

INSTITUT FRANCAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
POUR LE DEVELOPPEMENT EN COOPERATION
(O R S T O M)

Centre d'Adiopodoumé
B.P. V51 , ABIDJAN (Côte d'Ivoire)

L A B O R A T O I R E
d ' A M E L I O R A T I O N des P L A N T E S

EST - IL POSSIBLE D'AMELIORER LE CAFE DE COTE D'IVOIRE
PAR LA CULTURE DU CAFEIER D'ALTITUDE COFFEA ARABICA L. ?

par

Daniel LE PIERRES

Communication aux troisièmes assises de l'A.I.S.A.
(Man :1 - 7 août 1988)

EST-IL POSSIBLE D'AMELIORER LE CAFE DE COTE D'IVOIRE
PAR LA CULTURE DU CAFEIER D'ALTITUDE Coffea arabica ?

par D. LE PIERRES.

R E S U M E

La Côte d'Ivoire cinquième producteur mondial de café, occupe la deuxième place pour le Robusta. Devant les menaces économiques du marché qui favorise les cafés de qualité comme l'Arabica, il est nécessaire de diversifier la production de café en Côte d'Ivoire (basse altitude).

Après avoir rappelé l'historique de la mise en culture de l'Arabica et l'utilité des prospections dans son aire d'origine en Ethiopie, l'accent est mis sur la présentation des relations taxonomiques et d'affinités géniques entre caféiers et spécialement C. arabica. Ces études ont été possibles en Côte d'Ivoire qui abrite deux collections originales d'importance mondiale : l'une pour les espèces d'altitude au Tonkoui (1.100 m.) à la Station ORSTOM de Man, l'autre pour les espèces de plaine à la Station IRCC de Divo.

Les caféiers forment un complexe multispécifique ayant tous le même génome de base. C. arabica occupe une position particulière par son autofertilité, son nombre double de chromosomes par rapport aux autres espèces, et son adaptation en montagne. Les affinités géniques entre espèces montrent qu'on peut faire n'importe quel hybride interspécifique avec C. arabica. Ceux-ci n'ont pas la même valeur pour la fertilité, ni pour la productivité.

L'Arabusta hybride maintenant bien connu en Côte d'Ivoire n'est pas satisfaisant pour la culture, il offre cependant l'intérêt d'être vigoureux, donc de servir de bons porte-greffes pour l'Arabica.

Une extension du programme Arabusta (au sens large) est abordée pour l'amélioration des caféiers. Des schémas de sélection des producteurs d'Arabica sont présentés avec leurs avantages et leurs défauts.

Les études sur l'Arabica ont prouvé qu'on peut sélectionner des Arabica adaptés à la basse altitude. La combinaison des techniques génétiques et horticoles autorisent cette culture en basse altitude. Un schéma de sélection des caféiers tétraploïdes comme C. arabica est proposé pour la Côte d'Ivoire.

PLAN

- A) INTRODUCTION. Coffea arabica.
- B) NOTES ECONOMIQUES
- C) HISTORIQUE DE LA MISE EN CULTURE
- D) RATTACHEMENT TAXONOMIQUE
- E) BIOLOGIE ET AFFINITES GENIQUES AVEC LES AUTRES Coffea
 - 1- Systèmes de complexités florales
 - 2- Polymorphisme biochimique
 - Electrophorèse
 - ADN chloroplastiques et mitochondriaux
 - 3- Teneur en caféine
 - 4- Compatibilité et affinités en greffe
 - 5- Réussite des croisements
 - 6- Analyses cytologiques
 - 7- Fertilité
 - 8- Productivité
 - 9- Conclusion
- F) LES PROGRAMMES DE SELECTION.
 - Colombie, Kenya, Inde, Brésil.
- G) PROPOSITION POUR LA COTE D'IVOIRE.
- H) CONCLUSION.
- I) BIBLIOGRAPHIE UTILISEE
- J) ANNEXES
 - (2 cartes, 5 schémas de sélection)

EST-IL POSSIBLE D'AMELIORER LE CAFE DE COTE D'IVOIRE
PAR LA CULTURE DU CAFEIER D'ALTITUDE Coffea arabica ?

par D. LE PIERRES
ORSTOM Adiopodoumé

(Communication des Assises de L'AISA* ; Man : 1 - 7 août 1988)

A -INTRODUCTION.

Man abritant au Tonkoui (1.100 m) la collection mondiale de caféiers d'altitude, nous avons choisi volontairement de développer le sujet amélioration de l'Arabica en liaison avec les cultures de montagne.

Le caféier d'Arabie n'est pas cultivé en Côte d'Ivoire à cause du manque d'altitude suffisante dans ce pays. Depuis une trentaine d'années on y a renoncé définitivement à sa culture pour le remplacer par le Robusta, espèce locale de plaine, plus robuste, mais qui produit un café déprécié et dont l'avenir demeure incertain.

Les efforts des chercheurs pour l'amélioration du café produit en Côte d'Ivoire se sont alors orientés vers l'obtention d'un hybride interspécifique entre les deux espèces cultivées. C'est ainsi que l'Arabusta a été réalisé en Côte d'Ivoire. Il produit un café de très bonne qualité (bon goût, teneur en caféine inférieure à 2% de la MS), mais sa productivité à l'hectare reste faible, ce qui fait qu'on ne peut pas le vulgariser avant la mise au point de sa valeur agronomique. De nombreuses études sont actuellement menées en Côte d'Ivoire par l'ORSTOM et l'IRCC pour résoudre ce problème.

Dans le cadre du programme basé sur l'utilisation de l'Arabica, on s'est posé deux questions :

1) Au lieu d'utiliser séparément les origines ou les cultivars de C.arabica, est-il possible de trouver des hybrides Arabica qui apporteraient une solution au problème posé ?

2) Même s'il est impossible d'obtenir par cette méthode de nouvelles souches adaptées, peut-on s'en servir avantageusement pour obtenir, par croisements avec les autres caféiers, des hybrides interspécifiques, ou des rétrocroisements ?

Après un bref aperçu économique, historique et taxonomique de C.arabica, on précisera ses affinités géniques avec les autres caféiers. L'exploitation de ces affinités sera illustrée par les schémas de sélection adoptés par les principaux pays producteurs d'Arabica. Enfin avant de conclure, nous proposerons un schéma de sélection en Côte d'Ivoire basé sur l'état de nos connaissances actuelles.

AISA : Association Ivoirienne des Sciences Agronomiques.

B - NOTES ECONOMIQUES.

Coffea arabica est la principale espèce de caféiers cultivés, la plus importante économiquement. Son café reste toujours mieux prisé que le Robusta: par exemple les Français l'ont payé en moyenne 50 % plus cher en 1986 que le Robusta. L'espèce fournit environ les 3/4 (78 % en 1987) de la production mondiale de café qui s'élève à peu près à cinq millions de tonnes par an.

Les premiers producteurs mondiaux sont Latino-Américains. Sur la campagne 1986-87, les estimations ont été les suivantes:

Tableau 1. Les premiers producteurs mondiaux de café.

	Rang mondial	Pays	Production (M.t.)	Surface (M.ha.)	Rendement (kg/ha.)
Arabica	1er	Brésil	1.514	2.259	670
	2	Colombie	645	945	682
	3 ex	Mexique	336	415	810
Robusta	3 ex	Indonésie	340	590	575
	5	R. C. I.	274	1.146	239

Environ 80% de la production mondiale sont exportés pour les deux espèces cultivés confondues. Mais il est intéressant de noter que les producteurs de café Arabica en sont aussi de grands consommateurs contrairement aux producteurs de Robusta .

Les principaux acheteurs de café sont : l'Europe (environ 50 % du café exporté), et les Etats-Unis (environ 1/3 du café exporté). Les acheteurs font en général des mélanges. Certains pays, comme la France ,achètent plus de Robusta que d'Arabica; par contre, d'autres tel que la R.F.A. qui est de loin le premier importateur européen (560 M.t.) n'achète que de l'Arabica.

La consommation mondiale de café reste assez stable. Quelques pays gros consommateurs de thé se mettent maintenant à préférer le café: on peut citer le Royaume-Uni et le Japon. Ce dernier a triplé ses importations entre 1976 (86 M.t.) et 1986 (243 M.t.). D'une façon générale les consommateurs, dont les nouveaux en particulier, préfèrent le café-boisson Arabica au Robusta jugé sans goût et trop fort en caféine.

Mise à part la commercialisation du café sous toutes ses formes (café vert, café torréfié, extrait de café), pour en faire un café boisson , les autres utilisations du café demeurent très faibles. Notons toutefois l'emploi de la caféine pour faire du Coca cola, ou quelques médicaments (traitement des apnées du prématuré par exemple); ou des débouchés agroalimentaires pour l'acide chlorogénique (conservateur naturel).

En guise de conclusion à cette brève présentation économique, nous remarquons que l'espèce C.arabica présente les plus gros attraits économiques face au Robusta, et que son avenir paraît le plus serein des productions agricoles des pays tropicaux.

C - HISTORIQUE DE LA MISE EN CULTURE

C.arabica est un arbuste spontané des forêts d'altitude (1.000 à 2.000 m.) sempervirentes denses et humides des massifs montagneux du Sud-ouest de l'Ethiopie, du plateau de Boma au Soudan, et du mont Marsabit au Kenya. (voir carte en annexe).

L'histoire de la mise en culture de l'espèce remonte à trois siècles. Le premier transfert de son centre d'origine en Ethiopie s'est effectué vers le Yémen, à une date inconnue vers le XIV et le XV ème siècle. Sa dispersion s'est faite ensuite à la fin du XVII ème siècle par les Britanniques vers l'Inde et le Sri Lanka, par les Hollandais vers Java, par les Français vers la Réunion. (voir carte en annexe).

A partir du relais de Java une seule plante connue sous le nom de variété "typica Cramer" fut introduite au Jardin Botanique d'Amsterdam en 1706. Elle fleurit en serre, et comme elle était autofertile, elle fructifia et produisit de nombreux descendants. Un de ceux-ci fut confié en 1715 au célèbre botaniste De Jussieu pour la serre du Jardin des Plantes de Paris. De ces deux villes l'espèce, ayant pour origine le pied unique de Java, fut transférée en 1718 et 1722 en Amérique centrale où elle connut une très bonne acclimatation. C'est en 1727, que le Brésil reçut de Guyane française ses premiers caféiers. On sait le prodigieux développement que pris par la suite cette culture en Amérique latine.

Une deuxième origine constituée par la variété "bourbon Choussy", après un passage par l'île de la Réunion fut également introduite en Amérique du Sud au XVIII ème siècle.

Du point de vue écologique, on s'aperçut que l'Arabica poussait bien en altitude. Par contre les tentatives d'adaptation en basse altitude furent des échecs, dus en général à leur mauvaise acclimatation pédoclimatique, leur fragilité face aux maladies et au parasites, leur production quasi-nulle même au prix d'un jardinage coûteux. Finalement, dans ces régions on remplaça C.arabica par une autre espèce de caféiers -C.canephora- originaire des forêts de plaines en Afrique de l'Ouest et du Centre.

Sur le continent africain, à l'exception de sa zone d'origine autour du lac Rodolphe, l'essor de la culture du caféier d'Arabie ne débuta qu'à la fin du XIX ème siècle. En Afrique de l'Est l'espèce fut réintroduite avant 1900 à partir de la Réunion.

Dans les régions d'introduction du monde "l'effet fondation" de l'espèce à partir d'un très petit nombre de génotypes a été très efficace. Mais les recherches effectuées au Brésil à partir de 1932 mettent en évidence la faible variabilité des descendances, issues pour la plupart d'autofécondation, et démontrent l'étroitesse de la base génétique du matériel introduit. Malgré l'homogénéité des descendances, on réussira cependant à isoler une trentaine de mutants dont le plus intéressant a constitué la variété "Mundo novo". Cette dernière est issue probablement de croisement entre les deux origines de départ.

La pauvreté génique des variétés d'Arabica a aussi des incidences sur leur mauvais comportement général vis-à-vis des attaques de rouilles (Hemileia vastatrix) et d'antracnose des baies (Colletotrichum coffeanum).

Par contre, plusieurs études sur les C.arabica sauvages ont montré que les formes spontanées de l'espèce contiennent une variabilité potentielle éclatante. En 1953, l'introduction d'une vingtaine de souches éthiopiennes révéla qu'une variabilité importante des caractères végétatifs existait dans le centre d'origine. Plusieurs autres travaux ultérieurs confirmèrent ces observations. Ceci met bien en lumière l'intérêt d'une exploration intensive du centre d'origine pour diversifier et améliorer les cultivars d'Arabica.

Sur ces informations, la FAO a organisé en 1964 une mission internationale de prospection dans l'aire d'origine de l'Arabica en Ethiopie. Les pays producteurs d'Arabica d'Amérique du Sud, d'Afrique de l'Est, et d'Asie participèrent à cette prospection. Plusieurs collections furent enrichies par ce matériel: au Brésil, en Colombie, au Costa Rica, au Kenya, et en Inde.

Dans cette prospection, les pays africains francophones semblaient un peu oubliés. La question était donc posée de savoir si le centre d'origine éthiopien pouvait apporter des types nouveaux de C.arabica mieux adaptés à la basse altitude. C'est dans cette optique que l'ORSTOM prépara une autre prospection en Ethiopie. Celle-ci fut effectuée par Guillaumet et Hallé en 1966. Ils ont collecté des graines pied par pied sur 70 origines dans les provinces de Kaffa et d'Illubabor. Ce matériel a été mis en collection en Côte d'Ivoire, au Cameroun, et à Madagascar. Actuellement seule la collection de Côte d'Ivoire est la plus complète.

D - RATTACHEMENT TAXONOMIQUE DE C.arabica

Le genre Coffea (famille des rubiacées) forme un complexe multisécifique d'une cinquantaine d'espèces, dont une vingtaine sur le continent africain et le reste à Madagascar. Les

caféiers comprennent aussi le genre voisin Psilanthus auquel on rattache maintenant les Paracoffea. Les deux genres sont caractérisés par la placentation cofféenne. Ils se distinguent par l'architecture florale:

- Chez les Psilanthus, les inflorescences sont en position terminale, les fleurs à tube long n'ont pas d'épicalice, le mode de croissance est mixte monopodiale et sympodiale;

- Chez les Coffea, les inflorescences sont axillaires, les fleurs à épicalice ont un mode de croissance monopodiale.

Le genre Coffea est divisé en deux sections: Eucoffea et Mascarocoffea.

C.arabica appartient aux Eucoffea que l'on subdivise suivant :

- la coloration des fruits (rouge ou noire);
- la taille des arbres adultes (grande, moyenne ou petite);
- l'origine géographique (pour l'Afrique de l'Est).

Certaines espèces restent encore mal classées ou mal définies. De nouvelles espèces sont encore découvertes. Cependant, pour le moment, on s'en tiendra à la division taxonomique que nous avons résumé ci-après:

Tableau 2 : Classification taxonomique des Eucoffea

ESPECES	SOUS-SECTIONS
<u>C.arabica</u> L.)
<u>C.canephora</u> Pierre) <u>Erythrocoffea</u>
<u>C.congensis</u> Froehner)
<u>C.eugenioides</u> Moore)
<u>C.liberica</u> Bull ex Hiern) <u>Pachycoffea</u>
<u>C.dewevrei</u> De Wild)
<u>C.humilis</u> Chevalier)
<u>C.brevipes</u> Hiern) <u>Nanocoffea</u>
autres espèces)
<u>C.stenophylla</u> G.Don) <u>Melanocoffea</u>
autres espèces)
<u>C.racemosa</u> Lour.)
<u>C.zanguebariae</u> Bridson)
(espèce complexe))
<u>C.sessiliflora</u> Bridson) <u>Mozambicoffea</u>
<u>C.mufindiensis</u> Chev.)
(espèce complexe))
<u>C.fadenii</u> Bridson)
<u>C.salvatrix</u> Swyn. et Phil.)

Comme nous l'avons déjà signalé, l'espèce C.arabica possède une grande variabilité que les sélectionneurs cherchent à

exploiter à des fins d'amélioration pour la culture de l'espèce.

Avant les prospections, les sélectionneurs n'avaient que la possibilité de trier des mutants. Parmi ceux-ci, nombreux sont ceux qui ont reçu une description botanique. Ils sont en général dérivés des deux premières variétés cultivées: le Typica et le Bourbon. Les Brésiliens ont très bien étudié ces mutants. Les mutations peuvent affecter aussi bien l'architecture, les feuilles, les fruits, les graines; la productivité, la teneur en caféine, les résistances etc... Nous pouvons citer quelques variétés issues de mutations:

- Caturra à entre-noeuds courts, précoce et très productif.
- Ereta à branches érigées.
- Laurina résistant à la sécheresse.
- Purpurescens à feuilles rouges.
- Cera à fèves jaunes.
- Monosperma à un seul ovule fertile par fruit.
- Mokka à breuvage très aromatique.
- Amarello à fruits jaunes.
- Maragogype à grosses fèves.

Divers croisements peuvent être effectués à partir de ces mutants soit entr'eux ou avec l'espèce sauvage. Le plus intéressant -la variété "Mondo Novo" issue de Caturra- cumule à la fois productivité et résistance à des races de la rouille orangée. Elle est très cultivée en Amérique du sud.

E - BIOLOGIE ET AFFINITES GENIQUES AVEC LES AUTRES Coffea.

Les Coffea forment un complexe évolutif où C.arabica occupe une position originale par :

- Son origine en altitude.
- Son nombre de chromosomes. C'est la seule espèce de Coffea à avoir un nombre de chromosomes double (44) de celui des autres espèces. Mais elle a un comportement de diploïdes.
- Son autofertilité, alors que les diploïdes sont généralement autostériles.

Diverses approches peuvent être abordées pour présenter les affinités entre Coffea :

1) LES SYSTEMES DE COMPLEXITES FLORALES

L'ordre évolutif est reproduit ci-dessous

D'après ce tableau on constate que la structure florale de C.arabica présente de grande similitude avec le C.congensis et C.eugenioides, et est moins évolué que celles de C.canephora et C.liberica qui possèdent la plus grande complexité florale.

Tableau 3. les complexités florales chez les caféiers

espèces	Fleurs / cyme	Verticilles bractées/cymes	Cymes / aisselle	Fleurs / aisselle
<u>Argocoffea</u>	1	5	1	1 - 3
<u>C.brevipes</u>	1	1 - 2	1 - 2	1 - 2
<u>C.eugenioides</u>	1	2 - 3	1 - 3	1 - 2
<u>C.congensis</u>	1 - 5	2 - 3	1 - 2	1 - 17
<u>C.arabica</u>	1 - 4	2 - 3	2 - 3	4 - 18
<u>C.canephora</u>	4 - 6	2	3 - 5	8 - 48
<u>C.liberica</u>	4 - 5	2 - 3	2 - 3	4 - 49

2) LE POLYMORPHISME BIOCHIMIQUE.

a) En électrophorèse.

On déduit à partir de 4 systèmes enzymatiques que :

- d'une part C.arabica présente vis-à-vis de 4 espèces diploïdes étudiées: C.canephora, C.congensis, C.liberica et C.eugenioides un index d'affinité pratiquement constant de 0.670 à 0.687, mais qui est très inférieur (0.37 à 0.41) par rapport aux plants du Psilanthus du genre voisin.

- d'autre part pour 3 enzymes la richesse en formes enzymatiques de C.arabica proviendrait de la juxtaposition des formes les plus typiques des diploïdes. Par contre les zymogrammes MDH identiques pour C.arabica et C.eugenioides sont différents pour C.canephora.

b) En analyse d'ADN cytoplasmiques: mitochondriaux et chloroplastiques qui sont à hérédité maternelle, à chaque fois que l'on découvre des homologues entre deux espèces, on peut dire qu'elles dérivent d'une même lignée ancestrale par voie cytoplasmique. Les homologues peuvent être plus ou moins fortes et intéresser soit l'un ou l'autre les deux ADN cytoplasmiques.

tableau 4: les homologues entre ADN cytoplasmiques des caféiers.

	01	03	NA	02	05	05'	PE
<u>C.eugenioides</u>	04 ! = =	* =	* *	* *	* *	* *	* *
<u>C.arabica</u>	01 !	* =	* *	* *	* *	* *	* *
<u>C.congensis</u>	03 !		= *	= *	* *	* *	* *
<u>Caféiers Nana</u>	NA !			= =	* *	* *	* *
<u>C.canephora</u>	02 !				* *	* *	* *
<u>C.liberica</u>	05 !					* ?	* *
<u>C.exelsa</u>	05' !						* *
<u>Psilanthus eb.</u>	PE !						* *

légende : $\begin{matrix} m & c \end{matrix}$ { m:ADN mitochondriaux (mt) } identiques (=)
 ou
 { c:ADN chloroplastiques (cp) } différents (*)

Parmi les principaux résultats concernant C.arabica on révèle que :

- C.arabica et C.eugenioides ont plus de 90% d'homologie pour les deux types d'ADN, et ont la même similitude vis-à-vis des autres espèces.

- C.congensis ressemble aux deux espèces C.arabica, et C.eugenioides pour les ADN cp, mais diffère par les ADN mt. On constate l'inverse par rapport au groupe C.canephora - caféier de la Nana.

- C.liberica et Psilanthus ebracteolatus sont différents des autres caféiers et en particulier C.arabica.

Ces résultats permettent de supposer que C.arabica et C.eugenioides ont la même origine phyllogénique proche de C.congensis, qui est une espèce " pont " entre C.arabica et C.canephora. Ces informations sont du plus grand intérêt pour le généticien dans les hybridations interspécifiques avec C.arabica.

3) LA TENEUR EN CAFEINE.

La position de C.arabica n'est pas originale par rapport aux autres espèces pour ce caractère qui est héritable et très variable dans toutes les espèces. On fait 4 groupes de teneurs : fortes, moyennes, faibles, et sans. C.arabica se classe dans les moyennes teneurs comprises entre 0.7 et 2%, avec C.liberica, C.stenophylla, et C.congensis; moins chargé que C.canephora mais supérieur aux caféiers de l'Est dont C.eugenioides et aux Mascarocoffea qui sont sans caféine.

L'analyse de variation de la teneur en caféine, sur 130 génotypes de C.arabica de la collection d'Ethiopie, montre une répartition gaussienne caractérisée par une moyenne de 1.16% et un coefficient de variation de 16%. Les valeurs extrêmes sont 0.58 et 1.70%. Des différences sont mises en évidence entre origines. En croisements inter-origines, on a montré un effet croisement très hautement significatif. Sur les courbes de régression à parents constants, on a mis en évidence l'intérêt d'une origine (Ar15) pour la sélection de caféiers à faible teneur. En particulier son emploi comme géniteur femelle permet d'obtenir des F1 à teneurs comprises entre 1 et 1.2 % quel que soit le niveau du parent femelle.

Ces divers renseignements sur la caféine soulignent bien l'appartenance de C.arabica au groupe des Eucoffea de l'Afrique de l'Ouest et du centre. Chez l'ensemble de ces caféiers le déterminisme génétique de la teneur semble régir par des gènes analogues en croisements intra ou interspécifiques.

4) LES COMPATIBILITES ET AFFINITES EN GREFFE.

On ne peut greffer avec succès que des parties vivantes de plantes ayant une certaine homologie qui se traduit par des ressemblances biochimiques.

Les problèmes du greffage ont été traités sur les caféiers par de nombreux praticiens depuis environ un siècle. Avant le bouturage, le greffage était la méthode préconisée de multiplication végétative des caféiers.

Nos expériences en Côte d'Ivoire ont permis de prouver que la reprise d'une greffe ne donne aucune indication sur la compatibilité et l'affinité en greffe entre deux sujets. C'est seulement au minimum six mois après la reprise qu'on verra s'exprimer les incompatibilités, et encore plus tard sur des arbres adultes les affinités. La compatibilité obéit plus ou moins nettement à la loi du tout ou rien. Elle s'observe sur les zones de suture. On dit qu'il y a compatibilité, quand bois et liber respectifs du porte-greffe et du greffon sont en continuité parfaite. L'incompatibilité est quantifiable suivant l'importance des nécroses dans la suture. Cette définition se distingue de l'affinité en greffe qui aura une importance sur le développement végétatif (similarité entre les métabolites des deux sujets).

Les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 5: les compatibilités de greffe entre caféiers.

Associations	Greffons /	Porte-greffes	Compatibilité*
Autogreffes	Arabica /	Arabica	C
	Canephora /	Canephora	C
Hétérogreffes	Arabica /	Canephora	I
	Canephora /	Arabica	I
	Arabica /	Liberica	C
	Liberica /	Arabica	C
	Arabica /	Congensis	C
	Congensis /	Arabica	C
	Arabica /	Arabusta	C
Surgreffes	Arabica /	Congensis / Canephora	CC
	Arabica /	Liberica / Canephora	CC

*: compatible = C ; incompatible = I

Les principales informations qu'on peut tirer de ce tableau sont les suivantes:

a) La combinaison de greffes C.arabica / C.Canephora est incompatible sur le matériel étudié contrairement aux autres associations. Il est normal de trouver les autogreffes compatibles.

b) L'incompatibilité C.arabica / C.canephora est levée dans le surgreffage lorsqu'on insère entre les partenaires incompatibles un intermédiaire (C.congensis ou C.liberica) compatible avec ceux-ci.

c) On obtient les mêmes réponses de compatibilité dans les greffes réciproques. Ceci indique dans notre expérience qu'il s'agit d'une incompatibilité interspécifique à l'union du même type que celle rencontrée dans d'autres plantes et non d'incompatibilité virale qui s'exprime par contagion, ou d'incompatibilité transloquée qui n'est pas réciproque.

Au sujet de la vigueur mesurée par la hauteur ou le diamètre des troncs, on constate que l'Arabica est toujours un porte-greffe faible. Par contre, en greffon, il exprime une vigueur variable suivant l'espèce porte-greffe. L'incompatibilité de greffes signalée dans la combinaison Arabica/Canephora ne semble pas avoir d'influence sur la croissance de ces arbres. Nous avons obtenu, pour l'Arabica, le classement suivant des porte-greffes par vigueur décroissante: Arabusta; C.canephora; C.congensis / C.canephora; C.liberica / C.canephora; C.congensis; autogreffes C.arabica; C.liberica / C.arabica.

Des éléments saillants ressortent de cette étude :

- L'incompatibilité réciproque constatée entre les C.arabica et C.canephora étudiés, établit qu'il s'agit d'une incompatibilité interspécifique à l'union. Celle-ci peut être levée en insérant un intermédiaire pont possédant la propriété d'être compatible avec les deux génotypes précédents.

- Il n'existe pas de liaison évidente entre compatibilité et vigueur. On voit aussi bien des greffes compatibles vigoureuses (C.arabica sur Arabusta) ou chétives, (C.arabica sur C.liberica), et l'inverse: des greffes incompatibles vigoureuses (C.arabica sur C.canephora). Les greffes à la fois incompatibles et non affines sont fonctionnellement inviabilisées.

Le greffage présente certainement quelques avantages:

- Sur le plan théorique, il a l'intérêt de clarifier certaines similarités géniques entre caféiers et d'être utilisable en amélioration si on arrivait à faire le parallèle entre l'amélioration de la fertilité des hybrides et comportement au greffage. On s'en sert également comme marqueur génétique.

- Sur le plan pratique la technique permet de résoudre les problèmes de sensibilité aux nématodes et d'adaptation au sol pour C.arabica, il est maintenant démontré que l'hybride Arabusta constitue le meilleur porte-greffe pour C.arabica. De telles greffes n'excluent pas les possibilités d'extension de cette culture en basse ou moyenne altitude.

5) LA REUSSITE DES CROISEMENTS INTERSPECIFIQUES.

Dans de bonnes conditions extérieures de floraison, les croisements peuvent réussir si les gamètes sont viables pour assurer la double fécondation, en l'absence d'incompatibilité entre géniteurs. La fécondation normale aboutit chez C.arabica à

un taux de nouaison moyen de 67% et l'obtention de 100 bonnes graines pour 100 fleurs. En croisements contrôlés intraspécifiques entre arbres différents, ou en autofécondation les résultats sont plus faibles: 31 graines pour 100 fleurs. Cette diminution de réussite est imputée aux conditions d'isolement et de castration.

En croisement interspécifiques les résultats sont un peu plus faibles, mais pas significativement différents.

- Avec les caféiers diploïdes, on ne peut utiliser C.arabica que comme parent femelle. Toutes les tentatives de croisement réciproque ont été sans succès. Le développement des albumens se fait en écaille avec C.canephora, C.liberica, C.dewevrei, C.humilis, et C.stenophylla. Mais est normal (sauf de rares exceptions) avec C.congensis, variable avec les caféiers de l'Est et le Congusta (hybride Congensis x Robusta).

- Avec les caféiers tétraploïdisés, l'obtention des hybrides est possible dans les deux sens. Les réussites sont du même ordre de grandeur que les précédentes en croisement intraspécifique. Capot signale toutefois des résultats différents suivant le sens du croisement: 21% sur C.canephora femelle et 40% dans le croisement réciproque. Les albumens sont normaux dans tous les cas.

Donc, tous les types de croisements sont possibles sans difficultés entre C.arabica et les autres caféiers de même genre. Des hybridations avec le Psilanthus ont été tentées; Couturon en aurait obtenu. Ces réussites illustrent bien les relations géniques qui existent entre caféiers.

6) LES ANALYSES CYTOLOGIQUES.

Le tableau ci-dessous récapitule les principales données cytologiques sur C.arabica le dihaploïde C.arabica et les hybrides interspécifiques de C.arabica.

Avec deux fois plus de chromosomes que les autres caféiers, C.arabica possèdent 2 génomes de base en série. quelques uns des chromosomes de base ont des similitudes. On voit sur chaque génome:

- Une bonne homologie pour 5 chromosomes.
- Une mauvaise homologie pour 2 ou 3 chromosomes.
- Aucune homologie pour les 3 ou 4 derniers chromosomes qui sont différents entr'eux.

Chez les triploïdes au niveau de l'association des 2 génomes de base avec celui des espèces diploïdes on constate que ceux-ci ont sensiblement un génome ayant le même comportement vis-à-vis de C.arabica. En moyenne 8 chromosomes du génome des espèces diploïdes ont une homologie certaine avec des chromosomes des 2 génomes de C.arabica.

Tableau 6: les homologues chromosomiques chez les caféiers.

Caféiers	Assoc.chromosomiques en M.I	Observations
C.arabica 2n = 4x	22% des C à 2I, 7% à 4I, 1% à 6I 20.52 à 21.51 bivalents pas de trivalents quelquefois 1 tétravalent	70% des gamètes à 22 chromosomes
C.arabica 2n = 2x	13.0 I + 4.5 II il peut y avoir jusqu'à 8 bivalents (7 fréquents)	les gros grains de pollen sont des gamètes non réduits (rares 1 à 2 %) Les petits grains de pollen ont une mauvaise coloration au carmin acétique
C.arabica x C.canephora	7.8 I + 9.75 II + 1.61 III + 0.2 IV + 0.02 V	stérile
	9.9 I + 9.6 II + 1.3 III	Vp = 4%, quasi-stérile
C.canephora (3x)	3 I + 3 II + 8 III	Vp = 27 à 50%
C.arabica x C.racemosa	11.8 I + 9.7 II + 0.8 III	stérile
C.arabica x C.kapakata	10.07 I + 9.45 II + 1.33 III	stérile
C.arabica x C.liberica	9.3 I + 9.7 II + 1.4 III + 0.03 IV	Vp = 0 stérile
C.arabica x C.eugenioides	9.7 I + 9.6 II + 1.3 III	Vp = 27%
Arabusta 4x: C.arabica x C.canephora	7 I + 14 II + 2 III + 1 IV (3-12) (11-19) (0-5) (1-2)	18 à 55% des ga- mètes ont 22 chromosomes
Hybrides Kawisari: C.arabica x C.dewevrei	(18-10) I + (12-16) II + (1 III (ou (1 IV	31% de grains de pollen normaux, 36% des gamètes ont 22 chromosomes

Chez les hybrides tétraploïdes Arabusta, on peut trouver quatre associations chromosomiques en trivalents et quadrivalents, alors qu'il n'y en a qu'une chez les Kawisari. Ces derniers seraient donc moins fertiles que les Arabusta, si on ne tient pas compte des effets de régulations géniques.

C.arabica est donc bien un allotétraploïde dont les deux génomes de base présentent entr'eux et avec les génomes des caféiers diploïdes des homologues chromosomiques. Les hybrides interspécifiques étudiés sont affectés de méiose irrégulière aboutissant à la stérilité chez les triploïdes et à une fertilité imparfaite chez les tétraploïdes.

7) LA FERTILITE.

C.arabica se distingue des autres caféiers par son autofertilité. L'espèce supporte très bien un fort taux de consanguinité ce qui fait qu'on peut en faire des lignées pures pour les plantations. Environ 80% d'autofécondation sont obtenus en pollinisation libre, mais grâce à ses 20% d'allopollinisation, C.arabica entretient naturellement dans son génome une hétérozygotie résiduelle qui détermine sa variabilité intrapopulation.

On discerne la fertilité gamétique de la fertilité zygotique:

- La première concerne la formation, la viabilité et le fonctionnement des gamètes. On l'estime par la colorabilité des grains de pollen au carmin acétique pour la partie mâle et par le taux des graines caracoli pour les ovules.

- La deuxième affecte les développements de l'embryon et de l'albumen. Notons que ces deux formations peuvent être indépendantes; l'absence d'albumen entraîne une loge vide, mais n'implique pas forcément la disparition de l'embryon.

Quelques résultats d'observation sur C.arabica placés à différentes altitudes sont consignés dans le tableau qui suit :

Tableau 7: influence de l'altitude sur la fertilité des C.arabica

Lieux	Caracoli	Loges vides	viabilité pollinique
Colombie	0-8%	0-12%	
Tonkoui	7-14%	5-7%	90%
Divo	10-30%	11%	90%

Nous constatons que :

- La viabilité pollinique est bonne : 90% quelque soit l'altitude, cependant les grains de pollen sont plus petits en basse altitude.

- Concernant la fertilité femelle, il y a légèrement plus de caracoli et de loges vides en basse altitude. Cependant, comparés aux Arabusta ces C.arabica placés en plaine ont de meilleurs remplissage de leurs fruits. Par ailleurs en basse altitude nous avons remarqué que les souches sauvages et les cultivars de C.arabica avaient une physiologie générale dérèglée qui influe sur la fertilité : une mauvaise croissance, des

feuilles plus petites, étoilement des fleurs, des graines plus petites, une production très faible.

L'autofertilité a été retrouvée partout chez ses hybrides interspécifiques sauf chez les hybrides avec C.liberica, C.dewevrei et C.stenophylla aux niveaux 4x et 6x.

Les hybrides triploïdes s'obtiennent en général à partir de graines en écailles (sans albumen). Ils produisent des grains de pollen vides et sont stériles. Certaines fécondations avec C.congensis ou C.eugenioides aboutissent à des graines hybrides normales. Les pieds issus de ces graines produisent une quantité non négligeable de bonnes graines en milieu pollinique C.arabica. Ceci démontre que l'affinité génique entre ces espèces est bien réelle et qu'elle permet de lever en partie la stérilité d'ordre chromosomique.

Pour les hybrides tétraploïdes les arbres les plus étudiés concernent les combinaisons avec C.canephora, C.liberica ou C.dewevrei, C.congensis et les Congusta tétraploïdisés. Ces hybrides n'ont pas tous la même fertilité.

Tableau 8 : comparaison des fertilités chez les Arabusta (4x) au sens large.

C.arabica x	C.canephora	C.liberica	C.congensis	Congusta
Caracoli %	65 46 - 75	70 53 - 82	50 25 - 76	60 9 - 95
Loges vides %	25 12 - 58	40 10 - 95	15 5 - 85	20 11 - 71
Utilisation des ovules	45 20 - 61	35 3 - 54	55 8 - 64	50 15 - 68
Rendement marchand %	12.5 8 - 14	9 0 - 13	18 5 - 22	15 5 - 20

x
min max

Des informations intéressantes ressortent de ce tableau.

- Les hybrides avec Canephora sont intermédiaires entre ceux faits avec liberica (moins bons), et ceux avec Congensis (meilleurs).

- Les hybrides avec Congusta sont aussi intermédiaires entre ceux faits avec Canephora et ceux avec Congensis.

- Les potentialités d'amélioration de l'Arabusta sont moins bonnes avec le Liberica, meilleures avec le Congensis et le Congusta.

- Le meilleur Arabusta F1 "3 voies" peut avoir une fertilité presque équivalente au Robusta cultivé. 10% de caracoli, un bon

remplissage des fruits avec au moins 130 graines/fruit, un rendement marchand correct de 20%, mais un peu plus de loges vides.

Là encore, on situe que C.arabica a une affinité génique plus forte avec C.congensis qu'avec C.canephora, et plus faible qu'avec C.liberica.

8) LA PRODUCTIVITE.

En comparant les rendements des caféiers, on fait deux remarques :

- Les pays d'acclimatation font des rendements moyens deux à trois fois plus élevés que les pays d'origine.

- Les potentialités de rendements sont du même ordre de grandeur pour les deux espèces cultivées pour le même effort de sélection et de culture.

Les souches cultivées en Ethiopie font des rendements de 230 kg/ha. Ce même matériel a produit au Tonkoui en moyenne sur cinq ans 3 kg de cerises / pied (soit environ 600 kg de café/ha). La différence de rendement s'explique par l'entretien. Le même résultat est aussi enregistré sur Robusta.

Avec de bons cultivars, généralement nains, les Brésiliens obtiennent les rendements suivants :

Tableau 9: production en fonction de la densité au Brésil sur 3 cultivars (kg/ha)

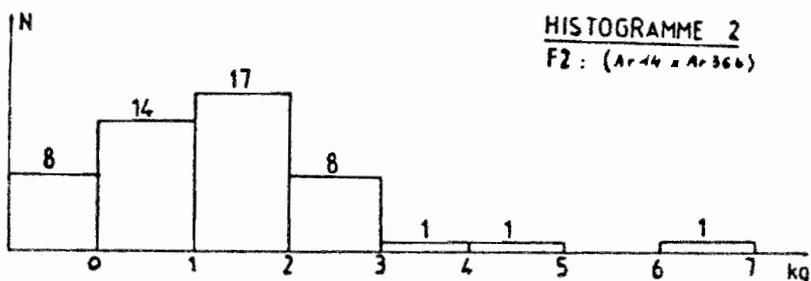
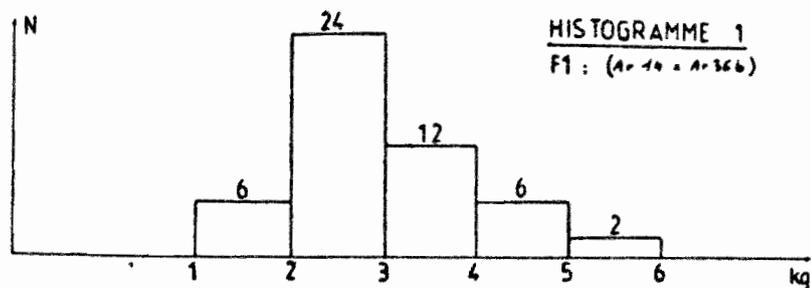
Densité	Catuai	M. Novo	ICATU
7100 pieds/ha.	1180	1220	1400
3600	1460	1360	1470
2400	1370	1300	1200
1800	1410	1180	1100
1200	890	900	690

Les meilleurs rendements sont obtenus à la densité 3600 pieds / ha, soit à l'écartement 2.50 m x 1.10 m.

Les chiffres de production sont tout à fait comparables à ceux des bons clones Robusta.

En Côte d'Ivoire nous avons montré que la vigueur hybride s'exprime entre toutes les origines étudiées par rapport aux autofécondations qui sont très chétives. En F2, des disjonctions classiques sont enregistrées. Ces dernières fournissent quelques beaux arbres avec des productions suivies non négligeables. résultats sont illustrés ci-dessous par un exemple de combinaison :

Figure 1 :
 Histogramme de production
 à la 3ème récolte de la
 combinaison 14 x 36b
 en F1 et en F2.

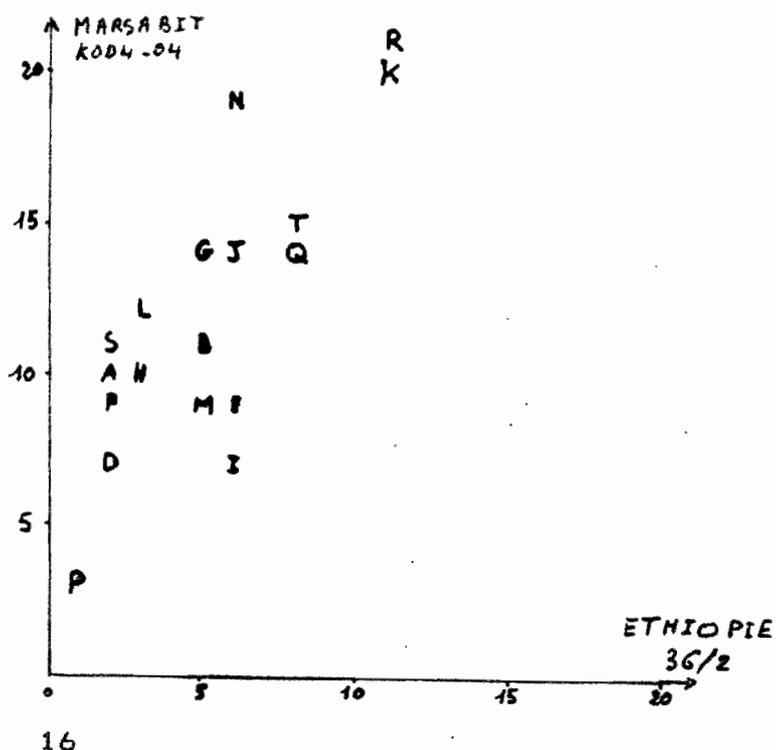


Dans la F1 citée, deux arbres produisent de 5 à 6kg de cerises sur le cumul de trois récoltes tandis que dans la F2 on trouve un individu supérieur au meilleur F1, par contre 78% des arbres ont une productivité inférieure à la moyenne de la F1, et 22 arbres sur 50 n'ont rien produit. (retour aux formes parentales).

Dans nos conditions de robustaculture, les deux meilleurs pieds ont produit 2kg de café marchand sur 3 ans.

Des différences génétiques en combinaison existent entr'origines. Sur la figure 2 on a représenté le graphique de régression à parents constants (éthiopien 36/2 et K004-04 du Kenya) que l'on a croisé en couple avec plusieurs origines de la collection (lettres alphabétiques).

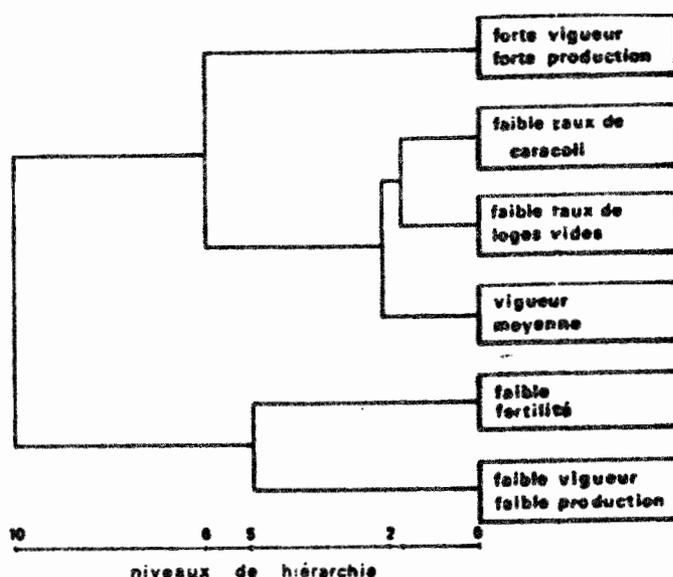
Figure 2 :
 Note de fructification
 sur F1 Arabica.
 Régression à
 parents constants.



Les effets génétiques se remarquent très facilement pour le caractère de fructification étudié. D'une part sur les parents variables, les origines donnant les meilleurs F1 sont R et K. D'autre part, on constate qu'entre les parents constants, le géniteur K004 - 04 est nettement supérieur à l'éthiopien 36/2.

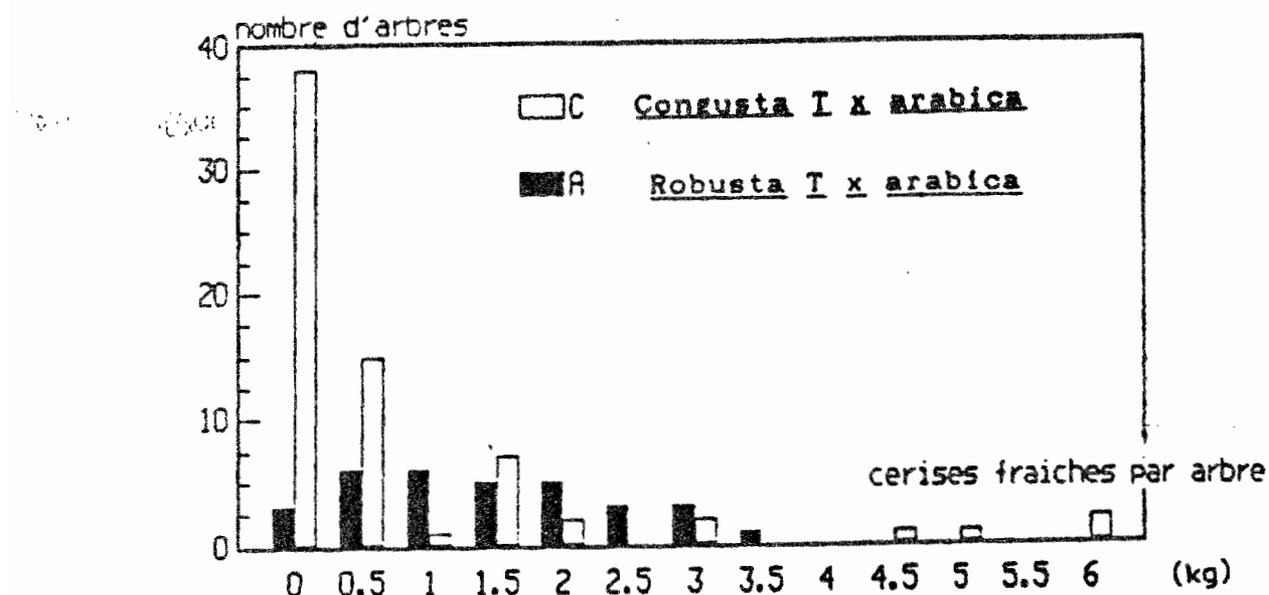
Si l'on examine les relations entre la fertilité, la vigueur, et la production, il ressort qu'il y a une corrélation forte entre ces caractères. Les meilleures estimations de la productivité peuvent donc se faire par des tests précoces sur l'observation de la vigueur au champ (voir figure 3).

Figure 3 : Analyse hiérarchique des caractères



Concernant les hybrides interspécifiques du type Arabusta, il a été déjà prouvé que les géniteurs, en particulier *C.arabica* ont une grande influence sur leurs productivités. Signalons en outre que les effets "combinaisons interspécifiques" ont aussi leur importance tel que nous le voyons sur le graphique qui suit.

Figure 4 : Histogrammes de production de deux types d'Arabusta.



La comparaison des histogrammes de production met bien en évidence une plus grande hétérogénéité dans la production des hybrides "3 voies" (C.arabica x Congusta T) par rapport à l'Arabusta au sens strict. Dans la combinaison "3 voies" il existe une majorité d'arbres à très faible production, mais quelques arbres arrivent à doubler la production des meilleurs Arabusta.

9) CONCLUSION SUR LES AFFINITES GENIQUES

Tous ces résultats font ressortir que l'espèce C.arabica est affine avec les autres caféiers. Tous les caféiers dérivent du même génome de base. Les affinités géniques peuvent varier suivant les espèces considérées. Les espèces les plus affines avec C.arabica sont C.eugenioides et C.congensis. Ce dernier est intermédiaire entre C.arabica et C.canephora.

Il n'existe pas vraiment de barrière à l'hybridation interspécifique de l'espèce. Tous les croisements réussissent. Cependant l'utilisation de C.arabica comme géniteur mâle pour faire des triploïdes n'a jamais donné de succès.

Le comportement génique et cytologique rappelle celui d'une plante allotétraploïde avec deux génomes constitutifs possédant quelque homéologie (bivalents chez les dihaploïdes).

L'exploitation des relations d'affinité est tentée à travers les hybrides interspécifiques après restauration de la fertilité. Les hybrides obtenus présentent généralement à la méiose des répartitions chromosomiques déséquilibrées qui résultent de mauvais appariements entre les chromosomes des génomes confrontés.

De meilleurs comportements méiotiques des hybrides sont attendus soit par une régulation génique (effet Congensis par ex) soit par des générations successives (F2, F3, ou back-cross). Ils devraient améliorer parallèlement l'équilibre végétatif, la fertilité et la productivité.

F) SCHEMAS DE SELECTION DANS LES PAYS PRODUCTEURS D'ARABICA.

Les principaux objectifs des programmes de sélection des pays producteurs d'Arabica sont : (voir en annexe)

- La production.
- La rusticité.
- La régularité de production.
- Des qualités commerciales et organoleptiques du café.
- Les résistances aux maladies (Hemileia vastatrix, Colletotrichum coffeanum :CBD) et parasites (mineuses des feuilles).
- Des résistances ou tolérances aux nématodes. (Meloidogyne, Heterodera)

Les premiers cultivars introduits dans ces pays ont donné en général satisfaction du point de vue adaptation et production. Mais comme ils dérivait d'un tout petit nombre de génotypes au départ, ils ont montré la même sensibilité face aux rouilles et au CBD. La rouille orangée a anéanti, de manière périodique, complètement la production des régions à arabica culture. Faces à ces problèmes de maladies graves, tous les pays producteurs ont cherché à obtenir des cultivars résistants aux rouilles, puis au CBD.

Au niveau international, un centre d'étude des rouilles des caféiers a été créé en dehors des zones de caféiculture au Portugal (CIFC à Deiras) pour harmoniser les luttes contre ce champignon. Plusieurs stratégies ont été tentées pour le combattre. Aujourd'hui on cherche à combiner les résistances spécifiques (résistance verticale) et les résistances non spécifiques (résistance horizontale). La résistance spécifique protège la population tandis que la résistance non spécifique garantit chaque plante individuellement.

Les premiers travaux de sélection ont consisté à isoler des génotypes possédant une ou plusieurs caractéristiques intéressantes. Parmi les plus conséquents on peut citer :

- Le Caturra : variété naine, du Brésil.
- Le Mondo Novo mutant productif résistant à la rouille, du Brésil.
- L'hybride de Timor: hybride interspécifique naturel entre C.arabica x C.canephora rétrocroisé une ou deux fois par C.arabica; apparu spontanément à l'île Portugaise de Timor. Il combine des résistances au CBD et à la plupart des races de rouilles (résistance spécifique).
- Le Rume Sudan, trouvé au Soudan est le meilleur géniteur pour apporter la résistance au CBD (homozygote).

Les schémas de sélection appliqués dans les pays producteurs d'Arabica (voir en annexe) sont tous semblables. Les principales remarques qu'on peut faire sur ces schémas sont :

- Ils utilisent tous la variété Caturra pour la petite taille des arbres et la production.
- La résistance spécifique aux maladies est introduite à partir des espèces diploïdes C.canephora ou C.liberica par rétrocroisements de l'hybride interspécifique (Arabusta au sens strict ou au sens large) qui sert de relais de transfert de résistance.
- La diffusion se fait par graines. Les plantes cultivées ne sont plus des lignées pures, mais des mélanges composites de génotypes apparentés performants.

On peut reprocher à ces schémas de ne pas exploiter la variabilité naturelle en collection de l'espèce C.arabica, ni des autres espèces, d'être long, et enfin de ne pas profiter de l'hétérosis maximum qui s'exprime dans les F1 (absence de clonage ou de fabrication industrielle de F1 par graines).

6) SCHEMA DE SELECTION DE L'ARABICA PROPOSE POUR LA R.C.I..

Ce chapitre semble un peu contredire toutes les idées reçues à propos de la culture d'Arabica pour la Côte d'Ivoire. Nous avons vu que plusieurs facteurs nouveaux sont propices pour proposer un tel schéma (voir en annexe) :

- Il est possible d'exploiter la variabilité naturelle des caféiers et surtout de C.arabica pour trouver des géotypes qui combinent des gènes favorables à la culture en basse altitude.

- L'utilisation des affinités géniques avec les autres espèces par des "espèces pont" et des "hybrides relais". Elle permet de profiter de la variabilité naturelle des espèces diploïdes de la collection de Côte d'Ivoire unique au monde, pour améliorer le café des pays, producteurs traditionnels, de Robusta.

- La vigueur est une condition déterminante d'adaptation et de production. Nous combinerons trois éléments pour l'obtenir:

- + les effets génétiques;
- + la vigueur hybride et la sélection pour la basse altitude en F1 ou en F2, F3;
- + le greffage sur Arabusta (excellente adaptation au sol et résistance aux nématodes).

Ce schéma original pour la Côte d'Ivoire permet de déboucher sur des clones à diffuser par greffage sur Arabusta. Le clonage sera-t-il plus cher que la multiplication par graines? ce n'est pas sûr, car les techniques modernes par culture in vitro déjà au point, laissent espérer dans un bref délai une extension de l'application du clonage. Par ailleurs c'est la technique de multiplication la plus sûre et la plus rationnelle d'individus sélectionnés : il ne viendrait jamais à l'idée des arboriculteurs des pays tempérés de reproduire leurs variétés autrement que par greffage (ex: pommiers, poiriers, pêcher etc...).

Le schéma offre en plus l'avantage avec le clonage d'être efficace immédiatement par multiplication de géotypes performants repérés dans n'importe quelles descendance. Actuellement, nous sommes en mesure de reproduire plus d'une trentaine d'arbres Arabica issus de F1, F2, et F3. Des back-cross 1 et 2 issus d'Arabusta au sens large (avec C.canephora, C.liberica, C.congensis et Congusta) sont également en cours de réalisations, pour permettre de trier des arbres similaires aux ICATU Brésiliens.

H) CONCLUSION

A la question de savoir si la prospection de l'Arabica en Ethiopie par l'ORSTOM profitera aux pays tropicaux francophones producteurs de Robusta, la réponse est oui. L'éclatement à la variabilité naturelle a montré qu'on pouvait isoler des individus intéressants pour la basse altitude. Les premiers génotypes isolés peuvent déjà servir dans les régions vallonnées de moyenne altitude comme à Man. Nos premiers essais sans greffage auprès de Divo ont produit deux années de suite l'équivalent de 1t / ha / an (extrapolé à partir de 100 pieds). Le café produit est bon, mais des études complémentaires sont à réaliser surtout en ce qui concerne les attaques des borers.

Pour l'Arabusta, les objectifs fixés de production de l'hybride au sens strict (fait par C.canephora) n'ont pas été atteints. Mes études montrent cependant qu'il existe d'autres Arabusta au sens large dont certains fonctionnent moins bien (ceux faits par C.liberica), et d'autres mieux (ceux faits par C.congensis). Les espoirs les plus sérieux sont obtenus avec les Arabusta faits par Congusta. L'exploitation de la variabilité de ces hybrides permet d'accéder à un fonctionnement biologique satisfaisant presque identique à celui du C.canephora cultivé.

Il est maintenant certain que les travaux menés sur le programme Arabusta n'auront pas été inutiles. Nous avons vu que l'Arabusta est un très bon porte-greffe. De même l'avance scientifique pour la réalisation de collection, ou la création de toutes sortes d'hybrides (2x, 4x...) et d'Arabusta au sens large va servir dans de nouveaux programmes d'amélioration pour la Côte d'Ivoire, dont celui proposé pour l'Arabica.

Dans la voie tétraploïde, à la lumière de nos connaissances actuelles sur les cafés, les meilleures chances de succès pour améliorer la qualité et la productivité du café paraissent orientées vers la fabrication de clones sélectionnés en Côte d'Ivoire, ayant une structure génétique voisine des ICATU Brésiliens. Différentes voies de réalisation d'un tel projet sont mises à l'épreuve à l'ORSTOM et à l'IRCC en Opération Conjointe. Elles devraient déboucher sur la vulgarisation dans les dix prochaines années.

Ces résultats sont certainement des plus encourageants pour la Côte d'Ivoire et surtout pour les petits planteurs des montagnes de moyenne altitude, qui bénéficieront les premiers de cette recherche. De plus au niveau national cette culture rend possible la diversification des productions agricoles de rentes sans concurrencer le Robusta, mais en remplaçant l'Arabusta au sens strict dont on espérait tant.

I) BIBLIOGRAPHIE UTILISEE

- AUBRESPY, G., 1987.- La caféine: Utilisations thérapeutiques et dosages biologiques. Thèse Doct. Pharmacie, Aix-Marseille 44 p..
- BERTHAUD, J., 1976.- Etude cytogénétique d'un haploïde de C. arabica. Café Cacao Thé, 20, 91-96.
- BERTHAUD, J., 1986. - Les Ressources génétiques pour l'amélioration des caféiers africains diploïdes. Evaluation de la richesse génétique des populations sylvestres et de ses mécanismes organisateurs. Conséquences pour l'application. Travaux et documents de l'ORSTOM, Paris, 379 p..
- BERTHAUD, J., GUILLAUMET, J.L., LE PIERRES, D., LOURD, M., 1980.- Les caféiers sauvages du Kenya : prospection et mise en culture. Café Cacao Thé. 24, 101 - 112.
- BERTHOU, F., TROUSLOT, P., HAMON, S., VEDEL, F., QUETIER, F., 1980 - Analyse en électrophorèse du polymorphisme biochimique des caféiers: variation enzymatique des dix-huit populations sauvages: C. canephora, C. eugenioides et C. arabica. Café Cacao Thé, 24, 313-326.
- BERTHOU, F., MATHIEU, C., VEDEL, F., 1983. - Chloroplast and mitochondrial DNA variation as indicator of phylogenetic relationships in the genus Coffea L. Theor. Appl. Genet., 65, 77-84.
- BETTENCOURT, A.J., LOPES, J., GODINHO, I.L., 1980.- Genetic improvement of coffee. Transfer of factors for resistance to Hemileia vastatrix into high yielding cultivars of Coffea arabica. ASIC, 9 e coll., Londres, - .
- BOUHARMONT, J., 1959. - Recherche sur les affinités chromosomiques dans le genre Coffea. Publ. INEAC, Série Scientifique, 77, 94 p..
- CAPOT, J., 1972. - L'amélioration du caféier en Côte d'Ivoire. Les hybrides "Arabusta". Café Cacao Thé, 16, 3 - 18.
- CARVALHO, A., MONACO, L.C., 1968. - Relaciones geneticas de especies seleccionadas de Coffea. Café, Lima, 4, 3 - 19.
- CARVALHO, A., MONACO, L.C., VAN DER VOSSEN, H.A.M., 1976. - Cafe ICATU come fonte de resistencia a Colletotrichum coffeanum. Bragantia, 35, 28, 343 - 347.
- CARVALHO, A., MONACO, L.C., FAZUOLI, L.C., 1978. - Melhoramento do cafeeiro XXXIX - produtividade e características de progenies s2 e s3 de Mundo Novo e Bourbon Amerelo e de híbridos entre essas cultivares. Bragantia, 37, 129 - 138.
- CASTILLO, J.G., MORENO, G., 1980. - Selection of derived breeding from Timor Hybrid in the obtainment of better coffee varieties for Columbia. ASIC, 9 e coll. Londres, - .

CHARRIER, A., 1977. - La structure génétique du genre Coffea; ses conséquences pour l'amélioration des caféiers cultivés. ASIC, 8e coll. Abidjan, 399 - 405.

CHARRIER, A., 1978. - La structure génétique des caféiers spontanés de la région malgache (Mascarocoffea). Leurs relations avec les caféiers d'origine africaine (Eucoffea). Mémoires ORSTOM, Paris, 87, 223 p..

CHARRIER, A., BERTHAUD, J., 1975. - Variation de la teneur en caféine dans le genre Coffea. Café Cacao Thé, 19, 251 - 264.

CHARRIER, A., BERNARD, M., 1981. - Hybridation interspécifique et amélioration des plantes. III Amphiploïdes et formes introgressives. C.R.A.d'Agriculture de France, pp 1025-1040, 16 p..

CHARMETANT, P., LE PIERRES, D., YAPO, A., 1985. - La diversification génétique des Arabusta : Bilan de deux campagnes d'hybridation en Côte d'Ivoire. ASIC, 11 e coll. Lomé, 435 - 440.

CHEVALIER, A., 1947. - Les caféiers du globe. III. Systématique des caféiers et faux caféiers. Maladies et insectes nuisibles. Encycl. biologique, 28, Fas. III, Paul Lechevalier, Paris, 356 p..

CHINNAPPA, C.C., 1968. - Interspecific hybrids of Coffea canephora and C.arabica. Curr. Sci., 37, 676 - 677.

COSTE, R., 1968. - Les caféiers. G.P. Maisonneuve ed. Larose, 310 p..

CRAMER, P.J.S., 1957. Review of literature of coffee research in Indonesia. Edited by F.L. Wellman. SIC Editorial Int. American Inst. of Agric. Sciences, Turrialba, Costa Rica, 262 p..

DEMARLY, Y., 1975. - Amélioration du caféier liée aux progrès génétiques. ASIC, 7 e coll. Hamburg, 423 - 435.

Direction Générale des Douanes, 1986. - Statistiques du Comm.Ext., in CCT 1988, 32, p 85.

FAO . 1986 Annuaire de la production en 1986. in C.C.T 1988 vol.32, P.84

F.A.O, 1986. - Annuaire de la production en 1986. in CCT 1988, 32, p.84.

FERNIE, L.M., 1966. - Impression on coffee in Ethiopia. Kenya coffee, 31, 115-121.

GRASSIAS, M., 1980. - Etude de la fertilité et du comportement méiotique des hybrides interspécifiques tétraploïdes Arabusta. Thèse 3 e cycle, Paris-Sud Orsay, 108 p. et annexes.

GUILLAUMET, J.L., HALLE, F., 1967. - Etude de la variabilité du Coffea arabica dans son aire d'origine. Rapp. multig., ORSTOM, Adiopodoumé Côte d'Ivoire, 54 p..

- I.R.C.C., 1988. - Rapport d'activité 1987 en Côte d'Ivoire. Bingerville Côte d'Ivoire.
- KAMMACHER, F., CAPOT, J., 1972. - Sur les relations caryologiques entre Coffea arabica et C.canephora. Café Cacao Thé, 16, 289-294.
- KRUG, C.A., MENDES, A.J.T., 1940. - Cytological observations in Coffea. Journal of Genetics, 39, 189-203.
- LEBRUN, J., 1941. - Recherches morphologiques et systématiques sur les caféiers du Congo. Mém., 11, 3, Inst. Royal Colonial Belge. 184p.
- LE PIERRES, D., 1982. - Obtention de souches de Coffea arabica mieux adaptées aux conditions écologiques de la basse altitude. ASIC, 10 e coll. Salvador, 401-406.
- LE PIERRES, D., 1982. - Perspectives offertes par quelques nouveaux hybrides interspécifiques fertiles Coffea arabica x C.spp. pour l'amélioration des caféiers de basse altitude. ASIC, 10 e coll. Salvador, 579-582.
- LE PIERRES, D., 1985. - Relations entre la vigueur, la fertilité et la production des Arabusta. ASIC, 11 e coll. Lomé, 427 - 434.
- LE PIERRES, D., 1987. - Considérations sur les incompatibilités de greffe pour la culture des caféiers. ASIC, 12 e coll. Montreux, 8 p.
- LEROY, J.F., 1967. - Recherches sur les caféiers. Sur la classification biologique des caféiers et sur l'origine et l'aire du genre Coffea. C. R. A. S., Paris, 265, 1043 - 1045.
- LEROY, J.F., 1980. - Evolution et taxogénèse chez les caféiers. Hypothèse sur leur origine. C. R. A. S., Paris, 291, 593 - 596.
- LEROY, J.F., 1982. - L'origine kényane du genre Coffea et la radiation des espèces de Madagascar. ASIC, 10 e coll. Salvador, 413 - 420.
- LOUARN, J., 1976. - Hybrides interspécifiques entre Coffea canephora Pierre et C.eugenioides Moore. Café Cacao Thé, 20, 33 - 52.
- LOUARN, J., 1975 - 1987. - Rapports d'activité en Côte d'Ivoire. ORSTOM Adiopodoumé.
- MEDINA, D.M., 1963. - Microsporogénèse em um híbrido triplorde de Coffea racemosa x C.arabica. Bragantia, 22, 299 - 318.
- MAYR, E., 1974. - Populations, espèces et évolution. Ed. Hermann Paris, 496 p.
- MEYER, F.G., FERNIE, L.M., NARASIMHASWAMY, R.L., MONACO, L.L.C., GREATHED, D.J., 1968. - FAO Coffee Mission to Ethiopia 1964-1965, FAO Rome, 200 p.

- MONACO, L.C., 1968.- Considerations on the genetic variability of Coffea arabica populations in Ethiopia. in FAO coffee mission to Ethiopia, FAO Rome, 49-69.
- MONACO, L.C., CARVALHO, A., 1975.- Coffee breeding for leaf rust resistance. ASIC, 7 e coll. Hambourg, 437-445.
- MORENO, G., CASTILLO, J., 1987. - La variété Colombia : Un nouveau cultivar de Coffea arabica de type composite résistant à Hemileia vastatrix Berk. et Br.. ASIC, 12 e coll. Montreux, 12 p..
- NORONHA WAGNER, M., BETTENCOURT, A.J., 1967. - Genetic study of the resistance of Coffea sp. to leaf rust. Identification and behaviour of four factors conditioning disease reaction in Coffea arabica to twelve physiologic races of Hemileia vastatrix. Can. J. Bot., 45, 2012-2031.
- O.I.C., 1988.- Quaterly Statistical Bulletin. in CCT 1988, 32 ,p 85.
- OROZCO, F.J., 1980. - Utilization of the triploid hybridization coffee programmes. ASIC 9 e Coll. Londres, - .
- OWUOR, J.B.O., VAN DER VOSSSEN, H.A.M., 1980.- Interspecific hybridization between Coffea arabica L. and tetraploid C. canephora P. . Fertility in F1 hybrids and backcrosses to C. arabica. Euphytica, 30, 861-866.
- FORTERES, R., 1937. - Etude sur les caféiers spontanés de la section Eucoffeea. Annales agricoles de l'Afrique occidentale et étrangères. Répartition, habitat, 1, 1, 68-91. Espèces, variétés, formes, 1, 2, 219-263.
- FORTERES, R., 1946.- Action de l'eau après une période sèche sur le déclenchement de la floraison chez Coffea arabica L.. Agronomie tropicale, 3-4, 148-18.
- SYBENGA, J., 1960. - Genetics and cytology of coffee. A literature review. Bibliographia Genetica, 19, 217-316.
- SYLVAIN, P.G., 1958.- Ethiopian coffee. Its significance to the world coffee problems. Econ. Bot., 12, 111-139.
- THOMAS, A.S., 1942. - The wild arabica coffee on the Boma plateau, Anglo-Egyptian Sudan. Empire Journal of Experimental Agriculture, 10, 207-212.
- TOSTAIN, S., LE PIERRES, D., 1978.- Etude de croisements contrôlés entre différentes origines de Coffea arabica. in Etude de la structure et de la variabilité génétique des caféiers. Bulletin IFCC, 14, ORSTOM/IFCC, 78 - 88.
- VAN DER VOSSSEN, H.A.M., 1974 - Plant breeding. in Annual Report of the Coffee Research Foundation Kenya, Ruiru, 5, 37-53.

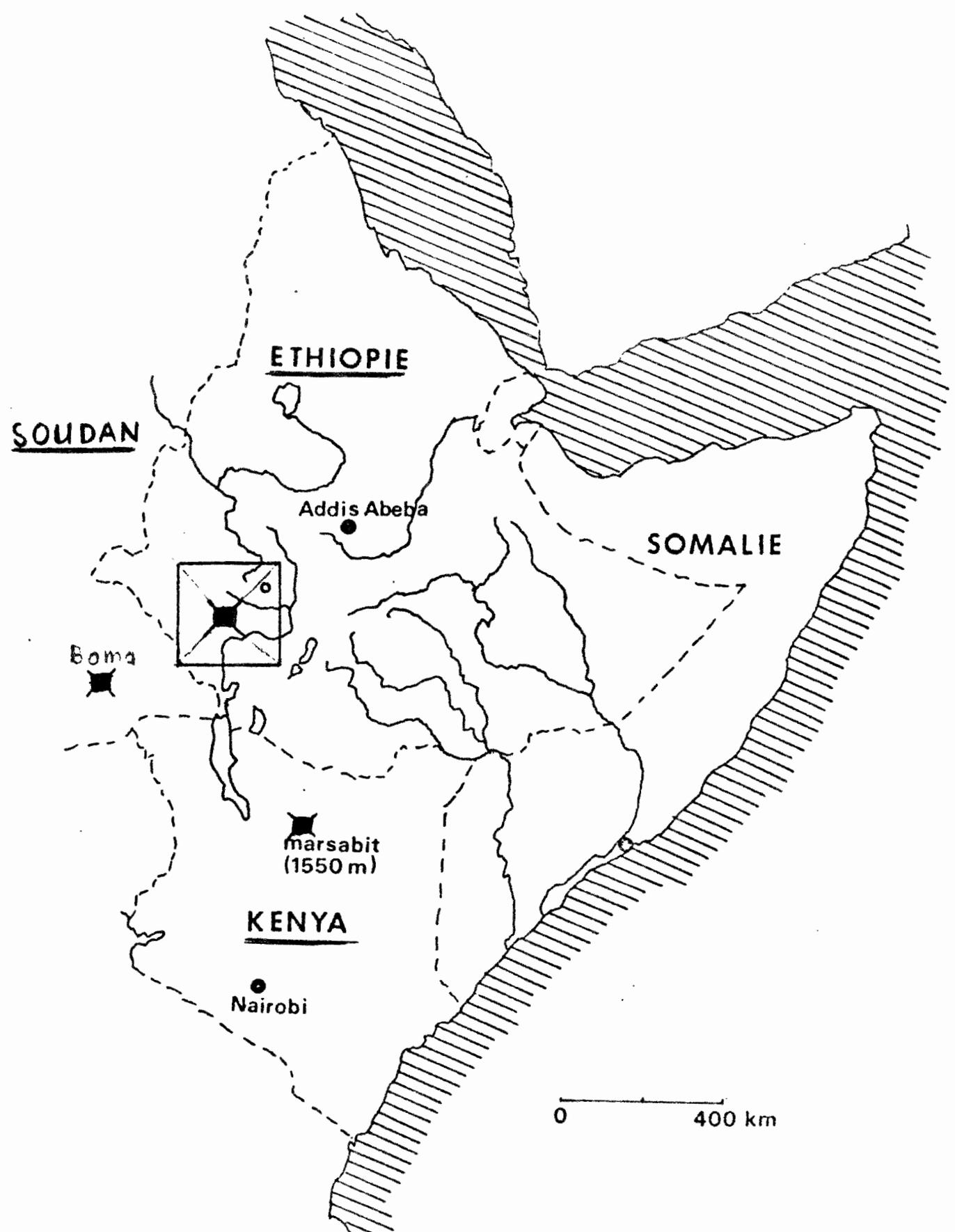
WALYARD, D.J., VAN DER VOSSEN, H.A.M., 1977. - Pollen longevity and artificial cross - pollination in Coffea arabica L.. Euphytica, 26, 225-231.

WALYARD, D.J.A., 1983. - Considerations in breeding for improved yield and quality in arabica coffee (offea arabica).

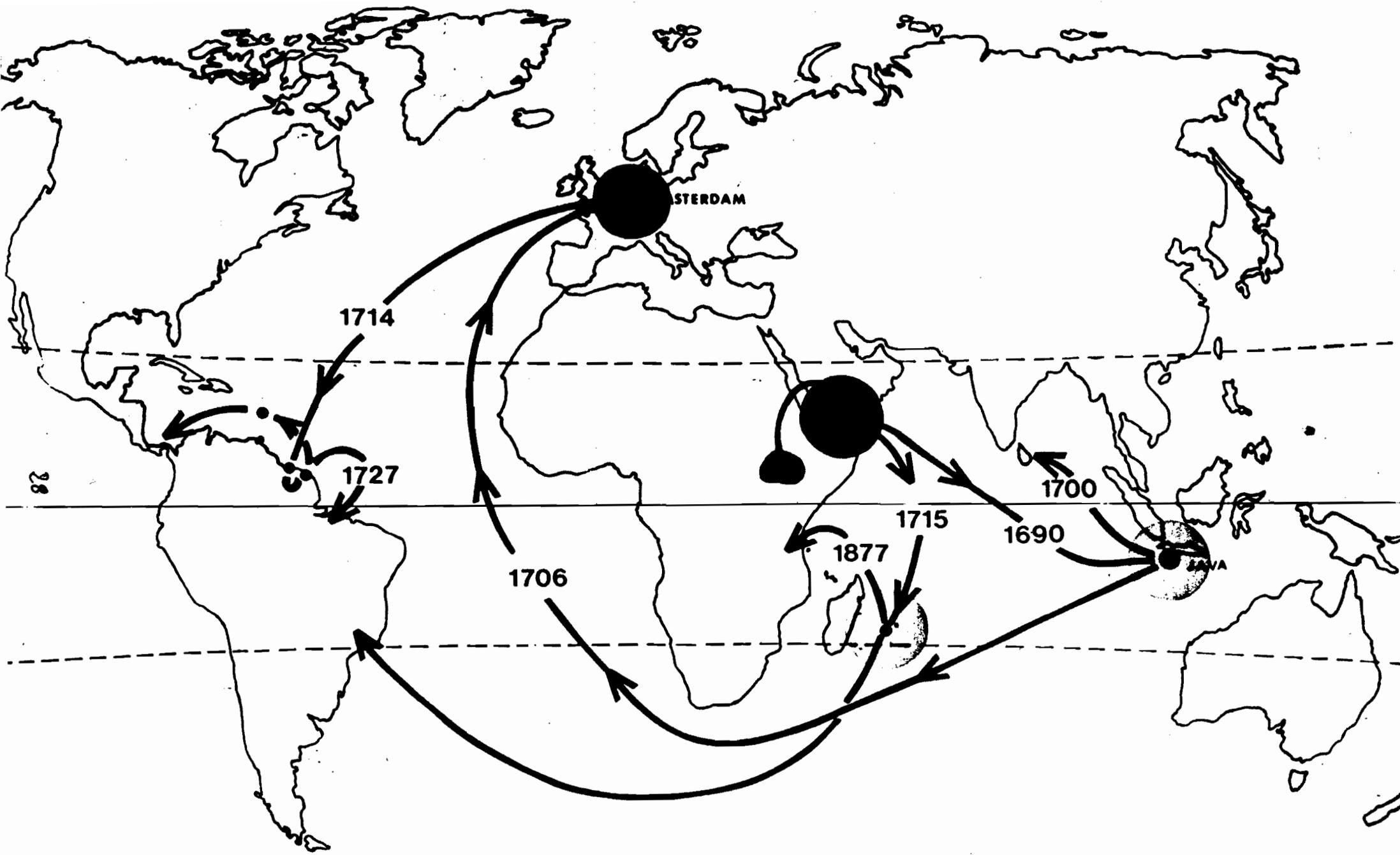
YAPO, A., 1987. - Influence du sens du croisement sur la fertilité et le comportement végétatif des hybrides Arabusta. ASIC, 12 e coll. Montreux, 9 p..

YILMA, Y.B., 1987. - Improvement of productivity through better cultivation methods with reference to close spacings planting coffe arabica. Sém. OAIC Yamoussoukro mai 1987, 25 p..

Carte 1
l'origine de l'Arabica

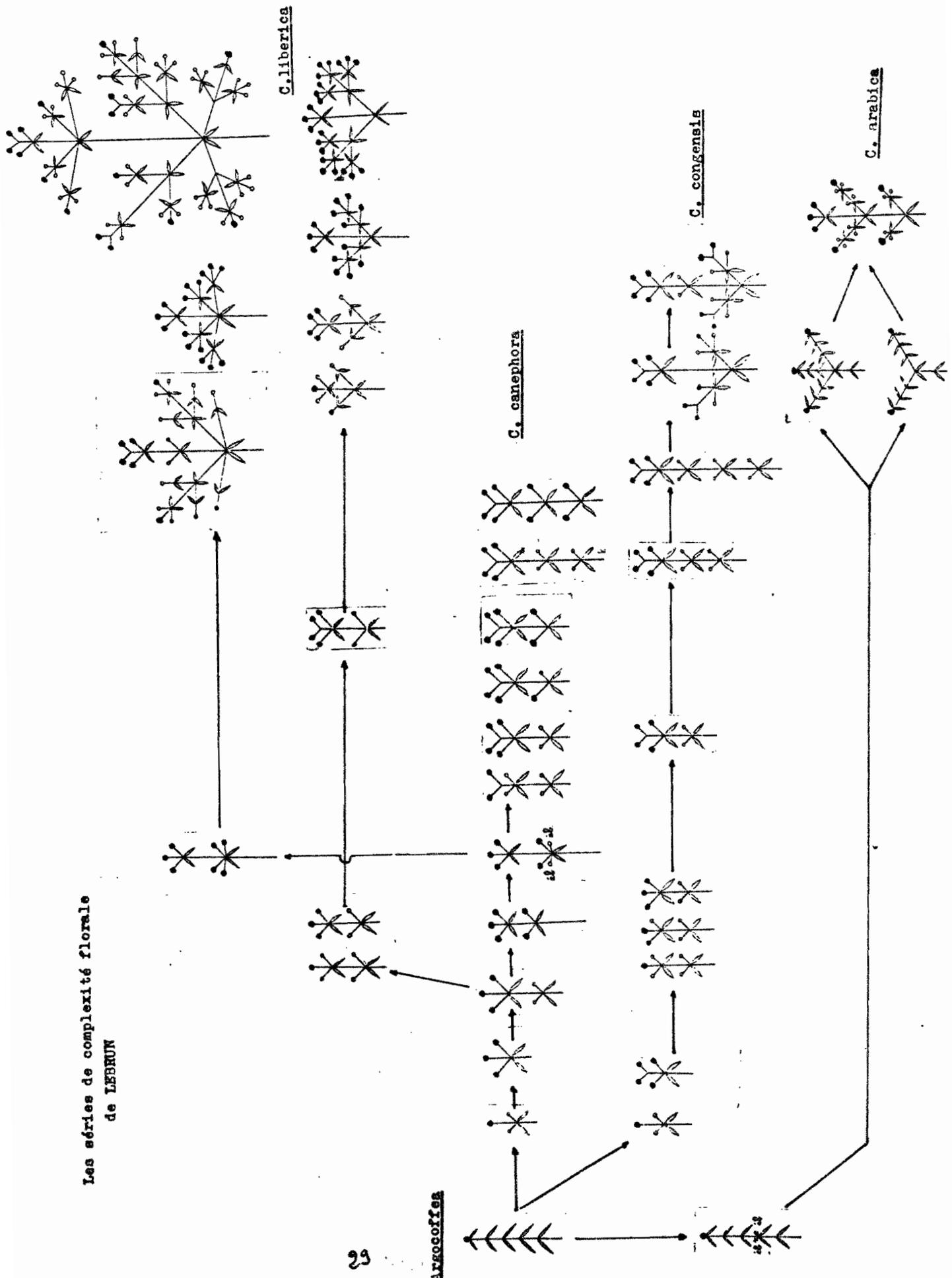


■ Aires d'origine du Coffea arabica

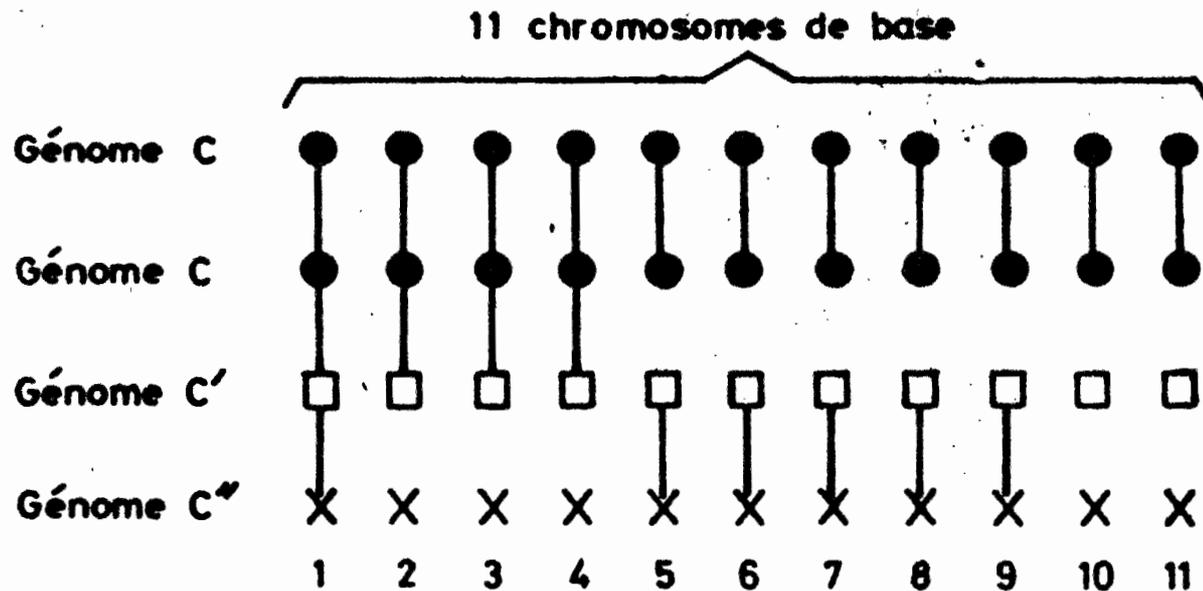


11 Carte 2. Histoire de la mise en culture de l'Arabica
 (Berthaud et Charrier)

Les séries de complexité florale
de LEBRUN



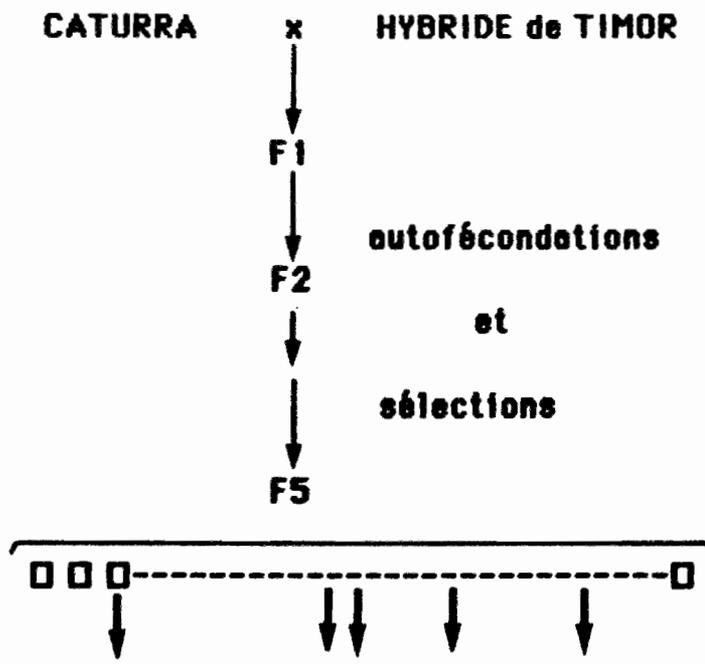
30



→ C C = Canephora
 C' C' C'' C'' = Arabica
 C C C' C'' = Arabusta

Les homologues chromosomiques entre
les 44 chromosomes de l'ARABUSTA
 (d'après Demarly)

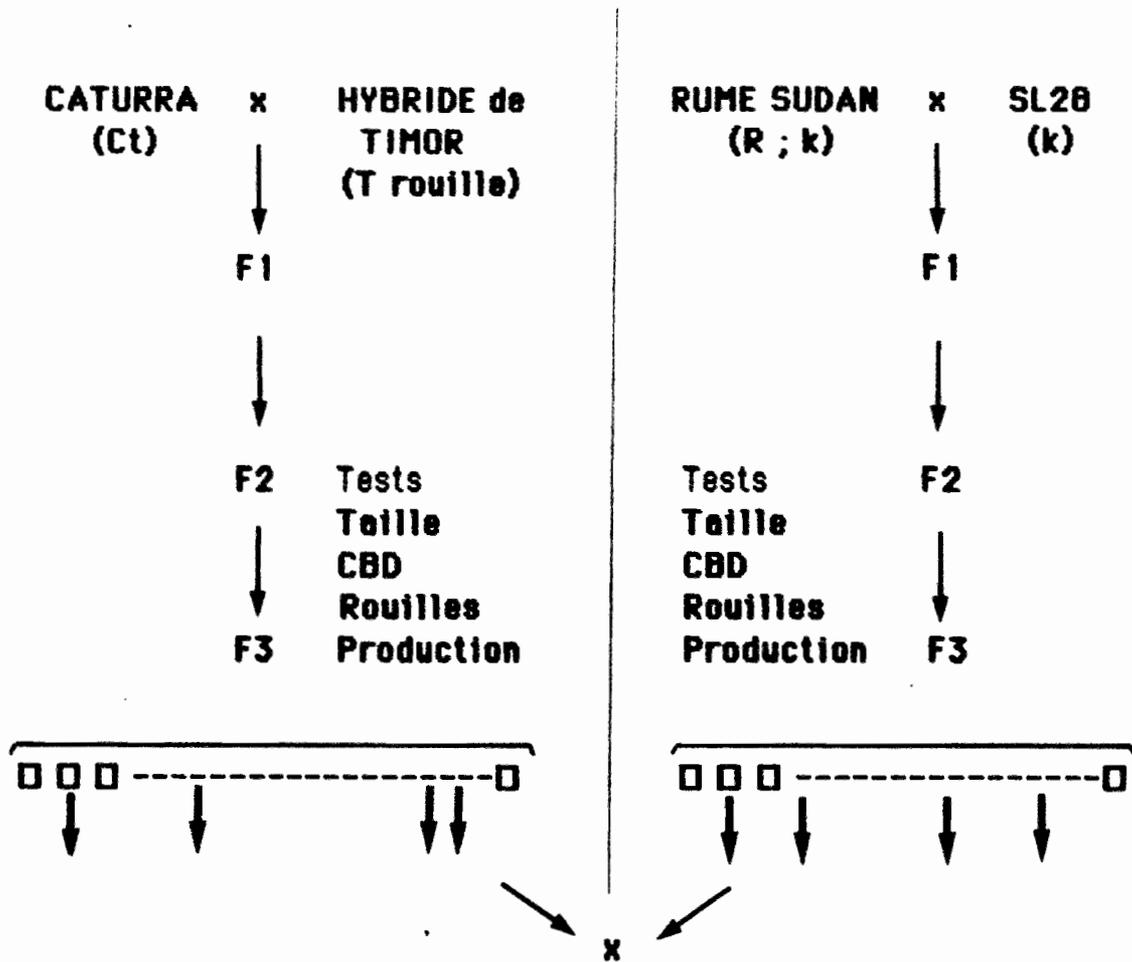
SCHEMA DE SELECTION DE L'ARABICA EN COLOMBIE



**VARIÉTÉ
C O L O M B I A**

**COMPOSITE DES MEILLEURES DESCENDANCES
EN MELANGE DE SEMENCES**

SCHEMA DE SELECTION DE L'ARABICA AU KENYA

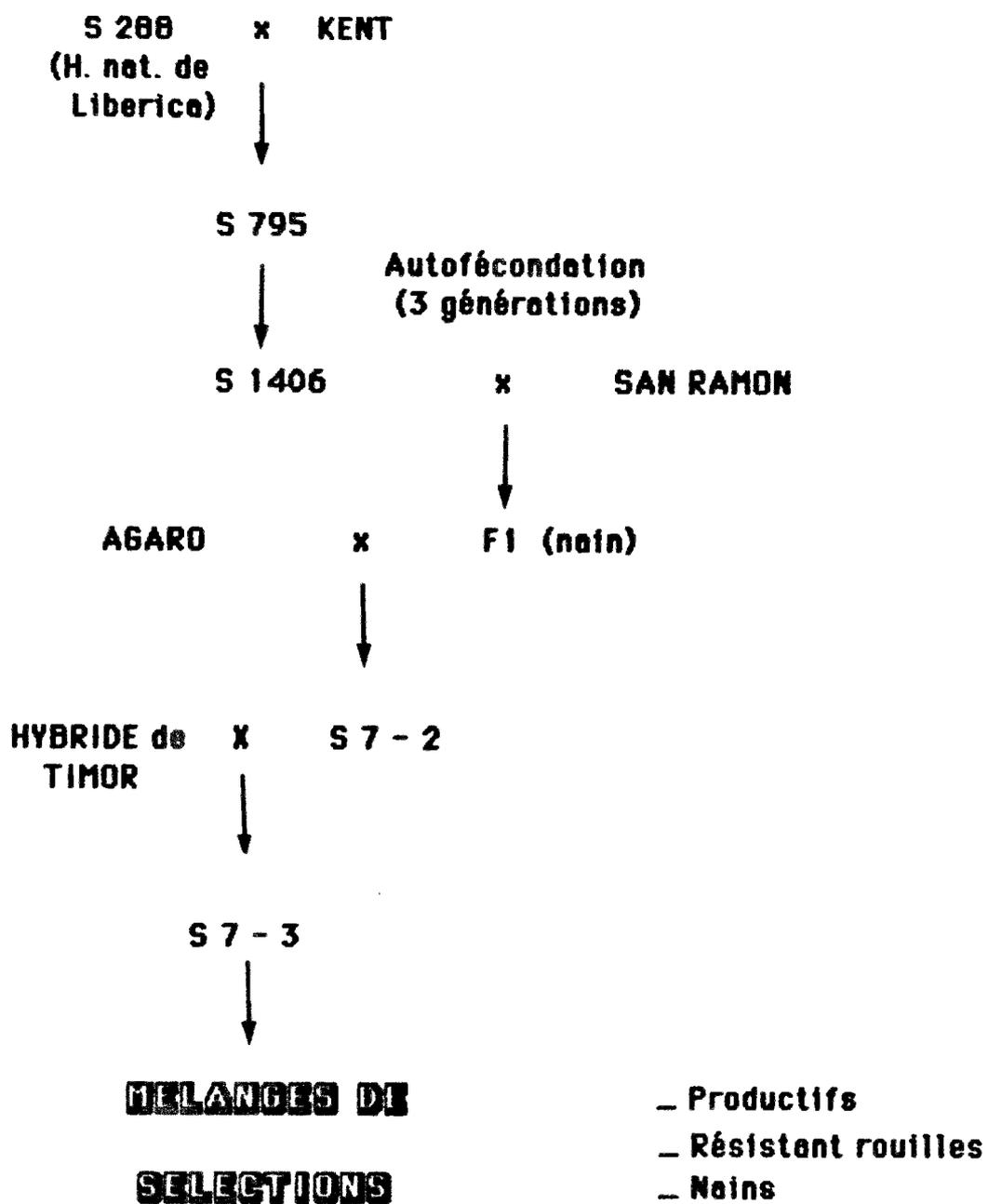


**VARIETE
HYBRIDE**

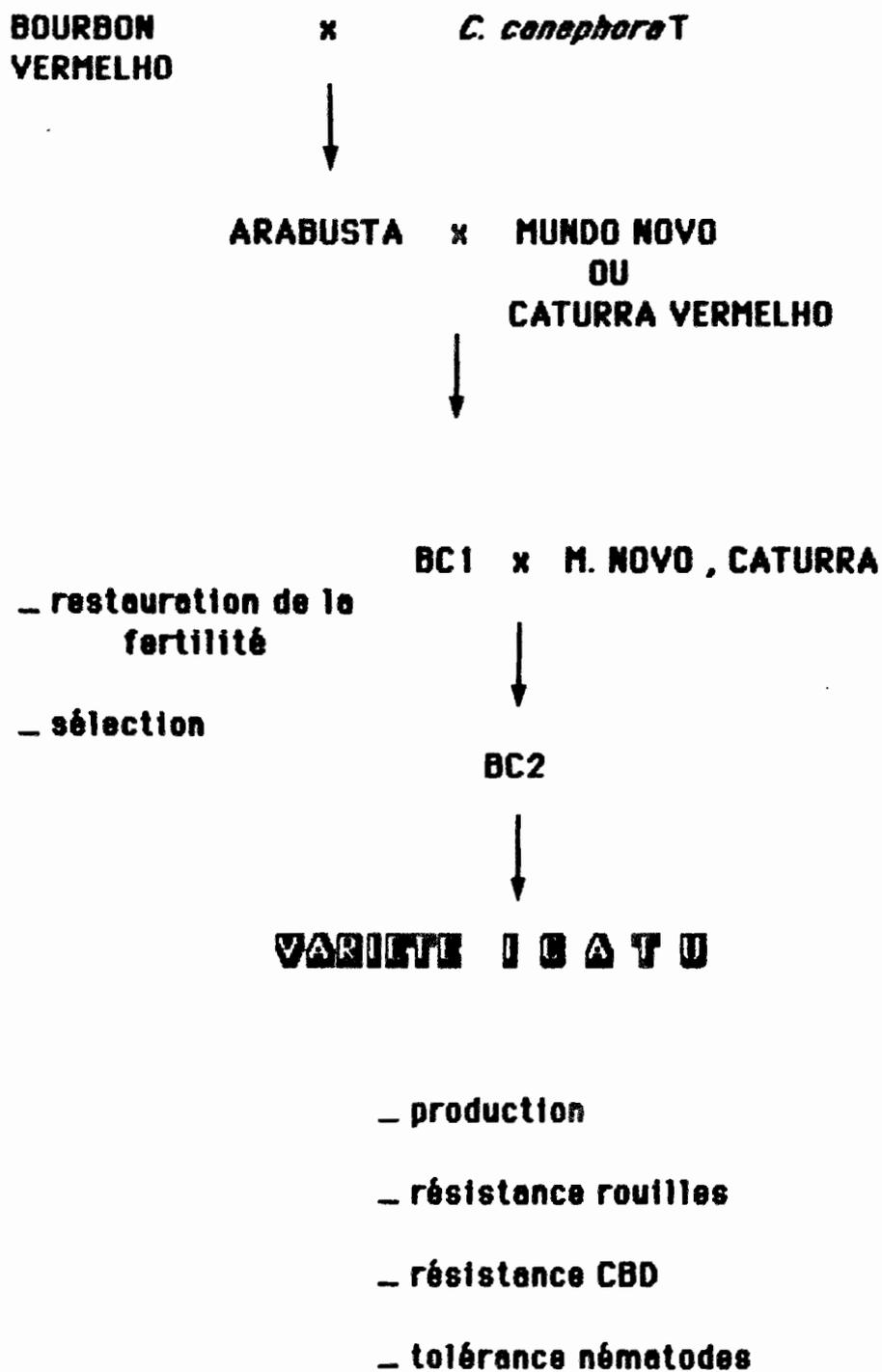
- Production
- Naine
- Résistance CBD
- Résistance rouilles

SCHEMA DE SELECTION DE L'ARABICA EN INDE

(1 exemple)



SCHEMA DE SELECTION DE L'ARABICA AU BRESIL



**PROPOSITION D'UN SCHEMA DE SELECTION
 POUR LES CAFEIERS ARABICA EN COTE D'IVOIRE
 BASE SUR LA SELECTION EN BASSE ALTITUDE (SBA)**

