CORAF - RESEAU COTON - Réunion des Sélectionneurs - 7 au 9 Décembre 1994 - Garoua (Cameroun)

METHODES SIMPLES DE SUIVI DU DEVELOPPEMENT DES COTONNIERS

(Joseph MARTIN)

1 - PRESENTATION

En 1991, le Professeur MONTEITH rappelait, lors d'un séminaire à Ouagadougou, qu'on ne peut espérer progresser significativement dans la compréhension du fonctionnement des cultures sans distinguer taux de croissance et rythme de développement des plantes, même si les 2 processus sont intimement liés. Rappelons que tout modèle de simulation de fonctionnement d'une culture se compose d'abord d'un module de développement qui décrit des différentes phases du cycle de la culture, c'est à dire la succession des différents stades phénologiques sur une échelle de "temps thermique", en degrés-jour.

En matière de coton, on peut s'appuyer sur les techniques d'observation simples et efficaces mises au point aux USA. Il s'agit de techniques de "monitoring", destinées à gérer des interventions telles que les apports d'azote, l'irrigation, l'utilisation de régulateurs de croissance. Elles renseignent sur l'évolution de la vigueur, l'équilibre entre croissance végétative et reproductive, le "cut-out" ou arrêt de floraison, et donc les durées de cycle, entre autres. Les USA disposent de 10 ans de recul en matière de recherche, et 5 ans en matière de vulgarisation (les premiers bulletins mensuels de COTTON PHYSIOLOGY TODAY datent de 1989). Ces méthodes ont été présentées en séance plénière à la première Conférence mondiale de la recherche cotonnière en Février dernier à BRISBANE par le californien T. KERBY, co-auteur avec HAKE d'un livre à paraître prochainement sur le même sujet. Le résumé de la présentation de KERBY à Brisbane, reproduit en annexe 1, est complété par quelques annotations sur des points plus pertinents pour nos conditions.

Ces méthodes sont à présent utilisées par chercheurs, vulgarisateurs, consultants et producteurs aux USA, en Australie, en Israël. En les adaptant à nos situations et nos besoins, elles peuvent rendre service aux agronomes et aux entomologistes, mais aussi aux sélectionneurs pour appréhender et quantifier des différences de comportement entre génotypes.

2 - LE MODELE DE DEVELOPPEMENT DU COTONNIER

Ces techniques reposent sur l'utilisation d'un modèle ou schéma de développement, comparable à ceux utilisés pour d'autres plantes à croissance indéterminée (en particulier, les légumineuses annuelles à graines). Si le cotonnier ne portait qu'une seule et grosse capsule, son modèle ou cycle de développement serait très simple, similaire à ceux des plantes à croissance déterminée, avec des phases délimitées par les événements marquants de la vie du seul organe reproducteur : germination, induction florale, floraison, maturité et ouverture des capsules.

Cependant, les cotonniers sont des plantes à "étages". Ceux-ci sont fabriqués séquentiellement (composante verticale), et portent chacun plusieurs organes reproducteurs, eux aussi formés séquentiellement (composante horizontale). La production séquentielle d'un grand nombre d'organes reproducteurs par cotonnier fait qu'à l'échelle d'un plant ou d'une culture, il y a un chevauchement important entre les différentes phases de développement de tous ces organes reproducteurs.

Il en résulte qu'à l'échelle d'un cotonnier, on est obligé de parler de début et de fin pour chaque événement, par exemple Début Floraison et Fin Floraison. Cela est représenté par le graphe intitulé modèle de développement (annexe 2), qui rend compte des débuts et fins de phase et donc de leur durée, mais aussi des vitesses et de leur évolution.

3 - PROPOSITION AUX GENETICIENS

Les différences variétales concernant les cycles de développement des cotonniers sont appréhendées par la précocité au sens large. Les notations de précocité faites par les généticiens sont, outre le rapport R1/RT (1ère récolte / récolte totale), la hauteur de la 1ère BF (branche fructifère), le DF (début floraison) et le DO (début ouverture des capsules). Ces informations sont insuffisantes pour rendre compte des différences de cycle entre génotypes. La hauteur de la 1ère BF, mesurée en cm, gagnerait à être renseignée en nombre de noeuds (rang de la 1ère BF ou R1BF, le zéro étant le noeud cotylédonnaire), facile à relever en début de campagne (le 1er bouton floral doit être bien visible). La floraison présente une variabilité non seulement par son début (en liaison avec le R1BF), mais aussi par sa fin (le "cut-out" des américains), et donc par sa durée, ainsi que par sa vitesse (la pente sur le graphique).

Ce type d'observation peut s'acquérir simplement et à peu de frais par un suivi hebdomadaire du nombre de noeuds (NN) et du niveau de floraison (NF: rang de la dernière BF ayant commencé à fleurir). Une représentation graphique (assortir les points de leur barre d'erreur) permet ensuite d'apprécier par exemple les différences de début, durée et vitesse de la floraison, mais aussi le ralentissement et l'arrêt de la fabrication de nouveaux noeuds, ainsi que le démarrage du 2ème cycle ("regrowth").

De même, on peut suivre le niveau d'ouverture des capsules (NO : rang de la dernière BF ayant commencé à s'ouvrir) et même le niveau de défoliation (ND : rang de la dernière feuille abscissée sur l'axe principal). Ce suivi peut se faire sur un échantillon de plants marqués (modèle de fiche en annexe 3), moyennant certaines précautions (homogénéité de la levée, pas de voisins manquants, échantillon suffisant au départ pour pallier aux défections par écimages ou autres accidents).

3.1 - L'exemple des repousses d'IRMA 772

Je prendrai l'exemple de la variété IRMA 772, sélectionnée au Cameroun pour sa précocité et son pourcentage de fibre élevé, mais qui n'a pas été retenue pour plusieurs raisons : une tendance à la verse, des capsules peu "stormproof", et une plus faible productivité au champ dans les essais. Elle possède un autre défaut : celui de présenter d'abondantes repousses de fin de cycle et un retard de défoliation la pénalisant du point de vue risque de collage. Les feuilles vert sombre sont plutôt petites.

L'abondance des repousses peut certainement s'expliquer par la précocité de floraison et de la production et peut-être par la taille des feuilles. La précocité n'est pas renseignée en terme de rang de la 1ère BF ni en terme de durée de la floraison, mais ces paramètres sont très certainement inférieurs à la variété témoin. Le 1er cycle est donc certainement plus court, ce qui permet au 2ème cycle de démarrer plus tôt, à un moment où il y a encore de l'eau dans le sol : il en résulte des repousses plus abondantes.

Des repousses abondantes ne sont certainement pas un caractère particulier du génotype IRMA 772. Cette année, suite à des pluies abondantes en septembre et octobre, on observe aussi d'abondantes repousses avec IRMA 1243 : début décembre, de nombreux champs sont encore très verts (mais fort heureusement, les populations de piqueurs-suceurs sont en général faibles : le cru 94/95 sera certainement pas ou peu collant au Cameroun). La croissance des repousses dépend des disponibilités du milieu en eau (et en éléments nutritifs) au moment de la fin de la maturation des dernières capsules du 1er cycle. Cette croissance permet la reprise potentielle du 2ème cycle. Le facteur environnemental intervient très fortement dans l'interaction génotype-milieu pour l'expression du caractère "repousses".

Ainsi, en septembre, quelques parcelles d'IRMA 1243 semées précocement ont été inondées le long de la route Garoua-Maroua, près de Figuil; mi-novembre, elles présentaient un feuillage anormalement abondant. Les plants pouvaient être décomposés en 3 parties : (1) le tiers inférieur, portant des capsules ouvertes, (2) le tiers médian touché par le stress (anoxie racinaire), complètement dégarni, et (3) le tiers supérieur et périphérique correspondant au développement important d'un 2ème cycle à partir du sommet et des bougeons axillaires de l'axe principal, avec présence de nombreuses feuilles, boutons floraux, fleurs et même jeunes capsules. Le stress tardif dû à l'inondation n'a pas affecté les premières capsules formées, le semis ayant été très précoce. Le stress a permis d'écourter le 1er cycle en supprimant toute la production en cours d'élaboration à ce moment-là (étage médian). Après le stress, un deuxième cycle a repris précocement et a prospéré en abondantes repousses, en raison des importantes réserves hydriques accumulées dans le sol.

Pour revenir à IRMA 772, cette variété ne serait-elle pas mieux classée pour la productivité au champ dans les mêmes essais variétaux mais semés 20 à 30 jours plus tard ? Et présenterait-elle autant de repousses ?

3.2 - Pourquoi un premier cycle si court?

En d'autres termes, qu'est ce qui rend une variété moins "indéterminée" ou plus "déterminée"? Dans l'exemple d'IRMA 772, deux facteurs explicatifs peuvent être avancés : le R1BF et la taille des feuilles. Avec un R1BF plus bas, le plant commence à fleurir plus tôt, mais certainement aussi avec un moindre nombre de feuilles. Début floraison, la surface foliaire est plus faible. La compétition entre les puits reproducteurs (les capsules) et les puits végétatifs (développement des axes végétatifs et des racines) s'établit plus tôt, et le développement des plants est freiné puis arrêté plus tôt. En outre, les feuilles seraient plus petites, ce qui réduit encore la surface foliaire (mais le rayonnement intercepté n'est pas réduit dans les mêmes proportions). En termes imagés, IRMA 772 serait une variété à freins puissants (précocité de la mise en place des capsules) mais à faible cylindrée (surface foliaire ou "carrying capacity" des anglo-saxons), ce qui la pénalise par rapport aux autres variétés lorsque facteurs et conditions de croissance sont proches de l'optimum. Par contre, cette variété, moins exigeante que les autres, serait indiquée pour des semis tardifs ou des zones à faible pluviosité.

La mesure de la surface foliaire début floraison serait donc un complément utile au suivi du développement proposé plus haut, mais elle est plus lourde à mettre en oeuvre. En agronomie, on peut recourir au double décimètre car il existe une bonne liaison entre le carré de la longueur de la nervure principale et la surface de la feuille pour une variété donnée (de type classique), ou bien à des appareils permettant des mesures intégratives à l'échelle du couvert. Cependant, ces techniques ne sont pas adaptées à la sélection variétale (faibles surfaces des parcelles élémentaires, et parfois fortes différences morphologiques entre feuilles de variétés différentes). Dans le même ordre d'idées, des mesures de biomasses début floraison (avec répartition entre organes) peuvent s'avérer utiles pour expliquer le classement en précocité des variétés, mais cette méthode est destructive et lourde.

4 - LE "PLANT-MAPPING"

Les observations précédentes peuvent être complétées en cours ou en fin de cycle par des "plant-mapping". C'est la description du cotonnier sur un tableau, étage par étage et position par position, à raison d'un tableau pour l'axe principal et d'un tableau pour les branches végétatives (voir les exemples en annexe 4). Le "plant-mapping" concerne le plus souvent les organes reproducteurs, les cases du tableau étant renseignées en codes (boutons floraux, fleurs, jeunes capsules, capsules vertes, capsules ouvertes), assortis ou non de l'état sanitaire. Il peut se faire aussi pour les feuilles (défoliation, ou répartition des feuilles atteintes par maladie).

Suivant les objectifs, on peut faire des "plant-mapping" simplifiés ou très détaillés. Par exemple, aux USA où dans de nombreuses situations l'essentiel de la production provient de capsules en position 1, on note seulement "1ère position" et "autres positions sur l'axe principal", et, à la récolte, on renseigne le tableau en termes de présence/absence d'une capsule ouverte. Inversement, pour des études plus fines sur la qualité de la fibre par exemple, on peut renseigner par exemple le poids des capsules et leurs caractéristiques technologiques (pour des études plus fines). Il s'agit donc de techniques offrant de nombreuses possibilités, qu'il convient d'adapter à nos besoins et situations.

Techniques simples, leur mise en oeuvre est cependant assez lourde. Elles nécessitent un logiciel de saisie et de traitements de données, tels ceux existant aux USA. Celui du CIRAD, en cours d'élaboration depuis 1993, devrait être disponible incessamment. L'idéal serait même de disposer de "notebooks" pour faire les saisies directement au champ sur support informatique.

5 - REFERENCES

- World cotton research conference 1. Volume of abstracts. Brisbane, Australia, 1994. 175 p.
- Projet d'article sur la variété IRMA 772, document interne IRA Maroua non publié.
- Cotton physiology today Bulletins mensuels de 1991 à 1993, édités par le National Cotton Council of America.

ANNEXE 1 : Résumé de la communication de T. KERBY à la 1ère Conférence Mondiale de la Recherche Cotonnière, Brisbane 1994 (avec entre parenthèses quelques rajouts)

Cotton has an indeterminate growth habit where the balance between vegetative and reproductive growth can be influenced by management practices (and environmental conditions, both greatly variable in the African cotton belt). In season monitoring can provide the data necessary to optimize management decisions (or only to provide a diagnostic). Monitoring provides the information that describes vegetative vigor, the intensity of boll load, the balance between vegetative and reproductive growth, when cut-out occurs, and suggests when the field can be safely defoliated.

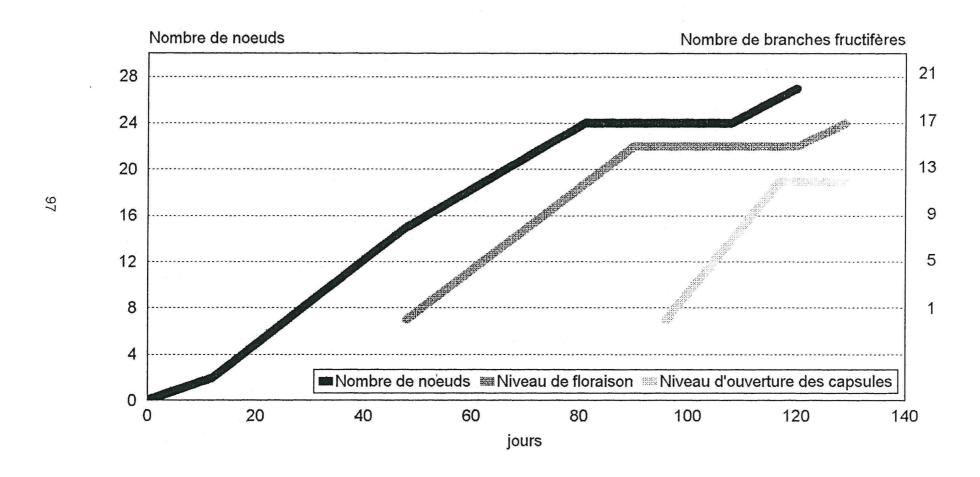
Vegetative vigor is determined by dividing plant height by the number of nodes (Height to Node Ratio or HNR). Prior to flowering, temperature, plant (and nutrient) water status, cultivar, use of growth regulators, and pests such as thrips or aphids can have a major influence on the value. The influence from other variables such as seedling deseases, nematodes and weed (and cotton to cotton: late thinning) competition can be detected. The optimal value for HNR will vary according to environmental conditions. Following flowering, HNR will also be influenced by boll load. For fields that are monitored during the growing season, the change in plant height divided by the change in nodes between 2 sample dates describes current vegetativ growth.

Nodes above the white flower (NAWF) provides a rapid estimate of the balance between vegetative to reproductive growth. When plant stresses are limited, fields will have NAWF values near 9.0 at first flower. If NAWF is less than 8.0 at first flower, there is a clear indication that stresses have slowed the rate of vegetative growth even before reproductive growth begins to compete for assimilates (développement, phénologie: la date d'apparition de la 1ère fleur est elle-même sensible aux stress). The rate at NAWF declines depends on the favorableness of growing conditions (as noted for HNR) and (= complexité) boll load. On the average, the last effective flower is set when NAWF reaches 5.0. Establishing the date of cut-out assists with decisions of when to terminate irrigations and pest control (+ caractérisation des effets systèmes de culture, ou de désordres tels la "maladie des cotonniers rouges"). Nodes above cracked boll (NACB) provides the plant data to determine when it is safe to defoliate (essais étêtage, lutte contre les cotons collants).

The timing and intensity of potential competition for assimilates by reproductive growth is determined by **the node number of the first fruiting branch** and by square survival. Retention of the first fruiting positions on the five fruiting branches is used to estimate early boll load. Retention of the upper five first positions provides a measure of the square feeding activity of plants bugs such as lygus (à adapter).

A DOS computer program has been developed by the University of California to summarize end of season plant map data. The program documents fruit retention by both fruiting branch number ant branch position. The number of fruiting branches required to set 95 percent of all harvastable bolls is determined. This allows for comparisons of treatment and environmental effects on final HNR values, the accumulation of yield through time (durées de cycle) and the flowering period required to achive yield. Final plant map data does not influence yield, but does provide the data to learn what went right or wrong (diagnostic) and, inportantly, how the plant responded to the management given during the year (critères d'évaluation).

ANNEXE 2: MODELE DE DEVELOPPEMENT DU COTONNIER



ANNEXE 3 : Exemple de fiche de suivi du développement du cotonnier

Date : Observateur : Lieu : Essai :

Numéro(s) parcelle(s):

N° cotonnier	NN	NBF	NF	NO	ND	autre
1						
2						
n						
moyenne	1					
écart-type						
intervalle de confiance						

NN : Nombre total de Noeuds (sur l'axe principal) NO : Niveau d'Ouverture des capsules

NBF : Nombre de Branches Fructifères ND : Niveau de Défoliation

NF : Niveau de Floraison

Rappels:

1/ le noeud cotylédonnaire = rang zéro

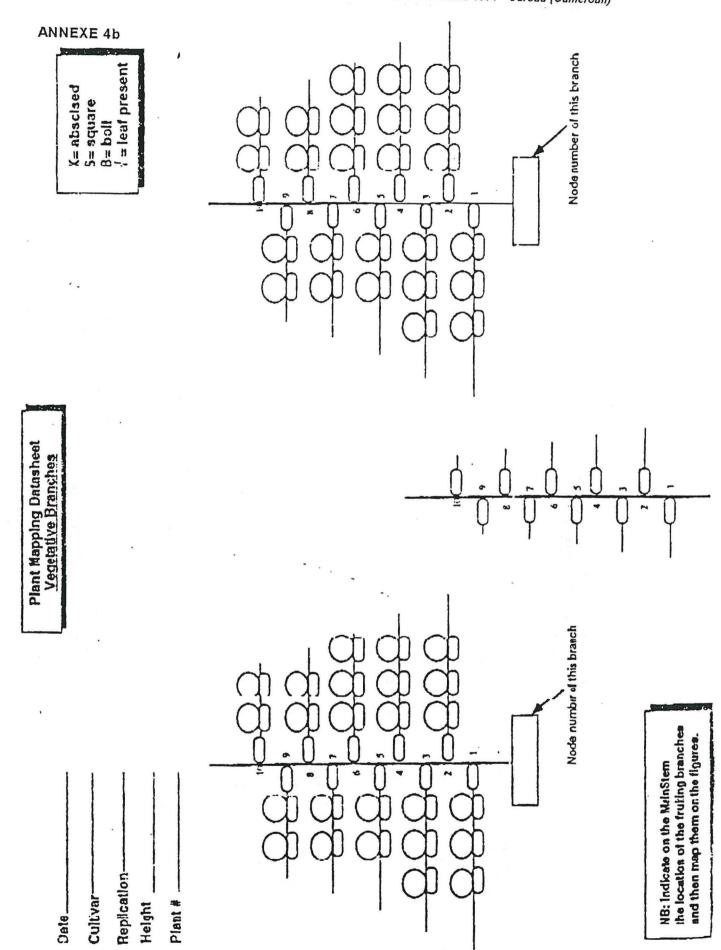
2/ l'intervalle de confiance au risque ∞ = 5% est donné par \pm $t_{(\infty,n)}$ s/ \sqrt{n} , où n est le nombre d'observations, s l'écart-type et $t_{(\infty,n)}$ le t de Student au risque ∞ pour un effectif n.

Au début, le suivi porte sur le NN; puis, lorsque le R1BF (rang de la 1ère branche fructifère) est repéré pour chacun des plants marqués, on continue par le NBF, qui sert de référence pour NF et NO (R1BF = NN - NBF + 1). Mais rien n'empêche, si l'on préfère, continuer à travailler avec NN pendant toute la campagne, le tout étant de l'expliciter. Un repérage à l'aide d'étiquettes en plastique bien visibles systématiquement tous les 4 ou 5 noeuds par exemple facilite les observations et réduit les risques d'erreur (à condition de bien s'assurer du placement correct de ces étiquettes).

- * L'idéal consiste à suivre le développement des plantes depuis la levée jusqu'à la dernière récolte, pour pouvoir visualiser la reprise de la croissance du deuxième cycle.
- * L'exploitation la plus simple consiste à faire une représentation graphique, avec le temps en abscisse (en jours, ou si possible en degrés-jours) et les moyennes assorties de leur barre d'erreur (intervalle de confiance) en ordonnées, en regroupant les répétitions d'un même traitement ou variété (pas d'analyse de variance). Des régressions peuvent être calculées par périodes. Pour visualiser le "NAWF" (sigle anglo-saxon désignant le nombre de noeuds au-dessus de la fleur blanche), faire figurer sur le même graphe le NBF et le NF: la différence représente le "NAWF".
- * Dans le cas de parcelles de comportement sans répétition, repérer et suivre 30 cotonniers. Dans le cas d'essais statistiques, 10 cotonniers par parcelle élémentaire peuvent suffire, voire moins s'il y a beaucoup de répétition. Prévoir une marge de quelques cotonniers pour pallier aux accidents en cours de campagne (écimages, casse...).

ANNEXE 4a	Piant Mapping Datasheet	
Date		Helght
Cultivar		Plant #
Replication————	600	
Fruiting Branches	990 990 990 990	X= abscised S= square B= boll √ = leaf present
	280-28C	}_
Leaves		20
_ <u>8</u>	28000	} \
	22-000	200
	99 -999	88
	889 889	28
000	00000	88
000	00-889	88
	00 000	99
	Number of Fig.	rst Fruiting Branch
	Main Stem	

N.B.:
1. Indicate Number of First Fruiting Branch
2. Describ. Vegetative Branches in Attached
Datasbeets



ANNEXE 5a

Date:	25/11/94	n°PE:	1
Objet:	SD	n° plant	14

n° no	eud	pos1	pos2	pos3	pos4	pos5	pos6	pos7	pos8				
										caps	pos	Abs%	
35	BF30									0	0	ERR	BF30
34	BF29									0	0		BF29
33	BF28									0	0		BF28
32	BF27									0	0		BF27
	BF26									0	0		BF26
	BF25									0	0		BF25
	BF24									0	0		BF24
	BF23									0	0		BF23
	BF22									0	0		BF22
	BF21									0	0		BF21
	BF20									0	0		BF20
	BF19									0	0		BF19
	BF18									0	0		BF18
	BF17	1								1	1		BF17
	BF16	1								1	1		BF16
	BF15	0								0	1		BF15
	BF14	0	1							1	2		BF14
	BF13	1	0							1	2		BF13
	BF12	0	0							0	2		BF12
	BF11	1	0							1	2		BF11
	BF10	1	0							1	2		BF10
	BF9	1	0	0						1	3	66.67	
	BF8	0	1	0						1	3	66.67	
	BF7	1	0	0						1	3	66.67	
	BF6	1	0	0						1	3	66.67	
	BF5	1	0							1	2		BF5
	BF4	1	0	0						1	3	66.67	_
	BF3	1	0							1	2		BF3
	BF2	0	-							0	1		BF2
6	BF1	1	0							1	2		BF1
				-	-		-	The second	-	caps	pos	Abs%	
nb ca		12	2	0	0	0	0	0	0	14			
nb po		17	13	5	0	0	0	0	0		35		
Abs 9	6	29.4	84.6	100	****	****	****	***	***				

Total capsules sur BF	14
Total position sur BF	35
Abscission %	60

Capsules sur BV	2
Total capsules récoltées	16
Poids récolte du plant	69.4
Poids moyen capsulaire	4.3

Rang BF 1	6
Rang demière BF	23
Hauteur demière BF	117
Height to node ratio	5.1
Nombre de BV	3
Cap BF / cap totales	87.5
BF: cap pos1 / cap tot	85.7
BF: pos1 / pos totales	48.6

ANNEXE 5b

Moyenne parcelle

n°PE:	1
Objet:	SD

n° noeud	pos1	pos2	pos3	pos4	pos5	pos6	pos7	pos8				
-									caps	pos	Abs%	
35.7 BF30									0.0	0.0	ERR	BF30
34.7 BF29	1								0.0	0.0	ERR	BF29
33.7 BF28	1								0.0	0.0	ERR	BF28
32.7 BF27	1								0.0	0.0	ERR	BF27
31.7 BF26	1								0.0	0.1	100	BF26
30.7 BF25	1								0.0	0.1	100	BF25
29.7 BF24	1								0.0	0.2	100	BF24
28.7 BF23	1								0.1	0.4	83	BF23
27.7 BF22	1								0.1	0.5	88	BF22
26.7 BF21	1								0.2	0.7	73	BF21
25.7 BF20	1								0.4	0.9		BF20
24.7 BF19	1								0.4	1.3	68	BF19
23.7 BF18	1								0.5	1.9	71	BF18
22.7 BF17	1								0.7	1.5	55	BF17
21.7 BF16	1								0.9	1.8	52	BF16
20.7 BF15	1								0.7	2.1	65	BF15
19.7 BF14	1								1.1	2.3	53	BF14
18.7 BF13	1								0.9	2.3	60	BF13
17.7 BF12	1								0.7	2.3	71	BF12
16.7 BF11									1.1	2.6	59	BF11
15.7 BF10									0.9	2.9	70	BF10
14.7 BF9]								1.1	2.9	64	BF9
13.7 BF8]								1.5	3.5	58	BF8
12.7 BF7	1								1.1	3.2	65	BF7
11.7 BF6									1.4	3.3	58	BF6
10.7 BF5									1.3	3.1	59	BF5
9.7 BF4]								1.5	3.4	55	BF4
8.7 BF3	1								1.4	2.7	49	BF3
7.7 BF2	1								1.0	1.9	46	BF2
6.7 BF1									0.7	2.0	67	BF1
	pos1	pos2	pos3	pos4	pos5	pos6	pos7	pos8	caps	pos	Abs%	
nb caps	12.6	4.5	1.5	0.7	0.2	0.0	0.0	0.0	19.5			
nb pos	20.6	14.3	8.4	4.1	1.4	0.6	0.3	0.1		49.9		
Abs %	39	68	83	84	86	100	100	100				

Total capsules sur BF	19.5
Total position sur BF	49.9
Abscission %	61

Capsules sur BV	2.7
Total capsules récoltées	22.2
Poids récolte du plant	101
Poids moyen capsulaire	4.6

Rang BF 1	6.7
Rang demière BF	26.5
Hauteur demière BF	136
Height to node ratio	5.1
Nombre de BV	2.5
Cap BF / cap totales	87.7
BF: cap pos1 / cap tot	64.7
BF: pos1 / pos totales	41.3

QUESTIONS / REPONSES

Question (B. HAU) : Fait un commentaire contestant la prétendue facilité de réalisation de ce type de suivi sur les dispositifs de sélection et s'étonne qu'on n'ait pas parlé du célèbre NAWF (Nodes Above the White Flower).

Réponse (J. MARTIN): Le NAWF se déduit par différence entre le NBF et le NF; le graphique montre bien son évolution. L'analyse des niveaux de NAWF au départ, et son évolution, sont très riches d'enseignement; encore faut-il disposer de références pour le matériel végétal et le milieu d'étude. C'est ce à quoi nous travaillons actuellement.

Question (D. CHAVATTE) : Ne peut-on étudier sur la base du "plant-mapping" une appréciation objective de la précocité d'une variété ? Sujet de réflexion livré à la recherche.

Réponse (J. MARTIN): Certainement, car les critères classiques sont insuffisants. La référence absolue est donnée par le suivi complet de l'ouverture des capsules. Le rang de la 1ère BF constitue un élément facile à acquérir et représentant un progrès. Une étude sur la comparaison des variétés, pour des critères tels que surface foliaire ou nombre de noeuds (NAWF) début floraison et précocité de la production, est encore nécessaire (sous réserves d'absence de niveaux anormalement élevés d'abscission parasitaire ou physiologique).