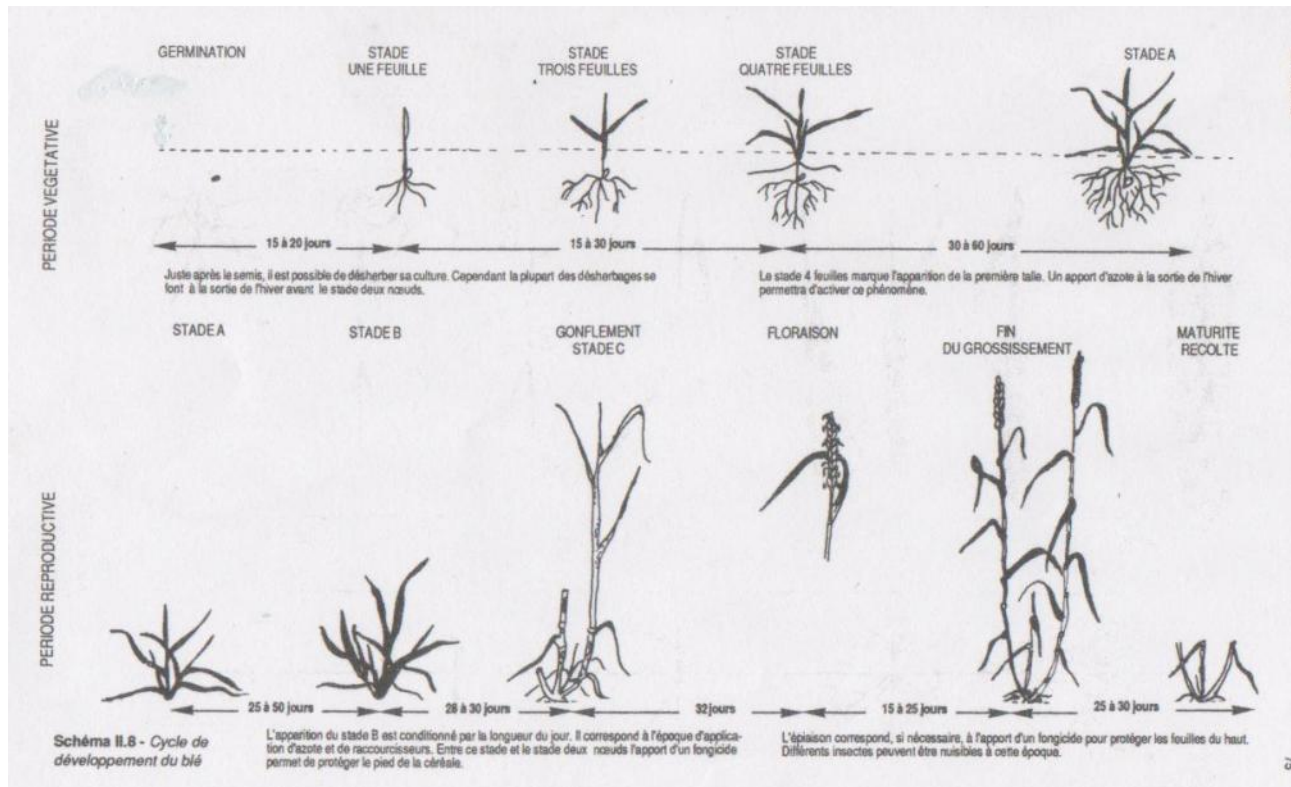


Figure 1-5 : Succession des stades chez le blé tendre.

Source : Simon et al 1989

Les feuilles du maître-brin puis chacune des talles (brins secondaires) sont élaborées sous le niveau du sol, au niveau du méristème terminal. Les cellules s'y divisent très activement ; ce renflement est appelé plateau de tallage et correspond à l'organe vital de la plantule (Fig. 1-2 ci-dessus)

La plantule passe successivement d'un stade une feuille à un stade trois puis quatre feuilles. A partir de ce stade, la résistance au froid est maximale et les talles commencent à apparaître : c'est la phase de tallage, correspondant à la période hivernale. Le plein tallage est atteint au moment où s'achève le stade suivant, appelé stade A.

Le stade A correspond au début de l'initiation florale au niveau du bourgeon apical, encore situé sous le niveau du sol. On assiste, à partir de ce stade, à un allongement des entre-nœuds et à un début de montée de la future inflorescence à travers les tiges (maître-brin et talles).

A partir du stade B, l'élongation des entre-nœuds devient très rapide et le tallage, jusqu'alors très actif, s'arrête : la plante se consacre à sa reproduction et cesse de développer de nouveaux organes végétatifs. Au champ, ce stade se repère par l'observation de l'épi à 1 cm au-dessus du plateau de tallage.

Le pied de blé gagne rapidement en hauteur, entre le stade B et le stade C : c'est la montaison, jusqu'au stade suivant.

Le stade C correspond à l'apparition d'un renflement formé par l'épi à l'extrémité haute de la tige qui a atteint sa taille maximale.

L'épi émerge de la gaine de la dernière feuille : c'est l'épiaison.

Puis les fleurs s'épanouissent : les anthères sont visibles. Ceci marque l'arrivée au stade floraison. A ce moment, a lieu la fécondation des fleurs qui se transforment en fruits.

Les grains se remplissent de réserves issues de la photosynthèse, pour permettre à l'embryon de germer. C'est la phase de grossissement du grain qui passe d'un contenu laiteux à un contenu plus pâteux pour enfin devenir dur. C'est le stade fin du grossissement du grain, qui a alors atteint son taux de remplissage maximum et son taux d'humidité minimum (15-16 %).

A ce stade, la culture est dans son état physiologique terminal, sa pleine maturité, avec des grains durs chargés de réserve pour assurer la germination de la génération suivante. Le cycle s'achève ; c'est alors qu'a lieu la récolte.

II- CONDITIONS DE CROISSANCE ET DE DEVELOPPEMENT

DE LA PROFONDEUR, DE PREFERENCE

Même si la sélection variétale permet d'obtenir des variétés de blés adaptés à de nombreuses situations géographiques, cette culture affiche une préférence pour les terres neutres, profondes et de texture équilibrée. Les limons argileux profonds à taux d'humus suffisant constituent un optimum.

COULURE, ECHAUDAGE : LES RISQUES DES TEMPERATURES EXTREMES

Le θ de germination du blé tendre est de 0°C et l'optimum entre 20 et 22°C (conformément à ses lointaines origines moyen-orientales).

Sous l'effet du froid, surtout s'il survient de manière soudaine, la plantule peut geler et mourir. Cela dépend du stade atteint par la culture dans la parcelle : la résistance au froid est très faible à la germination et maximale au stade quatre feuilles et au début du tallage. On choisit donc des variétés peu précoces pour la région Rhône-Alpes.

Au stade floraison, des températures trop faibles (de l'ordre de 15 °C), entraînent une non-fécondation de tout ou partie des fleurs : c'est le phénomène de **coulure**.

Des températures trop élevées peuvent elles aussi être préjudiciables :

- limitation des échanges gazeux donc déficience de photosynthèse car les stomates se ferment pour diminuer l'évapotranspiration
- **échaudage physiologique** : diminution de la migration des réserves depuis les feuilles vers les grains à cause d'un trop faible flux d'eau dans la plante. Le grain est sec avant maturité et remplissage complets.

DE L'EAU, MAIS PAS TROP

En France, on estime que le blé consomme 500 L d'eau par kg de matière sèche élaborée. Cette culture est donc pénalisée dans les régions affichant une pluviométrie inférieure à 450 mm/an.

La sensibilité au manque d'eau est forte dans les 20 jours précédant l'épiaison et surtout en période de maturation du grain (enrichissement en matière sèche).

De même, un excès d'eau est pénalisant car il entraîne une dégradation de la structure du sol, un lessivage des ions Ca^{2+} (décalcification) donc une dégradation du complexe argilo-humique, une faible activité biologique conduisant à un moindre développement racinaire.

DES ADVENTICES DELICATES A EVITER

Les Poacées les plus couramment rencontrées en culture de blé tendre sont : le ray-grass, la folle-avoine, le vulpin, le pâturin, le brome. Ces espèces appartenant à la même famille botanique que la culture en place, les moyens de lutte chimique sont réduits. Les dicotylédones les plus communes sont les gaillets, les matricaires, les renouées, les ravenelles. Les adventices vivaces sont très souvent difficiles à éliminer, même chimiquement : chiendents, prêles, liserons, datura pour les principales.

Pour limiter voire arrêter l'emploi des produits chimiques et enrayer l'apparition de résistances aux molécules chimiques chez les adventices, on peut intervenir mécaniquement pour désherber et surtout raisonner la rotation, en particulier en évitant les successions « céréale-céréale » et en alternant cultures d'hiver et cultures de printemps.

DES RAVAGEURS A EFFETS DIRECT ET INDIRECT

Les **pucerons**, insectes volants ou aptères (selon les stades de développement des colonies) s'attaquent au blé, en particulier aux stades jeunes mais aussi au printemps pendant l'épiaison. Non seulement ces insectes suceurs ont une action directe sur les plantes (affaiblissement par prélèvement de sève élaborée) mais ils sont aussi le plus souvent vecteurs de maladies, telles que la jaunisse nanisante des céréales, fort préjudiciable pour le rendement.

Les **Cicadelles**, de la famille des homoptères (comme les Punaies), ponctionnent également de la sève et peuvent transmettre des virus lors de leur piqûre, principalement en automne.

Quant aux **Limaces**, mollusques très courants, l'impact est parfois fort au moment de la levée car elles ingèrent directement les plantules, provoquant des « fontes de semis ».

DU BAS DE LA TIGE AU HAUT DE L'EPI, DES MALADIES SURTOUT CRYPTOGAMIQUES.

La figure 1-6 ci-dessous présente les principales maladies observables sur blé.

Ces maladies sont dues à des champignons microscopiques : elles sont donc dites **cryptogamiques**.

Leur arrivée et leur préjudice dépendent surtout des conditions météorologiques (temps

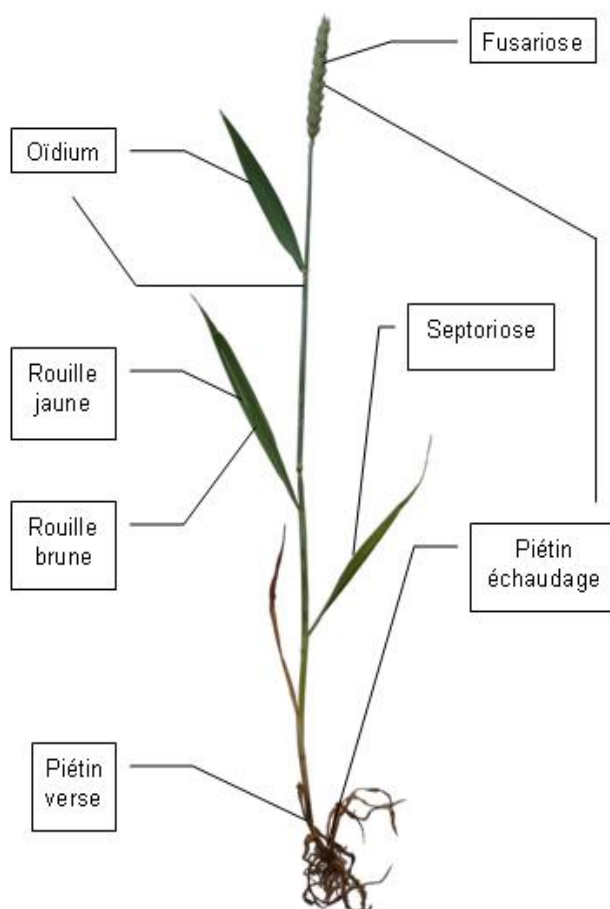


Figure 1-6 : Principales maladies sur blé.

Source : Chambre d'Agriculture de la Manche 2013

chaud et humide favorable) et à la densité de la culture en place : les fortes densités favorisent leur apparition et leur diffusion, à conditions climatiques égales.

III- ELABORATION DU RENDEMENT

Le rendement correspond à un poids de produit récolté ramené à une unité de surface. Classiquement, comme pour toutes les cultures dont on récolte les graines (céréales à paille, maïs, oléagineux*, protéagineux*), le rendement du blé tendre d'hiver s'exprime en **quintaux par hectare** (q/ha).

Pour le blé, le produit récolté est le grain issu de la fécondation des ovules de ses fleurs. Les composantes du rendement du blé sont donc les suivantes :

Poids moyen d'un grain (PMG) : il est déterminé par la variété pour sa valeur maximale mais dépend surtout des conditions pédoclimatiques en fin de cycle de développement de la culture (remplissage du grain). Un déficit hydrique peut alors, par exemple, provoquer un échaudage* des grains qui se flétrissent et se remplissent incomplètement.

Nbre de grains/épi : c'est le paramètre le plus influencé par le climat de l'année puisqu'il dépend très directement de la réussite de la fécondation, donc des conditions de températures et de pluviométrie au moment de la floraison, conditions qui peuvent provoquer la coulure* des fleurs.

Nbre d'épis par pied : il est déterminé par le niveau de tallage* de la culture, lui-même dépendant de la variété et de la densité de semis (d'autant plus faible qu'elle est forte) et notamment au moment du tallage.

Nbre pieds/ha : il dépend de la densité de semis (choix tactique de l'agriculteur) et de la pression des parasites et ravageurs en cours de période végétative et notamment au moment de la levée.

Le rendement s'écrit donc :

$$\text{Rendement} = \text{PMG} \times \text{Nbre grains/épi} \times \text{Nbre d'épis/pied} \times \text{Nbre de pieds/ha}$$

La densité au semis est une composante importante du rendement mais elle peut être compensée par un tallage* plus important en cas de fonte de semis* ou de dégâts à des stades plus avancés (augmentation du **Nombre d'épis/pied** si le **Nombre de pieds/ha** est affecté).

IV- ITINERAIRE TECHNIQUE TYPE EN FRANCE

Le **choix variétal** est vaste : il existe plus d'une centaine de variétés* disponibles en France. Elles sont classées selon leur précocité*, leur résistance aux accidents (froid, verse) et aux maladies et surtout en fonction de leur productivité (nombre d'épis /m², nombre de grains par épi et poids du grain). En fonction de la région de culture, le principal but visé est d'avoir atteint le stade quatre feuilles avant les grands froids de fin d'automne.

La **préparation du lit de semences** dépend du type de sol et du précédent cultural*. Une large gamme est possible, allant du travail profond avec labour voire décompactage jusqu'au semis direct après désherbage ou non.

La **date de semis** est très variable selon les régions. Il se situe généralement dans le courant du mois d'Octobre mais peut se décaler jusqu'à Novembre voire Décembre après une betterave sucrière par exemple ou dans le cas d'automne pluvieux.

Le semis doit se faire dans un **sol rassis** afin de permettre un bon contact entre le sol et la graine. La **profondeur** optimum pour toutes les céréales se situe entre 2 et 4 cm avec des interlignes de 17 à 20 cm, selon le type de semoir employé.

Dans le cas de blés conduits sans désherbage chimique, et remplacé par un binage*, on peut semer avec des écartements de 30 cm entre les lignes. On cherche à obtenir une densité de semis de 250 grains/m² en moyenne, remontée à 300 grains/m² si le semis est tardif.

Pour la **fertilisation***, comme pour toutes les céréales, le principal facteur limitant est l'azote. On considère que le blé a besoin de 3 kg d'azote pour former 1 quintal de grains. Le calcul des quantités à apporter se fait donc en fonction de l'objectif de rendement de l'agriculteur, de la fourniture du sol et de la culture précédente (méthode des bilans). Classiquement, les apports en Azote sont fractionnés en deux voire trois passages :

- 1^{er} apport au tallage : 20 à 30 kg/ha sous forme rapidement assimilable.
- 2nd apport en sortie d'hiver, selon l'objectif de rendement.
- 3^{ème} éventuel avant la sortie de la dernière feuille.

Le total des apports atteint 150 à 200 kg/ha pour un objectif de rendement de 80 à 100 q/ha. Généralement, la fumure phosphatée est apportée en une seule fois, avec le premier apport d'azote, à hauteur de 50 à 80 kg/ha.

Les besoins en potasse sont de l'ordre de 300 kg/ha pour un rendement de 100 q/ha. Les apports se calculent selon la fourniture du sol. L'impasse est possible dans certains cas de sol bien pourvus.

Le **désherbage*** peut être chimique mais des phénomènes de résistance aux herbicides sont de plus en plus couramment observés. On peut avoir recours à des moyens mécaniques : herse étrille jusqu'à des stades avancés, houe rotative (dite aussi « écroûteuse ») à des stades jeunes voire binage jusqu'à la montaison si le semis s'est fait à larges écartements. La lutte préventive est efficace et consiste à jouer sur l'alternance cultures d'hiver-cultures de printemps sur la parcelle, à réaliser de faux semis, à déchaumer et/ou labourer pour enfouir les graines d'adventices et limiter leur levée.

La **lutte** contre les maladies cryptogamiques se fait par pulvérisation de fongicides à large spectre lorsque les symptômes commencent à apparaître (lutte curative). Pour les pucerons, la lutte est également curative, par traitement chimique lors des premiers vols. On parvient à lutter préventivement contre les limaces par épandage de granulés au moment du semis mais aussi au moyen de pratiques culturales les défavorisant (éviter les grosses mottes où elles se réfugient). L'enrobage des semences est un moyen courant de lutte préventive contre les ravageurs mais aussi contre la fusariose (maladie cryptogamique).

La lutte biologique se développe pour combattre les insectes et éviter l'emploi massif de produits chimiques (pollutions et apparitions de résistances). De même pour les limaces, on cherche de plus en plus à favoriser les populations indigènes de prédateurs naturels (amphibiens, carabes, ...)

La **récolte**, mécanique (moissonneuse-batteuse) a lieu quand les grains sont mûrs, lorsqu'ils ne comportent plus que 15 à 16 % d'humidité. Le grain est ensuite stocké plus ou moins longtemps en silos ventilés avant d'être acheminé vers les industries alimentaires, ou exporté.

CONCLUSION

Le blé, céréale originaire du Moyen-Orient, est aujourd'hui largement diffusé à travers le Monde et représente un enjeu commercial international : c'est la première céréale à paille cultivée et la seconde plante alimentaire en volume de production.

Le cycle de vie de cette culture d'hiver débute à l'automne pour se terminer en fin d'été, après être passé par 9 stades successifs, regroupés en une période végétative suivie d'une période reproductrice.

Ses exigences pédoclimatiques sont assez modérées, ce qui a permis sa diffusion dans des contextes géographiques très variés. Cependant, des accidents climatiques en période reproductrice (coulture, échaudage) peuvent pénaliser lourdement le rendement, menacé par ailleurs par des attaques de ravageurs mais surtout par des agents fongiques (maladies cryptogamiques).

Sa conduite est aujourd'hui bien maîtrisée et sur le volet désherbage, paramètre important pour cette culture dite salissante, les moyens de lutte mécanique se développent afin de limiter encore l'emploi d'herbicides, préjudiciables à l'environnement, à la santé des agriculteurs et susceptibles de générer des phénomènes de résistances chez les adventices.

BIBLIOGRAPHIE

AGRESTE. Grandes cultures, fourrages, prairies. Chiffres clés [en ligne].

Disponible sur : <http://agreste.agriculture.gouv.fr/thematiques/productions-vegetales/grandes-cultures-fourrages/> (consulté le 31/01/2013). Arvalis-Institut du Végétal. Photothèque avec mot-clé : Blé [en ligne].

Disponible sur : <http://arvalis.ajaris.com> (consulté le 31/01/2013)

Centre des Groupements des Agrobiologistes de Lorraine – La Technique [en ligne]

Disponible sur : <http://www.bioenlorraine.fr/cgalorraine/pages/fr/124.htm> photo n°007 (consulté le 31/01/2013).

Chambre d'Agriculture de la Manche. Guide de reconnaissance des maladies du Blé [en ligne].

Disponible sur : http://www.manche.chambagri.fr/guide_maladies_ble.asp (consulté le 31/01/2013).

Doré T, Martin P, Roger-Estrade J, Eléments pour la conduite des principales grandes cultures et prairies, Département AGER, INAPG, 1998, p. 42

Garnier L, Petit Atlas des plantes cultivées, Larousse, Paris, 2004, p. 25

Mazoyer M et al, Larousse agricole, Larousse, Paris, 2002, 767 p.

Simon H, Codaccioni P, Lecoœur X, Produire des céréales à paille, Tec et Doc, Lavoisier, Paris, 1989, p. 75

LE MAÏS (GRAIN ET FOURRAGE)

Zea mays



Figure 2-1 : Epi de maïs à maturité (les spathes ont été écartées).

Source : GNIS 2013 a.

Originnaire d'Amérique centrale d'où il fut rapporté en Europe par les Conquistadores (Hernan Cortes en 1519 pour l'Espagne), le maïs est devenu très commun dans nos campagnes. Les premières cultures apparaissent en France dans la région Sud-Ouest dès le XVI^{ème} Siècle pour s'étendre ensuite à l'ensemble du territoire.

Aujourd'hui, le maïs est la plante la plus cultivée au Monde (41 % de la production mondiale) devant le Blé (40 %) et l'Orge (9 %). Il couvre 140 Millions d'ha pour une production annuelle d'environ 600 Millions de T de grains (AGPM 2013).

On distingue le **maïs grain**, destiné à l'alimentation animale mais aussi humaine (maïs doux) du **maïs fourrage**, uniquement destiné aux ruminants, récolté avant maturité des grains et le plus souvent sous forme d'ensilage (plante entière broyée et mise en fermentation anaérobie dans des silos). Une partie des surfaces est également consacrée à l'obtention de **semences**.

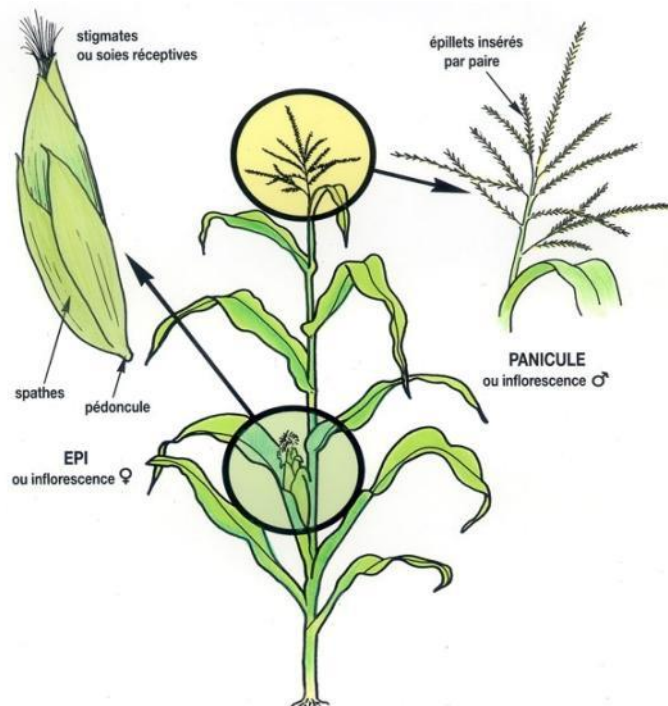
Quel que soit le type de produit recherché, il s'agit de la même espèce mais de variétés différentes.

En 2011, en France, on compte 1,5 million d'ha de maïs grain avec un rendement moyen de 100 q/ha et près de 50 000 ha de maïs semence (environ 35 q/ha) (AGRESTE 2013). Ces surfaces sont principalement localisées dans les régions Poitou-Charentes, Aquitaine et Midi-Pyrénées. Le maïs fourrage couvre une superficie presque équivalente, avec 1,4 millions d'ha et des rendements d'environ 13 T/ha de M.S. (AGRESTE 2013). Ce type de culture est majoritairement situé en zones d'élevage : Bretagne, Basse-Normandie, Pays de la Loire.

Au niveau européen, les surfaces sont de 8,5 millions d'ha pour le maïs grain (2/3 des surfaces) avec un rendement moyen de 76 q/ha et de 45,6 millions d'ha pour le maïs fourrage (AGPM 2011).

Pour le maïs grain, 70 % de la production est utilisée en alimentation animale, 20 % par l'industrie de l'amiidon tiré du grain (confiserie, boisson, bioéthanol, cosmétiques, plastiques biodégradables, ...) et 10 % en semoulerie pour l'alimentation humaine.

Maintenant que nous connaissons l'importance mondiale et nationale de cette plante, voyons de près comment elle se présente et quelles sont les principales règles à suivre pour la cultiver.



LE MAÏS EST MONOÏQUE

Figure 2-2 : Le maïs est ses organes reproducteurs.

Source : GNIS 2013 b

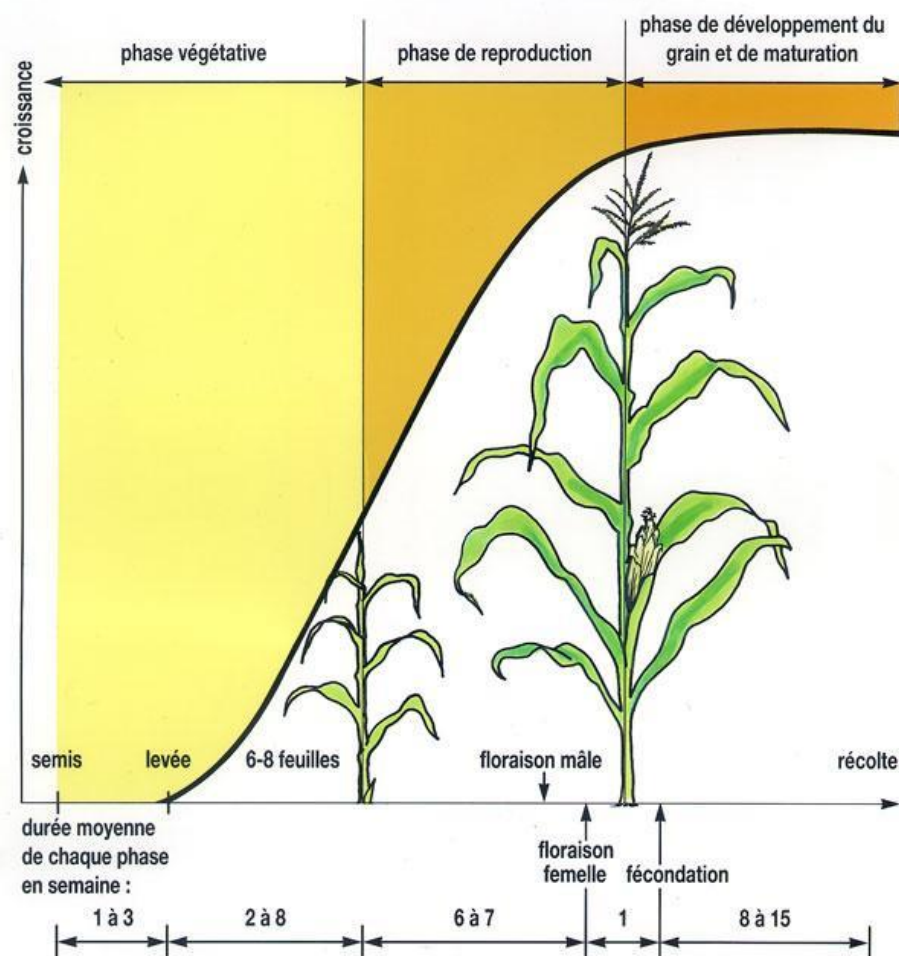


Figure 2-3 : Cycle de développement du maïs.

Source : GNIS 2013 b

I- UNE POACEE BISEXUEE

Le maïs est une plante cultivée de la famille des Poacées pouvant atteindre 4 m de hauteur. Comme les autres membres de sa famille, il possède une tige creuse (le chaume) et des feuilles à nervures parallèles.

Contrairement au Blé par exemple, le maïs est une **plante bisexuée dite aussi monoïque : un même pied possède des organes mâles et des organes femelles mais placés à des endroits différents. (Voir Figure 2-2)**

Les fleurs mâles sont regroupées au sommet de la plante en une **panicule**. Les fleurs femelles sont situées à l'aisselle des feuilles. Entourées de bractées (les **spathes**), elles forment des épis qui émettent des soies pour capter le pollen et permettre la fécondation des ovules. Le fruit obtenu est un **caryopse**, riche en amidon, de couleur variable mais le plus souvent jaune.

Une des particularités du maïs réside dans le décalage, sur un même pied, entre la date de la floraison mâle et celle de la floraison femelle (plus tardive). C'est donc une espèce naturellement allogame, c'est-à-dire à fécondation croisée.

A la différence des autres céréales cultivées, le maïs présente un **très faible tallage**, ce qui a des conséquences sur l'élaboration du rendement : la densité du peuplement est une composante majeure pesant fortement sur la réussite de la culture, le tallage ne pouvant pas compenser une implantation déficiente. C'est d'ailleurs le cas des autres cultures de printemps, hors céréales.

Le système racinaire du maïs est de type fasciculé et peut coloniser un grand volume de sol.

UN CYCLE COURT POUR UNE CULTURE DE PRINTEMPS.

Le cycle de développement du maïs est relativement court, de l'ordre de 6 mois.

Comme le montre la figure 2-3, ce cycle démarre par une phase végétative, allant du semis au stade 6-8 feuilles. Pendant cette période, le pied développe sa partie foliaire et est encore alimenté par ses racines séminales, issues du grain.

A partir du stade 6-8 feuilles, ces racines cessent leur activité et sont relayées par les racines coronaires qui plongent plus profondément dans le sol. La plante commence à élaborer activement ses organes reproducteurs.

Au stade 7-8 feuilles, un mois avant sa floraison, l'épi commence à se développer ; le nombre maximal de grains par épi est alors déterminé.

La panicule fabrique le pollen dès la fin de la période végétative, soit 2 à 3 semaines avant sa floraison, antérieure d'une à 2 semaines à la floraison femelle.

Après la fécondation, le grain se remplit progressivement de réserves et atteint sa maturité lorsqu'il est descendu entre **30 et 40 % de taux d'humidité**.

DOUX VOIRE CHAUD ET SURTOUT HUMIDE

Voici comment on peut définir le climat idéal pour cette culture.

Le maïs est en effet une plante d'origine tropicale ; elle est donc exigeante en matière de températures : le zéro de végétation est élevé, voisin de 6°C. Au cours du cycle de développement, les besoins en températures dépendent des variétés et s'échelonnent, en base 6°C, de 1 615 °C pour les plus précoces à 2 000 °C pour les plus tardives. (Mazoyer et al, 2002). Le maïs supporte très mal le **gel** : des gelées en cours de culture peuvent fortement endommager les feuilles et les organes floraux. C'est tout l'enjeu de la date de semis et du choix variétal, en fonction de la région où l'on se trouve : allonger le cycle en évitant les accidents du climat.

En matière d'**eau**, la plante est très exigeante. En effet, il en faut 500 L pour qu'elle produise 1 kg de grains et 350 L pour 1 kg de matière sèche. Pour des rendements de 80 q/ha ou de 12 T de M.S., cela représente 4 000 m³/ha. La période la plus critique correspond au 15 jours avant et aux 15 jours après la floraison mâle. Un déficit alors peut entraîner une baisse de 50 % du rendement final (échaudage). C'est ce qui justifie l'emploi de l'irrigation, pratique courante en culture de maïs grain.

En matière de **type de sol**, le maïs est peu exigeant. Si la culture en sol profond, riche et à bonne structure est évidemment l'idéal, le maïs tire partie de terres souvent médiocres :

- les terres très sableuses (comme celles des Landes) pourvu qu'elles soient, si nécessaire, drainées, puis irriguées, et que leurs carences (en Cuivre et Magnésium) soient corrigées,
- les terres argilo-humifères des fonds de vallées humides, à pH souvent acide, à condition quelles puissent être travaillées avant le semis suffisamment et assez tôt,
- les sols nettement calcaires, pourvu que les oligo-éléments n'y soient pas bloqués, donc recevant de fréquents apports de matière organique.

En matière d'**Azote**, entre le stade levée et le stade 10 feuilles, la plante prélève moins de 10 % de ses besoins totaux. Par contre, elle utilise 55 à 70 % de ses besoins entre les stades 10 feuilles et Floraison femelle. Entre les stades Formation et Remplissage des grains, ce sont 20 à 35 % du total qui sont prélevés dans le sol. (Mazoyer et al, 2002). La fertilisation devra tenir compte de cette cinétique.

Le maïs est généralement peu touché par les maladies. Par ailleurs, il existe une bonne variabilité génétique dans la tolérance aux maladies, qui peut être valorisée par le choix variétal. Les principales maladies sont les suivantes, brièvement décrites :

- la **fonte de semis**, causée par des blessures sur les jeunes plantes par des insectes, blessures par lesquelles entrent des champignons pathogènes anéantissant le pied,
- le **Charbon du maïs**, dû à des champignons du genre *Ustilago* qui engendrent des pustules noires et des tumeurs sur fleurs, feuilles et épis (Voir Figure 2-4).
- la **fusariose**, due à des champignons du genre *Fusarium* qui s'attaquent au système racinaire et aux épis, comme pour le Blé.
- l'**Helminthosporiose**, maladie dite de la « Brûlure du maïs », causée par des champignons du genre *Helminthosporium* qui entraînent la formation de tâches sur les feuilles et une dessiccation du pied de maïs grain (Voir Figure 2-5)
- les **Rouilles**, dues à des champignons de l'ordre des Urédinales, causant la formation de pustules plus ou moins ordonnées et entraînant un jaunissement des feuilles.



Figure 2-4 : Charbon sur maïs
Source : INRA 2013



Figure 2-5 : Helminthosporiose sur maïs
Source : Paysan breton 2013

A l'inverse des maladies, les parasites animaux sont susceptibles de causer des dégâts importants aux cultures. En dehors des oiseaux contre lesquels les moyens de lutte consistent à enrober les graines de répulsifs, les principaux parasites sont les Taupins, fréquents surtout en monoculture, les limaces, les Pyrales (voir Figure 2-6) et les Sésamies.



Figure 2-6 : Pyrale du maïs : adulte et larve
Source : Syngenta 2013

Le Taupin est un insecte coléoptère de 6 à 12 mm de long pour les adultes, dont les larves (appelées « vers fil de fer ») se nourrissent des racines et provoquent donc le dépérissement du pied. Les limaces agissent surtout au stade levée par consommation des jeunes plantules. Pyrale et Sésamie sont toutes deux des papillons crépusculaires d'environ 20 mm de longueur, dont les larves (chenilles) creusent des galeries dans les tiges et les épis, causant d'importants dégâts.

Le maïs étant une céréale, ses composantes du rendement, en maïs grain, sont donc proches de celles du blé tendre d'hiver :

Poids moyen d'un grain (PMG) : son maximum est déterminé génétiquement (variété) mais il dépend beaucoup des conditions de l'année, de la richesse du sol et de la densité de semis et des conditions post floraison.

Nombre de grains/épi : il dépend bien sûr de la longueur des rangs d'ovules sur l'inflorescence femelle ainsi que du nombre de ces rangs. Ces paramètres sont reliés à la variété et au climat de l'année. Mais il dépend surtout du taux de fécondation de ces ovules. C'est ici qu'influe le plus le climat de l'année car un déficit hydrique au moment des floraisons femelle et mâle diminue le nombre d'ovules et le taux de fécondation, grevant parfois très lourdement le rendement final (jusqu'à - 50 %).

Nombre d'épis/pied : il est principalement lié à la variété. Son nombre élevé peut être recherché, en milieu tropical, pour compenser une faible densité.

Nombre de pieds/ha : la densité du peuplement est dépendante des conditions de réussite à la levée (climat, pression des bio-agresseurs) mais aussi de la densité de semis choisie par l'agriculteur. Ce choix est très déterminant car le maïs ne talle pas : une diminution du nombre de pieds ne pourra pas être compensée par un plus grand nombre de talles, comme on peut le voir entre autres pour le blé d'hiver.

Le rendement s'écrit donc :

$$\text{Rendement} = \text{PMG} \times \text{Nbre de grains/épi} \times \text{Nbre d'épis/pied} \times \text{Nbre de pieds/ha}$$

avec : Nbre de grains/épi = Nbre grains/rang d'ovules x Nbre de rangs d'ovules/épi x % de fécondation

Pour le maïs grain, ce rendement est exprimé en quintaux par hectare (q/ha), comme pour les autres plantes dont on récolte les graines (céréales, Tournesol, Pois protéagineux, ...)

Pour le maïs fourrage, le raisonnement est très différent puisque l'on ne récolte plus seulement les grains mûrs mais, plus précocement, la plante entière que l'on broie. Le rendement est alors un tonnage de MS/ha. Il s'exprime donc simplement par la formule suivante :

$$\text{Rendement} = \text{Poids d'un pied} \times \text{Nbre de pieds/ha}$$

Le poids d'un pied dépend de la variété mais aussi des conditions pédoclimatiques. La densité (Nbre de pieds/ha) dépend fortement du choix de l'agriculteur (densité de semis) mais aussi de la pression des bioagresseurs aux stades jeunes de la culture.

IV- ITINERAIRE TECHNIQUE TYPE EN FRANCE

Le maïs est très souvent cultivé **avant un blé**, ce qui permet de limiter l'impact des adventices : c'est une culture de printemps qui vient avant une culture d'hiver. Le délai entre la récolte de l'un et le semis de l'autre est court, ce qui limite les risques d'érosion, de pertes d'éléments fertilisants par lessivage et diminue, par le travail du sol, l'installation des adventices. Le blé, culture de rente par excellence, bénéficie ainsi de l'arrière-effet des fumures du maïs. Il faut noter que la monoculture est courante, en particulier dans le Sud-Ouest de la France.

Le **choix des variétés**, toutes hybrides de nos jours, est très vaste et doit se faire en fonction de la région, de la date de semis souhaitée et de l'objectif de cette culture (ensilage, grain, maïs doux, etc.)

Le **travail du sol** préalable à l'implantation d'un maïs doit permettre d'obtenir un sol homogène, réchauffé et bien pourvu en réserves d'eau. Pour cela, on procède à un labour d'hiver dressé et motteux, soit précoce (automne-hiver) en terre argileuse, soit plus tardif (fin d'hiver-printemps) en terre légère et battante pour éviter sa compaction par l'effet des pluies. Ce labour sera repris par des façons superficielles, plus ou moins nombreuses, afin de réchauffer le sol et de l'ameublir. Le risque de cette méthode est de créer des semelles de façons superficielles, certes moins profondes que celles de labour, mais très néfastes pour la profondeur d'enracinement de la culture. On peut donc lui préférer des techniques culturales simplifiées, plus respectueuses de la structure du sol et moins gourmandes en temps et carburants.

Le **semis** se fait grain par grain à 4-5 cm de profondeur. La densité dépend de l'usage : 80 000 à 100 000 pieds/ha pour du maïs-grain, densités plus fortes pour du maïs ensilage. La distance entre rangs est le plus souvent élevée, de 60 à 80 cm.

La **date de semis** optimale pour du maïs grain se situe entre le 15 Avril et le 1er Mai, exceptionnellement jusqu'au 20 Mai. Au-delà, le rendement peut être affecté. Si le maïs est destiné à l'ensilage, il est possible de retarder ces dates d'une quinzaine de jours. Enfin, si l'on désire distribuer le maïs comme fourrage vert, au stade grain laiteux, le semis peut intervenir jusqu'en Juillet.

En matière de fertilisation, comme pour les autres céréales, l'Azote est déterminant. Les besoins sont un peu moindres que pour le blé :

- environ 2,2 kg N/quintal de grains avec un objectif d'environ 100 q/ha en maïs-grain,
- environ 12 kg N/T pour un objectif de 17 T/ha en maïs fourrage

En relation avec la cinétique des besoins de la plante en Azote (voir II-Conditions de croissance et de développement ci-dessus), un apport de 150 à 200 kg/ha est réalisé en une seule fois, vers le stade 10 feuilles. Plus tard dans le cycle, bien que les besoins soient encore importants, les apports ne sont plus envisageables compte-tenu de la grande hauteur atteinte par la culture. On emploie donc des formes d'engrais, organiques ou minéraux, à diffusion lente.

En relation avec les besoins cruciaux en eau de la plante aux environs du stade Floraison mâle et, plus tard, au moment du remplissage du grain, l'irrigation est couramment pratiquée. On apporte de 200 à 300 mm d'eau sur le cycle, avec des variations de quantités et de fréquences dépendant du type de sol et de la région considérée.

CONTRE LES PRINCIPAUX RAVAGEURS, LA LUTTE BIOLOGIQUE SE DEVELOPPE

Les **larves de taupins**, dites «vers fil de fer », sont très sensibles à la sécheresse. Un moyen de lutte efficace est donc de travailler le sol des parcelles infestées de manière répétée en été. Ceci expose les larves au soleil, ce qui les tue. Le déchaumage aura le même effet. Enfin, des insecticides existent pour traiter chimiquement lorsque les moyens mécaniques et l'alternance des cultures (rotation) ont échoué.

Pour lutter contre les **limaces**, comme pour le Blé, il est possible d'épandre des granulés de manière préventive au semis. Un travail du sol en surface permettant d'éviter la présence de grosses mottes de terre est un moyen efficace de prévenir les pullulations de ce mollusque.

Contre la **Pyrale**, il est possible de mener une lutte chimique aérienne. Des moyens de lutte biologiques efficaces sont aujourd'hui disponibles. On peut en effet avoir recours à des auxiliaires tels que le Trichogramme (micro-hyménoptère hyperparasite des larves de Pyrale, voir Document 2-7) ou *Bacillus thuringiensis*, bactérie que l'on pulvérise sur les champs et qui détruit l'intestin des larves grâce à la libération de toxines.



Figure 2-7 : Adulte de Trichogramme pondant.

Source : Phyt'eauvergne 2013

Pour les **maladies cryptogamiques**, l'emploi de la lutte chimique ne se justifie qu'en cas d'attaques précoces. Globalement, le maïs est peu sensible aux maladies. Le choix variétal permet de bien valoriser la diversité génétique de l'espèce qui a développé des tolérances à ce type d'agents pathogènes. Les traitements par fongicides sont cependant possibles en curatif. On trouve par ailleurs, comme pour le blé, des semences traitées permettant de lutter préventivement contre ce risque sanitaire.

La lutte mécanique contre les **adventices** est efficace (binages entre rangs et sur le rang) mais elle n'est envisageable qu'aux stades jeunes de la culture, la hauteur de la végétation cultivée empêchant ensuite ce type d'action. Le désherbage chimique se pratique mais des molécules autrefois courantes sont devenues interdites pour cause de trop grande rémanence (cas de l'atrazine, par exemple). De plus, de nombreuses dicotylédones ainsi que les Poacées estivales (Panics, Sétaires, Digitaires) ont développées des résistances à certains herbicides. Il faut donc veiller à alterner fréquemment les familles de produits.

CONCLUSION

Le maïs, Poacée de grande taille originaire d'Amérique centrale, est la plante alimentaire la plus cultivée au Monde.

C'est une plante monoïque et allogame : sur un même pied, des fleurs des deux sexes coexistent mais les fleurs mâles sont mures avant les fleurs femelles. La fécondation est donc nécessairement croisée entre pieds. Le cycle de vie du maïs est court. Il débute au printemps pour se terminer en début d'automne. La récolte pour le grain se fait à maturité de celui-ci alors que la récolte pour l'ensilage se fait avant ; on récolte alors les plantes entières que l'on broie et stocke en anaérobiose pour les distribuer ultérieurement au bétail. Le maïs a gardé de ses origines géographiques une forte exigence en eau et en température alors que ses exigences en type de sol sont faibles. Le principal enjeu est de disposer de ressources hydriques suffisantes deux semaines avant et deux semaines après la floraison mâle afin d'éviter des pertes de rendement pouvant atteindre 50 %.

Peu sensible aux maladies, cette culture est exposée à des attaques de ravageurs parfois très préjudiciables pour le rendement. La lutte contre ceux-ci, en plus d'une éventuelle irrigation, est un des pivots de la réussite de la récolte. Pour cela, des moyens de protection biologique efficaces se développent, en particulier par l'emploi en plein champ d'auxiliaires animaux, prédateurs ou hyperparasites naturels des ravageurs du maïs.

BIBLIOGRAPHIE

AGRESTE. Grandes cultures, fourrages, prairies. Chiffres clés [en ligne].

Disponible sur : <http://agreste.agriculture.gouv.fr/thematiques/productions-vegetales/grandes-cultures-fourrages/> (consulté le 31/01/2013).

Association Générale des Producteurs de maïs. Tout savoir sur le Maïs – Le Maïs dans le Monde [en ligne]

Disponible sur : http://www.agpm.com/pages/dossier_cimais.php (consulté le 31/01/2013)

GNIS a. Maïs : diversité et évolution du maïs, des populations anciennes aux variétés hybrides commercialisées en France [en ligne].

Disponible sur : <http://www.gnis.fr/index/action/page/id/858> (consulté le 31/01/2013).

GNIS b. Physiologie et reproduction du Maïs [en ligne].

Disponible sur : <http://www.gnis-pedagogie.org/mais-plant-physiologie-reproduction.html> (consulté le 31/01/2013).

INRA [en ligne]

Disponible sur : <http://www.inra.fr/hyp3/images/6036192.jpg> (consulté le 31/01/2013)

Mazoyer M et al, Larousse agricole, Larousse, Paris, 2002, 767 p.

Paysan breton [en ligne]

Disponible sur : <http://www.paysan-breton.fr/images/upload/img/130125p7bis.jpg> (consulté le 05/02/2013)

PHYT'EAUVERGNE. Auxiliaire : Exemple du Trichogramme contre la Pyrale du Maïs [en ligne].

Disponible sur : http://www.phyteauvergne.developpement-durable.gouv.fr/article_conseilagri.php3?id_article=184 (consulté le 31/01/2013).

Syngenta. Surveiller les pyrales et sésamies dans le Sud-Ouest [en ligne].

Disponible sur : <http://www3.syngenta.com/country/fr/fr/infos-cultures/Mais/mais-grain-et-ensilage/Articles-mais/Pages/Pyrales-et-sesamies-dans-le-sud-ouest.aspx> (consulté le 04/02/2013)

Syngenta. Il est temps de compter les larves de Pyrale [en ligne].

Disponible sur : <http://www3.syngenta.com/country/fr/fr/infos-cultures/Mais/mais-grain-et-ensilage/Articles-mais/Pages/Compter-les-larves-de-pyrale.aspx> (consulté le 04/02/2013)

LA POMME DE TERRE

Solanum tuberosum

Cette plante qui fait tant partie de notre quotidien est pourtant d'origine lointaine. Elle nous vient d'Amérique du Sud, plus précisément de la région des Andes. A l'image d'autres plantes cultivées telles que le Maïs ou la Tomate, la pomme de terre a été introduite en Europe par les Conquistadores au XVI^{ème} Siècle. Sa culture s'est ensuite progressivement répandue pour gagner la France au XVII^{ème} Siècle et s'y développer, en particulier grâce aux travaux d'Antoine-Augustin Parmentier, alors pharmacien des armées.

Aujourd'hui elle se situe au 4^{ème} rang des cultures vivrières dans le Monde, après le maïs, le blé et le riz.

En France, sa culture couvre plus de 150 000 ha avec des rendements de près de 47 T/ha en 2011 (AGRESTE 2013). Sa production totalise 5,7 millions de T réparties comme suit, en type de produit, surface, rendement moyen et % de la production totale :

- conservation et demi-saison (frais, transformation, jardins, export) : 112 000 ha avec 48 T/ha soit 75 %
- féculerie : 20 000 ha avec 54 T /ha soit 15 %
- plants certifiés : 17 000 ha avec 28 T/ha soit 7%
- primeurs et nouvelles (vendues avant le 1er Août) : 7 900 ha avec 25 T/ha soit 3 %

En pomme de terre de conservation, la production est très majoritairement concentrée au Nord de la Loire. La première région productrice est le Nord-Pas-de-Calais (36% de la production française) ; le seconde est la Picardie qui représente (27%). Les autres se situent nettement en-dessous : Champagne-Ardenne (12%), le Centre (7%), la Haute-Normandie (7%), l'Île de France (2%), la Bretagne (2%).

Pour les pommes de terre primeurs, les régions de production sont différentes. Il s'agit principalement de la Bretagne, du Val de Loire (îles de Ré et de Noirmoutier), du bassin Rhône-Méditerranée, du Grand Sud-Ouest, de la Normandie et de l'Alsace. (CNIPT 2013).



Figure 3-1 : Vue partielle de la diversité des variétés de pommes de terre.

Source : AIPT 2013

L'Union européenne totalise 2,3 millions d'ha et 57 millions de T en 2011, soit un rendement moyen de 25 T/ha. La France se situe à égalité avec la Grande-Bretagne et derrière l'Allemagne, premier producteur européen avec 7 à 8 millions de T/an en moyenne. (UNPT 2013).

La grande diversité interne à cette espèce, illustrée par la figure 3-1 (plus de 3 000 variétés dont 150 cultivées en France) ainsi que son mode de reproduction végétative qui facilite sa diffusion, expliquent en bonne partie le succès de cette culture dans notre pays, au climat largement déterminé par les influences océaniques. C'est ce que nous allons comprendre en détail à présent.

I- ESPECE

La pomme de terre, *Solanum tuberosum*, fait partie de la vaste famille botanique des Solanacées qui compte un millier d'espèces différentes. Il s'agit d'une plante vivace herbacée pouvant atteindre 1 m de haut.

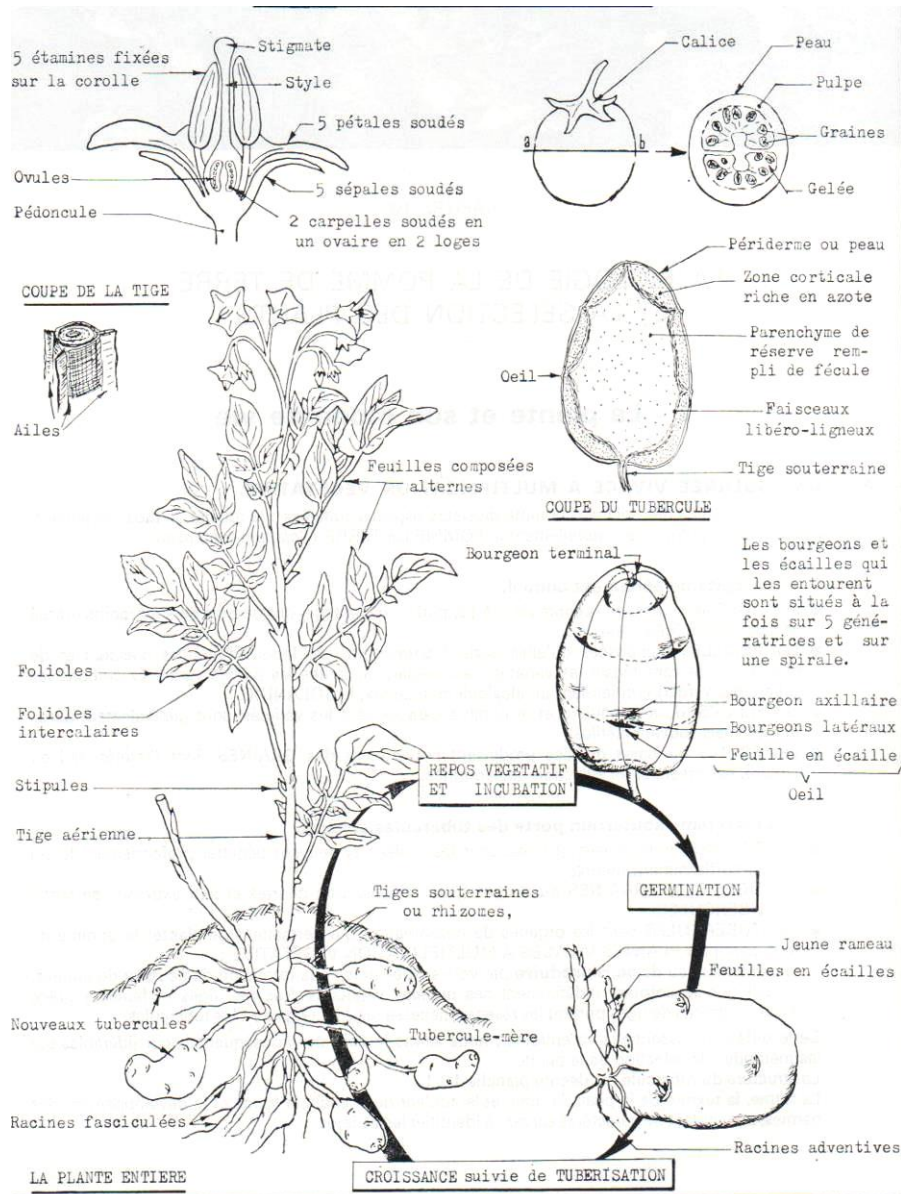


Figure 3-2 : La morphologie de la pomme de terre et son cycle végétatif.
Source : Soltner 1979.

Les tiges aériennes, au nombre de 2 à 10, présentent un port plus ou moins dressé.

Les feuilles sont composées et, selon leur aspect et leur coloration, permettent de distinguer les variétés entre elles.

Toutes les parties vertes de la plante, y compris les tubercules verdis (si exposés au soleil), sont toxiques : elles contiennent un alcaloïde dangereux appelé la **Solanine**.

Comme le montre la figure 3-2 ci-contre, la pomme de terre se caractérise par la constitution d'un organe de réserve souterrain, le **tubercule**, riche en amidon dit **fécule** (18 %) qui lui permet de se reproduire par voie végétative. En effet, ces tubercules sont des tiges souterraines dont les bourgeons, appelés « yeux », émettent de jeunes rameaux au printemps suivant : on dit qu'ils germent. Ils donnent ainsi naissance à de nouveaux pieds, clones parfaits du pied-mère. C'est cet organe de réserve et de reproduction asexuée qui est récolté puis utilisé en alimentation.

Cette particularité de se reproduire naturellement par voie végétative est mise à profit en agriculture pour maintenir la pureté variétale par culture et multiplication in vitro à partir de bourgeons prélevés sur tubercules.

La pomme de terre peut également se reproduire par voie sexuée mais cette capacité n'est pas mise à profit en agriculture. Ses fleurs, souvent blanches, parfois mauves selon les variétés, se transforment après fécondation en baies. Ces baies ne sont pas récoltées car sans intérêt alimentaire ; elles sont cependant anatomiquement analogues aux fruits récoltés de sa cousine la Tomate.

CYCLE DE VIE : L'INTERET EST SOUS TERRE

La pomme de terre se développe selon un cycle annuel en quatre phases :

- La **phase de croissance** : le tubercule germé est planté en terre. On plante des pommes de terre ; on ne les sème pas. Les bourgeons se transforment en tiges : rameaux feuillés émis vers l'extérieur pour capter la lumière et les gaz, stolons sous terre pour coloniser le sol.
- La **tubérisation** : après un temps plus ou moins long selon la variété et les conditions pédoclimatiques, les stolons cessent de croître en longueur. Ils se renflent pour former, après une ou deux semaines, des ébauches de tubercules. Cette phase se prolonge par un grossissement qui durera jusqu'à la mort de la plante. Le début de cette phase de tubérisation est invisible en surface.
- Le **repos végétatif** : après la mort naturelle ou artificielle (par l'intervention humaine) de la plante, les tubercules restent en stase : ils ne peuvent pas germer, même mis dans des conditions optimales de températures et d'humidité.
- La **germination** : après une évolution physiologique encore mal connue, les tubercules deviennent capables d'émettre des bourgeons

II- A L'AISE PRES DES COTES MAIS GARE AUX CHAMPIGNONS

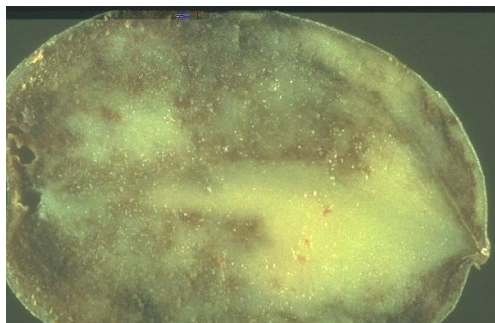
En matière de climat, la pomme de terre préfère les températures modérées : son feuillage gèle facilement et est détruit à partir de -2 °C.

Au niveau pluviométrie, ses besoins en eau sont d'abord faibles en début de végétation puis deviennent élevés lors de la croissance foliaire et de la tubérisation. Son système racinaire ne descendant guère en-dessous de 40-50 cm, elle est sensible au déficit hydrique du sol, surtout lors de l'initiation des tubercules. Ceci explique qu'elle valorise bien l'irrigation qui ne doit cependant pas être trop fournie, au risque de favoriser les maladies cryptogamiques.

La pomme de terre est susceptible d'être atteinte par de nombreuses viroses (enroulement, mosaïque, frisolée, bigarrure) qui se traduisent par des nécroses et un rabougrissement de la plante. Elles sont transmises par des pucerons. On lutte donc contre ces maladies en agissant sur les pucerons mais aussi par sélection sanitaire sur les plants et par utilisation de variétés résistantes.

La pomme de terre peut également être touchée par des champignons microscopiques, dont la manifestation la plus grave est le mildiou de la pomme de terre (dû à *Phytophthora infestans*). Celui-ci est le principal facteur limitant de la culture à l'échelle mondiale. Maladie épidémique, elle se manifeste par des destruc-

tions rapides sur les jeunes plants, par des tâches d'aspect huileux qui brunissent sur les feuilles et par des nécroses sur l'ensemble de la plante qui se dessèche. Les tubercules infestés présentent des zones de pourriture grise et ne sont pas commercialisables (Voir symptômes dans le document 3-3 ci-dessous).



Document 3-3 : Dégâts de Mildiou sur tubercule et sur feuillage

Source : INRA 2013

D'autres agents pathogènes cryptogamiques peuvent affecter la culture de pomme de terre : le rhizoctone brun, la verticilliose, l'alternariose, la galle argentée, les pourritures sèches sur tubercules en conservation (fusarioses et gangrène).

Enfin, on peut avoir affaire à des maladies d'origine bactériennes, telles que la pourriture brune des tubercules, la pourriture molle, la galle commune des pommes de terre.

Parmi les ravageurs de la pomme de terre s'attaquant aux parties souterraines, les deux principaux sont les nématodes à kyste et les larves de Taupins. Les premiers peuvent provoquer une perte de rendement de 75 % et nécessitent, sur les terrains infestés, d'abandonner la culture de Solanacées pendant plusieurs années. Les larves de Taupins (insecte coléoptère), quant à elles, creusent des galeries dans les tubercules, les déprécient et favorisent le développement de pourritures.

Sur le feuillage, le principal ravageur, bien connu, est le Doryphore (*Leptinotarsa decemlineata*), dont les larves peuvent provoquer une défoliation complète des plantes.

III- ELABORATION DU RENDEMENT

La partie récoltée étant le tubercule et la pomme de terre développant, à partir d'un plant, plusieurs tiges et plusieurs tubercules, les composantes du rendement de cette culture sont donc :

Poids d'un tubercule : il dépend de la variété choisie, des conditions climatiques du lieu et de l'année mais surtout de la densité de plantation choisie par l'agriculteur. Plus cette densité est élevée, plus faible est le calibre, donc le poids d'un tubercule.

Nombre de tubercules/tige et Nombre de tiges/m² : ces deux autres composantes sont très fortement déterminées par le choix du calibre des plants, comme le montre le tableau ci-dessous (tableau 3-4) pour la variété Bintje. Plus le calibre du plant est élevé, plus le nombre de tiges par plante et le nombre de tubercules par plante est élevé.

Tableau 3-4 : Nombre de tiges et de tubercules en fonction du calibre du plant.

Calibres	Nombre de tiges/plante	Nombre de tubercules/plante
28-35 mm	3 à 4	10 à 15
35-45 mm	5 à 6	15 à 20
45-55 mm	6 à 7	20 à 25

Source : Doré et al 1998

L'agriculteur peut donc très fortement influencer le rendement par ses choix directs : variété bien sûr mais aussi et surtout calibre du plant et densité de plantation.

Le rendement pour la pomme de terre s'écrit donc :

$$\text{Rendement} = \text{Poids d'un tubercule} \times \text{Nombre de tubercules/tige} \times \text{Nombre de tiges/ m}^2$$

Ce rendement s'exprime classiquement en Tonnes/ha.

PLANTATION



Figure 3-5 : Planteuse en action.

Source : Au jardin de Noisy 2013

La plantation est réalisée avec une planteuse, matériel spécifique automatique qui, en un seul passage, ouvre la raie de plantation, dépose les plants à intervalles défini et recouvre ses derniers sous une couche de terre d'environ 5 à 10 cm d'épaisseur (pré-buttage). L'écartement entre les rangs est en général de 75 cm, mais des écartements de 80 à 90 cm sont pratiqués dans certains cas pour augmenter le volume de la butte et limiter le risque de verdissement des tubercules (voir Figure 3-5 ci-contre)

BUTTAGE

Un buttage définitif est réalisé deux à trois semaines après la plantation. Les buttes ont une hauteur d'environ 20 cm et une largeur à la base de 50 cm (voir Figure 3-5 ci-dessus). Elles permettent d'assurer dans de bonnes conditions le développement des racines et des stolons, la croissance des tubercules fils, et d'éviter leur verdissement en les mettant à l'abri de la lumière. Elles favorisent aussi les opérations de récolte.

DENSITE DE PLANTATION

Elle est fonction du nombre de tiges par hectare souhaité (le nombre de tubercules produits par hectare est relié au nombre de tiges par plant ainsi qu'au nombre de tiges par hectare, et le calibre des tubercules est d'autant plus faible que leur nombre est élevé). Ainsi un peuplement de l'ordre de 180 000 plants/ha est recherché pour la variété Bintje, pour obtenir un rendement élevé avec une proportion importante de tubercules de calibre homogène (de 45 à 70 mm), mais la production de plants pour la multiplication nécessite des densités plus élevées, de l'ordre de 250 000 à 300 000 plants/ha.

En général, la plantation de pommes de terre de consommation courante se fait **courant Avril**, de façon à éviter les périodes froides, le zéro de végétation se situant à 16-18°C. Les pommes de terre primeurs sont plantées plus tôt.



Figure 3-6 : Culture de pomme de terre en rangs buttés.

Source : PLANETE Légumes 2013

FERTILISATION

La pomme de terre est exigeante en azote, phosphore et potasse ; ses exportations s'élèvent en effet à 3,2 kg d'azote, 1,6 kg d'acide phosphorique et de 5,5 à 6 kg de potasse par tonne de tubercule.

IRRIGATION

En raison de la faible profondeur de son système racinaire (de 40 à 50 cm), la pomme de terre est sensible au déficit hydrique, surtout au moment de l'initiation des tubercules. Un apport d'eau se révèle alors nécessaire, dont l'importance et la fréquence dépendent de l'état de siccité du sol. Les apports ne doivent cependant pas être trop importants, sous peine de favoriser le développement de pourritures.

LUTTE PHYTOSANITAIRE

Contre les viroses (voir en partie précédente) ; principalement transmises par des pucerons, les seuls moyens de lutte sont la sélection sanitaire, l'utilisation de variétés résistantes et les traitements insecticides. Les progrès de la sélection sanitaire et du génie génétique ont permis au cours des dernières décennies de diminuer la pression des maladies à virus.

Contre le mildiou, la lutte est préventive par pulvérisation de produits cupriques ou de produits organiques de synthèse.

Contre les nématodes, en dehors de la désinfection du sol, le seul moyen de prévention est l'abandon obligatoire de la culture de pomme de terre et d'autres Solanacées pendant plusieurs années. On combat le Doryphore avec des pulvérisations d'insecticides.

RECOLTE

Elle est précédée de deux à quatre semaines par un défanage mécanique ou chimique, afin de limiter la contamination des tubercules par des maladies à virus mais aussi pour améliorer la qualité des produits et faciliter la récolte.

DATE DE RECOLTE

Elle dépend du type de production. Les pommes de terre de conservation sont arrachées à maturité complète pour favoriser leur conservation. Les pommes de terre primeur avant maturité et celles destinées à la production de plants trois semaines après le défanage, de façon à laisser durcir l'épiderme pour qu'il soit moins sensible aux chocs. La récolte est effectuée par des arracheuses mécaniques, qui assurent à la fois l'arrachage, l'élimination de la terre, des cailloux, des fanes et le convoyage vers une remorque ou vers un organe trieur et ensacheur.

APRES RECOLTE

Une ventilation chaude d'environ deux semaines assure le séchage et la cicatrisation des blessures. Au-delà commence la période de conservation à une température plus basse qui varie en fonction de la durée du stockage et de la destination des tubercules. Pour un stockage court et pour des pommes de terre destinées à être consommées en l'état, elle est de l'ordre de 7°C ; pour un stockage plus long, de l'ordre de 5 à 60°C. Pour les semences, la nécessité d'empêcher la germination et de maintenir la vigueur germinative exige une température de 2 à 4°C

CONCLUSION

La pomme de terre est la 4ème plante cultivée au niveau mondial. Cette Solanacée vivace originaire d'Amérique du Sud, possède la particularité biologique de se reproduire de manière végétative par le biais de tubercules, tiges souterraines se remplissant de réserves d'amidon. C'est cette partie souterraine qui est récoltée et dont on cherche à maximiser le rendement en culture. Plus le calibre du plant mis en terre est élevé, plus nombreuses seront les tiges émises par plante et plus nombreux seront aussi les tubercules élaborés par plante.

Culture exigeante au niveau climatique (gélive et gourmande en eau), la pomme de terre est le plus efficacement cultivée en zone d'influence océanique, donc non loin des côtes. La reproduction principalement végétative de cette plante l'expose fortement aux viroses, que l'on cherche à contrecarrer par la sélection sanitaire et la limitation des principaux vecteurs de virus que sont les pucerons. Son historique destructeur à grande échelle qu'est le Mildiou reste une menace actuelle mais cet agent fongique est jugulé par des moyens chimiques, en particulier des solutions cupriques.

Selon qu'elle est destinée à la conservation ou à la vente en primeurs, les dates de plantation varient : plus précoce pour les primeurs, plus tardive pour la conservation. Dans ce derniers cas, un stockage avec séchage est nécessaire après récolte pour permettre aux tubercules de mieux résister au temps sans se détériorer ni germer.

BIBLIOGRAPHIE

AGRESTE. Grandes cultures, fourrages, prairies. Chiffres clés [en ligne].

Disponible sur : <http://agreste.agriculture.gouv.fr/thematiques/productions-vegetales/grandes-cultures-fourrages/> (consulté le 31/01/2013).

Année internationale de la Pomme de terre. La Pomme de terre et la biodiversité [en ligne].

Disponible sur : <http://www.potato2008.org/fr/pommedeterre/biodiversite.html> (consulté le 31/01/2013)

Au jardin de Noisy. Travaux. Plantation des pommes de terre fin Mars [en ligne].

Disponible sur : <http://www.jardindenoisy.fr/travaux.html> (consulté le 31/01/2013)

Comité National Interprofessionnel de la pomme de Terre. Les chiffres-clés [en ligne]

Disponible sur : <http://www.cnipt-pommesdeterre.com/les-chiffres-cles-2.html> (consulté le 05/02/2013).

Doré T, Martin P, Roger-Estrade J, Eléments pour la conduite des principales grandes cultures et prairies, Département AGER, INAPG, 1998, p.189.

INRA [en ligne].

Disponible sur : <http://www.inra.fr/hyp3/images/6034343.jpg> (consulté le 05/02/2013).

Et disponible sur <http://www.inra.fr/hyp3/images/6034341.jpg> (consulté le 05/02/2013).

Mazoyer M et al, Larousse agricole, Larousse, Paris, 2002, 767 p.

PLANETE Légumes. Rendez-vous bout de parcelle Pomme de terre [en ligne].

Disponible sur : http://www.planete-legumes.fr/actu_detail.php?ID=37 (consulté le 31/01/2013)

Soltner D, Les grandes productions végétales, 10ème édition, Collection Sciences et Techniques agricoles, Angers, 1979, p.238.

Union Nationale des Producteurs de pommes de Terre.

Production européenne. [en ligne]

Disponible sur http://www.producteursdepommesdeterre.org/static/production_eu (consulté le 31/01/2013).

Production française. [en ligne]

Disponible sur http://www.producteursdepommesdeterre.org/static/production_fr (consulté le 31/01/2013)

LE SOJA

Glycine max (L.)

En 2009, cette plante oléagineuse couvre 44 000 ha en France, pour une production totale de 118 000 T, soit un rendement moyen de 27 q/ha.

La France est au 5ème rang des pays européens pour la production, largement dominés par l'Italie (570 000 T sur un total européen de 878 000 T en 2009) (CETIOM 2013 a). L'Europe elle-même se situe au 5ème rang mondial (749 000 T sur les 211,6 millions de T mondiaux). Les USA sont le premier producteur, suivi du Brésil, de l'Argentine et de la Chine. Sur la figure 4-1, on constate qu'il existe deux zones principales de culture en France : le Sud-Ouest et le Nord-Est, ainsi qu'une partie de Rhône-Alpes. Cette répartition s'explique principalement par les caractéristiques biologiques de la plante que nous découvrirons par la suite.

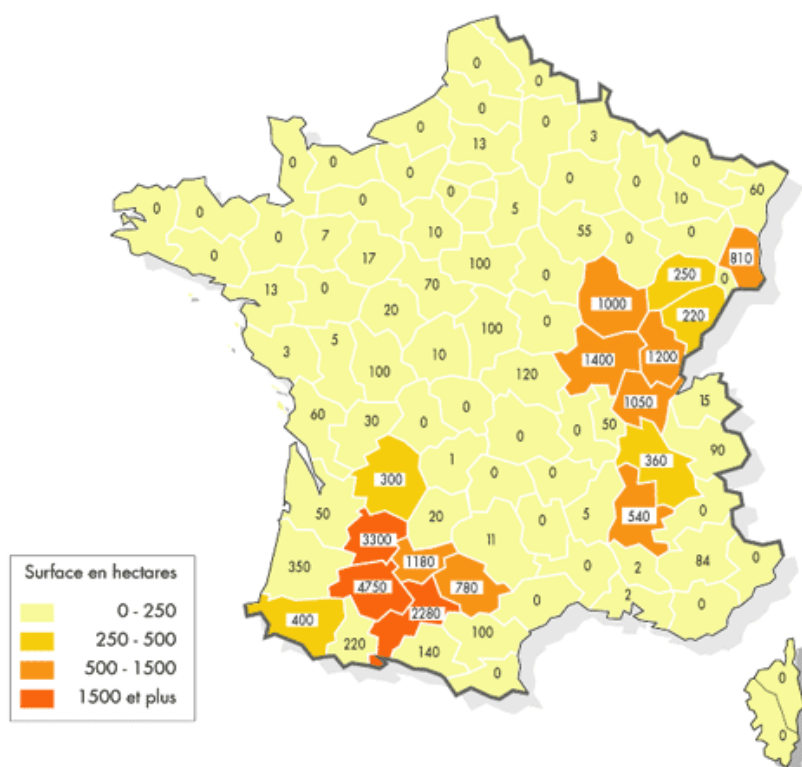


Figure 4-1 : Carte de répartition des surfaces en soja en 2008, Superficie totale : 21 771 ha

Source : CETIOM 2013 b

Le soja est principalement utilisé pour la production d'huile alimentaire, mais les tourteaux obtenus après extraction de l'huile sont très appréciés en alimentation animale.

Le soja sert aussi à la fabrication de produits à base de protéines destinés à l'alimentation humaine. La multiplicité des usages (alimentaires et industriels) explique la place prépondérante du soja sur le marché mondial des oléo-protéagineux : lait de soja, tofu, diverses sauces, substituts de protéines animales, concentrés de protéines, savonnerie, fabrication de colles, d'explosifs, d'encres, de vernis, de peintures, de produits de démoulage des bétons, de produits anti-poussière dans les silos, etc.

Mais voyons à présent de plus près à quoi ressemble cette plante cultivée avant d'en étudier les exigences et le mode d'élaboration de son rendement pour finir en définissant un type de conduite classique de cette culture en France.

DESCRIPTION BOTANIQUE

Le soja est originaire de Mandchourie où il a été domestiqué. Cette espèce gagne toute l'Asie, jusqu'en Inde et au Népal, aux XV^{ème}-XVI^{ème} Siècles. Les Européens ne le découvrent qu'aux XVI^{ème}-XVII^{ème} Siècles lors de voyages en Orient. Les premières graines, envoyées par des missionnaires, arrivent en France en 1740, au Jardins des Plantes à Paris. Sa mise en culture en France ne viendra que bien plus tard, vers 1965-1970, alors qu'elle a démarré dès 1850 et à grande échelle aux Etats-Unis comme plante fourragère, pâturée, fanée ou ensilée.

Le soja est une Fabacée annuelle, à feuilles alternes, composées de 3 folioles ovales ayant des stipelles à leur base, et dont les tiges dressées atteignent entre 30 cm et 1,3 m. Les stipules sont de très petite taille (Voir figure 4-2). Toute la plante est couverte de poils roux.

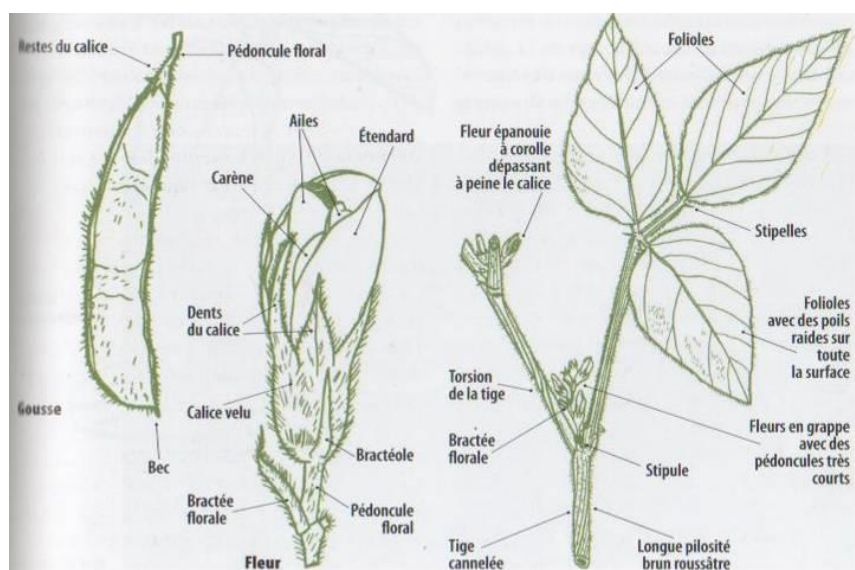


Figure 4-2 : Eléments de morphologie du soja.

Source : Poulain 2012 a

Les fleurs, petites, de couleur lilas ou violette voire blanche, sont peu apparentes ; elles sont disposées en grappes axillaires de 3 à 5 fleurs avec des pédoncules très courts (voir figure 4-2)

Les gousses, velues et bosselées, tombantes et longues de 3 à 8 cm, contiennent de 2 à 4 graines de 6 à 7 mm, ovoïdes et bombées, noires, brunes, jaune verdâtre ou panachées, pesant entre 0,10 et 0,15 g (voir figure 4-2).

PHENOLOGIE

Les semis ont lieu de fin Avril à début Mai, lorsque la température du sol a atteint 10°C, après une inoculation des semences par des bactéries symbiotiques (fixatrices de l'Azote atmosphérique) spécifiques au soja - *Bradyrhizobium japonicum* - qui n'existent pas dans nos sols.

La levée a lieu en une dizaine de jours. Suit la période de développement végétatif, d'une durée d'environ 40 jours, au cours de laquelle la plante installe son système racinaire. Les nodosités commencent à se développer mais ne sont pas encore fonctionnelles – c'est de l'azote du sol qui est alors utilisé.

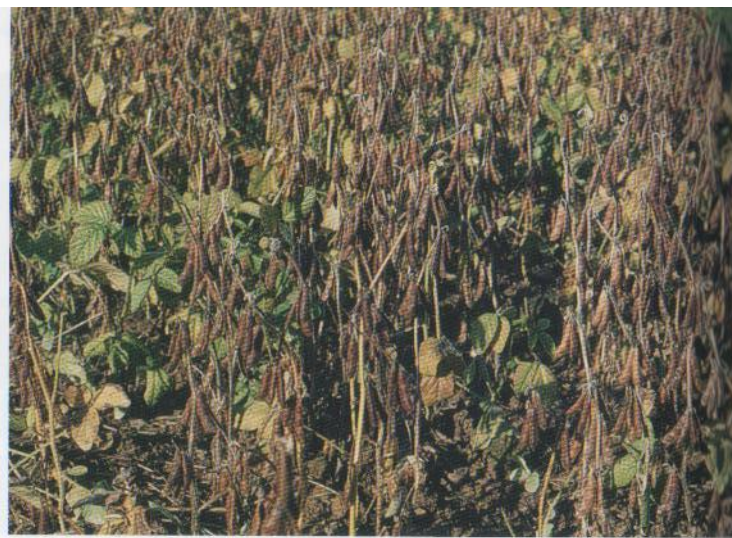
La floraison débute vers 50-60 jours et dure une cinquantaine de jours. Les nodosités sont alors bien développées et fonctionnelles. La majeure partie de l'azote métabolisée est alors d'origine atmosphérique (voir figure 4-3).

Les premières gousses se forment vers 90-100 jours et le poids maximum des grains est atteint vers le 110ème jour. C'est alors que débute la synthèse des lipides, qui dure 1 mois.

La récolte a lieu en Septembre-Octobre (voir l'aspect à maturité sur la figure 4-4).



Figure 4-3 : Plants de soja en début de floraison.
Source : Poulain 2012 b



Document 4-4 : Culture de soja à maturité, avant récolte.
Source : Poulain 2012 c

Au total, la durée du cycle est comprise entre 100 et 160 jours, selon le type variétal et la région considérée.

II- CONDITIONS DE CROISSANCE ET DE DEVELOPPEMENT

UNE CULTURE DE PRINTEMPS EXIGEANTE EN EAU ET EN TEMPERATURES ELEVEES

Le zéro de végétation du soja est de 6°C, ce qui est assez élevé. La température du sol doit être d'au moins 10 à 11°C pour permettre la germination de la graine.

La période de plus forte résistance au froid correspond à la phase de développement végétatif : la plante peut alors survivre à des températures de -2°C voire -4°C. Par contre, dès la phase suivante (floraison/fructification), le soja commence à afficher des besoins plus importants en degrés jours. L'optimum de croissance se situe alors entre 20 et 25°C. Des températures descendant en-dessous de 8 à 12°C (selon les variétés) risquent à ce stade de faire avorter les fleurs. Au total, et de manière variable selon les variétés, la somme des températures en base 6°C nécessaire au passage du stade levée au stade floraison est de 400 à 600°C.j et de 1500 à 1 900°C.j de la levée à la maturité des grains.

Les besoins totaux en eau du soja sont proches de ceux du maïs et s'élèvent à 500 mm sur l'ensemble du cycle. La phase la plus sensible à un déficit hydrique se situe de la floraison à la fructification, période dont la durée est le tiers de celle du cycle de la plante, et au cours de laquelle elle absorbe 55 % de ses besoins en eau. Une insuffisance des disponibilités en eau peut alors entraîner une perte de rendement allant de 30 à 50 %.

RAVAGEURS ET MALADIES CLASSIQUES. GARE AUX ADVENTICES



Figure 4-5 : Punaise verte (*Nezara viridula*).
Source : CETIOM 2013 c

Le principal ravageur du soja est la **Punaise verte** (*Nezara viridula*). C'est un parasite des gousses fréquent dans le Sud de la France, qui peut causer des dégâts importants aux cultures. (Mazoyer et al 2002)

Longs de 12 à 16 mm, ils sont facilement reconnaissables par leur coloration généralement verte et la présence de 3 petits points clairs, parfois 5, à la base de l'écusson (voir figure 4-5).

Les adultes assurent la survie de l'espèce pendant l'hiver. A l'entrée de la phase d'hibernation, leurs couleurs deviennent

ternes. En hiver ils présentent une teinte brun violacé.

Dans certains cas, notamment en culture non irriguée, il peut y avoir une présence importante d'**acariens** (« araignées jaunes » ou « araignées rouges ») qui parasitent le feuillage (voir figure 4-6).

A la levée de la culture, de manière assez classique, les **limaces** et les mouches du semis peuvent causer des dégâts substantiels et pénaliser la densité du peuplement cultivé.



Figure 4-6 : Gros plan d'acarien rouge. Taille réelle : 0,5 mm.

Source : CETIOM 2013 d



Figure 4-7 : Dessèchement de tige, mycélium blanc et sclérotés noirs causés par le Sclérotinia.

Source : CETIOM 2013 e

La principale maladie affectant le soja est une maladie cryptogamique courante en grandes cultures : le **Sclérotinia**.

Il s'attaque à de nombreuses cultures de dicotylédones (tournesol, colza, légumineuses, melon, carotte), et les pertes dues à ce champignon peuvent atteindre 15 q/ha en cas de forte attaque.

Les sclérotés se conservent dans le sol pendant plusieurs années (voir figure 4-7).

Une contamination secondaire peut se faire par contact entre tige atteinte et tige saine.

Le développement de cette maladie est favorisé par une humidité persistante dans le feuillage. La prévention par le choix de variétés peu sensibles, par la conduite de l'irrigation et par la propreté de la culture est le moyen de lutte le plus efficace pour limiter les dégâts.

Autre maladie courante chez le soja et qui peut se rencontrer sur plus de 200 espèces végétales : le **Rhizoctonia**. Il provoque des taches par foyers qui conduisent d'abord à un jaunissement des plantes puis à leur dessèchement. Dans les cas les moins graves, il peut ne concerner que des plantes isolées.

Enfin, le soja peut être touché par le Mildiou et le Diaporthe. Le premier est fréquent mais sans incidence mesurable sur le rendement du soja. Il se manifeste par de petites taches jaune clair sur le feuillage. Le second attaque en végétation et se conserve sur les résidus de culture. Avec des semences certifiées, les attaques restent rares et les pertes de rendement sont très dépendantes de la sensibilité variétale.

Le soja est très peu compétitif à l'égard des adventices pendant les premières semaines de son cycle (voir figure 4-8). Il convient donc de bien juguler mono et dicotylédones par une lutte, chimique ou mécanique, en présemis puis ensuite, même si l'efficacité des désherbants anti-dicotylédones est limitée en post-levée (celle des anti-graminées est satisfaisante). Le binage est une pratique efficace de désherbage en cours de végétation.



Figure 4-8 : soja envahi par du Liseron des haies.

Source : CETIOM 2013 f

II- ELABORATION DU RENDEMENT

La partie récoltée sur le soja étant la graine, on en déduit les composantes du rendement suivantes :

Poids moyen d'un grain (PMG) : il dépend de la variété et du climat de l'année. Il est principalement pénalisé par un déficit hydrique au moment de la fructification (risque d'échaudage).

Nombre de grains par gousse : il est fonction du taux d'avortement, d'autant plus fort que les températures sont basses en période de floraison/fructification (seuil de 8 à 12°C selon les variétés. (voir figure 4-9).

Nombre de gousses par pied : il dépend de la variété, du climat de l'année mais aussi de la densité du peuplement : un peuplement peu dense sera compensé par un nombre de gousses par pied plus élevé.

Nombre de pieds par ha : cette composante dépend fortement de la réussite de la levée, donc des choix tactiques de l'agriculteur (choix de la variété et de la date de semis), ainsi bien sûr que de la pression des ravageurs et des maladies.

Le rendement de la culture de soja s'écrit donc :

$$\text{Rendement} = \text{PMG} \times \text{Nbre grains/gousse} \times \text{Nbre de gousses/pied} \times \text{Nbre pieds/ha}$$

Ce rendement est exprimé en quintaux par hectare (q/ha), comme pour les autres plantes dont on récolte les graines (céréales, tournesol, pois protéagineux, ...)



Document 4-9 : Gousse de soja mure et graines apparentes.
Source : Isaisons 2013.

IV- ITINERAIRE TECHNIQUE TYPE EN FRANCE

UN SEMIS DENSE A PROFONDEUR VARIABLE

La **date du semis** dépend du choix de la variété, lui-même étroitement lié aux conditions climatiques de la région de culture. Les dates de semis s'échelonnent de mi-avril pour les variétés cultivées dans le Sud-Ouest de la France à mi-Mai pour les variétés les plus précoces cultivées dans le Nord-Est de la France. Il est essentiel que la température du sol ne soit pas inférieure à 10°C.

La **densité de semis** est fonction de la date de semis. Elle est comprise entre 300 000 et 600 000 plantes/ha ; elle est supérieure de 25 % en culture sèche par rapport à la culture irriguée. La densité est d'autant plus forte que la date de semis est tardive et que les risques de pertes sont élevés.

La **profondeur de semis** varie de 2 à 4 cm. On sème à faible profondeur dans une terre froide ou battante, plus profondément lorsque la terre est chaude ou que le risque de sécheresse en début de cycle est élevé.

L'**écartement entre les lignes** est de 35 à 60 cm pour les variétés tardives et de 20 à 30 cm pour les variétés précoces.

Immédiatement avant le semis, les semences sont mélangées avec un **inoculum de bactéries *Bradyrhizobium japonicum***, de façon à assurer la présence dans le sol d'un nombre suffisant de bactéries fixatrices d'azote. Ces dernières sont en effet absentes des sols européens.

FERTILISATION : IMPASSE POUR L'AZOTE

En régime hydrique non limitant, on considère que la symbiose racinaire avec ces bactéries apporte 50 à 60 % des besoins en azote de la plante. Un apport supplémentaire ne s'impose donc pas sauf en cas de déficience des nodosités, qui se traduit par un aspect jaunâtre de la culture. Dans ce cas, un apport d'azote sous forme d'urée (qui stimule les nodosités) peut être envisagée ; son importance dépend de celle du jaunissement.

Le soja est une culture peu exigeante en acide phosphorique et en potasse. Sa consommation, pour un rendement de 30 q/ha, est d'environ 90 kg d'acide phosphorique et de 170 kg de potasse. Si le sol est normalement pourvu en ces deux éléments, un apport de 40 à 70 unités d'anhydride phosphorique et de 70 à 100 unités d'oxyde de potasse est suffisant.

UNE IRRIGATION PARFOIS NECESSAIRE

Dans le Sud de la France, où les étés chauds et secs comportent des risques de sécheresse, la culture de soja nécessite un appoint d'irrigation pour éviter une baisse de rendement. Voici les trois dates d'intervention privilégiées :

- au stade premières fleurs : afin d'activer le développement des ramifications,
- au stade premières gousses, afin de favoriser la nouaison et d'augmenter le nombre de grains,
- au stade grossissement des grains pour en augmenter le poids.

Le nombre d'apports, à raison de 20 à 40 mm par passage, varie en fonction des conditions locales (climat, type de sol). Il est compris entre 8 et 10 dans les zones les plus sèches et entre 3 et 4 dans les régions moins critiques. L'apport total est compris entre 150 et 250 mm.

DESHERBAGE POUR CULTURE PEU COUVRANTE

En début de cycle, le soja, **plante peu couvrante**, est très sensible à la concurrence des mauvaises herbes. En fonction de la flore adventice attendue ou présente, les herbicides pourront être appliqués au semis, en prélevée ou en post-levée.

Le binage est dans tous les cas un complément efficace à l'action des herbicides. Le désherbage de prélevée localisé sur le rang lors du semis, suivi d'au moins un binage systématique, est possible en soja (voir figure 4-10).

Parce que la lutte mécanique curative ne peut tout résoudre, il est préférable d'anticiper en évitant tout semis de soja dans des parcelles à risque élevé de salissement. A l'échelle de la rotation, l'anticipation se traduit également par le choix de cultures diversifiées, destinées à gêner au maximum la croissance et le développement des mauvaises herbes.



Document 4-10 : Passage de bineuse en cours de végétation
Source : CETIOM 2013 g

RECOLTER AU STADE OPTIMUM

La récolte, à la moissonneuse-batteuse, doit être réalisée quand les graines sont libres et sonnent dans les gousses : elles sont sphériques et peu rayables à l'ongle. Les feuilles sont alors pratiquement toutes tombées. L'humidité est entre 14 et 16 %. Ce stade se situe entre mi-septembre et mi-octobre.

Après le stade optimum, des pertes de rendement peuvent être provoquées par des alternances de périodes sèches et humides (égrenage, pourriture).

Après la mi-octobre, l'humidité de l'air et la fréquence des pluies permettent difficilement de descendre en dessous de 18-20 % d'humidité... et la qualité des graines risque d'être rapidement altérée par le développement des moisissures.

Si la récolte s'annonce tardive, il est donc conseillé de récolter, même si l'humidité atteint 20 à 25 %. Dans ce cas, il faut livrer la récolte le plus rapidement possible car les graines ne se conservent pas à plus de 14 % d'humidité.

CONCLUSION

Le soja, Fabacée originaire d'Asie est encore peu cultivée en France alors qu'elle peut permettre à notre pays d'augmenter son autonomie en protéines en limitant les importations transatlantiques établies depuis plusieurs décennies.

Cette culture de printemps exigeante en eau et en températures élevées présente le grand intérêt agronomique d'être quasiment autonome en Azote grâce à la symbiose racinaire avec la bactérie *Bradyrhizobium japonicum*, absente de nos sols et qu'il faut donc inoculer au moment du semis.

Le soja est surtout sensible, en cours de végétation, aux maladies fongiques qui peuvent être favorisées par une irrigation excessive. Le principal enjeu de sa culture est de limiter l'impact des adventices qui peuvent venir étouffer cette plante cultivée peu couvrante. Les moyens de lutte mécanique sont efficaces et de plus en plus couramment employés.

BIBLIOGRAPHIE

Centre Interprofessionnel Technique des Oléagineux et du Chanvre (CETIOM) [en ligne]

a : <http://www.cetiom.fr/debouches-chiffres/les-oleagineux-en-chiffres/europe/graines-oleagineuses/production-par-pays/> (consulté le 05/02/2013)

b : <http://www.cetiom.fr/debouches-chiffres/les-oleagineux-en-chiffres/france/graines-oleagineuses/carte-de-repartition-des-surfaces-par-departement-de-soja/> (consulté le 05/02/2013)

c : Punaie verte : reconnaissance [en ligne].

Disponible sur : <http://www.cetiom.fr/soja/cultiver-du-soja/ravageurs/punaie-verte/reconnaissance/> (consulté le 31/01/2013).

d : Disponible sur :

http://www.cetiom.fr/fileadmin/cetiom/Cultures/Soja/ravageurs/acariens_grosplan_g.jpg (consulté le 31/01/2013)

e : Disponible sur : http://www.cetiom.fr/fileadmin/cetiom/Cultures/Soja/maladies/sclero_g.jpg (consulté le 31/01/2013).

f : Disponible sur :

http://www.cetiom.fr/fileadmin/cetiom/Cultures/Soja/desherbage/liseron_des_haies_soja_g.jpg

g : La lutte mécanique en culture [en ligne].

Disponible sur : <http://www.cetiom.fr/colza/cultiver-du-colza/desherbage/lutte-mecanique/> (consulté le 31/01/2013).

Isaisons. Le Soja [en ligne].

Disponible sur : <http://isaisons.free.fr/glycine%20max.htm> (consulté le 31/01/2013)

Mazoyer M et al, Larousse agricole, Larousse, Paris, 2002, 767 p.

Poulain D, Reconnaître facilement les champs, Delachaux et Niestlé, Paris, 2012,

a : p.141 b : p.143 c : p. 143 d : p. 144

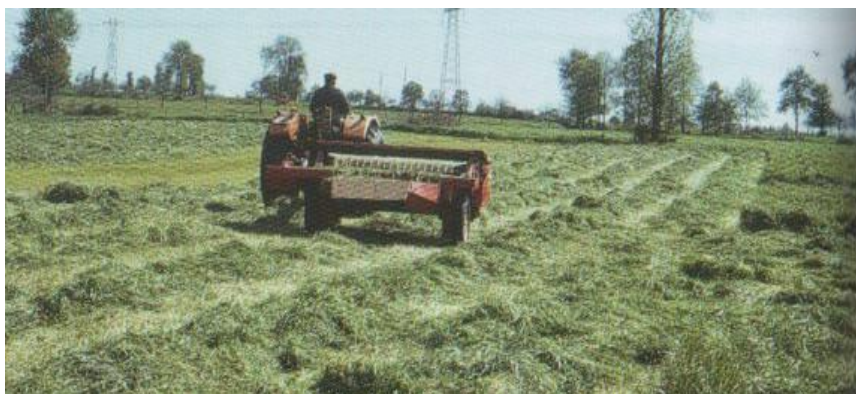


Figure 5-1 : Prairie temporaire après fauche.

Source : Poulain 2012.

Une prairie se définit comme « une surface dont les peuplements végétaux sont composés principalement de Poacées et légumineuses fourragères, utilisées pour l'alimentation des polygastriques ». (Mazoyer et al 2002).

On se place donc strictement dans le domaine de l'**alimentation animale** et, plus précisément, dans celui des ovins, bovins, caprins (= polygastriques ou ruminants) auxquels il faut ajouter les équins et asins.

Il n'y a pas à proprement parler de marché des fourrages. La production est essentiellement autoconsommée à la ferme. Il existe des exceptions lors d'années sèches: les éleveurs des régions les moins touchées voire excédentaires vendent à ceux des régions sinistrées. Le commerce est inter-régional et reste généralement national. Autre exception notable : le foin de Crau, issu d'une zone délimitée en Bouches-du-Rhône et bénéficiant d'une AOC (appellation d'origine contrôlée), la seule attribuée à de l'alimentation non destinée à l'Homme.

Les couverts végétaux, dont nous allons étudier la composition et le fonctionnement, peuvent être utilisés de diverses manières en élevage, ce qui conduit bien sûr à des types de conduite différents.

I- TROIS TYPES DE PRAIRIES, TROIS TYPES DE GESTION, PLUSIEURS MODES DE STOCKAGE

Selon leur durée d'établissement et leur composition, on distingue trois grands types de prairies (Mazoyer et al, 2002) :

- les **surfaces toujours en herbe** (STH).

Il s'agit principalement de prairies permanentes : prairies « naturelles » non semées ou prairies semées depuis plus de 10 ans.

Mais on classe aussi dans cette catégorie les **prairies semées depuis 6 à 10 ans** ainsi que des couverts de moindre productivité tels que les **landes** et les **parcours** et enfin les **alpages** et les **estives** (durée d'utilisation courte dans l'année car situées en altitude).

- Les **prairies artificielles** : prairies de 0 à 5 ans uniquement composées de Fabacées semées (trèfles, luzerne, sainfoin, ...), en culture pure ou en mélange entre elles.

- Les **prairies temporaires** : prairies ensemencées pour 0 à 5 ans, composées de Poacées fourragères (Ray-grass, Fétuques, Dactyle, ...), en culture pure, en mélange de Poacées ou en mélange avec une ou des Fabacées (Rays-grass anglais-Trèfle blanc ou Dactyle-Luzerne, ...) (voir figure 5-1).

Ces prairies sont gérées soit par des **fauches** successives, soit par le **pâturage**, soit des **deux manières**. Cela dépend des choix de l'éleveur mais aussi du contexte pédoclimatique et de la configuration du parcellaire (éloignement du corps de ferme en particulier). Nous verrons que c'est par le choix des espèces à implanter que l'on parvient le mieux à s'adapter à ces facteurs non modifiables.

La production de matière sèche des surfaces fourragères peut être valorisée de diverses façons. Tout d'abord, elle peut l'être directement par les animaux : c'est la **pâturage**. Elle peut aussi, après fauche, être apportée le jour même à des animaux laissés en bâtiment : c'est l'**affouragement en vert**. Après fauche toujours, le fourrage peut être conservé en vue d'être utilisé plus tard dans l'année. Sous forme sèche, c'est le **foin**. Sous forme humide et mis en fermentation lactique en anaérobiose (sous plastique), c'est l'enrubanné (sous forme de balle ronde) ou l'ensilage d'herbe (en silo).

En France, les prairies artificielles ne couvrent que 372 000 ha mais produisent 3,157 millions de T de MS, soit un rendement de près de 8,5 T MS/ha. Les prairies temporaires occupent 3,743 millions d'ha et totalisent 18 millions de T de MS, soit 4,81 T MS/ha de rendement. Les prairies permanentes (naturelles ou semées depuis plus de 6 ans) représentent 7,4 millions d'ha et produisent 39,121 Millions de T de MS, soit 5,28 TMS/ha. Enfin, les surfaces peu productives de type landes, parcours et alpages, occupent 2,524 Millions d'ha pour une production de près de 3 millions de T de MS, soit un rendement de 1,18 TMS/ha (AGRESTE 2013).

II- UNE GRANDE DIVERSITE D'ESPECES ET DE VARIETES

Les prairies permanentes sont composées d'une flore souvent très diversifiée, comprenant parfois plusieurs dizaines d'espèces appartenant à de nombreuses familles botaniques différentes.

L'étude de ces couverts, que l'on retrouve en estives, alpages, landes et parcours, mobilise des méthodes d'analyse issue de la phytosociologie, avec l'emploi de techniques de relevés floristiques à l'aide de quadrats posés aléatoirement sur la prairie et/ou d'établissement de relevés le long de transects.

Nous concentrons ici notre propos sur les prairies artificielles et temporaires, à flores moins diversifiées et uniquement issues de semis d'espèces et de variétés choisies par les éleveurs.

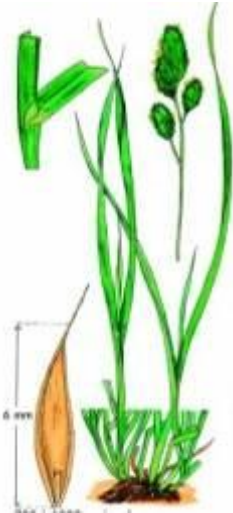
PRINCIPALES ESPECES CULTIVEES

Le choix est vaste mais nous allons ici présenter en détails seulement **quatre Poacées** et **trois Fabacées**, les plus couramment employées en Agriculture :

- Dactyle, Fétuque élevée, Ray-grass anglais et Ray-grass d'Italie pour les Poacées,
- Trèfle blanc, Trèfle violet et Luzerne pour les Fabacées.

Voici une brève description morphologique de ces sept espèces :

(Source des dessins : GNIS 2013 a et b)



Dactyle pelotonné : plante vivace de grande taille (jusqu'à 1,25 m) formant des touffes d'un vert bleuté glauque, grossières et espacées, couvrant irrégulièrement le sol. Son système racinaire est particulièrement développé, à la fois en profondeur et dans les horizons superficiels. Les tiges sont aplanies à leur base, tout particulièrement les talles stériles.

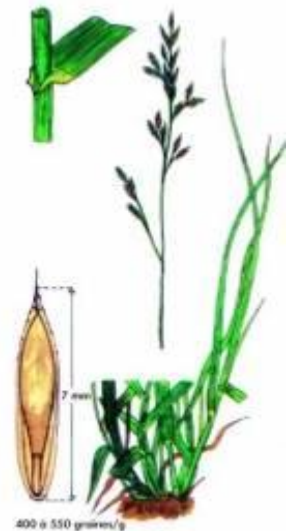
Les feuilles, longues, larges et souples, sont fortement carénées, avec une nervure centrale bien marquée à la face inférieure. La préfoliation est pliée ; Il n'y pas d'oreillettes et la ligule est très longue, irrégulière et blanche. La gaine, à section très aplatie et non fendue à la base, est rude au toucher si l'on passe les doigts de haut en bas.

L'inflorescence est une panicule unilatérale, très irrégulière, aux ramifications isolées portant à leur extrémité des groupes denses d'épillets de 2 à 5 fleurs, appelés glomérules. Les fleurs sont verdâtres ou violacées.

Fétuque élevée : plante vivace, robuste, formant des touffes assez grossières, de 30 cm de diamètre, qui émettent des stolons horizontaux courts et épais. Le système racinaire est profond.

Les tiges, glabres, grosses et fortes, s'élèvent en moyenne à environ 1 m mais peuvent atteindre 2 m. Le feuillage, vert foncé, est constitué de feuilles glabres, planes, longues et larges (de 6 à 20 mm). Leurs bords sont rugueux, voire parfois plus ou moins tranchants. La face supérieure est terne, avec des nervures marquées, tandis que la face inférieure est plus ou moins brillante. La préfoliation est enroulée. La ligule est courte, échancrée en forme de collerette, de couleur blanc verdâtre. Les oreillettes sont bien marquées, embrassantes, recourbée et nettement poilues.

L'inflorescence est une panicule ramifiée de grande taille, lâche et étalée, formée d'épillets longs de 1 à 1,5 cm, pointus, comprenant de 3 à 10 fleurs.

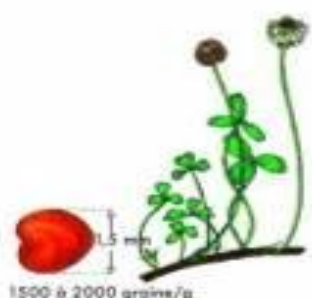


Ray-grass anglais : plante herbacée vivace, à tiges dressées formant des touffes compactes de 20 à 60 cm de hauteur. Les racines fasciculées sont très superficielles. Les feuilles, glabres, étroites, souples et très allongées, terminées en une pointe aiguë, ont une face inférieure très brillante ; les oreillettes sont absentes ou très peu développées et la ligule est courte, verdâtre. Le limbe, qui se présente plié dans la gaine de la feuille précédente, a des nervures latérales très marquées. Si le feuillage est globalement vert foncé, les gaines à la base de la plante sont colorées de rouge rosé à rouge vineux.

Les inflorescences sont des épis aplatis et comprimés de 20 à 25 cm de long, constitués de deux rangées d'épillets espacés, sessiles et non aristés, à raison d'un unique épillet de 6 à 10 fleurs par article du rachis, appliqué par son côté étroit.

Ray-grass d'Italie : plante annuelle ou bisannuelle formant de fortes touffes compactées et dressées pouvant atteindre de 80 cm à 1 m de hauteur. Ses racines sont cependant très superficielles. Tiges et feuilles sont entièrement glabres. Le limbe de ces dernières est très souple, retombant, assez large (de 6 à 10 mm), rude sur les bords, surtout à la partie supérieure où les nervures sont très marquées. La face inférieure est brillante. La préfoliation des feuilles est enroulée. La ligule est courte et transparente, les oreillettes sont longues, entourant la tige, et la gaine, fendue, est fréquemment colorée en violet à la base. L'ensemble du feuillage est d'un vert assez clair, tirant sur le jaune.

L'inflorescence est un épi de 20 à 50 cm de longueur dont les épillets, disposés un par un en alternance sur deux rangées. Chaque épillet peut compter jusqu'à 20 fleurs aux glumelles inférieures aristées.



Trèfle blanc : plante vivace spontanée commune dans toute l'Europe, pourvue de tiges rampantes appelées stolons, mesurant jusqu'à 40 cm de longueur ; Elles courent à même le sol, sont ramifiées et portent des nœuds d'où partent les racines adventives et les feuilles. Les racines pénètrent peu dans le sol, sur 20 à 25 cm environ. Les feuilles comportent un long pétiole (jusqu'à 30 cm) qui leur permet de se dresser vers la lumière et des folioles cordiformes sans mucron, glabres, avec une marque blanche en forme de V. Leur face inférieure est brillante.

Trèfle violet : plante vivace à racines pivotantes. Les tiges, ramifiées, portant de 3 à 5 entrenœuds et atteignant jusqu'à 70 cm, proviennent du développement des bourgeons de l'aisselle des feuilles en rosette de la base. Les feuilles, souvent poilues, sont constituées de trois folioles ovales ou elliptiques, entières ou à peine denticulées dans leur partie supérieure, sans mucron à leur extrémité. Elles présentent souvent une bande blanchâtre en V à leur base. Les pétioles sont d'autant plus longs que les feuilles sont situées plus bas sur la tige.

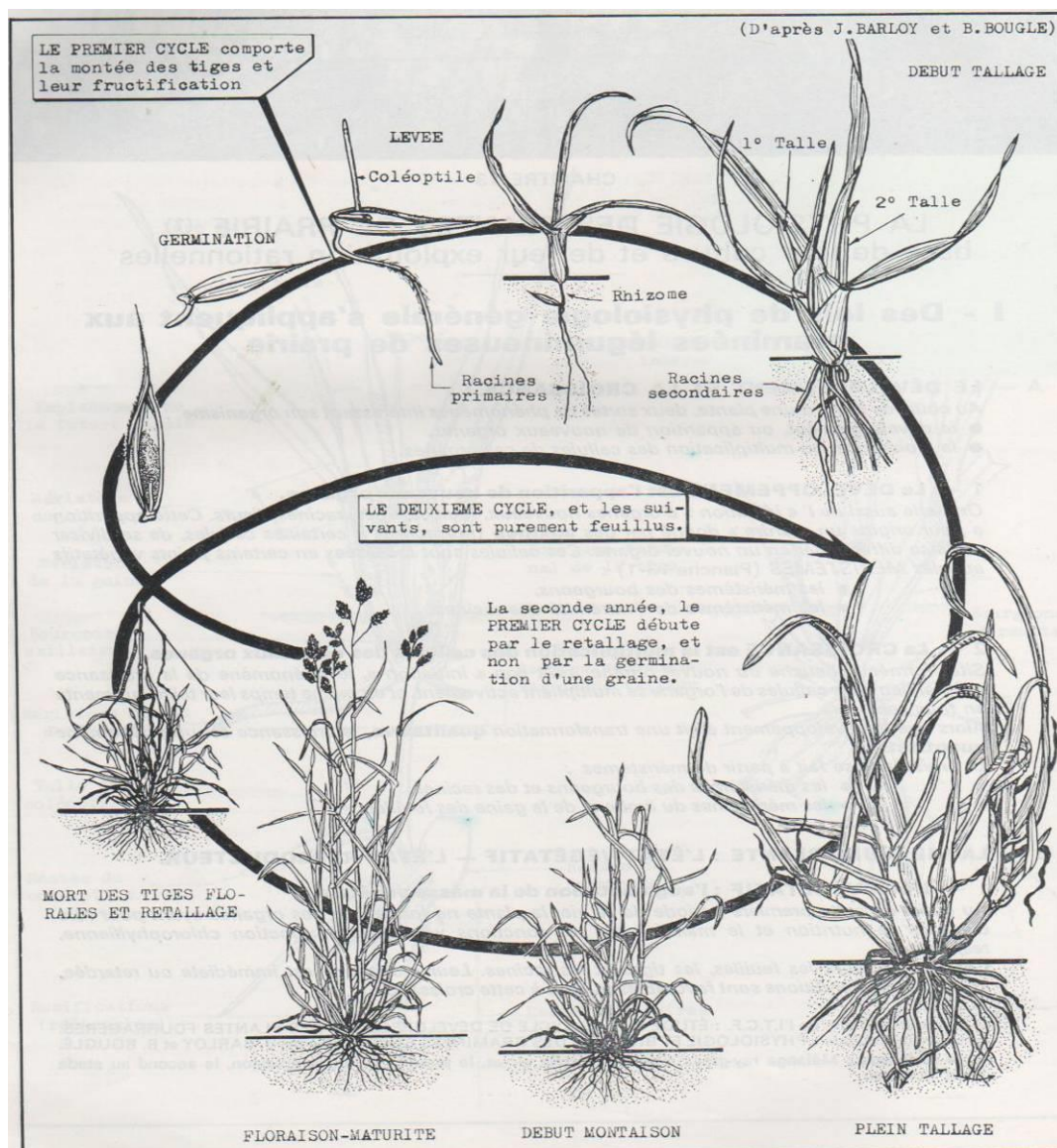


Luzerne : plante vivace à fortes racines, souvent pivotantes, qui s'enfoncent profondément dans le sol (jusqu'à 10 m !), la Luzerne a des tiges dressées, un peu anguleuses et assez glabres, d'environ 90 cm de hauteur. Les folioles, obovales ou en coin étroit, sont finement dentées au sommet, avec un mucron à leur extrémité ; leur face inférieure est couverte de poils ras. La foliole centrale est la seule à être pétiolée.

PHENOLOGIE

Les Poacées fourragères développent un cycle sur une année passant par les mêmes stades phénologiques que les graminées céréalières telles que le blé : germination, levée, tallage, montaison, épiaison.

Mais la grande différence entre les graminées céréalières et les fourragères réside dans le fait que la majorité de ces dernières sont pérennes : au lieu d'entrer en sénescence après la formation des grains, la souche émet de nouvelles talles qui assurent la pérennité de la plante. C'est ce que présente la figure 5-2 ci-dessous.



Document 5-2 : Les deux cycles d'une Poacée pluriannuelle. Exemple du Dactyle.

Source : Soltner 1979 a

La figure 5-3 présente le cycle classique de développement d'un couvert de Poacées au cours du temps.

En parallèle du développement végétatif aérien, cette figure permet de bien visualiser l'évolution des réserves souterraines des végétaux. La bonne reconstitution de ces réserves est indispensable pour la pérennité du peuplement. Pour leur permettre de se refaire, il faut donc laisser les Poacées atteindre au moins une fois le stade épiaison durant le premier cycle de l'année avant de faucher ou de pâturer.

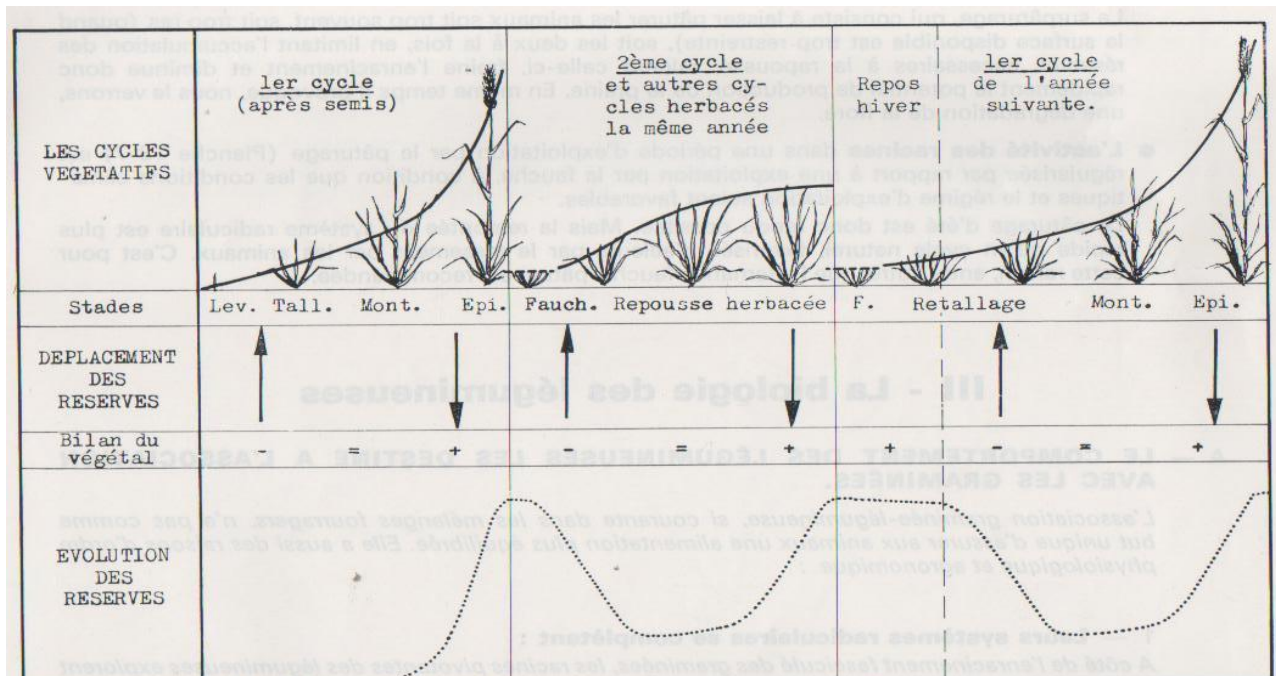


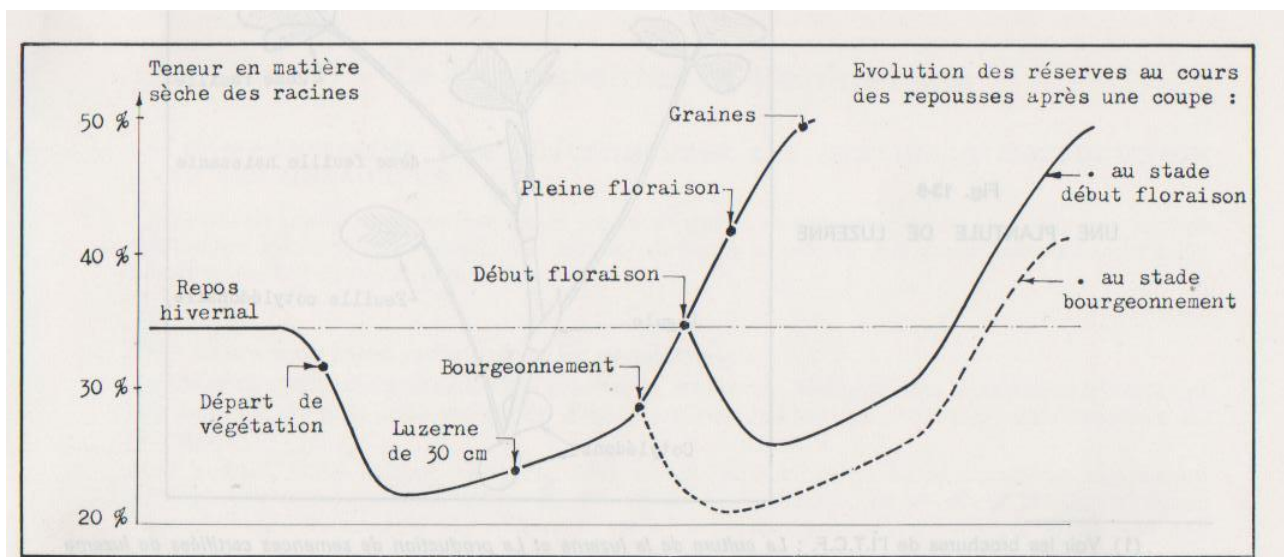
Figure 5-3 : Evolution des réserves à la base des tiges de Poacées au cours de plusieurs cycles végétatifs.
Source : Soltner 1979 b

Pour les Fabacées - encore souvent appelées de leur ancien nom : les Papilionacées -, nous avons vu précédemment que la morphologie des parties aériennes est très homogène au sein de cette famille botanique. Il en est de même pour la partie souterraine.

En effet, dans la plupart des cas, la racine principale issue de la graine devient pivotante et descend à des profondeurs importantes (plusieurs mètres pour certaines luzernes). Mais le fait remarquable dans le système racinaire des Fabacées réside dans son association à bénéfice réciproque (symbiose) avec des bactéries du genre *Rhizobium* au sein de petits nodules appelés nodosités. Ces bactéries réalisent la fixation de l'azote atmosphérique gazeux contenu dans le sol. Par leur intermédiaire, la plante récupère l'azote dont elle a besoin, rendant la fertilisation azotée inutile pour ce genre de cultures.

Les préférences pédoclimatiques des Fabacées s'expliquent donc principalement par les exigences de développement des bactéries *Rhizobium* : sols aérés, de pH neutres à basiques, températures tempérées à élevées.

Le cycle passe par des stades pour partie différents de ceux d'une Poacée, comme le montre la figure 5-4 ci-après.



Document 5-4 : Evolution des réserves dans les racines de la Luzerne.
Source : Soltner 1979 c

UNE COURBE A DEUX BOSSES

La part utile de la production prairiale est constituée de la totalité de la matière sèche aérienne. Par ailleurs, sauf pendant la brève phase d'installation du couvert en cas de prairie temporaire, la prairie couvre entièrement le sol et tout le rayonnement disponible est utilisé. Les facteurs de variation de la production potentielle sont donc ceux qui régissent la photosynthèse : **rayonnement disponible, température, disponibilité en eau et en éléments minéraux.**

A l'échelle de l'année culturale, la hiérarchie des facteurs limitants d'origine climatique de la production – continue mais irrégulière- de matière sèche évolue, comme l'illustre la figure 5-5 ci-contre.

En hiver et au début du printemps, ce sont les températures trop basses qui limitent la croissance de l'herbe, puis c'est le rayonnement disponible, puis le déficit hydrique et parfois des températures excessives responsables du « creux » estival, enfin une combinaison de facteurs en automne.

La forme générale de cette courbe de croissance potentielle d'une prairie au printemps est valable pour toutes les prairies françaises, mais elle admet des variations importantes d'une année à l'autre en un même lieu et d'un lieu à l'autre en fonction des conditions climatiques.

L'**azote disponible** est également un facteur important de variation de la vitesse de croissance des peuplements prairiaux, et donc de la production.

Une des difficultés de la conduite des prairies est de maîtriser cette **productivité variable au cours du temps** pour satisfaire les besoins du troupeau qui, eux, sont beaucoup moins fluctuants. L'éleveur y parvient par des moyens de gestion à l'échelle de l'ensemble du système fourrager (recours à plusieurs sources de fourrages, réalisation de stocks temporaires en foin et/ou ensilage) ou de la parcelle (date d'implantation de la prairie, fertilisation, rythme des coupes, ...)

La figure 5-5 illustre bien le fait que les espèces prairiales réagissent différemment aux variations saisonnières. Ceci démontre l'intérêt d'implanter non pas des couverts composée d'une seule espèce mais bien de constituer un mélange d'espèces le mieux adapté au contexte local afin d'assurer pour le troupeau une alimentation de bonne qualité et plus régulière.

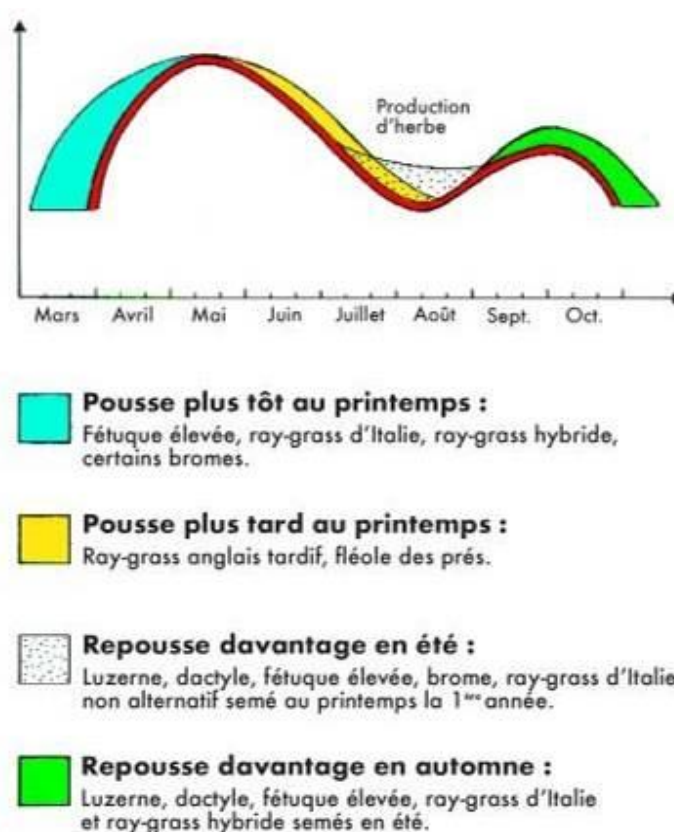


Figure 5-5 : Evolution saisonnière de la pousse de diverses fourragères.

Source : GNIS 2013 c

PEU DE PROBLEMES PHYTOSANITAIRES

A la différence de la conduite des grandes cultures, celle de prairies cultivées ne nécessite pas de protection phytosanitaire systématique, excepté contre les limaces éventuellement à l'implantation d'une luzerne.

En revanche, il faut veiller à éliminer les refus (végétation non mangée par le troupeau) pour limiter leur extension (voir plus loin « IV- Itinéraire technique type »).

Une vigilance accrue doit être apportée aux Campagnols terrestres, dits aussi « rats taupiers ». Leurs pullulations en zone herbagère sont fulgurantes et, bien que cycliques, elles peuvent occasionner des pertes de rendements conséquentes. On peut les éliminer par gazage, réalisé par un agent agréé. Le piégeage, à l'aide de pièges-machoirs ou en tube, est un peu fastidieux mais très efficace en début d'invasion. L'explosion démographique des Campagnols est ainsi fortement contenue.

Enfin, en zone de lisière forestière, les retournements de sol par les sangliers, à la recherche de vers et de larves, peut avoir un impact sur le couvert prairial. Les éleveurs ont alors recours à des indemnités pour ressemer les surfaces ainsi endommagées.

IV- ELABORATION DU RENDEMENT

L'évaluation de la productivité des prairies est à l'évidence beaucoup plus difficile que pour les grandes cultures : l'estimation du rendement lors des récoltes est dans la très grande majorité des cas sommaire du fait de l'absence de commercialisation, et la pâture d'une partie des surfaces accroît encore la difficulté.

Cependant, en culture pure, on peut parvenir à récolter des données, présentées dans le tableau 5-6.

NOM DES PLANTES	RENDEMENT en tonnes MS/ha	
	Année du semis	Autres années
Brôme	4 - 12	12 - 18
Dactyle	5 - 8	13 - 17
Fétuque élevée	4 - 8	14 - 18
Fétuque des prés	4 - 9	10 - 15
Fléole des prés	1 - 5	11 - 16
Ray-grass anglais	4 - 10	10 - 16
Ray-grass hybride	5 - 11	10 - 16
Ray-grass d'Italie	6 - 12	11 - 16
Luzerne	4 - 8	15 - 20
Trèfle violet	3 - 8	13 - 16
Trèfle blanc	1 - 4	8 - 10

Tableau 5-6 : Rendements en MS de diverses plantes fourragères.

Source : GNIS 2013 d

On constate que les niveaux de rendements en MS sont très variables d'une espèce à l'autre et que, pour une même espèce, le rendement évolue, parfois très fortement, entre l'année du semis et les années suivantes.

Le rendement pour chaque espèce fourragère peut se décomposer ainsi :

$$\text{Rendement} = \text{Poids d'une pousse} \times \text{Nbre de pousses/pied} \times \text{Nbre pieds/ha}$$

Le nombre de pousses/pied dépend de l'espèce et du contexte pédoclimatique : une même plante peut parvenir à repousser trois fois dans un contexte donné et seulement deux fois dans un autre moins favorable.

Le nombre de plantes/ha dépend de la densité de semis mais aussi de la pérennité de l'espèce implantée.

Le poids d'une pousse, c'est-à-dire de matière sèche récoltée (fauche ou pâture), dépend fortement de l'espèce et de la variété choisie, de l'âge de la prairie (voir tableau 5-6) ainsi bien sûr que des conditions pédoclimatiques locales et des pratiques de l'éleveur.

V- ITINERAIRE TECHNIQUE TYPE EN FRANCE

La première étape de l'implantation d'une nouvelle prairie comprend le **choix** des espèces qui composeront le couvert.

Ce choix dépend des caractéristiques du sol et du climat (acidité, risques de sécheresse ou d'excès d'eau, ...) mais également des besoins en terme de rapidité d'implantation (voir figure 5-7), de vitesses de production au printemps, de pérennité, de productivité de la prairie, et des caractéristiques du reste du système fourrager. Comme pour les grandes cultures, les agriculteurs disposent pour semer les prairies de semences certifiées.

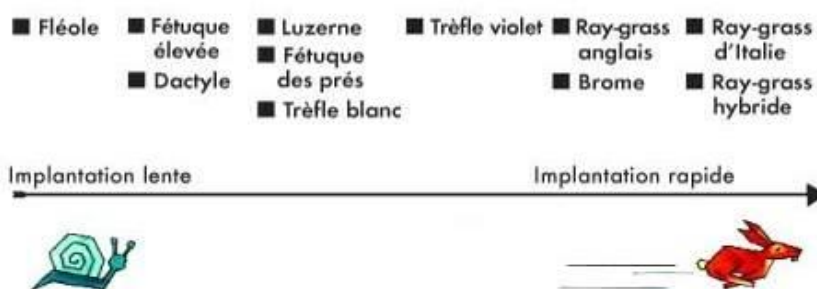


Figure 5-7 : Vitesses relatives d'implantation de diverses plantes fourragères.
Source : GNIS 2013 e

Le **semis**, réalisé à une profondeur de 1 ou 2 cm, peut s'effectuer avec la technique traditionnelle (après travail du sol) ou par semis direct (sans labour, avec un semoir spécial et après passage d'un herbicide adapté).

Le semis des prairies au printemps sous couvert d'une céréale, autrefois largement pratiqué, tend à disparaître. La date de semis est fonction de la place de la prairie dans la succession culturale et de la sensibilité de l'espèce à semer aux différentes conditions de sol et de climat. Pour les espèces à implantation rapide, un semis de printemps peut permettre une exploitation dès l'automne.

La **fertilisation** azotée est un moyen de gestion important de la production des prairies permanentes et surtout temporaires. Si elle est inutile au moment de l'implantation, des apports réguliers sont en revanche nécessaires pour obtenir une croissance importante avant chaque coupe ou pâture.

Les quantités d'engrais azotés à apporter dépendent du niveau de productivité recherché et de la présence ou non d'un amendement organique. Une fertilisation organique (déjections des animaux lors du pâturage,

épandage des effluents animaux) est en effet généralement pratiqué sur prairie, dont il faut tenir compte pour ajuster les doses d'engrais minéraux.

La fertilisation phospho-potassique est de l'ordre de 100 unités de P et 200 de K par hectare et par an, pour une prairie conduite de manière intensive (production supérieure à 10 T de MS/ha/an). Enfin, un chaulage est fréquemment réalisé en terrain acide avant implantation d'une prairie artificielle.

Le **désherbage** est surtout important l'année de l'implantation d'une prairie artificielle ou temporaire, lorsque la compétitivité de l'espèce semée est encore faible.

Progressivement, la prairie vieillissant, elle peut être envahie par diverses adventices spécifiques. Un désherbage sur prairie âgée, s'il peut être techniquement envisagé, se justifie rarement sur le plan économique. Si les parcelles sont uniquement dévolues à la pâture, on se borne à pratiquer la fauche des refus (touffes de végétaux moins appétents que les animaux à la pâture laissent de place en place dans une prairie) une fois par an, ce qui permet de limiter leur extension.

D'autres interventions phytosanitaires peuvent s'imposer (par exemple lutte contre les limaces lors de l'implantation d'une luzerne), mais elles sont globalement beaucoup plus rares qu'en grande culture.

CONCLUSION

Le terme « prairie » recouvre deux grandes réalités différentes : les prairies naturelles (à étudier avec les outils de la phytosociologie) et les prairies cultivées, comme celles dont nous parlons ici. Les prairies cultivées correspondent à un couvert végétal pluriannuel, plus ou moins pérenne, composé d'une ou plusieurs espèces fourragères implantées par semis.

On cherche à y optimiser la production de matière sèche à destination de l'alimentation d'un troupeau, dans une optique principale d'autoconsommation ; la commercialisation éventuelle est marginale.

Les espèces de Poacées et de Fabacées implantées présentent la caractéristique générale de développer deux périodes de pousses, une forte au printemps et une moins forte en fin d'été-début d'automne, avec un creux en période estivale. Ces bosses et creux peuvent être atténués par le choix d'espèces bien adaptées aux conditions pédoclimatiques et au mode de gestion de l'éleveur (cycles de fauche et/ ou de pâture). Ce dernier peut également avoir recours au stockage de fourrage en foin et/ou en ensilage.

Les maladies à craindre sont peu nombreuses. Les dégâts éventuels proviennent principalement de mammifères : sangliers, campagnols terrestres, taupes. La réussite d'une prairie cultivée passe surtout par une bonne implantation, précédée bien sûr du choix opportun d'une ou plusieurs espèces. Les mélanges d'espèces présentent un intérêt certain en termes de pérennité, de tamponnement des effets du climat et d'équilibre nutritionnel pour le troupeau.

BIBLIOGRAPHIE

AGRESTE. Enquête sur les prairies [en ligne].

Disponible sur : http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/file/dossier8_prairies.pdf (consulté le 05/02/2013)

GNIS-pédagogie.

a : Les graminées fourragères [en ligne].

Disponible sur : <http://www.gnis-pedagogie.org/fourragere-espece-graminee.html> (consulté le 31/01/2013).

b : Les légumineuses fourragères [en ligne].

Disponible sur : <http://www.gnis-pedagogie.org/fourragere-espece-legumineuse.html> (consulté le 31/01/2013).

c : Choix des espèces fourragères. Quelle période de production ? [en ligne].

Disponible sur : <http://www.gnis-pedagogie.org/fourragere-choix-espece.html> (consulté le 31/01/2013).

d : La production de fourrage. Rendement et qualité alimentaire [en ligne].

Disponible sur : <http://www.gnis-pedagogie.org/fourragere-espece-production-fourrage.html> (consulté le 31/01/2013).

e : Choix des espèces fourragères. La vitesse d'implantation [en ligne].

Disponible sur : <http://www.gnis-pedagogie.org/fourragere-choix-espece.html> (consulté le 31/01/2013)

Mazoyer M et al, Larousse agricole, Larousse, Paris, 2002, 767 p.

Poulain D, Reconnaître facilement les champs, Delachaux et Niestlé, Paris, 2012, 224 p.

Soltner D, Les grandes productions végétales, 10ème édition, Collection Sciences et Techniques agricoles, Angers, 1979.

a : p.306

b : p.315

c : p.318

LA TOMATE

LYCOPERSICON ESCULENTUM MILL.

Avec une production en augmentation régulière dépassant les 146 millions de T/an en 2010, la tomate est aujourd'hui le légume le plus cultivé au Monde. Les principaux pays producteurs sont la Chine (41,9 millions de T estimés), les Etats-Unis (12,9 millions de T) et la Turquie (10 millions de T). L'Italie, premier producteur européen, se classe au 6ème rang mondial avec 6 millions de T en 2010 (FAOSTAT, 2012 dans CNUCED).

En France, la production s'élève à 586 000 T réparties sur 2 391 ha, ce qui représente 5 % du volume total européen (17 millions de T en 2012) (Agreste, 2012).

La Tomate est destinée au marché du frais mais également à l'industrie : tomates pelées, jus de tomate, coulis, concentrés, sauce, ...

Cela dépend du mode de conduite et de la variété considérée, comme nous allons le voir à présent.

I- UNE SOLANACEE ANDINE D'ABORD MAL AIMEE

1.1-UN PEU D'HISTOIRE

La Tomate puise ses origines dans les Andes péruviennes. De la taille d'une cerise, elle fut acclimatée par les Aztèques qui l'appelaient « tomatl » et la cultivaient avec le Maïs. Pour les conquérants espagnols, c'est une plante ornementale qu'ils ne consommèrent pas par peur d'être empoisonnés. Puis, la culture reprit en Italie, où les ateliers de fabrication de sauce tomate se développèrent dès la fin du XVIIIème Siècle (Fumey et Etcheverria, 2004).

Elle s'est ensuite répandue dans toute l'Europe à partir du début du XIXème Siècle pour devenir progressivement le premier légume cultivé au Monde. Bien qu'elle ne soit arrivée aux Etats-Unis qu'en 1812, elle y a pris une place prépondérante parmi les légumes cultivés : ce pays en est aujourd'hui le premier producteur mondial (Garnier, 2004).

1.2- Description botanique

D'un point de vue botanique, la Tomate est une plante buissonnante, parfois rampante, de la famille des Solanacées. C'est une plante vivace dans sa région d'origine mais on la considère comme annuelle en culture (Garnier, 2004).

La Tomate développe un système racinaire important, pouvant descendre jusqu'à 90 cm. Chaque pied ne compte qu'une seule tige mais celle-ci peut se ramifier abondamment, ce qui donne alors un aspect buissonnant à la plante. Cette tige est de couleur verte et recouverte de poils blanchâtres.



Figure 1 : Pied de Tomate (Mazoyer et al, 2002)

On distingue deux grandes catégories de tiges :

- Les tiges à croissance déterminée : leur croissance s'arrête après avoir émis un certain nombre de bouquets de fleurs. C'est ce type de variétés qui est généralement utilisé en cultures industrielles et qui ne dépassent pas 80 cm de longueur.
- Les tiges à croissance indéterminée : leur croissance se poursuit tant que les conditions de milieu sont favorables, quel que soit le nombre de fleurs émises. Elles peuvent atteindre des longueurs conséquentes (1,40m à 1,60 m) et sont donc à plisser pour éviter qu'elles ne retombent au sol.

Les feuilles sont généralement découpées. Elles comptent souvent 3 paires de folioles et une terminale. Comme la tige, elles sont vertes et velues et dégagent une odeur forte et caractéristique lorsqu'on les froisse.

En position axillaire (à l'aisselle des pétioles), on observe la présence de bourgeons d'où émergent les ramifications de la tige. On veille souvent à pincer les pieds de Tomate, c'est-à-dire à retirer ces ramifications au début de leur développement, en les pinçant entre le pouce et l'index. Cela évite un développement trop exubérant de la plante, néfaste à une bonne qualité de récolte et au rendement.

Les inflorescences sont des grappes formant des bouquets généralement composés de 5 fleurs. Ce nombre décroît lorsque l'on se rapproche du sommet de la tige.

Ces fleurs sont jaunes, mesurent quelques centimètres et sont le plus souvent hermaphrodites (présence à la fois d'étamines et d'un pistil).

De type pentamère, elles comportent un calice de 5 sépales verts, une corolle de 5 pétales jaunes soudés, 5 étamines formant un manchon autour du style de l'ovaire, un ovaire surmonté d'un style et d'un stigmate et composé d'une ou plusieurs loges selon la variété considérée.

La fécondation est généralement autogame mais la pollinisation croisée est cependant possible et d'autant plus fréquente que les pollinisateurs sont nombreux.

Les fruits sont des baies plus ou moins volumineuses, charnues, à peau lisse. Elles sont généralement rouges mais il en existe des jaunes, des violacées et même des blanches.

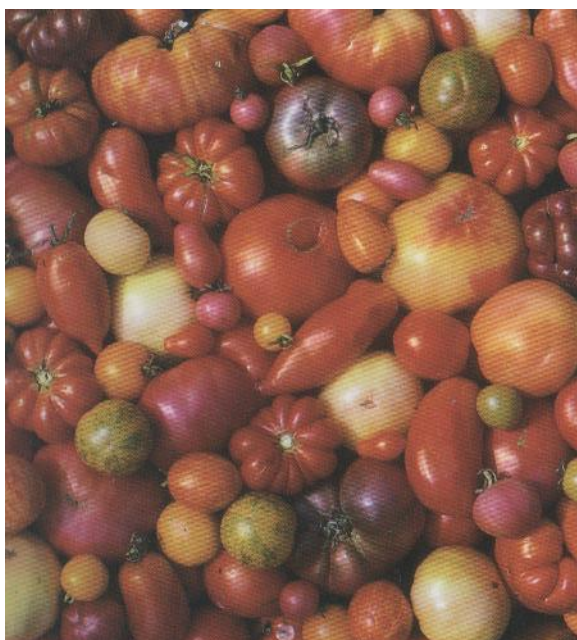


Figure 2 : Diversité des variétés de Tomate (Garnier, 2004)

Les fruits sont de grosseurs très variables. Cela dépend de la richesse du sol, de la température, et du nombre de fruits par pied. Ils pèsent entre 60 et 200 grammes, avec quelques variétés pouvant produire des fruits de 300 grammes et plus. (Ministère de l'Agriculture de Madagascar)

La crainte d'empoisonnement développée chez les conquérants espagnols du XVIème Siècle est en partie fondée. En effet, tout comme les autres espèces de Solanacées, la Tomate produit une substance toxique, la solanine, qui se concentre dans tous les organes verts : les tiges, les feuilles mais aussi les fruits non mûrs. Ces derniers sont donc impropres à la consommation (Garnier, 2004).

Les variétés de Tomate sont très nombreuses. Leur identification se fonde principalement sur le type de croissance de la plante (croissance déterminée ou croissance indéterminée) et sur le type de fruit recherché. Pour cela, on prend en considération plusieurs caractéristiques : absence ou présence de collet vert, forme, couleur, calibre, capacité à la conservation, capacité à se maintenir sur l'inflorescence à maturité, fermeté de l'épicarpe, teneur en matière fraîche (Mazoyer et al, 2002).

La succession des stades phénologiques de la Tomate suit celle des autres Solanacées cultivées pour leurs fruits que sont l'Aubergine (*Solanum melongena* L.) et le Poivron (*Capsicum annuum* L.). Cette classification, nommée BBCH (abréviation de l'expression allemande « Biologische Bundesanstalt, Bundessortenamt und Chemische Industrie ») comporte 8 stades principaux pour la Tomate :

Stade principal 0 : Germination

Stade principal 1 : Développement des feuilles

Stade principal 2 : Formation de pousses latérales.

(Valable seulement pour les tomates avec tige principale à croissance définie. Pour les tomates avec tige principale à croissance indéfinie et avec une seule ramification, la formation de la pousse latérale va de pair avec l'apparition de l'inflorescence (stade de développement principal 5) ; dans ce cas le stade de développement principal 2 n'est pas nécessaire.)

Stade principal 5 : Apparition de l'inflorescence

Stade principal 6 : Floraison

Stade principal 7 : Développement du fruit

Stade principal 8 : Maturation du fruit et des graines

Stade principal 9 : Sénescence

N.B. Les stades principaux 3 (« Elongation de la tige principale ») et 4 (« Gonflement de l'épi ou de la panicule ») de la classification BBCH concernent les Poacées et n'apparaissent donc pas ici.

Ces 8 stades sont eux-mêmes subdivisés en plusieurs stades intermédiaires que nous ne détaillerons pas ici (pour le détail, voir les pages 138 à 143 du document numérique consultable grâce au lien suivant :

<http://www.agroedieurope.fr/ref/doc/BBCH.pdf>).

Le premier chiffre rappelle le stade principal correspondant. Par exemple, le stade 12 est une subdivision du stade principal 1 (Développement des feuilles) et signifie que 2 feuilles sont étalées.

La figure 3 présente les principales étapes de développement de la Tomate, depuis la levée, stade ultime de la germination (notée 09) jusqu'au stade de début de développement du fruit (stade 71 = « le premier fruit a atteint sa taille et sa forme typique »).

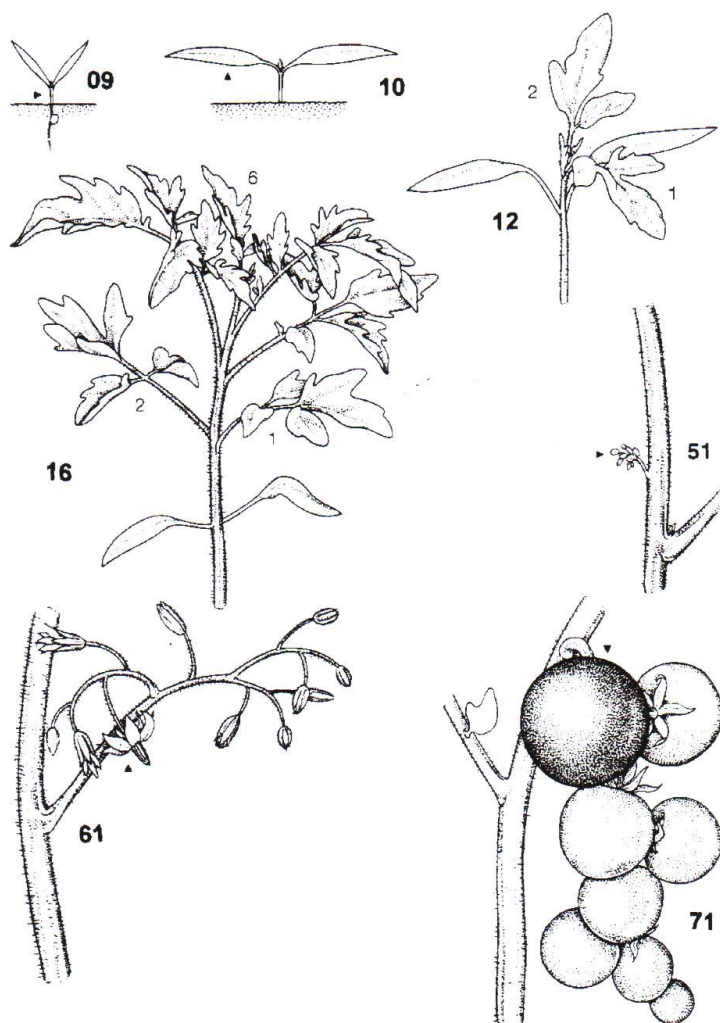


Figure 3 : Stades phénologiques BBCH de la Tomate (Meier, 2001).

II- CONDITIONS DE CROISSANCE ET DE DEVELOPPEMENT

L'optimum de croissance et de fructification de la Tomate se situe à 25°C durant le jour, avec des écarts journaliers maximaux compris entre 4 à 10°C. (Mazoyer et al, 2002).

La Tomate est une plante qui a globalement besoin de beaucoup de chaleur pour assurer son cycle complet.

En effet, la germination est optimale pour des températures comprises entre 18 et 24°C, lente entre 10 et 18°C, puis très lente en-dessous de 10°C.

En phase de croissance, cette culture nécessite des températures comprises entre 21 et 27°C le jour et 20°C la nuit. La croissance est stoppée en-dessous de 13°C.

La Tomate est une plante très gélive : elle gèle entièrement et meurt à partir de 2°C.

Les températures conditionnent également la réussite de la fécondation des fleurs. L'optimum se situe entre 18°C et 24°C le jour et 14-15°C la nuit. Si on descend plusieurs jours en-dessous de 12,5°C ou, à l'inverse, si on dépasse les 38°C, les fleurs peuvent subir une coulure à des taux parfois élevés

Enfin, en phase de maturation, pour avoir des fruits qui mûrissent vite et qui développent une belle coloration, il faut viser les 27°C en journée et ne pas descendre en-dessous de 18°C la nuit.

La tomate est une plante assez résistante à la sécheresse. Cette résistance sera d'autant plus forte que l'on aura favorisé son bon enracinement par une préparation adéquate du sol (ameublissement). En parallèle, afin de garantir une humidité suffisante, il faut prévoir des arrosages réguliers pour un développement optimal mais éviter les excès car l'eau stagnante ainsi que l'humectation des feuilles augmentent fortement le risque de développement des maladies et de chute des fleurs.

Les besoins en eau sont variables selon le stade de la culture : 50m³ /ha/jour au cours de 40 premiers jours suivant la transplantation puis 100 à 110 m³/ ha/jour en phase de floraison et de maturation.

La tomate est une plante de lumière. En situation trop ombragée, elle adopte un port rampant, très défavorable au rendement. A contrario, une exposition trop directe aux rayons solaires peut entraîner des « coups de soleil » sur les fruits, ce qui les dévalorise (Ministère de l'Agriculture de Madagascar).

Les sols sablo-argileux drainants sont les mieux adaptés à la culture de la Tomate car ils permettent une alimentation minérale et hydrique régulière.

Il est important de bien noter que la production de tomates de pleine terre est aujourd'hui très limitée. Elle a laissé place à la culture protégée, plus spécialement à la culture en serre en verre (culture hydroponique), où les paramètres sont très directement contrôlés par l'Homme, aussi bien en matière de fertilisants, qu'en matière d'alimentation hydrique et même de taux de CO₂ dans l'air ambiant (voir IV) (Mazoyer et al, 2002).

Les principaux ravageurs de la Tomate sont :

- les aleurodes : insectes homoptères blanchâtres dont les larves et les adultes se tiennent sur la face inférieure des feuilles. Leurs déjections sucrées provoquent la formation de fumagine (maladie due à des moisissures),
- les mineuses (*Liriomyza trifolii* Burgess, *L. strigata* Meigen) : chenilles (larves de Lépidoptères) qui passent une partie de leur existence entre les deux épidermes d'une feuille dont elles dévorent le parenchyme,
- les nématodes dans le sol : vers cylindriques effilés vivant dans le sol et couverts d'une cuticule. Ils provoquent des lésions au niveau racinaire, favorisant l'entrée de pathogènes. Certains sont même vecteurs de virus. (Mazoyer et al, 2002).

Les maladies les plus à craindre sont :

- la cladosporiose, due à *Cladosporium fulvum* Link, provoquant des taches nécrotiques jaunâtres à la face supérieure des feuilles et une moisissure olivâtre à la face inférieure,
- le pied noir de la tomate (*Didymella lycopersici* Kleb.) : le champignon pathogène provoque un noircissement et une nécrose de la base des tiges, du collet et des racines du sujet infecté,



Figure 4 : Pied noir de la Tomate, symptômes (jardinpassion, 2014).

- le mildiou de la tomate : sur la face inférieure des feuilles apparaissent des taches jaunâtres translucides qui, par temps humide, se transforment en feutrage blanc ou gris violacé correspondant aux organes reproducteurs du champignon pathogène. La maladie peut alors se propager très rapidement, donnant souvent un aspect grillé au feuillage affecté.
- la pourriture grise due à *Botrytis cinerea* Pers., champignon pathogène pouvant atteindre toutes les parties d'un végétal, provoquant des pourritures molles ou sèches sur les fruits et les jeunes organes végétatifs. Les parties atteintes se couvrent rapidement d'un duvet grisâtre (Mazoyer et al, 2002).



Figure 5 : *B. cinerea*: symptômes sur fruit (INRA, 2013)

Ces maladies cryptogamiques ainsi que les ravageurs précités sont particulièrement favorisés par la conduite des cultures sous serre, milieu confiné et climatisé. Pour lutter contre ces organismes, la protection intégrée est largement utilisée depuis près de trente ans. Elle consiste à associer différents moyens de lutte en réservant l'usage des produits chimiques aux situations pour lesquelles il n'existe pas d'autre solution. Cela consiste soit à utiliser la lutte biologique (prédateurs et/ou antagonistes des maladies et ravageurs), soit à contrôler finement les facteurs climatiques dans le cas de conduite sous serre, soit enfin à employer des moyens de lutte dits culturaux.

Ainsi, contre *B. cinerea*, qui s'implante préférentiellement au niveau des plaies d'effeuillage, on introduit un champignon antagoniste, du genre *Fusarium* Link.

Dans le même état d'esprit, pour lutter contre les aleurodes, on élève sous serres des insectes auxiliaires, prédateurs naturels des ravageurs : *Encarsia formosa* Gahan et *Macrolophus caliginosus* Fieber (INRA, 2000).

A ces maladies cryptogamiques s'ajoutent de nombreuses viroses spécifiques à la tomate telles que la Tomato yellow leaf-curl virus (TYLCV) et la Tomato spotted-wilt virus (TSWV) responsable de la maladie bronzée de la Tomate (Mazoyer et al, 2002). La lutte consiste à utiliser des semences exemptes et à veiller à une bonne désinfection du sol, du matériel et des semelles des travailleurs avant et pendant la culture (Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation de l'Ontario, 2001)

III- ELABORATION DU RENDEMENT

Le rendement de la culture de Tomate peut s'écrire :

$$\text{Rendement} = \text{Poids moyen d'un fruit} \times \text{Nombre de fruits/pied} \times \text{Nombre de pieds/ha}$$

Avec : $\text{Nombre de fruits/pied} = \text{Nombre d'inflorescence/pied} \times \text{Nombre de fleurs/inflorescence} \times \text{Taux de fécondation}$.

Le nombre de pieds par ha est directement dépendant des choix de l'agriculteur et des débouchés recherchés : les densités sont plus faibles pour le marché du frais que pour celui de l'industrie (voir IV).

Le nombre de fruits par pied est dépendant de la variété implantée mais aussi de la réussite de la fécondation, très influencée par le climat (des températures trop élevées peuvent provoquer la coulure des fleurs) et par l'activité des pollinisateurs, ralentie en cas de temps froid ou trop pluvieux pour les cultures de plein champ. Ce nombre est également dépendant du type de croissance de la plante (déterminée ou indéterminée) qui influence le nombre d'inflorescences par pied ainsi que par le nombre de fleurs par inflorescence.

Le poids moyen d'un fruit est lui aussi dépendant de la variété considérée, variant d'une centaine de grammes à près d'un kilo. Ce poids est aussi influencé par la densité de plantation mais surtout par le niveau de nutriments hydrique et minérale, particulièrement contrôlées en cultures sous serre.

Les niveaux de rendement au niveau mondial sont très variés. En plein champ, ils sont de l'ordre de 25-30 T/ha mais peuvent atteindre les 45 T/ha dans certaines régions des Etats-Unis telles que la Basse Californie.

Sous serre, les rendements sont plus élevés, allant jusqu'à dépasser les 500 T/ha. (FAOSTAT, 2012 dans CNUCED).

IV- CONDUITES-TYPES EN FRANCE, EN SERRE ET EN PLEIN CHAMP

(D'après Mazoyer et al, 2002)

Dans les serres modernes, la Tomate pour le marché du frais est produite en monoculture selon deux stratégies possibles :

- culture longue avec semis fin Octobre-début Novembre, plantation fin Décembre-début Janvier et récolte du 15 Février-15 Mars au 10 Novembre,
- deux cultures avec contre-plantation en fin Juin.

Les graines sont semées en plaques de bouchons de laine de roche (une graine/bouchon) et placées à 25°C puis à 20°C. Les jeunes pieds sont transplantés en motte de laine de roche et fertilisés avec une solution nutritive. Après 4 à 6 semaines, les plantes sont disposées en serre chauffée à une densité de 2,2 plants/m².

Le climat de la serre, l'alimentation hydrique et minérale des plantes ainsi que la teneur de l'air en gaz carbonique sont gérés par informatique et adaptés au stade de développement de la culture. Les températures recommandées sont de 19-20°C la journée et de 17°C la nuit.

Pour faciliter la maturité des fruits et rendre la récolte plus efficace, les plantes sont palissées sur des ficelles, après leur avoir enlever les rameaux latéraux.



Figure 6 : Culture sous serre (Mazoyer, 2002)

Afin d'assurer la pollinisation des fleurs, des colonies de bourdons sont installées (ruchettes en carton) dans les serres. Les inflorescences sont taillées à 5 puis à 6 fruits pour une amélioration du calibre et un maintien de la vigueur de la plante.

Pour les tomates destinées à l'industrie, on procède d'abord à un profilage du sol que l'on recouvre ensuite d'un film photodégradable (polyéthylène) afin d'éviter tout développement de végétation adventice. La plantation a lieu en Mai, à une densité de 30 000 à 35 000 plantes/ha. On applique parfois un régulateur de croissance (éthéphon) afin de grouper la maturité des fruits (récolte moins étalée dans le temps et plus homogène).

Pour les tomates destinées au marché du frais, la récolte et le conditionnement sont manuels. Les rendements sont de 45 à 55 kg/m² en moyenne.

Pour les tomates destinées à l'industrie, la récolte est mécanique, à l'aide d'une machine équipée de disques de fauchage, d'une trieuse électronique des fruits et d'une table de triage manuel. Elle a lieu du 1er Août au 15 Octobre. Les rendements pour ce type de conduite sont de 60 à 80 T/ha. Une fois livrés en usine, les fruits sont utilisés pour la fabrication de tomates pelées, de jus de tomates, de coulis, de concentrés, de sauces, etc.



Figure 7 : Récolte mécanisée en plein champ.

Conclusion

La Tomate, Solanacée buissonnante originaire d'Amérique du Sud, a progressivement conquis tous les continents à partir du XVII^{ème} Siècle pour devenir aujourd'hui le légume le plus consommé au Monde.

Cette plante de lumière nécessite des températures élevées pour bien réaliser toutes les étapes de son cycle de développement. C'est pourquoi elle est majoritairement cultivée sous serre en France, pour une commercialisation sur le marché du frais. La culture de plein champ existe tout de même mais avec des rendements bien moins élevés et sur des surfaces moins importantes.

Le confinement de la culture sous serre implique une très grande vigilance vis-à-vis de la propagation des maladies et des ravageurs. Les résistances de plus en plus nombreuses de ces derniers aux produits phytopharmaceutiques motivent une recherche active de nouveaux moyens de lutte : moyens de lutte culturale et surtout de lutte biologique, avec le recours à des organismes vivants antagonistes des pathogènes (*Fusarium* sp Link contre *Botrytis cinerea* Pers.) ou prédateurs des ravageurs (*Encarsia formosa* Gahan et *Macrolophus caliginosus* Fieber contre les aleurodes).

La très grande diversité variétale de la Tomate ainsi que son emploi dans de nombreuses cuisines du Monde expliquent le succès de cette plante cultivée dont la production mondiale ne cesse d'augmenter.

BIBLIOGRAPHIE

AGRESTE Conjoncture. Légumes. Infos rapides. Tomate n°6/6

<http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/conjinfoleg201211toma.pdf>

CNUCED. InfoComm. Fiche Produit. Tomate [en ligne].

Disponible sur : <http://www.unctad.info/fr/Infocomm/Produits-AAACP/FICHE-PRODUIT---Tomates/> dont les chiffres FAOSTAT, Avril 2012.

Fumey G, Etcheverria O, Atlas mondial des cuisines et gastronomies, Autrement, 2004, p. 42.

Garnier L, Petit Atlas des plantes cultivées, Larousse, Paris, 2004, p. 64.

INRA. La protection intégrée des cultures de Tomate [en ligne].

Disponible sur : <http://www7.inra.fr/internet/Directions/DIC/ACTUALITES/NATURE/pdf/tomaprotec.pdf> (consulté le 15 Janvier 2014).

Mazoyer M et al, Larousse agricole, Larousse, Paris, 2002, p. 622.

Meier U., Stades phénologiques des mono- et dicotylédones cultivées, Centre Fédéral de Recherches Biologiques pour l'Agriculture et les Forêts, 2001, p. 142 [en ligne].

Disponible sur : <http://www.agroedieurope.fr/ref/doc/BBCH.pdf> (consulté le 07 Janvier 2014).

Ministère de l'Agriculture de Madagascar. La Tomate [en ligne].

Disponible sur : <http://www.agriculture.gov.mg/pdf/Tomate.pdf> (consulté le 15 Janvier 2014).

Ministère de l'Agriculture de l'Ontario, Lutte contre le virus de la mosaïque du pépino dans les tomates de serre [en ligne].

Disponible sur : <http://www.omafr.gov.on.ca/french/crops/facts/01-018.htm#culture> (consulté le 15 Janvier 2014)

TABLE DES ILLUSTRATIONS :

Figure 1 : Mazoyer M et al, Larousse agricole, Larousse, Paris, 2002, p. 622.

Figure 2 : Garnier L, Petit Atlas des plantes cultivées, Larousse, Paris, 2004, p. 64.

Figure 3 : Meier U., Stades phénologiques des mono- et dicotylédones cultivées, Centre Fédéral de Recherches Biologiques pour l'Agriculture et les Forêts, 2001, p. 143 [en ligne].

Disponible sur : <http://www.agroedieurope.fr/ref/doc/BBCH.pdf> (consulté le 07 Janvier 2014).

Disponible sur : <http://www.agroedieurope.fr/ref/doc/BBCH.pdf> (consulté le 15 Janvier 2014).

Figure 4 : jardinpassion. Le jardin gourmand et bien-être : le potager [en ligne].

Disponible sur : <http://www.jardinpassion.org/t444p210-tomates> (consulté le 29 Janvier 2014).

Figure 5 : INRA.

Disponible sur : <http://ephytia.inra.fr/fr/C/5175/Tomate-Principaux-symptomes>, figure 14 (consulté le 07 Janvier 2014).

Figures 6 et 7 : Mazoyer M et al, Larousse agricole, Larousse, Paris, 2002, p. 214.

LE POMMIER

MALUS DOMESTICA BORKHAUSEN

Le Pommier est l'espèce fruitière actuellement la plus cultivée au Monde et la pomme est l'un des fruits les plus consommés, particulièrement en Chine (1^{er} producteur mondial) et en Europe.

Avec une production de 1,732 millions de T répartie sur 40 500 ha en 2013 (Agreste, 2013), la France se situe au 4^{ème} rang mondial et au second rang en Europe, juste derrière l'Italie et devant la Pologne et l'Allemagne.

En 2012, les principales régions productrices françaises sont:

- Provence-Alpes-Côtes d'Azur : 29 %,
- Midi-Pyrénées : 17 %
- Pays de la Loire : 16 %,
- Aquitaine : 9 %,
- Rhône-Alpes : 8 %
- Languedoc-Roussillon : 6 %
- Centre : 4 %
- Limousin : 2 %

(Agreste, 2013)

Une fois récoltées, les pommes peuvent avoir plusieurs destinations, en fonction de la région de production, de la variété et de la qualité du fruit :

- pommes de table,
- jus de pomme,
- compote,
- cidre et pommeau

I- UNE ROSACEE ARBORESCENTE

La culture du Pommier en Europe est très ancienne. Au 1^{er} Siècle de notre ère, les Romains connaissaient déjà une trentaine de variétés. Ce n'est qu'au XVII^{ème} Siècle que le fruit a été introduit en Amérique du Nord.

Bien que l'on trouve, encore aujourd'hui, des pommiers à l'état sauvage en Amérique du Nord, la pomme cultivée est originaire d'Asie et d'Europe (Garnier, 2004).

Le Pommier est un arbre à feuilles caduques de la famille des Rosacées, fleurissant au Printemps, une fois passées les températures fraîches hivernales. Il est très répandu dans les zones tempérées du Globe où il est cultivé principalement pour ses fruits appelés pommes, mais aussi parfois pour sa floraison printanière éclatante et la coloration automnale de son feuillage (pommiers à fleurs) (Mazoyer et al, 2002).

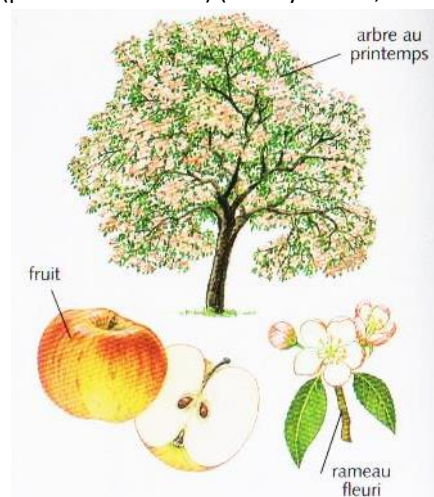


Figure 1 : Morphologie générale du Pommier (Garnier, 2004)

Comme pour les autres arbres cultivés dans les pays tempérés, appartenant également à la famille des Rosacées, la domestication du Pommier a été facilitée par sa capacité à se multiplier aisément par greffage*, bouturage* ou marcottage*.

Ses fleurs pentamères (de type 5), de couleur blanche ou rose voire parfois rouge et regroupées en petites ombelles, présentent un ovaire infère, c'est-à-dire placé sous le niveau d'implantation des pétales sur le réceptacle floral.

Au niveau de la fécondation, il y a pollinisation croisée : les ovules d'une fleur ne peuvent être fécondés que par le pollen d'une autre fleur. C'est pourquoi la présence de populations de pollinisateurs est cruciale pour le bon déroulement de la conduite d'un verger à pommes.

Le fruit, appelé « pomme », est une drupe* à pépins, ronde et charnue, de couleur très variable selon la variété : jaune, rouge verte, grisâtre. La chair est plus ou moins ferme, croquante, acidulée, juteuse, sucrée et parfumée.

On recense environ 6 000 variétés de pommiers. La majorité est d'origine américaine - telles que la « Golden Delicious » et la « Jona Gold » - ou d'origine néo-zélandaise : « Gala », « Braeburn », « Granny Smith » (Garnier, 2004).

Le Pommier peut atteindre 4 à 10 m de hauteur et sa productivité est maximale entre 10 et 15 ans.

Au cours du cycle de développement du Pommier sur une année, on distingue 14 stades phénologiques successifs, présentés sur la figure 2. Leur repérage est utile, en particulier pour mieux savoir quand intervenir en matière de protection des arbres contre les maladies et ravageurs mais aussi contre les dangers des aléas climatiques (voir II).

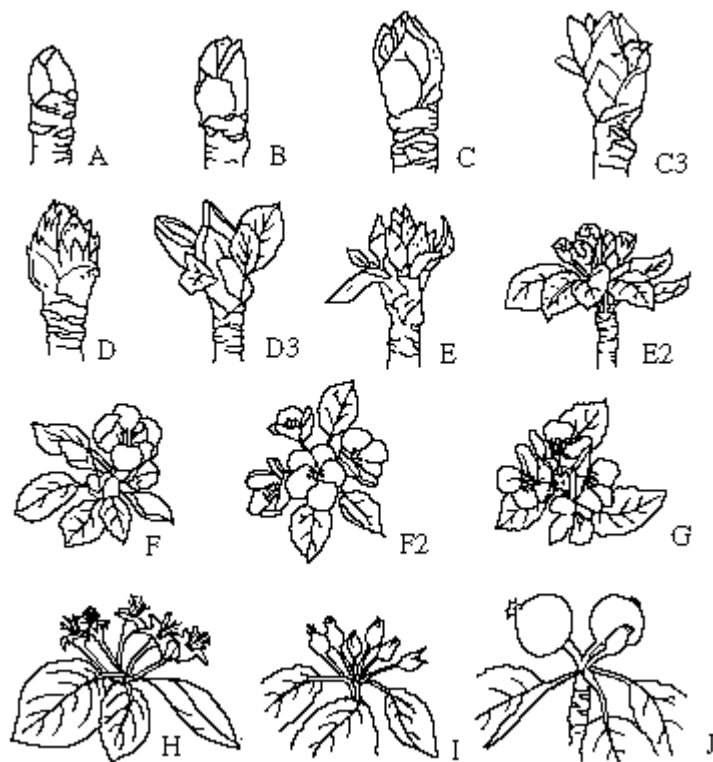


Figure 2 : Planche Stades phénolo Pommier (INRA , 2013).

Légende : A: bourgeon d'hiver; B: début de gonflement; C,C3: gonflement apparent; D,D3: apparition des boutons floraux; E,E2: les sépales laissent voir les pétales; F: première fleur; F2: pleine floraison; G: chute des premiers pétales; H: chute des derniers pétales; I: nouaison; J: grossissement des fruits.

Notez bien que les vergers de pommiers sont composés d'arbres greffés en écusson (voir figure 3) issus de pépinière. Il s'agit, pour l'arboriculteur, de bien choisir le porte-greffe en fonction du type de sol en place, comme nous le verrons dans le IV.

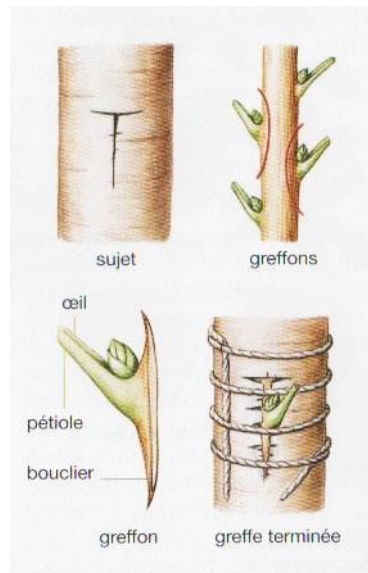


Figure 3 : Greffage en écusson (Mazoyer et al, 2002).

II- A L'AISE EN TOUTES CIRCONSTANCES OU PRESQUE

Le Pommier est une des espèces fruitières les plus rustiques, capable de se développer même dans des conditions pédoclimatiques peu favorables. Il est présent dans toute l'Europe, jusqu'en Norvège au Nord et descend même au-delà de la Méditerranée au Sud puisqu'on peut le rencontrer dans certaines zones de l'Atlas sur le continent africain. Il se répartit à équivalence de latitude dans l'hémisphère Nord comme dans l'hémisphère Sud, soit globalement entre les 30° et les 60° parallèles.

En termes d'altitude, il peut atteindre les 1 400 m à l'état sauvage et est couramment cultivé dans certaines zones jusqu'à 1 000 m (Hautes-Alpes en France, Haut Adige en Italie, etc.) (Mathieu, 2011).

Selon Lamant et Lévêque (2005), c'est un arbre héliophile (aimant le Soleil) qui tolère l'ombre. Espèce de milieu moyennement humide, il croît rarement en sol acide. Il atteint son optimum sur sols riches et frais et se comporte très bien en zones alluviales.

Les besoins en eau sont estimés en moyenne à 55 litres pour produire un kilogramme de pomme (Nashetz, 2011 dans Mathieu, 2011) et doivent être apportés régulièrement d'Avril à la récolte, soit par les précipitations, soit par l'irrigation. Dans les régions à fortes ETP* et pour les variétés à long cycle végétatif, jusqu'à 700 mm d'eau (soit 7 000 m³ par hectare) sont nécessaires à l'accompagnement du fruit de la floraison jusqu'à la récolte (Mathieu, 2011).

Bien que les exigences agroécologiques du Pommier soient globalement faibles en Europe, il faut cependant prévoir des protections contre les froids tardifs du Printemps car ils peuvent détruire la floraison.

Il faut bien veiller à ce que les arbres disposent de suffisamment de Calcium assimilable dans le sol. Un déficit entraîne une maladie physiologique, dite du *bitter-pit*, qui se caractérise par de petites taches liégeuses au goût insipide, situées juste sous l'épiderme du fruit (Mazoyer et al, 2002).

Les **maladies et ravageurs** qui peuvent affecter le Pommier sont nombreux.

Les maladies à virus sont courantes et favorisées par la multiplication végétative des portes-greffes : maladies du bois-caoutchouc dite aussi maladie du bois souple, la mosaïque du Pommier, la maladie des proliférations, la maladie des taches liégeuses, ... (Mazoyer et al, 2002).

Les quatre principales maladies non virales qui affectent le Pommier sont la tavelure, l'oïdium, le chancre commun et la pourriture du collet.

La tavelure est provoquée par le champignon *Venturia inaequalis* Wint.. Il s'attaque à tous les organes herbacés du Pommier sur lesquels il se manifeste par des taches irrégulières de couleur brun olive à brun-noir (RAC et FAW, 1999). Cette maladie est présente dans toutes les régions de France et principalement dans le Val de Loire où elle est très redoutée. Les taches se trouvent principalement sur la face supérieure des feuilles. Les tissus touchés se nécrosent.

Sur les fleurs, les taches se forment sur les sépales, l'ovaire et le pédoncule. La fleur contaminée se dessèche et tombe. Les fruits sont sensibles tout au long de leur croissance. En cas d'attaques précoces, le jeune fruit tombe ; en cas d'attaques plus tardives, il poursuit son développement, mais les tissus atteints cessent de croître, ce qui entraîne des déformations et des craquelures très profondes. Cela conduit à de graves conséquences car la récolte est dépréciée (Mazoyer et al, 2002).



Figure 4 : Tavelure sur fruits (RAC et FAW, 1999)

L'oïdium est une maladie épidémique due à un champignon (*Podosphaera leucotricha* Salmon pour le Pommier) qui se manifeste par l'apparition d'un feutrage blanc d'aspect farineux sur les organes atteints. Elle s'est répandue en France suite à l'introduction de variétés américaines sensibles (« Jonathan ») et à l'intensification des méthodes de production. Le champignon attaque les bourgeons, les feuilles, les jeunes tiges les fleurs et, plus rarement, les fruits. La croissance des tissus végétaux est perturbée. L'ensemble des altérations aboutit au dessèchement des organes (Mazoyer et al, 2002).

Le chancre résulte de la contamination des tissus végétaux par une bactérie ou un champignon, le plus souvent par le champignon *Nectria galligena* Rossman et Samuels chez le Pommier. Il se manifeste par une nécrose étendue. L'arbre tend à limiter cette extension en formant des plaies caractéristiques, parfois profondes, sur les rameaux et les branches charpentières*. Les fruits peuvent être atteints. Cela entraîne le plus souvent le dessèchement puis la mort des organes touchés (Mazoyer et al, 2002).

Enfin, la pourriture du collet est, comme son nom l'indique, localisée au niveau du collet* de certains Pommiers. Elle est due à un champignon terricole* très persistant : *Phytophthora cactorum* Schröt.

Le principal ravageur animal sur Pommier est le carpocapse des pommes et des poires (*Cydia pomonella* L.). Il s'agit d'un petit lépidoptère de la famille des tordeuses mesurant environ 20 mm d'envergure. Ses ailes antérieures, d'un gris cendré, sont striées de fines lignes brunes. Les papillons sont particulièrement actifs durant les soirées calmes et chaudes, au crépuscule. Chaque femelle peut pondre jusqu'à 80 œufs isolés sur les fruits, la face supérieure des feuilles et parfois sur les rameaux (RAC et FAW, 1999). Après éclosion des œufs, les chenilles, blanc rosé à tête brune, circulent pendant plusieurs jours sur le feuillage et les fruits, y faisant de petites morsures avant de s'introduire dans les fruits, à l'intérieur desquels elles creusent des galeries, d'où émergent leurs excréments. Les étés chauds et humides favorisent la pullulation de cet insecte, qui provoque la chute prématurée des fruits (Mazoyer et al, 2002).



Figure 5 : Larve de Carpocapse et les dégâts qu'elle a causés (RAC et FAW, 1999)

Autre animal ravageur, le puceron vert (*Aphis pomi* L.), présente à l'âge adulte un corps rond, d'environ 2 mm de longueur, velouté, de couleur verdâtre avec des pattes foncées. Les jeunes larves sont vert jaunâtre à vert. Ce sont les rameaux annuels à forte croissance qui sont les plus attaqués. En présence de grosses colonies, du miellat est sécrété et de la fumagine* se forme. Sur les jeunes arbres, les attaques peuvent perturber la croissance des pousses et la formation de la couronne. (RAC et FAW, 1999).

III- ELABORATION DU RENDEMENT

Comme c'est le cas classiquement en arboriculture, le rendement d'un verger de Pommier peut se décomposer comme suit :

Rendement = Nombre de tiges/ha x Nombre de branches fructifères/tige x Nombre de fruits/branche fructifère x poids moyen d'un fruit.

Dans le cas du Pommier, la composante « **Nombre de tiges/ha** » dépend du mode de conduite choisi par l'arboriculteur : largeur de l'inter-rang, espacement entre tiges sur le rang.

Le **nombre de branches fructifères** dépend principalement de la conduite des tailles : taille de formation et taille d'éclaircissage des rameaux.

Le climat joue peu ici, à moins d'accidents de type fortes chutes de neige entraînant la rupture de branches et de rameaux, voire d'arbres entiers.

Le **nombre de fruits par branche fructifère** est fonction du **nombre de fleurs par branche** et du **taux de fécondation** de ces fleurs.

Si le **nombre de fleurs par branche** est en partie dépendant de la variété choisie, il est surtout fortement conditionné par le climat de l'année. En effet, de fortes amplitudes entre températures diurnes et nocturnes ont une influence négative sur la formation des bourgeons floraux. Des températures fraîches avant l'induction florale peuvent retarder celle-ci (Koutinas, 2010 dans Mathieu, 2011). On sait également que des températures trop fraîches limitent la formation des fleurs sur le bois de un an (zone septentrionale de l'hémisphère Nord). Globalement, le passage d'un stade phénologique à l'autre dépend essentiellement des températures : du stade B au début de la floraison, il faut entre 3 et 5 semaines, processus accéléré d'un facteur 2,5 à 2,8 si la température s'élève de 10°C. (Mathieu, 2011).

Le **taux de fécondation** est, quant à lui, très lié à l'activité des insectes pollinisateurs puisque le Pommier est à fécondation croisée obligatoire. Cette activité des insectes est, elle aussi, sous le contrôle du climat. En effet, la lumière conditionne le niveau d'activité des abeilles qui butinent moins lorsque le temps est nuageux, à la différence des bourdons qui y sont moins sensibles. Le plus déterminant est la température puisqu'en-dessous de 10°C, aucun pollinisateur n'est actif, tout comme au-delà de 35 °C. La vitesse du vent limite le vol des abeilles à partir de 15 km/h

et le stoppe au-delà de 30 km/h alors que les bourdons sont gênés seulement au-delà de 40 km/h. Enfin, la pluie peut ralentir les déplacements des bourdons ; elle stoppe totalement l'action des abeilles (Mathieu, 2011).

En plus des conditions climatiques, pèse également sur cette composante la pression des maladies et ravageurs dont l'action peut endommager la fleur, l'empêchant de se développer correctement en fruit.

Dernière composante du rendement, le **poids d'un fruit**. Il dépend bien sûr de la variété choisie mais aussi du climat de l'année. Une équipe néo-zélandaise a particulièrement mis en évidence le rôle des températures sur la qualité des pommes (Warrington *et al.*, 1999 dans Mathieu, 2011). Il ressort de ces études que le calibre des fruits est directement lié aux températures qui suivent la floraison et notamment celles durant la période F2 à F2 + 40 jours. Des modifications au-delà de cette période sont quasiment sans incidence sur le calibre des fruits. Il apparaît également que les variétés à petits calibres seront d'autant plus affectées par les conditions défavorables au grossissement du fruit (Mathieu 2011).

IV- ITINERAIRE TECHNIQUE TYPE EN FRANCE

Comme dit précédemment, le choix des variétés en Pommier est très vaste (environ 6 000 variétés). Elles ne sont cependant pas toutes adaptées aux conditions pédoclimatiques locales ni aux objectifs de production (conduite, rendement, utilisation finale, etc).

Le choix des portes-greffes est crucial dans la rentabilité d'un verger à pommes. Il en existe de nombreux, classés selon leur vigueur, testée en verger en Grande-Bretagne (stations anglaise d'Eats-Malling et de John Innes). On distingue 9 groupes de vigueur, comme le montre le tableau suivant :

GROUPE DE VIGUEUR	INDICE DE VIGUEUR/ FRANC	INDICE DE VIGUEUR/M9 EMLA	PORTE-GREFFES
1	20-30	40-50	
2	30-40	55-65	M 27
3	40-50	70-80	M 9 ordinaire
4	50-60	85-95	PAJAM ® 1, M 9 NAKB, M 26
5	60-70	100-110	PAJAM ® 2, M 9 EMLA
6	70-80	115-125	MM 106, M 7
7	80-90	130-140	MM 111
8	90-100	145-155	M 25
9	100-110	160-170	Franc

Figure 6 : Classement des porte-greffes en groupes de vigueur (Mazoyer et al, 2002)

Si l'on souhaite atteindre rapidement un rendement maximal à l'hectare, il est préférable d'installer une densité importante du départ, avec des portes-greffes faibles. Il est recommandé de disposer une rangée d'arbres d'une autre variété tous les 5 rangs afin de favoriser la pollinisation de la variété-objectif (pollinisation croisée obligatoire chez le Pommier) (Mazoyer et al, 2002).

Le type de plantation le plus classique et qui donne de bons résultats consiste à installer les arbres en rangs simples avec des inter-rangs de 3,5 à 4 m et des intervalles sur le rang de 1,5 à 2 m. Les arbres sont le plus souvent taillés en fuseau (Mazoyer et al, 2002). Mais ce n'est pas la seule forme possible. Il en existe de nombreuses autres catégories :

- formes en volume sans palissage : en gobelet, en pyramide MacKenzie, ...,
- formes palissées et inclinées,
- formes axiales,
- formes étroites : drapeau marchand, palmette, fuseau double, etc.,
- formes piétonnes, adaptées à des interventions les pieds au sol (sans recours à des engins),
- formes adaptées à la mécanisation : Lincoln Canopy, Verger Prairie, Mur fruitier (Roche L. et Mathieu V., 2012).



Figure 7 : Taille en gobelet (Roche et Mathieu, 2012)



Figure 8 : Forme axiale (Roche et Mathieu, 2012)



Figure 9 : Lincoln Canopy (Roche et Mathieu, 2012)

La fertilisation se raisonne dès l'avant-plantation avec l'épandage d'une fumure de fond déterminée en fonction d'une analyse de sol préalablement réalisée.

La fumure d'entretien à l'hectare est de 100 à 150 unités de potasse pendant les 5 premières années et de 60 à 80 unités d'azote, apportées en deux fois : avant le démarrage de la végétation et après la nouaison. En sol neutre ou acide, on épand aussi 500 unités de Calcium tous les 3 ans.

En matière d'entretien des inter-rangs, on constate que l'enherbement donne des résultats satisfaisants. Sur la ligne, le désherbage chimique est le plus pratiqué.

L'irrigation est employée dans la majorité des vergers intensifs car elle favorise une bonne régularité de la production (Mazoyer et al, 2002).

La taille représente un poste important en termes de main d'oeuvre, aussi cherche-t-on à la simplifier. On procède d'abord, les premières années, à une taille de formation afin de donner sa silhouette générale à l'arbre. S'ensuivent des actions de taille d'entretien les années suivantes, visant à supprimer les éventuels bois morts et branches cassées, les gourmands et les rameaux en excédent afin de bien aérer le houppier.

Autre action sur les arbres en cours de cycle annuel : l'éclaircissage des fruits. Il se fait chimiquement à l'aide d'acide naphthalène acétique ou son amide, puis manuellement pour compléter ce traitement. Le but est de garantir une fructification régulière et un calibre suffisant des fruits en établissant un bon rapport entre feuilles et fruits (Mazoyer et al, 2002).

Enfin, la récolte, opération coûteuse, est programmée en fonction de nombreux facteurs dont le principal est la variété utilisée. Les pommes sont récoltées en palox, container solidaire d'une palette, contenant environ 400 kg de pommes, qui sont ensuite stockées en chambre froide.

La cueillette des fruits destinés à la consommation en l'état (pommes dites « à couteau » ou « de table ») est réalisée manuellement, avec des récoltes atteignant 130 à 150 kg par heure et par personne. Il existe aussi des plateformes de cueillette, machines spécialisées permettant d'améliorer encore ces performances.

Les rendements sont variables selon les variétés et les années. Ils atteignent et dépassent 505 T/ha pour des vergers de 5 ans.

(Mazoyer et al, 2002)

CONCLUSION

Le Pommier, arbre fruitier originaire d'Asie, a progressivement gagné la quasi-totalité des zones cultivables à travers le Monde. La pomme est devenue le premier fruit consommé à l'échelle planétaire.

Cette réussite arboricole s'explique en partie par la grande plasticité de cette espèce, capable de s'adapter et de produire correctement dans de nombreux contextes pédoclimatiques.

L'enjeu pour l'arboriculteur est de bien choisir le porte-greffe afin de l'adapter au mieux à son sol puis de bien choisir la, ou le plus souvent les variétés à cultiver afin de garantir un étalement de la production dans le temps et/ou l'approvisionnement de plusieurs des débouchés existant : pomme de table, jus de pomme, compote, cidre et pommeau.

Sa conduite en verger est le plus souvent intensive, avec un large panel de possibilités en termes de densités, de types de taille et de types de palissage, plus ou moins adaptés à la mécanisation. La récolte manuelle reste tout de même très courante.

Le mode de reproduction du Pommier étant à pollinisation croisée obligatoire, il convient de disposer quelques rangs d'arbres pollinisateurs dans un verger pour assurer une fécondation maximale, maximisant ainsi le rendement. La réussite de la fécondation dépend bien sûr des conditions climatiques mais aussi et surtout de la présence et de la bonne vigueur des populations de pollinisateurs, en particulier les bourdons et les abeilles. Comme 70 % des plantes cultivées représentant 30 à 40 % de l'alimentation humaine, le Pommier et donc la production de pommes dépendent eux aussi de ces auxiliaires volants de tout premier plan, qu'il convient donc de préserver et même de favoriser dans nos systèmes agricoles modernes.

BIBLIOGRAPHIE

Agreste conjoncture. Infos rapides. Fruits. Pommes n°4/6 [en ligne]

Disponible sur : <http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/conjinfofru201309pomm.pdf> (consulté le 04 Décembre 2013)

Garnier L, Petit Atlas des plantes cultivées, Larousse, Paris, 2004, p. 84

Mathieu V., Cycle de développement du Pommier, l'influence des conditions climatiques, Info CTIFL, 2011, n°277, pp 34-44.

Mazoyer M et al, Larousse agricole, Larousse, Paris, 2002, 767 p.

RAC et FAW, Maladies et ravageurs de nos vergers, AMTRA, Nyon (Suisse), 1999, pp 101 et 301.

Roche L., Mathieu V., Les principales formes de conduite du Pommier, Info CTIFL, 2012, n°281, pp. 41-49.

TABLE DES ILLUSTRATIONS :

Figure 1 : Garnier L, Petit Atlas des plantes cultivées, Larousse, Paris, 2004, p. 84

Figure 2 : INRA. Pommier. Stades phénologiques du Pommier (Minost C.) [en ligne].

Disponible sur : <http://www7.inra.fr/hyppz/CULTURES/3c---003.htm> (consulté le 20 Décembre 2013)

Figure 3 : Mazoyer M et al, Larousse agricole, Larousse, Paris, 2002, p. 327

Figure 4 : RAC et FAW, Maladies et ravageurs de nos vergers, AMTRA, Nyon (Suisse), 1999, page 302.

Figure 5 : RAC et FAW, Maladies et ravageurs de nos vergers, AMTRA, Nyon (Suisse), 1999, page 102.

Figure 6 : Mazoyer M et al, Larousse agricole, Larousse, Paris, 2002, p. 503.

Figures 7, 8 et 9 : Roche L., Mathieu V., Les principales formes de conduite du Pommier, Info CTIFL, 2012, n°281, pp. 42-49.

selon Mazoyer M et al, Larousse agricole, Larousse, Paris, 2002, 767 p.

Adventice : n. f. - Espèce végétale qui s'ajoute à un peuplement auquel elle est étrangère.

Agronomie : n. f. - Ensemble des sciences nécessaires à la compréhension de l'agriculture et des techniques utiles à sa pratique.

Au sens strict, l'agronomie est l'étude scientifique des relations entre les plantes cultivées, le milieu (sol, climat) et les techniques agricoles. Dans un sens plus large, elle comprend aussi l'ensemble des sciences et des techniques relatives à l'élevage, à la sylviculture, au génie rural.

Alternatif, alternative : adj. - En cultures végétales – Espèce ou variété pouvant être semée de l'automne au début du printemps. A la différence des céréales et des graminées de prairies, dites d'hiver, et qui se sèment à l'automne et de celles de printemps, qui se sèment en avril (en région parisienne), une espèce ou une variété alternative peut être semée de l'automne au printemps (15 mars), tout en se développant normalement à la belle saison. Une espèce ou une variété est dite semi-alternative si elle peut être semée de l'automne à la fin janvier ; elle est dite de demi-hiver si elle peut être semée de l'automne à la mi-janvier.

Amendement : n. m.

1- Action d'amender un sol et son résultat.

2- Substance organique ou minérale incorporée au sol en quantité importante (plusieurs dizaines de tonnes par hectare) pour améliorer ses qualités physiques et chimiques.

Amidon : n. m. - Principal glucide de réserve des végétaux supérieurs.

L'amidon est présent dans les grains de céréales (30 à 80 % de la matière sèche), les graines des légumineuses (25 à 50 %) et les tubercules (60 à 90 %). Sous l'action d'enzymes, les amylases, il est fragmenté en sucres utilisés pour assurer la croissance de la plante ou lors de la digestion des aliments amylacés. [...] La moitié environ de l'amidon produit est employé dans des applications non alimentaires (produits papetiers, cosmétique, chimie fine, industries de fermentation, ...) L'incorporation d'amidon dans des matières plastiques à courte durée de vie est une stratégie émergente pour son intérêt écologique (biodégradabilité).

Assolement : n. m. - Division des terres d'une exploitation en autant de parties, appelées soles, qu'il y a de cultures (sur une année culturale ou sur une saison).

Binage : n. m. - Action de biner un sol. Le binage consiste à briser et à ameublir la croûte superficielle autour des plantes cultivées par une action de faible profondeur. Il a pour triple objet d'aérer la terre, de la désherber et de rompre la continuité établie entre les couches profondes et la surface, continuité qui favorise l'évaporation de l'eau contenue dans le sol et appauvrit la réserve à la disposition de la culture.

Bouturage : n. m. - Procédé de multiplication végétative consistant à prélever des boutures d'une plante puis à les placer dans des conditions favorables au développement des racines, pour obtenir de nouveaux plants. Selon les espèces, les boutures peuvent être des fragments de tiges portant des bourgeons, des bourgeons isolés, des feuilles, des racines ou des rhizomes, ou même des fruits (chez certaines Cactées).

Céréales : n. f. - Plante cultivée dont les grains, surtout réduits en farine, servent à l'alimentation des animaux domestiques et de l'Homme, et qui peut aussi être récoltée avant la maturité des grains pour servir de paille et de fourrage.

Charpentièrre : n. f. - Se dit d'une branche formant la structure durable de l'arbre fruitier, ou charpente.

Collet : n. m. - Zone de transition entre la partie aérienne d'une plante (tige et feuilles) et son système racinaire.

Coulure : n. f. - Accident physiologique caractérisé par la chute des fleurs ou le flétrissement des jeunes fruits.

Cultivar : n. m. - Acronyme de « variété cultivée ». Ce terme, inventé par les auteurs anglo-saxons, est peu usité en français où l'on continue à utiliser le terme ambigu de variété.

Déchaumage : n. m. - Opération de travail superficiel du sol pratiquée après la moisson ou avant le labour. L'objectif premier du déchaumage est d'incorporer aux 10 à 15 premiers centimètres du sol les chaumes et, éventuellement, les pailles laissées en surface après la moisson, afin de faciliter leur décomposition et d'améliorer les conditions d'enfouissement par le labour. Mais les déchaumages répétés permettent aussi de venir à bout des adventices et des repousses de la culture précédente : un premier passage favorise la levée des plantules qui sont détruites au passage suivant ou lors du labour. Cette technique dite « du faux semis » est particulièrement intéressante quand on veut supprimer le labour d'implantation de la culture suivante. Le déchaumage peut être effectué à l'aide d'outils à disques (*cover-crop*), à dents (chisel, vibroculteur) ou de petites charrues utilisées à faible profondeur (15-20 cm).

Drupe : n. f. - Fruit charnu à noyau

Echaudage : n. m. - Accident de végétation auquel sont exposées les céréales et la vigne, abîmant la fructification.

[...] Dans le cas des céréales, l'échaudage est un accident de croissance des grains, dû soit à un coup de chaleur, soit à une attaque parasitaire (piétin-échaudage) qui perturbe l'alimentation en eau de la plante. L'échaudage de la vigne, ou « grillage », atteint parfois les grappes de raisin au cours des journées très chaudes d'été. Les baies se flétrissent et se dessèchent sous l'action de la sécheresse et de l'insolation. [...]

Ennemi(e) des cultures : n. m. ou f. - Animal (insecte, acarien, nématode, mollusque, rongeur, oiseau ...), champignon, bactérie, virus, plante parasite ou encore mauvaise herbe affectant les végétaux cultivés.

Ensilage : n. m. - Méthode de conservation des produits agricoles, particulièrement des fourrages verts, des racines et des tubercules ou des grains, en milieu humide et acide, fondée sur des principes de fermentation anaérobie.

ETP : loc. f. - Evapotranspiration potentielle. Ancien terme très utile pour estimer, dans le cas d'une culture couvrante bien alimentée en eau, une valeur moyenne probable d'ETM (Evapotranspiration maximale).

Evapotranspiration : n. f. - Cumul de l'évaporation de la surface du sol et de la transpiration des plantes.

Fécule : n. f. - Substance, composée essentiellement d'amidon, extraite d'organes végétaux souterrains (tubercules, de pommes de terre, racines de manioc, ...). Outre ses emplois culinaires, la féculé est utilisée dans l'industrie alimentaire pour ses qualités de liant.

Fonte de semis : n. f. - Dégât apparaissant dès la levée des plants, généralement occasionné par des champignons du sol, provoquant plus ou moins rapidement la mort des jeunes plants. Les insectes du sol peu-

vent favoriser indirectement le développement des agents phytopathogènes responsables de la fonte de semis. En s'attaquant aux jeunes racines, ils occasionnent des blessures qui sont alors des voies d'entrée préférentielles pour les champignons. Parmi les champignons parasites présents dans le sol, les plus redoutables sont, entre autres, ceux des genres *Pythium*, *Botrytis*, *Rhizoctonia*, *Sclerotinia*, *Phoma*, *Fusarium* et *Phytophthora*.

Fumagine : n. f. - Maladie des plantes se traduisant par la prolifération de champignons de couleur sombre sur les feuilles et les rameaux

Gourmand : n. m. - Rameau d'un arbre fruitier ou sarment de vigne poussant sur du bois vieux et ne donnant généralement pas de fruit.

Greffage : n. m. - Action ou manière de greffer

Greffe : n. f. - En horticulture, opération qui permet la multiplication des arbres fruitiers, de la vigne, de nombreuses espèces ornementales (arbres, rosiers, etc.) par l'insertion sur une plante (sujet ou porte-grefe) d'une partie d'une autre (greffon) dont on désire développer les caractères.

Houppier : n. m. - Ensemble des ramifications vivantes d'un arbre (branches et rameaux) situé au-dessus du fût (Vocabulaire forestier, 2011).

Itinéraire technique : n. m. - Combinaison logique et ordonnée des techniques mises en oeuvre sur une parcelle agricole en vue d'en obtenir une production.

Légume : n. m. - Plante potagère dont on consomme, selon les espèces, les fruits, les graines, les feuilles, les tiges ou les racines.

Légumineuse : n. f. - Ordre de plantes à fleurs dont le fruit est une gousse, comprenant des espèces exploitées comme légumes (pois, haricot), fourrage (trèfle, luzerne, gesse), comme plantes ornementales (acacia, arbre de Judée) ou encore utilisées pour leur bois (Palissandre).

Ligule : n. f. - Chez les Graminées, petite languette membraneuse portée par la face supérieure de la feuille, à la jonction de la gaine et du limbe.

Maladie cryptogamique : n. f. - Affection d'une plante provoquée par un champignon parasite microscopique, et dont les différentes formes représentent environ 90 % des maladies des végétaux. Chez les animaux, on parle de mycoses. Les produits utilisés pour lutter contre les maladies cryptogamiques sont appelés fongicides.

Marcottage : n. m. - Mode de multiplication végétative des végétaux qui consiste à provoquer l'enracinement d'un rameau (ou tige) encore attaché à la plante mère, puis à séparer (« sevrer ») celui-ci lorsqu'il est bien pourvu de racines. Verbe : Marcotter ; le rameau enraciné est appelé marcotte.

Méteil : n. m. - Culture composée d'un mélange de blé et de seigle. Le méteil permet d'obtenir, dès la récolte, et sans opération ultérieure à la ferme, un aliment équilibré sur le plan nutritionnel. Autrefois très pratiqué, ce mode de culture ne l'est plus guère en France que dans certaines régions de demi-montagne.

Oléagineux : n. m. - Plante cultivée pour ses graines ou ses fruits riches en lipides, dont on tire des huiles alimentaires ou industrielles (Tournesol, Arachide, Lin, Olivier, Soja).

Oléo-protéagineux : n. m. - Plante cultivée pour sa richesse à la fois en huile et en protéines.

Phénologie : n. f. - Etude de la chronologie des phénomènes biologiques saisonniers végétaux (feuillaison, floraison, etc.) et animaux (migration, hibernation, etc.) en relation avec le climat.

Plateau de tallage : n. m. - Chez de nombreuses graminées, tige renflée très courte située juste sous la surface du sol, et où se développent les talles.

Prairie : n. f. ; - Surface dont les peuplements végétaux sont composés principalement de Poacées et légumineuses fourragères, utilisées pour l'alimentation des polygastriques.

Précédent cultural : n. m. - Culture précédant immédiatement dans le temps celle dont on parle. La nature du précédent cultural ainsi que la manière dont il a été cultivé influencent l'état du champ cultivé pour la culture qui suit. On appelle effet précédent les transformations du champ (tassements, modifications des quantités d'éléments minéraux dans le sol, etc.) liées à la présence d'un précédent cultural.

Précocité : n. f. - En phytotechnie : Aptitude d'une variété végétale à atteindre un stade donné de développement plus rapidement qu'une autre.

Protéagineux : n. m. - Plante cultivée essentiellement pour sa production de protéines (Soja, Féverole, Pois, etc.)

Ravageur : n. m. - Animal commettant des dégâts importants sur une culture ou sur une denrée agricole.

Rendement : n. m. - Ce que rapporte une chose ou une opération dans des conditions déterminées. En Agriculture, le rendement d'une terre ou d'une culture est égal au poids, au volume ou même au nombre d'organes végétaux par unité de surface (hectare ou are).

Rotation : n. f. - Cas particulier de succession culturale correspondant à l'alternance de cultures se suivant régulièrement, dans un ordre toujours identique, sur une parcelle. La rotation betterave sucrière-Blé-Maïs-Blé par exemple, est une rotation quadriennale

Tallage : n. m. - Mode de développement de nombreuses graminées, qui consiste en la formation d'un plateau de tallage suivie de l'émission de talles.

Talle : n. f. - Tige secondaire caractéristique des graminées, qui se forme à l'aisselle des feuilles de la base de la plante, au niveau du plateau de tallage.

Terricole : Adj. Qui vit dans la terre (Petit Larousse illustré, 1989).

Variété : n. f. - Groupe défini à l'intérieur d'une espèce.

Une variété regroupe des plantes ayant un ou plusieurs caractères en commun qui les distinguent des autres plantes de la même espèce, mais avec lesquelles elles peuvent se croiser sans obstacle. La variété cultivée, ou cultivar, correspond à une population artificielle ayant des caractéristiques agronomiques définies.

Zéro de germination : n. m. - Seuil de température à partir duquel une semence peut germer.

Il est très voisin de 0°C pour de nombreuses espèces cultivées en France (Blé, Orge, Avoine, Seigle, Colza, graminées fourragères). Mais pour certaines espèces d'origine tropicale, il est plus élevé (1°C pour la Luzerne, 5°C pour la Tournesol et la Betterave, 6°C pour le Maïs, 10°C pour le Haricot et le Sorgho, de 10 à 13°C pour le Riz).

Zéro de végétation : n. m. - Seuil de température à partir duquel une plante peut se développer.