

**ANALYSE DES CARACTERISTIQUES DE LA
FERTILITE DANS LE GROUPE DES Coffea
I. STRUCTURE DES Coffea Canephora (Robusta)
DIPLOÏDES ET TETRAPLOÏDES**

Biologie

Amélioration

Piantes

Utiles

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

CENTRE D'ADIOPOBOUMÉ - CÔTE D'IVOIRE

B. P. 20 - ABIDJAN



Mars 1972

ANALYSE DES CARACTERISTIQUES DE LA FERTILITE
DANS LE GROUPE DES COFFEA

I STRUCTURE DES Coffea canephora (robusta) DIPLOIDES
ET TETRAPLOIDES

J. BERTHAUD

L'étude des rapports de croisement entre les espèces Arabica et Canephora conduit actuellement à analyser les facteurs de variation de la fertilité des clones de Canephora : diploïdes sélectionnés pour leur productivité, autotétraploïdes de même contenu génétique, utilisés en croisement interspécifique avec Arabica.

La fertilité est l'aptitude à produire une descendance qui soit viable. Autrement dit, la fertilité (F) est la productivité en semences (P) corrigée par le taux de viabilité dans la descendance.

$$F = P \times \text{Pourcentage de génotypes viables.}$$

Nous laisserons de côté pour l'instant les composantes de la fertilité qui sont engagées dans le déroulement des processus qui se succèdent depuis la fin des floraisons jusqu'à la maturité des semences, et depuis la germination des graines jusqu'au plein développement de la descendance. Le manque de fertilité peut être imputé en effet à des échecs aux niveaux suivants, que nous mentionnons pour mémoire :

- échec de pollinisation
- échec de la méiose femelle
- échec dans le développement des semences
- échec dans le plein développement des descendants

Dans cette première étude, nous nous intéresserons à la quantité d'ovules fabriqués, comme l'aboutissement de processus coordonnés de croissance végétative et de développement floral.

Au point de vue architecture, VAN DER MEULEN note que la structure de l'inflorescence des Coffea est, dans son principe, le modèle conséquent de la ~~structure~~ de la partie végétative :

- La tendance au développement d'une tige orthotrope unique est plus accentuée chez les Arabica.

- Il y a une certaine indépendance entre croissance et vigueur des plagiotropes primaires et croissance et vigueur des orthotropes, variable suivant le génotype, avec une tendance à une plus grande complexité dans les structures plagiotropes (primaires et secondaires).

- De même, la structure du glomérule est plus complexe chez les Arabica : variation au niveau du nombre de cymes; variation au niveau du degré d'achèvement de la structure de la cyme.

- L'architecture de cette cyme est elle-même plus complexe chez l'Arabica qui développe deux verticilles de bractées, de telle sorte que l'encombrement spacial constitué par le développement d'un grand nombre de fruits autour de l'aisselle florifère, caractéristique de la production des Canephora, se trouve décongestionné chez l'Arabica, qui porte des fruits assez longuement pédonculés.

Les conclusions de cette étude sont donc bien limitées au cas des clones diploïdes et autotétraploïdes de Canephora qui ne constituent, rappelons le, que l'une des sources de variation potentiellement exprimable chez les hybrides. Tout l'intérêt de la comparaison des phénomènes méristématiques et floraux réside en effet dans la démonstration qu'il est possible, pour chaque source de matériel, de caractériser vigueur végétative et potentialités florales : une analyse de ce type sera prochainement tentée à partir des populations naturelles d'Arabica d'Ethiopie en complément d'un travail de ce type, à poursuivre comme chez les Canephora, sur plusieurs cycles de production.

Caractéristiques et mesures retenues

Pour l'étude comparative des Canephora diploïdes et tétraploïdes il est intéressant d'exprimer quantitativement les caractères déjà cités.

Pour cela on peut décomposer la capacité d'un arbre à donner des fleurs en plusieurs facteurs :

1) la vigueur végétative qui correspond à la possibilité qu'à l'arbre de donner des points (aisselle) susceptibles de fleurir *

2) la floraison, c'est à dire la répartition des points florifères et la structure de ces points.

La vigueur végétative est fonction de deux caractères :

1) le nombre d'étages de primaires, déterminé par l'activité des méristèmes orthotropes

2) le nombre de noeuds sur les primaires directement lié à l'activité des méristèmes plagiotropes.

La floraison peut être appréciée globalement en comptant le nombre de fleurs sur l'arbre, on peut aussi essayer de préciser les facteurs susceptibles de faire varier ce nombre.

C'est dans ce but que l'on distinguera :

- le pourcentage d'aisselles ayant donné des fleurs
- le nombre de cymes par aisselle
- le nombre de fleurs par cyme.

Cette décomposition en différents facteurs de la floraison des *Canephora* montre les caractères qui peuvent être retenus et utilisés pour l'ensemble des notations effectués.

Il existe en fait deux ensembles de notations un ensemble destiné à caractériser l'importance des activités méristématiques, l'autre pour étudier la floraison. La différence principale entre ces deux ensembles est le fait que les notations sur la vigueur ont une étendue dans le temps : notations à 3 et 6 mois d'intervalle alors que la notation de floraison est un bilan après la dernière floraison.

* L'aspect luxuriant d'un arbre est donné en outre par la richesse en feuilles (absence de défoliation) et les rameaux secondaires. Ces deux aspects ne sont pas a priori liés au potentiel de production de fleurs, c'est pourquoi nous limiterons l'étude de la vigueur végétative à ses aspects qui influent directement sur le nombre de points de floraison.

Principe de réalisation d'autotétraploïdes

A partir d'individus diploïdes dont la productivité a été appréciée au préalable[✱], on a pu réaliser une collection d'autotétraploïdes, d'origine très variée et de provenance bien définie.

En effet à l'aisselle de chaque feuille du rang (n-1) ou (n-2), sur des rejets orthotropes suffisamment vigoureux, de 5 à 6 feuilles, généralement en parc à bois, il se trouve des séries de bourgeons. Les bourgeons "fin de série" sont naturellement aussi paucicellulaires que ceux qui sont habituellement utilisés pour l'obtention de tétraploïdes à partir de graines ou germination. Il faut supprimer le dernier entre noeud qui se brise facilement à la base, au niveau des stipules, et déposer une goutte de solution de colchicine [1 à 5 %] dans le creux interstipulaire. On a donc provoqué le démarrage extrêmement rapide d'un tout petit nombre de cellules, dont chacune va donner naissance par mitoses successives à une colonie importante. En particulier, lors d'une mitose anormale, c'est à lire arrêt dans le développement de son fuseau par une dose subléthale de colchicine, des cellules tétraploïdes vont donner naissance à une colonie de l'importance d'une feuille complète, anormale, réparable, dont le développement va être favorisé par ablation successive de toutes les parties diploïdes. Cette feuille axile généralement un bourgeon qui favorisé donne une tige d'apparence entièrement tétraploïde, que l'on bouture lorsqu'elle atteint 5 ou 6 noeuds.

Toutes les boutures obtenues par des traitements indépendants donnent en général un résultat morphologiquement identique. Mais il peut y avoir mixoploïdie par couche : dans certains cas, des fleurs diploïdes ($2n = 22$), et du pollen haploïde ($n = 11$) peuvent être observés sur les plants obtenus à partir de ces boutures, qui sont alors éliminées de l'étude.

* Permet de partir d'une sélection déjà acquise (cf. rapport annuel 1970).

Boutures diploïdes témoins et boutures tétraploïdes sont prélevées simultanément et mis en propagateur dans un support de sciure pour favoriser l'enracinement qui se produit plus précocement chez le diploïde que chez le tétraploïde (2 mois au lieu de 3 mois). Les boutures, une fois enracinées, sont repiquées en pots de polyéthylène, conservées en ombrière, puis installées en champ. A ce stade encore, le développement des tétraploïdes prend du retard, la vitesse de démarrage du jeune plant à l'installation est beaucoup plus rapide lorsque ce plant a atteint en ombrière un développement important.

Dans l'essai étudié, les tétraploïdes, sont désavantagés au départ vis-à-vis du témoin diploïde en raison de la lenteur d'enracinement et à la lenteur d'installation de ce matériel.*

Dispositif - échantillonnage

La réalisation des essais.

Toutes les notations comparatives di-tétra ont été faites sur les clones C. canephora diploïdes ou tétraploïdes plantés dans deux essais voisins à Divo (parcelle D12-9)

Disposition des essais:

Essai 1 - il comprend 10 clones, diploïdes et tétraploïdes. Chaque parcelle élémentaire comprend 3 arbres. Il y a 4 blocs. La randomisation est totale à l'intérieur des blocs

Essai 2 - il comporte aussi 10 clones dont 4 sont communs à l'essai 1 et 2.

Le matériel disponible n'a permis d'installer que 3 blocs.

* L'analyse tient compte de ce fait en étudiant les rythmes méristématiques à partir du moment où la croissance est devenue linéaire.

Une plantation décalée dans le temps, des tétraploïdes et des diploïdes, destinée à les installer à un même stade introduirait d'autres biais expérimentaux.

La plantation : Les arbres installés sont de 2 types.

- ils proviennent de boutures diploïdes qui ont subi le traitement à la colchicine. Seule la partie aérienne est tétraploïde. Dans ce cas il existe toujours un risque de tétraploïdie sectorielle ou en couche.
- ils ont été obtenus en bouturant des portions de tiges tétraploïdes obtenues en parc à bois.

Les chances pour que l'arbre provenant d'une telle bouture soit entièrement tétraploïde sont beaucoup plus grandes.

A la plantation l'essai n'était pas parfaitement homogène. Certains clones à l'état tétraploïde étaient beaucoup plus jeunes que les diploïdes correspondants.

Les notations de vigueur végétative

L'intérêt du facteur temps introduit se justifie par la possibilité de quantifier l'activité des méristèmes et aussi par le fait que chez C. canephora on n'observe pratiquement jamais 2 fructifications sur une même aisselle. La floraison a donc lieu sur les aisselles formées pendant l'année. Le nombre d'aisselles formées pourra être estimée par la différence entre la notation à la date 0 (début décembre 1970) et la notation à la date 2 (début septembre 1971).

Pour chaque date on a mesuré sur la primaire la plus développée la longueur et le nombre d'entrenœuds ainsi que la longueur et le nombre d'entrenœuds au-dessus de cette primaire.

On pourra donc caractériser l'activité des méristèmes diploïdes ou tétraploïdes, orthotropes ou plagiotropes.

Les notations de l'architecture florale.

Cette notation a été faite après la dernière pluie ayant déclenché la floraison. Elle porte sur des arbres en plantation depuis 9 mois. On mesure donc simultanément la précocité des différents génotypes et l'aptitude particulière de chaque génotype à donner une plus ou moins grande quantité de fruits.

Sur les 5 derniers niveaux on a mesuré le nombre d'aisselles, le nombre d'aisselles ayant fleuri, le nombre de cymes par aisselles, le nombre de fleurs par cyme.

Les différents caractères mesurés permettront donc de voir quelle est l'influence du niveau de ploïdie sur l'architecture florale.

Choix des arbres pour la notation de vigueur

Essai 1 - Etant donnée l'hétérogénéité de départ il n'a pas été possible de faire les notations sur les 3 arbres de toutes les parcelles. Afin de ne pas perturber l'homogénéité des variances intra parcelles on analyse la moyenne des mesures de 2 arbres seulement par parcelle. On perd ainsi une certaine information pour gagner en vigueur de l'analyse statistique*. Ces 2 arbres étaient choisis au hasard sur les 3 quand il existait 3 mesures.

Après suppression du clone 155 on trouve 6 manquants dans l'ensemble des clones diploïdes, 8 dans l'ensemble des clones tétraploïdes. On peut donc estimer qu'il s'agit d'une répartition au hasard.

Dans certaines parcelles, pour une mesure tout au moins, un seul arbre a pu être utilisé. Dans ce cas on a estimé la donnée **manquante pour la parcelle**.

Par le choix de deux arbres seulement par parcelle on a pu utiliser les 4 répétitions.

Essai 2 - Dans cet essai pour pouvoir utiliser les 3 répétitions et conserver le même échantillonnage par parcelle un seul arbre sur les 3 a été choisi au hasard. Cet essai est donc moins précis que le précédent puisqu'il n'existe que 3 répétitions au lieu de 4 et que les parcelles ne sont constituées que d'un seul arbre.

* Ce faisant on gagne en confiance dans les résultats de l'analyse, l'existence d'effets significatifs mettra en évidence des facteurs de variation solides.

Choix des arbres pour la notation floraison

Tous les arbres de l'essai n'ont pas été utilisés pour la notation. On a essayé de diminuer l'hétérogénéité de l'essai en choisissant les arbres. Le choix n'est donc plus le fait du hasard. Les arbres repérés sont ceux qui portent le plus de fleurs et qui présentent le meilleur développement. Pour cette notation un seul arbre sur les 3 de la parcelle élémentaire était conservé. Les cinq premiers niveaux de rameaux plagiotropes sont repérés et notés.

Dans l'essai 1 on s'est limité à 3 répétitions par traitement mais il est arrivé parfois que l'arbre choisi pour l'une de ces répétitions appartienne en fait au bloc N° 4.

Dans l'essai 2 il n'y a que 3 blocs. Pour certains clones les arbres choisis pour les 3 répétitions se situaient dans deux blocs seulement.

Pour cette raison et du fait qu'une analyse de la variance incluant le facteur bloc montre que celui-ci n'est pas significatif, on est conduit à analyser chaque essai comme s'il avait été établi selon un plan entièrement randomisé.

Analyse de la variance

Le modèle et la décomposition de la somme des carrés se fait de façon classique avec deux effets additifs : ploïdie et génotype et un effet d'interaction entre la ploïdie et le génotype. Une interaction significative exprime le fait que la transformation du diploïde au tétraploïdie est liée au génotype et qu'il n'existe pas une loi générale de transformation.

Vigueur et croissance

Résultats :

La première notation a été faite six mois après la plantation qui a eu lieu fin mai 1970. Si on tient compte du temps d'installation on peut estimer que l'activité des arbres a été suffisamment réduite pendant ces six mois pour que l'analyse rende compte de l'hétérogénéité à la plantation. On ne peut

donc dire que le premier classement pour les différents caractères exprime la vigueur différente des arbres. Par contre la dernière notation ayant eu lieu 15 mois après la plantation montre l'influence du génotype et de la ploïdie sur la vigueur des arbres, surtout par des accroissements différents du nombre d'entre-nœuds, donc des différences dans l'activité des apex orthotropes et plagiotropes, diploïdes et tétraploïdes.

Effets testés et signification pour l'ensemble des caractères à 3 dates différentes (6,9,15 mois après la plantation)

Variation	Longueur tige ortho			longueur rameau plagio			Nbre d'entre-nœuds tige ortho			Nbre d'entre-nœuds rameau plagio.		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Ploïdie (1)	***	*	***	***	***	***	***	***	***	***	***+	***
(2)	ns	ns	ns	***	***	ns	***	***	***	***	***	***
Génotype (1)	*	***	***	ns	*	***	***	*	***	***	*	***
(2)	ns	ns	ns	*	*	***	***	ns	*	***	*	***
Interaction (1)	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
(2)	ns	ns	***	ns	ns	*	ns	ns	*	ns	ns	***
C.V. % (1)	29	20	12	23	15	9	22	16	11	22	15	11
(2)	30	28	23	32	19	16	25	24	19	26	20	19

(1) Essai 1

NS non significatif

(2) Essai 2

* significatif seuil p = 0.05

*** significatif seuil p = 0.01

1,2,3 : notations 6, 9 et 15 mois après la plantation.

Les répétitions ayant été choisies différemment la précision de l'essai 1 est supérieure à celle de l'essai 2. On s'intéressera donc surtout aux conclusions tirées de cet essai. Les coefficients de variation observés dans l'essai 2 dus au petit nombre de répétitions, sont trop importants pour permettre la comparaison entre les résultats de l'essai 1 et de l'essai 2.

On voit que les effets génotypes et ploïdie sont significatifs pratiquement dans toutes les notations alors que l'interaction ne devient significative qu'à la 3e notation dans l'essai 2 et que dans l'essai 1 malgré une augmentation de la valeur de F , d'une notation à l'autre, le seuil de signification n'est jamais franchi.

Les caractères analysés :

- Longueur de la tige orthotrope : Alors que pour la première notation le classement des diploïdes et celui des tétraploïdes étaient assez voisins, à la troisième notation le classement est nettement perturbé. Il y a donc une évolution différente selon les clones.
- Longueur du rameau plagiotrope : Malgré l'imprécision de la notation (C.V. = 23 %) on peut dire que les classements di et tétra ne se correspondent pas alors qu'à la 3e notation (C.V. = 9 %) l'ordre des clones tétraploïdes se rapproche de l'ordre des clones diploïdes.

L'évolution pour ces deux caractères de longueur n'est donc pas strictement identique. D'ailleurs si on considère les résultats de l'analyse de la variance, pour le second caractère l'effet génotype n'est significatif qu'à la deuxième notation et il devient hautement significatif à la troisième.

Ces caractères de croissance sont donc marqués par le génotype. L'effet ploïdie peut être dû à la différence de vigueur à la plantation; les courbes de croissance des tiges diploïdes et tétraploïdes sont pratiquement parallèles.

- L'absence d'interaction peut être due à plusieurs causes
- + il n'y a pas d'interaction entre l'effet ploïdie et l'effet génotype
 - + elle peut exister mais la manque de puissance de l'analyse statistique due au choix du schéma d'analyse (plan entièrement randomisé, manque de répétitions) ou à la trop grande variation dans les essais ne la met pas en évidence. Dans l'essai 2 quand le coefficient de variation diminue l'interaction devient significative
 - + elle peut être cachée par un biais systématique : à la mise en place certains couples diploïdes tétraploïdes étaient très hétérogènes. Par exemple pour le clone 466 on a :

Longueur du rameau plagiotrope

!	!	Di	"	tetra	!
!	Notation	466	\bar{x}	466	\bar{x}
!	1°	41,50	41,51"	26,50	31,45
!	2°	55,68	55,01"	41,13	42,49
!	3°	88,50	85,63"	77,0	76,83

Alors que l'écart en valeur absolue est sensiblement constant, pour ce clone il existe un écart important en valeur relative entre le diploïde et le tétraploïde à la première notation. Cet écart tend à diminuer par la suite mais n'est pas rattrapé 15 mois après la plantation. Il est donc possible qu'une part de l'effet ploïdie mis en évidence soit de cette nature et en fait englobe une partie de l'interaction.

Nombre d'entre-nœuds sur la tige orthotrope et sur le rameau plagiotrope.

Au cours des notations les classements diploïdes ou tétraploïdes sont perturbés ce qui montre que pour ces caractères le génotype a une grande importance.

Alors qu'il y avait une évolution parallèle de la longueur des tiges diploïdes et tétraploïdes, pour le nombre d'entrenoeuds l'écart s'accroît quand on passe de la 1^o à la 3^o notation ce qui montre que les entrenoeuds des tiges tétraploïdes ont une taille supérieure à celle des entrenoeuds des tiges diploïdes.

Allongement et accroissement du nombre de noeuds par Mois
Pour l'ensemble des diploïdes et des tétraploïdes étudiés

Caractère	Essai 1		Essai 2		
	a	b	a	b	
longueur tige ortho	di "3.0(1)	! 4.3 "	" 3.7	! 4.2	
	tetra "4.3	! 3.5 "	" 2.5	! 4.2	(1) en cm
longueur rameau plagio	di "4.5(1)	! 5.1 "	" 5.0	! 4.6	(2) en nombre de noeuds
	tetra "3.7	! 5.7 "	" 2.6	! 5.4	
nombre de noeuds ortho	di "0.89(2)	! 0.91 "	" 0.77	! 0.88	
	tetra "0.77	! 0.73 "	" 0.59	! 0.69	
nombre de noeuds plagio	di "1.06(2)	! 1.07 "	" 1.10	! 0.86	
	tetra "0.90	! 0.96 "	" 0.68	! 0.82	

a : correspond à la comparaison des notations 1 et 2
b : correspond à la comparaison des notations 2 et 3.

On observe dans l'essai 1 la constance du rythme d'émission des noeuds orthotropes et plagiotropes, diploïdes ou tétraploïdes. L'activité des apex plagiotropes est donc supérieure à celle des apex orthotropes. La transformation diploïde -tétraploïde s'accompagne d'un ralentissement de l'activité des apex tétraploïdes.

Les allongements montrent des variations dans des sens opposés, ce qui peut s'expliquer par le fait que ce caractère intègre à la fois la variation du nombre d'entrenoeuds et la variation de longueur des entrenoeuds.

Accroissement du nombre d'entrenocuds sur le rameau
plagiotrope par mois (moyenne établie sur 9 mois).

Clone	"	149	200	KM 5	KM 29	375	202	466	177	107
di	"									
\bar{x}	"	0,86	0,90	0,98	1,02	1,05	1,10	1,12	1,18	1,36
Clone	"	200	149	KM 5	375	177	202	KM29	466	107
tetra	"									
\bar{x}	"	0,72	0,84	0,89	0,90	0,91	1,02	1,08	1,12	1,15

Accroissement du nombre d'entrenocuds sur la tige
orthotrope (moyenne établie sur 9 mois)

Clone	"		KM5	149	466	200	202	177	107
di	"			KM 29		375			
x	"		0,76	0,80	0,85	0,89	0,90	1,01	1,12
Clone	"	200	177	149	375	KM5	KM29	107	466
tetra	"			202					
x	"	0,60	0,67	0,68	0,71	0,74	0,83	0,84	0,90

Si on compare ces deux classements à ceux obtenus pour les caractères nombre d'entrenocuds sur la tige principale et sur le rameau plagiotrope on constate qu'ils correspondent pratiquement à ceux de la 3e notation et diffèrent de ceux de la première. Les accroissements ne sont donc pas liés à la taille de l'arbre à la première notation ou à la taille à la plantation.

On voit sur les 2 tableaux que l'effet ploïdie est beaucoup moins important que l'effet génotype. La correspondance entre le classement diploïde et le classement tétraploïde montre que l'interaction génotype ploïdie pour ces caractères est faible. Il existe donc un rythme d'activité des apex propre à chaque génotype. Pour l'ensemble des clones on constate qu'à l'état tétraploïde correspond une activité apicale moindre.

On peut préciser ces résultats en intégrant l'effet date dans l'analyse de la variance. Pour le caractère nombre d'entrenocuds sur le rameau plagiotrope tous les effets simples sont significatifs alors que l'interaction ploïdie-génotype n'existe pas et que l'interaction génotype date est hautement significative.

La floraison

Résultats

Les différents facteurs étudiés et leur niveau de signi- fication

Caractère	Nombre d'aisselles		% Aisselles florifères		Nombre de cymes par aisselle		Nombre de fleurs par cyme		Nombre total de fleurs	
	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)
Variation										
Ploïdie	**	**	ns	ns	ns	**	ns	**	**	**
Génotype	**	**	*	ns	**	**	ns	**	*	**
Interaction	ns	ns	**	ns	**	**	ns	ns	**	*
C. V.	22	17	17	17	16	16	13	12	35.0	42.0

(1) Essai 1

NS non significatif

(2) Essai 2

* significatif au seuil $p = 0.05$

** significatif au seuil $p = 0.01$

Le nombre d'aisselles :

La notation porte sur des arbres jeunes.

Les arbres tétraploïdes sont moins développés que les diploïdes et ont eu un fonctionnement moins régulier. Ceci explique l'absence de certains niveaux de primaires chez ces arbres et par conséquent la différence observée entre diploïdes et tétraploïdes pour le nombre moyen d'entre-nœuds notés sur les 5 premiers niveaux. Le nombre moyen d'aisselles est de 28 pour les tétraploïdes, de 35 pour les diploïdes.

Le nombre total de fleurs :

Les effets tétraploïdie et génotype sont toujours significatifs. Il apparaît en plus une interaction entre ces 2 effets. On ne peut donc relier directement le nombre total de fleurs au nombre d'aisselles qui les portent. La variation due au génotype se manifeste donc à chaque aisselle de la plante soit dans l'initiation florale des bourgeons soit dans la structure des inflorescences.

Pourcentage d'aisselles florifères

L'effet ploïdie n'est pas significatif (essai 1 et 2).
Les génotypes ne montrent pas de différences très sensibles.
Dans l'essai 1 l'interaction apparaît significative.

L'interaction semble due surtout aux clones 149 et 202 qui présentaient une floraison anormalement faible à l'état diploïde. Pour l'échantillon des clones utilisés la variation due à la tétraploïdie est faible. Il n'y a donc pas eu, par tétraploïdisation, transformation du système d'induction florale.

- Nombre de cymes par aisselle florifère :

Essai 1 - Nombre de cymes par aisselle florifère

Clone	202	149	155	177	KM29	KM 5	375	107	200
\bar{x} diploïde	3,8	4,3	5,3	5,4	6,1	6,4	6,7	6,9	8,4
Clone	155	177	KM 5	KM29	107	202	375	149	200
\bar{x} tétraploïde	3,9	4,3	4,7	4,8	5,3	5,5	6,1	6,8	9,4

p.p.d.s. = 1,5

Essai 2 - Nombre de cymes par aisselle florifère

Clone	A06	177	149	178	317	202	107			
\bar{x} diploïde	3,4	5,5	5,8	5,9	6,0	6,6	7,1			
Clone	69	197	178	A06	317	107	177	202	182	149
\bar{x} tétraploïde	3,1	3,6	3,8	3,9	4,2	4,6	4,7	5,1	5,5	6,4

p.p.d.s. = 1,3

Ce caractère exprime la capacité des méristèmes axillaires à produire plus ou moins de bourgeons floraux, chaque bourgeon donnant une cyme. L'effet ploïdie n'est significatif que dans l'essai 2. Ceci montre, puisqu'il existe une interaction, que les clones réagissent dans des directions opposées à la transformation tétraploïde pour ce caractère.

Pour la plupart des clones la tétraploïdie amène une diminution du nombre de cymes donc de l'activité des méristèmes axillaires. Pour certains (149,202) l'activité augmente, cela explique l'interaction mais est peut être dû au fait qu'à l'état diploïde ces deux clones avaient un comportement anormal: leur floraison était très faible. Quant au clone 200, diploïde ou tétraploïde il est significativement différent de l'ensemble des autres clones, le nombre de cymes par aisselle étant beaucoup plus élevé.

On constate donc pour ce caractère que la variabilité des tétraploïdes est principalement due à la variabilité apportée par le choix des clones diploïdes.

Nombre de fleurs par cyme

Ce caractère possède une faible étendue de variation ce qui ne permet pas de mettre en évidence des différences significatives entre clones. La faible variabilité peut s'expliquer par la structure des cymes qui est simple : deux verticilles de 2 ou 3 fleurs : le nombre moyen de fleurs par cyme est voisin de 4. Dans l'échantillon de clones étudiés on ne peut donc pas espérer faire une sélection sur ce caractère.

Nombre de fleurs par aisselle

En regroupant les caractères nombre de fleurs par cyme et nombre de cymes par aisselles on obtient le nombre moyen de fleurs par aisselle florifère. L'effet de la tétraploïdie du génotype et l'interaction sont significatifs dans les 2 essais. Ce caractère est intéressant puisqu'il détermine le nombre de fruits par aisselles et donc en partie la récolte potentielle. L'effet général de la tétraploïdie est une diminution du nombre de fleurs par aisselle.

On peut donc conclure que la tétraploïdie ne semble pas apporter de changements profonds dans le fonctionnement des génotypes pour ces caractères, ce qui se traduit par l'absence de transformations qualitatives. Par contre cette transformation apporte des modulations dans l'expression des caractères par exemple : le fonctionnement des méristèmes axillaires (nombre de cymes par aisselle, nombre de fleurs par aisselles). Pour ces caractères le choix du niveau de ploïdie n'oriente pas forcément le sens de variation.

Discussion

Le phénomène de floraison peut se décomposer en plusieurs éléments :

1. la formation des bourgeons aux aisselles foliaires (sans différenciation des apex dans le sens végétatif ou génératif)
2. une induction florale
3. une initiation florale (fonctionnement des apex dans le sens génératif)

Et, après une période de latence (absence de pluie) :

4. déclenchement de la floraison par une pluie dépassant un seuil qui d'après des observations non quantifiées, doit être variable avec chaque génotype. Un seuil trop bas pourrait conduire à un véritable isolement pour certains clones puisque à chacune de leur floraison il n'est pas sûr qu'il existe d'autres clones jouant le rôle de pollinisateurs.

Les limites de la notation entreprise :

Celle qui a été faite se situe en début de saison des pluies donc à un moment où le caféier a épuisé son potentiel de bourgeons floraux. Elle récapitule l'ensemble des floraisons de la saison sèche. On ne peut qu'en déduire les potentialités de floraison du caféier sans préjuger de la dispersion dans le temps ni de la distribution spatiale de la floraison sur l'arbre.

On peut donc espérer améliorer la méthode en intégrant comme dans la notation de vigueur le facteur temps. De cette façon on peut espérer conclure sur la précocité et la dispersion des floraisons d'une part et d'autre part sur la distribution spatiale des floraisons avec la limitation suivante : on n'est pas maître de la distribution de l'eau, il y aura donc une interaction entre l'effet des génotypes sur le seuil de déclenchement et sur la répartition des floraisons dans le temps.

De toute façon cette méthode ne pourra nous renseigner ni sur l'induction florale ni sur l'initiation florale. Ainsi donc si on veut aborder le problème de la floraison sous son aspect physiologique la méthode choisie n'apportera pratiquement

aucune conclusion. Si par contre on s'intéresse à la floraison d'un point de vue plus quantitatif, c'est à dire, si on envisage la quantité de fleurs comme une récolte potentielle la méthode devrait permettre de dégager les caractères influençant le plus la quantité de fleurs produite. Elle précise donc certains critères de sélection. D'autre part on pourra connaître les caractéristiques propres des clones quant au déroulement de la floraison (précocité et groupement des floraisons) et donc un autre ensemble de critères de sélections.

Une autre limite imposée par l'essai est le mode de conduite des arbres. Ceux-ci sont conduits en monocaulie ce qui permet d'avoir un essai homogène mais simultanément élimine de l'observation l'aptitude des arbres à répartir leur vigueur sur plusieurs tiges. L'importance de ce facteur est liée au fait que chez de nombreuses plantes on a observé que la fertilité totale n'est pas uniquement liée au nombre de sites florifères mais qu'au contraire le nombre de tiges par arbre influence la fertilité par noeud, autrement dit l'éclatement de l'activité méristématique orthotrope en plusieurs apex augmente la fertilité par tige. Il se pourrait que chez le caféier on observe aussi ce type de réaction. Dans ce cas le mode de conduite choisi pour l'essai limite l'expression de la variabilité des génotypes.

On peut regrouper les conclusions concernant l'ensemble des 2 notations. En introduction on a montré l'importance de la connaissance de l'activité des méristèmes apicaux. En effet ce sont ces apex qui déterminent la forme de l'arbre et sa potentialité productive par la formation d'aisselles pouvant porter des fruits.

On a vu qu'il existe une différence d'activité entre les méristèmes induits dans le sens plagiotrope et ceux induits dans le sens orthotrope. Les apex orthotropes produisent moins de noeuds que les apex plagiotropes. Ce sont des différences à ce niveau qui déterminent pour chaque clone la forme des arbres.

Par ailleurs le rythme est plus faible pour les 2 types de méristèmes à l'état tétraploïde qu'à l'état diploïde. Du point de vue végétatif l'état tétraploïde ne semble pas favorable aux caféiers C. canephora.

Si on observe les caractères de floraison on voit que le nombre de fleurs par aisselle est plus faible chez les clones tétraploïdes. La quantité de fleurs produite par un tétraploïde est donc inférieure à celle produite par un diploïde.

Cette diminution est due à la fois à la quantité de noeuds produite et à la quantité de fleurs par noeud. D'après ces caractères de floraison on peut distinguer des types de clones; par exemple le clone 200 est significativement différent de l'ensemble des autres clones à l'état diploïde ou à l'état tétraploïde. Pour l'ensemble des caractères la variabilité est surtout liée aux génotypes. Les interactions génotypes et ploïdie sont assez faibles. En comparant les clones on constate que certains génotypes sont particulièrement florifères, d'autres particulièrement vigoureux. Si on étudie le classement des clones pour un caractère de floraison comme le nombre de fleurs par aisselle et pour un caractère de vigueur comme l'accroissement moyen du nombre d'entrenoeuds sur les plagiotropes, le coefficient de corrélation de rang entre ces deux classements n'est pas significatif. Les caractères de vigueur et de fertilité ne sont donc pas liés. Pour la sélection cela veut dire qu'on peut espérer trouver par recombinaison des arbres vigoureux et fleurissant bien. *

Les recombinaisons permettent d'accroître la variabilité du matériel de départ mais deux voies se présentent pour obtenir du matériel amélioré :

1/ par recombinaison au niveau diploïde et son transfert au niveau tétraploïde par polyploïdisation

2/ par recroisement des tétraploïdes (en espérant sur le nombre trouver de bonnes balances de relation).

La première voie est expérimentalement plus coûteuse (nombreuses polyploïdisations) mais peut être plus efficace pour l'accroissement de la variabilité. Elle permet en outre de préparer un matériel beaucoup plus convenable pour les tests d'aptitude à la combinaison. Les recroisements au niveau tétraploïde

* Cela ne remet pas en cause l'interprétation de Van der Meulen qui lie l'architecture de l'arbre et la structure des cymes, puisque on a étudié ici l'intensité de l'activité des méristèmes et non leur type de fonctionnement.

auront lieu après les tests, et les bons équilibres de relation ainsi cherchés. Reste à savoir si le matériel testé ne sera pas trop pauvre pour permettre une bonne prévision des meilleures balances relationnelles possibles. La deuxième voie permet d'obtenir immédiatement d'éventuels tétragéniques mais les teste mal.

ANNEXE

Nombre d'entre-nœuds de la primaire la plus développée

TABLEAU N° 1

	diploïdes								tetraploïdes								
Notation	375	177	466	149	KM5	200	107	KM29	375	KM5	107	200	149	KM29			
						202			466		177	202					
1	4,88	5,00	5,13	5,38	5,50	5,63	6,63	6,88	2,88	3,25	4,0	4,38	4,63	5,0			
	$\bar{x} = 5,63$								p.p.d.s. = 1,49	$\bar{x} = 3,93$							
Notation	177	149	202	KM5	200	KM29	107		375	KM5	177	200	202	149	KM29	107	
	375				466				466								
2	7,88	8,38	8,63	8,88	9,00	9,25	10,50		5,63	6,00	6,50	6,63	6,83	7,0	7,33	7,88	
	$\bar{x} = 8,82$								p.p.d.s. = 1,64	$\bar{x} = 6,64$							
Notation	149	200	KM5	466	177	KM29	107		200	375	KM5	149	177	466	202	107	KM29
			375		202												
3	13,13	13,75	14,38	15,25	15,63	16,13	18,88		10,83	11,00	11,25	12,13	12,18	13,0	13,63		
	$\bar{x} = 15,24$								p.p.d.s. = 2,11	$\bar{x} = 12,57$							
														14,38	14,75		

ANNEXE

Essai N° 1 - Analyse des floraisons

TABLEAU N° 2

Clones	Nombre d'aisselles	% aisselles florifères	Nombre de cymes/ais-selle	Nombre fleurs/cyme	Nombre total de fleurs
107	38	91	6,9	3,8	919
107 T	38	85	5,3	3,8	624
149	34	45	4,3	3,7	249
149 T	27	95	6,8	4,5	719
177	31	86	5,4	4,5	662
177 T	19	79	4,3	3,4	192
202	41	61	3,8	4,20	379
202 T	32	80	5,5	3,83	597
KM5	44	88	6,4	4,9	1229
KM5 T	28	64	4,7	4,1	364
KM 29	40	90	6,1	4,4	961
KM 29 T	28	84	4,8	3,9	467
155	38	72	5,3	4,2	734
155 T	33	82	3,9	4,6	555
200	27	100	8,4	4,3	1127
200 T	23	92	9,4	4,0	711
375	28	92	6,7	5,0	862
375 T	20	72	6,1	4,5	449
\bar{x} di	35	80	6,0	4,3	791
\bar{x} T	28	83	5,5	4,0	523
Ploïdie	***	NS	NS	NS	***
Génotype	***	*	***	NS	*
Interaction	NS	***	***	NS	***
ppds	12	23	1,5	—	388
C.V. %	22	17	16	13	35,0

TABLEAU N° 3

Analyse de la variance :Nombre d'entreneuds sur la primaire : notation 1 + 3 Essai 1

Variation	S.C.E	D.L.	C.M.	F	F table	Significa- tion
					0,05 0,01	
Ploidie	17 118	1	17 118	110	3,94 6,90	** *
Génotype	11 574	8	1 447	9,0	2,03 2,69	** *
Date	299 756	1	299 756	1930	3,94 6,90	** *
Ploidie-génotype	1 897	8	237	1,5	2,03 2,69	N S.
Génotype date	4 972	8	622	4,0	2,03 2,69	** *
ploidie date	851	1	851	5,5	3,90 6,90	**
Erreur	18 013	116	155			
Total	354 181	143				