

EVALUATION DE LA FERTILITE FEMELLE DES ARABUSTA PAR LE NIVEAU DE PLOIDIE ET LES GENERATIONS D'HYBRIDES

A. YAPO¹, P. CHARMETANT², H. LEGNATE¹, A. KONAN¹, S. AIDARA¹, B. BONSSON¹,
M. S. TRAORE³ ET J. KELI¹

¹Centre National de Recherche Agronomique (CNRA), BP 440 Man, Côte d'Ivoire

²CIRAD, Campus Agronomique, BP387, 97307 Kourou cedex, France

³Université Peleforo Gon COULIBALY de Korhogo, BP 1328 Korhogo, Côte d'Ivoire

Auteur correspondant : antoine_yapo@yahoo.fr

RESUME

Les hybrides Arabusta sont caractérisés par une faible fertilité exprimée par des taux de caracolis élevés et des taux de loges vides importants induisant des productivités faibles.

Pour une stratégie plus efficace des sélections, il est important de connaître les niveaux de fertilité femelle des différents types de caféiers Arabusta. Ainsi donc, les fertilités femelles de quatre générations (G1, G2, G3, G4) de *Coffea X arabusta* et d'un rétrocroisement (back-cross) sur le parent arabica (BC) ont-elles été observées ainsi que celles de quatre groupes de caféiers de niveaux de ploïdie différents (diploïdes, triploïdes, tétraploïdes et pentaploïdes). Ces fertilités ont été déterminées par 4 paramètres ou estimateurs de fertilité : le taux d'écaïlles, le taux de caracolis, le taux de loges vides et le taux de remplissage des fruits. Les valeurs moyennes de ces estimateurs obtenues chez les générations et le back-cross sont respectivement de : 35,16 % ; 59,70 % ; 30,37 % ; 45,34 %. En ce qui concerne les caféiers de différents niveaux de ploïdie, les valeurs moyennes des 4 estimateurs sont les suivants : taux d'écaïlles 31,66 % ; taux de caracolis 51,26 % ; taux de loges vides 20,13 % et taux de remplissage des fruits 55,33 %.

Les résultats ont montré que la fertilité dépend de deux facteurs : un facteur génétique lié à la fertilité gamétique (écaïlles et caracolis), qui peut s'améliorer au cours des générations et un facteur physiologique lié à la fertilité zygotique (loges vides et fructification ou remplissage des fruits), qui est fortement influencé par l'environnement géo-morpho-climatique. Par ailleurs, le rétrocroisement des Arabusta sur le parent arabica n'est pas envisageable dans le contexte caféicole de Côte d'Ivoire. Enfin, cette étude a permis d'établir les normes d'utilisation des diploïdes, des triploïdes et des pentaploïdes. Ces derniers ont un niveau de fertilité comparable aux tétraploïdes et constituent une voie à explorer.

Mots clés : Hybrides interspécifiques, fertilité femelle, génération.

ABSTRACT

ARABUSTA FEMALE FERTILITY ASSESSMENT BY PLOIDY LEVEL AND HYBRIDS GENERATIONS

Arabusta hybrids are characterized by low fertility expressed by high caracolis levels and high empty box rates inducing low productivity. For a more efficient selection strategy, it's important to know the female fertility levels of the different types of Arabusta coffee. Thus, the four-generation (G1, G2, G3, G4) female fertility of Coffea X arabusta and backcrossing of parent arabica (BC) were observed as well as those of four groups of coffee trees from different ploidy levels (diploid, triploid, tetraploid and pentaploid). These fertilities were determined by four parameters or fertility estimators: rate of scales, rate of peaberries, rate of empty locules and the fruit filling rate. The mean values of these estimators obtained, are respectively of: 35.16 % ; 59.70 % ; 30.37 % ; 45.34 % for generations and back-cross. Regarding the different ploidy levels, the mean values were: rate of scales : 31.66 % ; rate of peaberries : 51.26 % ; rate of empty locules : 20.13 % : rate of filling of fruit: 55.33 %.

The results showed that fertility is associated with two factors : a genetic factor linked to the gametic fertility

(scales and peaberries), which may be improved with generations, and a physiological factor linked to the zygotic fertility (empty locules and fruiting or filling of fruits), which is strongly influenced by the geo-morpho-climatic environment. Similarly, the back-cross of Arabusta on the arabica parent is not possible in the context of Côte d'Ivoire coffee growing. Finally, this study allowed establishing standard use of diploid, triploid and pentaploid. These last ones have a fertility level similar to the tetraploids and represent a way to explore.

Keywords : Interspecific hybrids, female fertility, generation.

INTRODUCTION

Coffea X arabusta est un hybride interspécifique obtenu à partir du croisement de *Coffea arabica* (espèce allotétraploïde) par *C. canephora* tétraploïde (espèce autotétraploïde) (Capot et Aké Assi, 1975). Il se caractérise par une bonne vigueur et un bon comportement en zones caféicoles de Côte d'Ivoire. Il produit un café moyennement chargé en caféine (autour de 2 % de matière sèche) et de bonne qualité organoleptique. Il présente en outre, une bonne granulométrie : poids de 100 fèves supérieur à 20 g et plus de 80 % de grade I.

Toutefois, ces hybrides Arabusta ont une faible productivité (Le Pierres *et al.*, 1985), liée à une fertilité femelle imparfaite, qui se traduit par des taux élevés et relativement stables de grains caracolis (60 %), des taux de loges vides variables mais importants (autour de 30 %) (De Reffye, 1974).

Les loges vides et les grains caracolis sont le résultat du développement anormal de l'ovaire. En effet, après la réalisation de la fécondation, l'ovaire contenant deux ovules, se développe en cerise. Les ovules, dont un au moins est fécondé, évoluent en endospermes. Les

endospermes contenus dans les loges des cerises se transforment en grains ou avortent tardivement. Les avortements tardifs du grain donnent le faciès appelé « loge vide », car la loge qui contient le grain avorté, a les mêmes dimensions que celle qui contient un grain normal. Si un seul des deux ovules est fécondé, la cerise évolue avec un endosperme et une écaïlle correspondant à l'ovule non fécondé. Le seul grain constitué, de forme arrondie, porte alors le nom de « caracoli ».

La présente étude a pour objectif d'évaluer la fertilité femelle des Arabusta de différentes générations d'hybrides, et d'autre part, celle de génotypes de niveau de ploïdies différents. Il s'agit d'apprécier, à travers l'estimation des taux d'écaïlles, de caracolis, de loges vides et de remplissage des fruits, la fertilité pour chaque forme de caféiers, afin d'orienter au mieux les sélections.

MATERIEL ET METHODES

MATERIEL VEGETAL

Les études de fertilité ont été réalisées sur deux types de matériel végétal (tableau 1).

Tableau 1 : Matériel végétal étudié.

Studied plant material.

Groupe	Matériel végétal	Nombre d'arbre
Génération	Première génération : G1	
	Deuxième génération : G2	81
	Troisième génération : G3	40
	Quatrième génération : G4	37
	Rétrocroisement : BC	40
		29
	Total	227
Niveau de ploïdie	Diploïdes	
	Triploïdes	57
	Tétraploïdes	21
	Pentaploïdes	81
		25
	Total	184

- le premier type de matériel est constitué d'hybrides, à savoir les hybrides d'Arabusta et l'hybride F1 x *C. arabica*. Les hybrides d'Arabusta sont issus de 4 générations successives (G1, G2, G3 et G4) tandis que l'hybride F1 x *C. arabica* est issu d'un rétrocroisement (BC).

La première génération (G1) d'hybrides d'Arabusta ou hybrides F1 est constituée de 81 arbres, obtenus par croisement de *C. arabica* x *C. canephora* tétraploïde.

La deuxième génération (G2) d'hybrides d'Arabusta ou hybrides F2 est constituée de 40 arbres, obtenus par fécondation libre des F1.

La troisième génération (G3) d'hybrides d'Arabusta ou hybrides F3 est constituée de 37 arbres, obtenus par fécondation libre des F2.

La quatrième génération (G4) d'hybrides d'Arabusta ou hybrides F4 est constituée de 40 arbres, obtenus par fécondation libre des F3.

L'hybride F1 x *C. arabica* est constitué de 29 arbres, c'est un rétrocroisement ou back-cross (BC) d'hybrides d'Arabusta sur le parent *C. arabica*.

- Le deuxième type de matériel est constitué de 4 groupes de génotypes de caféiers avec des niveaux de ploïdies différents :

Les diploïdes ($2n = 22$) sont constitués de 57

arbres, ce sont des génotypes de *C. canephora* :

Les triploïdes ($2n = 33$) sont constitués de 21 arbres, ce sont des descendants issus du croisement de *C. arabica* (allotétraploïde) par *C. canephora* (diploïde).

Les tétraploïdes ($2n = 44$) sont constitués de 81 arbres, ce sont des hybrides d'Arabusta de première génération (G1).

Les pentaploïdes ($2n = 55$) sont constitués de 25 arbres, ce sont des descendants obtenus par croisement de triploïdes par des tétraploïdes (le triploïde est utilisé comme parent femelle).

Ces arbres ont été plantés en 1993 dans une parcelle de la station expérimentale de Divo (centre-sud de la Côte d'Ivoire) du Centre National de Recherche Agronomique (CNRA).

METHODES

Echantillonnage et traitement des échantillons

200 à 300 fruits immatures âgés de 6 à 7 mois (après la floraison) ont été récoltés sur chaque arbre. Les fruits ont été tranchés au scalpel transversalement pour que transparaisse la forme de l'endosperme. Les « demi fruits » sont classés selon les catégories A, B, C, D et E des cerises (photos 1).

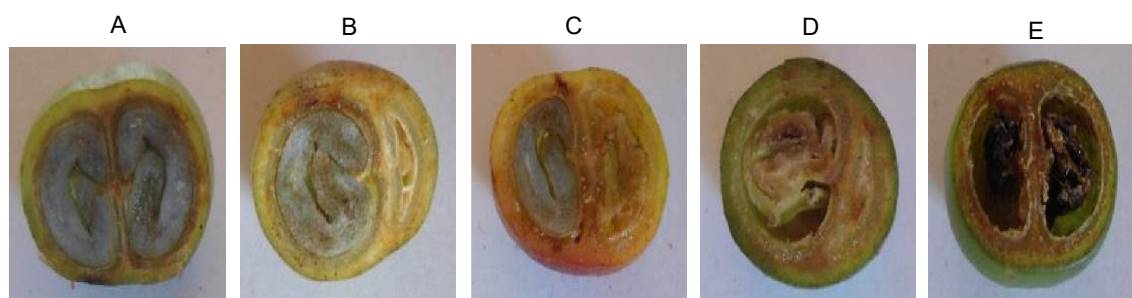


Photo 1 : Coupe transversale des cerises de café présentant les différentes catégories de cerises .

Cross section of coffee cherries presenting the cherries various categories.

Les cinq catégories de cerises ainsi identifiées, ont permis d'estimer la fertilité de l'arbre. Elles ont été réparties comme suit (figure 1).

- La catégorie A est constituée de cerises à deux grains normaux.
- La catégorie B est formée de cerises à un grain caracoli et une écaille (ovule avorté précocement).
- La catégorie C est constituée de cerises à une loge vide et un grain normal (endosperme avorté tardivement).

- La catégorie D est constituée de cerises à une loge vide (forme caracoli) et une écaille.

- La catégorie E est constituée de cerises à deux loges vides (avortements tardifs).

La dernière catégorie F est composée de cerises ayant la forme d'écailles. Il s'agit d'ovaires non noués, qui dessèchent deux mois après la fécondation. Cette catégorie n'est pas prise en compte dans cette étude.

Les demi-fruits de chaque catégorie de cerises ont été comptés et ont permis d'estimer les paramètres de la fertilité.

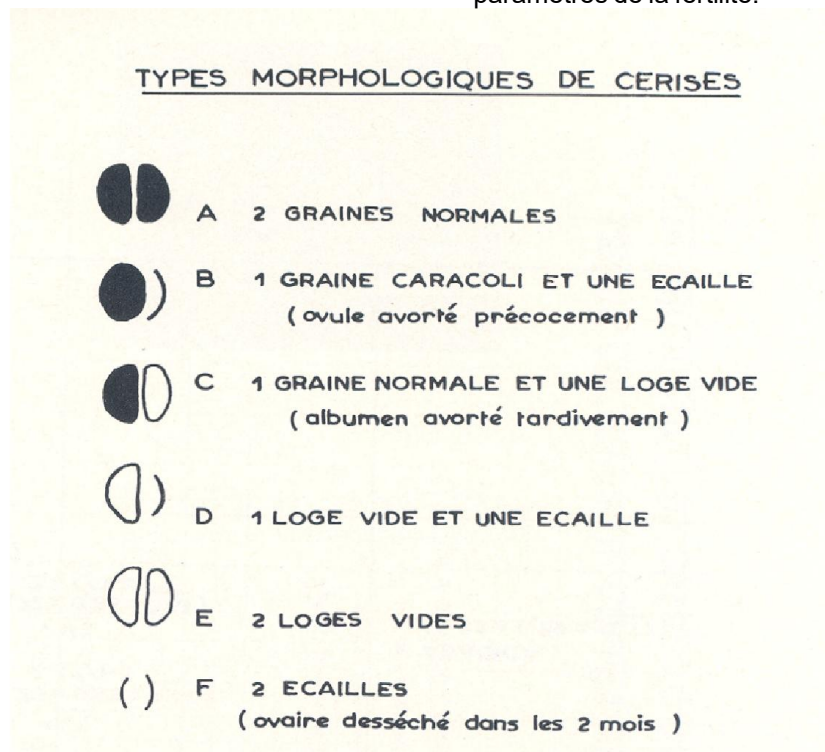


Figure 1 : Différentes catégories de cerises.

Various categories of cherries.

(source : De Reffye, 1974)

Estimateurs de la fertilité femelle

4 paramètres ou estimateurs permettent de mesurer le niveau de fertilité des arbres. Ils sont calculés à partir des différentes catégories de cerises A, B, C, D et E définies ci-dessus.

- Le taux d'écailles (TECAI) est la proportion d'écailles obtenue du fait de la non fécondation des ovules. Il exprime la stérilité totale du génotype.

$TECAI = 100 * (B + D) / 2 * (\text{Nombre total de fruits échantillonnés})$

- Le taux de caracolis (TCARA) est la proportion de fruits à une seule loge pleine. Il exprime la stérilité partielle de l'arbre.

$$TCARA = 100 * B / 2A + B + C$$

- Le taux de loges vides (TVIDE) est la proportion de fruits dont une ou les 2 loges sont vides. Il exprime l'avortement tardif de l'albumen. Les loges vides correspondent à la stérilité du zygote.

$$TVIDE = 100 * (C + D + 2E) / 2A + B + 2C + D + 2E$$

- Le taux de remplissage des fruits (TREMP) est la proportion de fruits à loges pleines (une ou 2 loges). Il exprime la proportion d'ovules qui se transforment en grains.

$TREMP = 100 * (2A + B + C) / 2 * (\text{Nombre total de fruits échantillonnés})$

Méthodes d'analyse des données

L'analyse des données a été effectuée à l'aide de la procédure GLM (General Linear Models) du logiciel SAS (SAS, 1989). Le modèle analysé est un modèle aléatoire à un critère de classification : $X_{ik} - m = A_i + D_{ik}$

Les moyennes des générations successives d'hybrides ont été comparées entre elles, en servant du test de Newman et Keuls au seuil de 5 % (Dagnelie, 1970). Il en est de même pour les groupes de génotypes de différents niveaux de ploïdies,

RESULTATS

ANALYSE DES PARAMETRES DE FERTILITE FEMELLE DE CINQ GENERATIONS D'ARABUSTA

L'analyse de variance des paramètres de fertilité a montré des valeurs F de Fisher élevées pour les taux d'écaïlle (9,38 ($P < 0,0001$), pour les taux de caracolis, 8,30 ($P < 0,0001$), pour les taux de loges vides, 9,42 ($P < 0,0001$) et pour les taux de remplissage des fruits, 9,30 ($P < 0,0001$), indiquant des différences hautement significatives entre les générations au seuil de 5 % (tableau 2). Les taux d'écaïlles (12,88 %), et de caracolis (19,52 %) ont présenté des coefficients de variation relativement faibles ; alors que ceux des taux de loges vides (49,45 %) sont plus élevés (tableau 2).

Tableau 2 : Analyse de la variance des estimateurs de la fertilité femelles de cinq différentes générations d'Arabusta.

Analysis of variance for estimators of female fertility in five different generations of Arabusta.

	Taux d'écaïlles (TECAI)	Taux de caracolis (TCARA)	Taux de loges vides (TVIDE)	Taux de remplissage Des fruits (TREMP)
Nombre de plants	227	227	227	227
Moyenne	35,16	59,70	30,37	45,34
Coefficient de variation	12,88	19,52	49,45	24,17
F de Fisher	9,38	8,30	9,42	9,30
Probabilité P	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Signification	***	***	***	***

(***) : Différence statistiquement significative.
Statistically significant difference

La comparaison des valeurs moyennes des paramètres de fertilité des cinq générations par le test de Newman et Keuls au seuil de 5 % (tableau 3) a montré que la génération de rétrocroisement (BC) est la moins fertile avec des taux d'écaïlles et de caracolis les plus élevés (respectivement 38,63 % et 66,57 %), un taux de loges vides important (41,14 %) et un taux de remplissage des fruits plus faible (36,38 %). Les première (G1) et quatrième (G4) générations sont globalement les plus fertiles. Elles ont les taux d'écaïlles les moins élevés

(respectivement 34,45 % et 33,16 %), et les taux de caracolis également les moins élevés (respectivement 56,49 % et 57,17 %). Cependant, la première génération, avec un taux de remplissage des fruits de 49,76 % (le taux le plus élevé) et un taux de loges vides de 24,37 % (le taux le plus faible) ressort comme la forme la plus aboutie (la plus fertile). Les deuxième (G2) et troisième (G3) générations sont intermédiaires. Les graphiques de la figure 2 montrent l'évolution des paramètres de fertilité à travers les générations d'Arabusta.

Tableau 3 : Comparaison de la fertilité femelle de cinq générations d'Arabusta (Newman et Keuls, $p = 0,05$).

Comparison of the female fertility of five generations of Arabusta (Newman and Keuls, $p = 0.05$).

Génération	Nombre de plants	Taux d'écaïlles moyen (%)	Taux de caracolis moyen (%)	Taux de loges vides moyen (%)	Taux de remplissage moyen des fruits (%)
G1	81	34,45 ^c	56,49 ^b	24,37 ^c	49,76 ^a
G2	40	38,76 ^a	67,49 ^a	30,06 ^{bc}	42,92 ^b
G3	37	36,62 ^b	64,61 ^a	38,89 ^a	38,83 ^b
G4	40	33,16 ^c	57,17 ^b	34,83 ^{ab}	43,89 ^b
BC	29	38,63 ^a	66,57 ^a	41,14 ^a	36,38 ^b

NB : Pour le même estimateur, les moyennes affectées de la même lettre ne sont pas statistiquement différents au seuil de probabilité de 5 % selon le test de Newman et Keuls.

For the same estimator the affected averages of the same letter are not statistically different at the threshold of 5 % probability, according to the Newman and Keuls test.

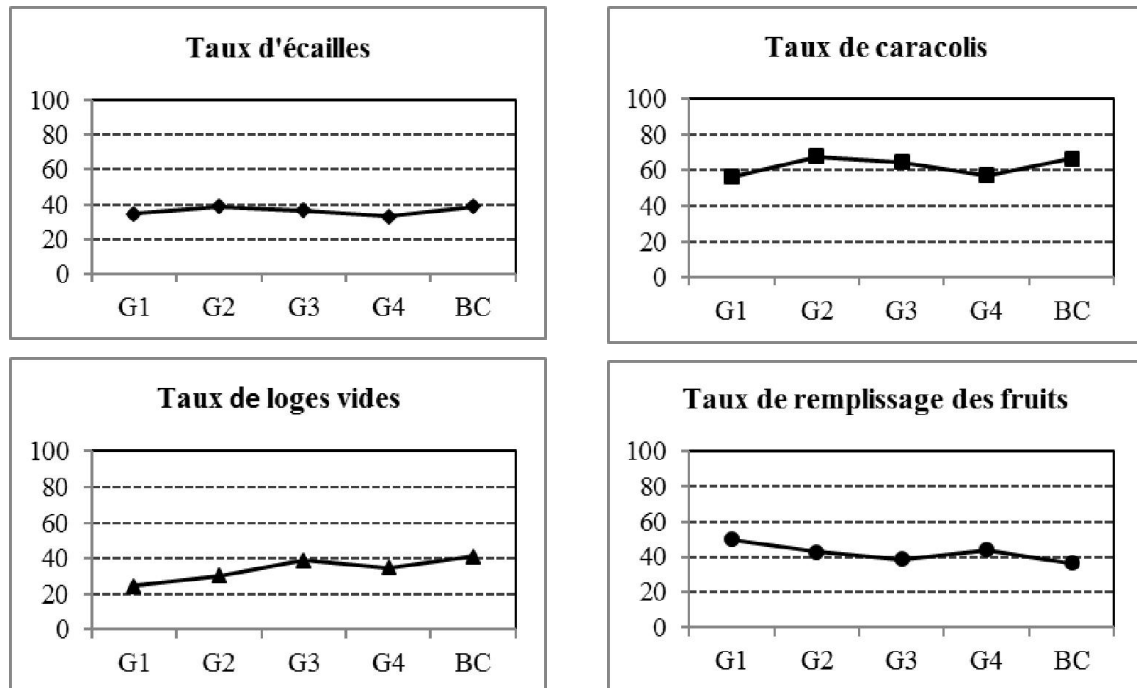


Figure 2 : Courbe d'évolution des estimateurs de la fertilité par rapport aux générations d'Arabusta.

Evolution curve of estimators fertility relative to generations of Arabusta.

ANALYSE DES PARAMETRES DE FERTILITE SUIVANT LE NIVEAU DE PLOIDIE DES CAFEIERS

L'analyse de la fertilité femelle réalisée sur les échantillons de matériel végétal diploïdes, triploïdes, tétraploïdes et pentaploïdes a montré des différences hautement significatives au regard des valeurs F (Fisher) pour chaque

paramètre (tableau 4). Le taux d'écaïlles est de 91,12 ($P < 0,0001$), le taux de caracolis de 111,95 ($P < 0,0001$), celui de loges vides de 59,43 ($P < 0,0001$) et enfin le taux de remplissage des fruits de 115,20 ($P < 0,0001$). Comme dans le cas précédent, le coefficient de variation des taux de loges vides est le plus élevé, présentant ce paramètre comme le moins homogène des quatre.

Tableau 4 : Analyse de la variance des estimateurs de la fertilité femelles de caféiers de niveaux de ploïdies différents.

Analysis of variance for estimators of female fertility of different ploidy levels of coffee.

	Taux d'écaïlle (TECAI)	Taux de caracolis (TCARA)	Taux de loges vides (TVIDE)	Taux de remplissage des fruits (TREMP)
Nombre de plants	184	184	184	184
Moyenne	31,66	51,26	20,13	55,33
Coefficient de variation	15,55	20,59	49,47	14,84
F de Fisher	91,12	111,95	59,43	115,2
Probabilité P	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Signification	***	***	***	***

(***) : Différence statistiquement significative / Statistically significant difference

La comparaison par le test de Newman et Keuls au seuil de 5 % des valeurs moyennes des paramètres de fertilité des génotypes des 4 groupes génétiques (Tableau 5) a montré que les génotypes diploïdes ont été les plus fertiles avec les taux d'écaïlles et de caracolis les plus faibles (respectivement 24,12 % et 35,00 %), le plus faible taux de loges vides (7,57 %) et le taux de remplissage des fruits le plus élevé (70,14 %). Les génotypes triploïdes ont été quasiment stériles. Les estimateurs de fertilité de ces génotypes triploïdes présentent les valeurs les plus élevées pour les taux moyens

d'écaïlles (47,18 %), de caracolis (93,92 %), et de loges vides (43,03 %) et la valeur la plus faible pour le taux de remplissage des fruits (30,90 %). Les génotypes tétraploïdes et pentaploïdes ont montré des valeurs intermédiaires avec un léger avantage aux tétraploïdes. Ils ont produit en moyenne un grain par fruit (taux moyens de remplissage des fruits respectifs de 49,73 % et 44,08 %) (tableau 5). Les graphiques de la figure 3 présentent les positions des paramètres de fertilité par rapport aux groupes génétiques des caféiers impliqués la figure 3.

Tableau 5 : Comparaison de la fertilité femelle de caféiers de niveaux de ploïdies différents, selon le test de Newman et Keuls.*Comparison of the female fertility of different ploidy levels coffee according to Newman and Keuls test.*

Niveaux de ploïdie	Nombre de plants	Taux d'écaïlles moyen (%)	Taux de caracolis moyen (%)	Taux de loges vides moyen (%)	Taux moyen de remplissage des fruits
Diploïdes	57	24,12 ^c	35,00 ^c	7,57 ^d	70,14 ^a
Triploïdes	21	47,18 ^a	93,92 ^a	43,03 ^a	30,90 ^d
Tétraploïdes	81	34,45 ^b	56,49 ^b	24,37 ^c	49,73 ^b
Pentaploïdes	25	34,95 ^b	54,74 ^b	32,23 ^b	44,08 ^c

Pour le même estimateur, les chiffres affectés de la même lettre ne sont pas statistiquement différents (test de Newman et Keuls, $p = 0,05$).

For the same estimator figures affected by the same letter are not statistically different (Newman and Keuls test, $p = 0.05$).

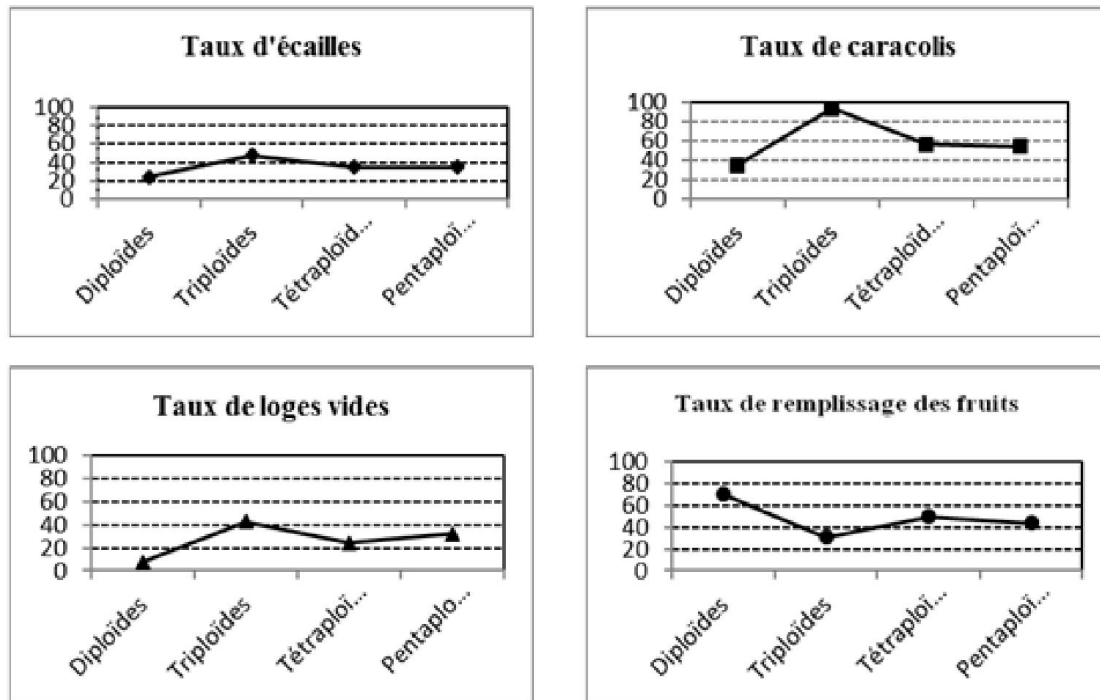


Figure 3 : Courbe d'évolution des estimateurs de la fertilité par rapport aux niveaux de ploïdie.

Evolution curve of estimators fertility relative to level ploidy.

DISCUSSION

Les résultats obtenus dans cette étude ont montré qu'il existe chez les Arabusta des fertilités différentes selon les générations d'hybrides et suivant les niveaux de ploïdie comme l'indique les valeurs élevées de la variable F de Fisher-Snedecor (tableau 2).

Quel que soit le facteur analysé, les taux d'écaïlles et de caracolis ont toujours évolué dans le même sens (figures 2 et 3). En fait, ces paramètres sont représentatifs de la fertilité gamétique et ont été toujours positivement corrélés (Le Pierres, 1995). Une forte proportion d'écaïlles indique un nombre important d'ovules non fécondés ; un taux élevé de caracolis montre une stérilité partielle importante des génotypes impliqués.

Les paramètres « loges vides et remplissage des fruits » sont par contre opposés. Les loges vides traduisent la stérilité de type zygotique, tandis que le remplissage des fruits renvoie à la quantité des graines obtenues la fin du processus de fructification. Ces deux paramètres sont fortement, mais négativement corrélés (Le Pierres, 1995). Un taux de loges vides élevé chez un génotype, signifie une faible

proportion de graines formées et donc un génotype peu productif.

Au niveau des générations successives, les hybrides de première (G1) et de quatrième (G4) générations ont les taux d'écaïlles et de caracolis les moins élevés et statistiquement équivalents. En ce qui concerne les taux de loges vides et les taux de remplissage des fruits, ils ont un comportement différent.

Les hybrides de première génération sont issus du croisement contrôlé de *C. arabica* x *C. canephora* tétraploïde. Ce sont des descendants de phénotype homogène présentant des défauts de fertilité qui se traduisent par des taux de caracolis moyens de 60 % et des taux de loges vides de 30 % (Grassias, 1980 ; Yapo, 1987 et Le Pierres, 1995). Selon Grassias (1980), ces défauts de fertilité sont liés aux répartitions déséquilibrées des chromosomes, résultant d'appariements irréguliers lors de la méiose. Ces défauts de fertilité sont accentués chez les hybrides de deuxième (G2) génération avec des taux d'écaïlles et de caracolis anormalement élevés, respectivement de 38,76 % et 67,49 %. Ici, il y a éclatement de la variabilité phénotypique. Les hybrides de la troisième (G3) génération sont intermédiaires en ce qui

concerne les taux d'écaillés et statistiquement équivalent à la seconde génération pour ce qui est des taux de caracolis. Cette observation, déjà signalée par Le Pierres et Yapo (1993) et Yapo (1995), indique l'amorce d'un réarrangement chromosomique. L'homogénéité phénotypique se retrouve avec les hybrides de quatrième génération ; il en est de même du niveau de la fertilité gamétique qui s'améliore et atteint celui de la première (G1) génération.

Au niveau des taux de loges vides, les variations sont peu dépendantes des générations, mais sont plutôt le fait de la sensibilité des hybrides à l'environnement (Charmetant *et al.*, 1991).

Le paramètre « taux de remplissage des fruits » montre en dehors des descendants de première (G1) génération, des différences non significatives entre les individus de deuxième (G2), troisième (G3) et quatrième (G4) générations et les back-cross (BC). Ici également, l'effet de l'environnement est prépondérant.

Les back-cross (BC) sont les moins performants à tout point de vue. La fertilité gamétique est faible avec des taux d'écaillés et de caracolis très élevés ; la fertilité zygotique est nulle avec des taux de loges vides importants et des taux de remplissage des fruits insignifiants. Les génotypes de cette génération sont par ailleurs, naturellement peu vigoureux et inadaptés aux zones caféicoles de Côte d'Ivoire (Capot, 1972). En réalité, c'est la prédominance du génome arabica dans la structure génétique des back-cross, qui influence leur comportement. En effet, *C. arabica*, espèce originaire des hauts plateaux d'Ethiopie n'est pas adaptée aux conditions de culture du café en Côte d'Ivoire (Capot, 1975).

En ce qui concerne le matériel végétal de différents niveaux de ploïdie, les résultats ont montré que les génotypes diploïdes sont à tout point de vue les plus fertiles. Leurs taux d'écaillés et de caracolis sont les moins élevés, leurs taux de loges vides sont les plus faibles et leurs taux de remplissage des fruits, les plus importants (figure 3). Les génotypes utilisés dans cette étude appartiennent à l'espèce *C. canephora*, parfaitement adaptée aux conditions caféicoles de Côte d'Ivoire (conditions climatiques des régions tropicales humides de basse altitude). Les taux de caracolis obtenus chez les génotypes diploïdes ayant fait l'objet de cette étude sont similaires à ceux observés par Louarn (1980) dont les valeurs sont comprises entre 20 % et 40 %.

Contrairement aux diploïdes, les triploïdes ont

des taux d'écaillés et de caracolis les plus élevés, des taux de loges vides très importants et des taux de remplissage des fruits très faibles. Ces hybrides dont le nombre de chromosomes est de $2n = 33$ (Kammacher et Capot, 1972) sont quasiment stériles (Capot *et al.*, 1968 ; Berthaud, 1978). Leur exploitation nécessite une restauration de leur fertilité par la duplication de leur stock chromosomique (Berthaud, 1978).

Les tétraploïdes et les pentaploïdes ont des comportements presque similaires avec un léger avantage aux tétraploïdes. Le comportement des pentaploïdes est d'autant plus intéressant que leur nombre de chromosomes ($2n = 55$) est impair, engendrant ainsi des gamètes déséquilibrés lors des méioses. Lanaud *et al.* (1980) ont montré que ce déséquilibre dans le nombre de chromosomes n'a pas d'impact sur la fertilité mâle ou femelle de l'hybride. Ainsi donc, il semble qu'à des niveaux de ploïdie élevés, le déséquilibre apporté dans le nombre de chromosomes gamétiques ne soit pas un facteur limitant pour l'obtention d'une bonne fertilité.

CONCLUSION

Cette étude a permis de mieux cerner les problèmes posés par la fertilité femelles de certains types de caféiers. Chez les hybrides d'Arabusta, la fertilité dépend de deux facteurs : un facteur génétique lié à la fertilité gamétique, qui peut s'améliorer au cours des générations et un facteur physiologique relevant de la fertilité zygotique, fortement influencé par l'environnement géo-morpho-climatique. Ce facteur rend aléatoire et difficile les tentatives d'amélioration entreprises. Cette étude a également montré que le rétrocroisement des Arabusta avec le parent arabica n'est pas envisageable dans le contexte caféicole de Côte d'Ivoire, quand bien même cette voie améliore davantage les qualités gustatives de l'hybride. Enfin, cette étude a permis d'établir les normes d'utilisation des diploïdes, des triploïdes et des pentaploïdes. Ces derniers ont un niveau de fertilité comparable aux tétraploïdes et constituent une voie à explorer.

Les Arabusta ont une structure génétique instable et complexe qui limite les possibilités d'amélioration de cette espèce dans les conditions caféicoles de Côte d'Ivoire. Des possibilités existent cependant dans des zones

agro-écologiques de moyenne altitude. Des expérimentations y sont menées et devraient ouvrir des perspectives de développement de cet hybride en Côte d'Ivoire.

REFERENCES

- Bertaud J., 1978a. L'hybridation interspécifique entre *Coffea arabica* L. et *C. canephora* P. Obtention et comparaison des hybrides triploïdes, arabusta et hexaploïdes. Première partie. *Café, Cacao, Thé* (Paris), vol. XXII, 1 : 3 - 12.
- Bertaud J., 1978b. L'hybridation interspécifique entre *Coffea arabica* L. et *C. canephora* P. Obtention et comparaison des hybrides triploïdes, arabusta et hexaploïdes. Deuxième partie. *Café, Cacao, Thé* (Paris), vol. XXII, 2 : 87 - 112.
- Capot J., 1972. L'amélioration du caféier en Côte d'Ivoire: les hybrides arabusta. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XVI, 1 : 3 - 18.
- Capot J., 1975. Obtention et perspectives d'un nouvel hybride de caféier en Côte d'Ivoire: l'Arabusta. ASIC (Paris), 7^e colloque, Ham-bourg, 449 - 457.
- Capot J., Dupautex B. et Durandea A. 1968. L'amélioration du caféier en Côte d'Ivoire. Duplication chromosomique et hybridation. *Café, Cacao, Thé* (Paris), vol. XII, 2 : 114 - 126.
- Capot J. et Ake Assi L. 1975. Un nouveau caféier hybride de Côte d'Ivoire. *Café, Cacao, Thé* (Paris), vol. XIX, 1 : 3 - 4.
- Charmetant P., Le Pierres D. et Yapo A. 1991. Evaluation d'hybrides arabusta F1 (caféiers diploïdes doublés x *Coffea arabica*) en Côte d'Ivoire de 1982 à 1989. ASIC (Paris), 14^e colloque, San Francisco, 422 - 430.
- Dagnelie P., 1970. Théorie et méthodes statistiques vol.2, Editions (J.) DUCULOT, Gembloux (Belgique), 451 p.
- De Reffye P., 1974. Le contrôle de la fructification et de ses anomalies chez *Coffea arabica*, Robusta et leurs hybrides Arabusta. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XVIII, 4 : 237 - 254.
- Grassias (M.), 1980. Etude de la fertilité et du comportement méiotique des hybrides interspécifiques tétraploïdes Arabusta, *Coffea arabica* x *C. canephora*. Thèse de Doctorat 3^{ème} cycle (Paris XI), Orsay, 108 p.
- Kammacher P. et Capot J. 1972. Sur les relations caryologiques entre *Coffea arabica* et *C. canephora*. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XVI, 4 : 289 - 294.
- Lanaud (C.) et (D.) Zickler. 1980. Premières informations sur la fertilité des hybrides pentaploïdes et hexaploïdes entre *C. arabica* (Eucoffea) et *C. resinosa* (Mascarocoffea). *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XXIV, 3 : 169 - 176.
- Le Pierres D., 1995. Etude des hybrides interspécifiques tétraploïdes de première génération entre *Coffea arabica* L. et les caféiers diploïdes. Thèse de Doctorat, Paris XI ORSAY, 298 p.
- Le Pierres D. et Charmetant P. 1985. Relation entre la vigueur, la fertilité et la production des arabusta. ASIC (Paris) 11^e colloque, Lomé, 427 - 434.
- Le Pierres D. et Yapo A. 1993. Système de reproduction des Arabusta *lato sensu* et exploitation de leurs descendances pour l'amélioration des caféiers de basse altitude. ASIC (Paris) 15^e colloque, Montpellier, 199 - 208.
- Louarn J., 1980. Hybrides interspécifiques entre *Coffea canephora* Pierre et *C. liberica* Bull. ex Hiern. Résultats préliminaires sur les hybrides F1. *Café Cacao Thé* (Paris), vol. XXIV, 4 : 297 - 304.
- SAS, 1989. SAS/STAT User's Guide, Version 6, Fourth Edition, SAS Institute Inc, 846 p.
- Yapo A., 1987. Influence du sens du croisement sur la fertilité et le comportement végétatif des hybrides arabusta ASIC (Paris), 12^e colloque, Montreux, 433 - 440.
- Yapo A., 1995. Amélioration qualitative de *Coffea canephora* Pierre par hybridation interspécifique. Exploitation d'un nouveau schéma de sélection chez les Arabusta. ASIC, 16^e colloque Kyoto (Japon).