



Journal Homepage: [-www.journalijar.com](http://www.journalijar.com)

INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED RESEARCH (IJAR)

Article DOI:10.21474/IJAR01/17657

DOI URL: <http://dx.doi.org/10.21474/IJAR01/17657>



RESEARCH ARTICLE

INFLUENCE DES PARAMÈTRES DE REPRODUCTION SUR LA PRODUCTIVITÉ DES HYBRIDES F2 NAIN X NAIN

Djoman N'cho Sylvain¹, Bakayoko Yacouba², Koffi Eric-Blanchard Zadjéhi², Kanh K.H.M² and N'Guetta A. Simon-Pierre¹

1. Université Félix Houphouët-Boigny d'Abidjan, UPR de Génétique, UFR Biosciences, 22 B.P. 582 Abidjan22, Côte d'Ivoire.
2. Université. Peleforo Gon Coulibaly de Korhogo, UPR de Génétique, BP 1328 Korhogo.

Manuscript Info

Manuscript History

Received: 30 July 2023

Final Accepted: 31 August 2023

Published: September 2023

Key words:

Coconut Dwarf, Hybrid, Productive, Prediction

Abstract

The objective of this study was to evaluate some production parameters for the identification of elite Nain. Twenty-seven coconut trees, spread over 2 plots, were selected. A control, Malay Yellow Dwarf (NJM), was added to each plot. The study of the relationship between five variables revealed highly significant correlations between them. The multivariate analyses made it possible to identify among the genotypes, the type 7 individuals as being the most efficient. Individuals of type 7 had the highest averages for number of flowers at bag laying (NFP), number of flowers at bag removal (NFE), number of knotted flowers (NFN) and number of nuts harvested (NNR) compared to types 4, 5 and 6. Pollen germination rates in type 1 (Control) individuals were significantly higher than those of the other four types that did not differ significantly between them. The tests for the prediction of the number of nuts harvested indicated that 48.31% of the fluctuations of seed nuts reaching maturity are attributable to the number of female flowers counted at the installation of the bag, that of the female flowers counted at the bag removal and that of the female flowers tied. The predicted values for the number of mature seed nuts are: $N_{noirec} = -1.12 - 0.007 * N_{flepose} + 0.012 * N_{flenlev} + 0.408 * N_{flnou} + 0.014 TG$. Individuals of type 7 likely to be elite broodstock can be used in programs of genetic improvement of the coconut for better performance.

Copy Right, IJAR, 2023,. All rights reserved.

Introduction:-

Le cocotier (*Cocos nucifera* L.) est l'unique espèce reconnue du genre *Cocos*. Il est largement représenté sur le littoral tropical de l'ensemble du globe terrestre. Il est souvent désigné comme « l'Arbre de vie » à cause de ses multiples usages (Bourdeix et al., 2005a). En effet, il est utilisé à la fois comme plante alimentaire et industrielle. Outre son intérêt touristique, le cocotier a un rôle social important et surtout des potentialités économiques diverses. Il fournit la matière première nécessaire pour de nombreuses autres activités économiques telles que la vente de noix fraîches, la fabrication de sucre, d'alcool, d'huile et de savon. Les noix sont consommées fraîches, l'eau pour la boisson et la chair comme friandise.

Corresponding Author: Djoman N'cho Sylvain

Address: Université Felix Houphouët-Boigny d'Abidjan, UPR de Génétique, UFR Biosciences, 22 B.P. 582 Abidjan22, Côte d'Ivoire.

L'huile de coco est devenue très populaire et est très utilisée pour la cuisine ou pour les soins de la peau et des cheveux (**Euphrasie, 2016**).

L'Afrique compte quelques 22 pays producteurs de noix de coco, dont la production totale de noix est estimée entre 1,7 et 2 millions de tonnes par an. En Côte d'Ivoire, le cocotier est surtout cultivé sur le littoral où il constitue la principale culture de rente des populations (**Assa et al., 2006**). La cocoteraie ivoirienne a aujourd'hui une superficie 51 000 ha avec une production annuelle estimée à plus de 51 000 t de coprah (**CNRA, 2021**). Par ailleurs, il existe dans la nature deux sous-groupes de cocotiers, appelés cultivars « Grand » et cultivar « Nain » (**Lebrun et al., 1999**). Les cocotiers grands sont les plus cultivés en raison de leur durée de production et leur rendement en coprah supérieurs à ceux des cocotiers nains. Par contre, la plupart des cocotiers Nains sont reconnus pour leur précocité, leur bonne productivité en termes de nombre de noix et leur faible croissance en hauteur qui sont des atouts non négligeables.

En Côte d'Ivoire les cocotiers nains sont généralement utilisés comme parents femelles pour la création de variétés hybrides de type Nain-Grands. Ces derniers sont les cocotiers les plus vulgarisés auprès des producteurs (**Doh et al., 2014**). Même si tous les hybrides n'ont pas la même valeur, les résultats tendent à confirmer l'hypothèse selon laquelle on trouve toujours un hybride supérieur aux variétés locales, même en milieu villageois à faibles intrants ou dans les écologies difficiles (**De Nucé De Lamothe et Rognon, 1986**). Par conséquent, l'amélioration des nains utilisés pour la création des hybrides nains x grands pourrait certainement avoir un impact positif sur le rendement des hybrides Nain x Grand. Aussi, est-il important de maîtriser tous les paramètres environnementaux susceptibles d'influencer la productivité de ces cultivars. L'objectif visé par cette étude est d'évaluer quelques paramètres de productions en vue de l'identification d'hybrides Nain élite et susceptibles d'être utilisées comme géniteurs pour la création d'hybrides Nain x Grand.

Matériel et méthodes:-

Site d'étude

L'étude a été réalisée en Côte d'Ivoire, à la Station de Recherche sur le Cocotier Marc Delorme (SMD) du CNRA (Figure 1). Située à 12 km sur l'axe Abidjan / Grand-Bassam. Elle est géographiquement localisée entre 5°14' et 5°15' de latitude Nord et entre 3°54' et 3°55' de longitude Ouest ainsi qu'à environ 20 m au-dessus du niveau de la mer. Le climat de la Station, de type équatorial, est le même que celui de la ville d'Abidjan.

Il est caractérisé par 4 saisons (**Berron, 1978**) que sont: une grande saison de pluies d'avril à Juillet suivi d'une petite saison sèche d'août à septembre. D'octobre à novembre une petite saison de pluies puis s'ensuit une grande saison sèche de décembre à mars.

Matériel:-

Le matériel végétal comprend 27 cocotiers sélectionnés, 15 arbres sur les parcelles 051 pour l'essai PBES89 et 12 arbres sur la parcelle 081 pour l'essai PBES94 (**Tuo, 2013**). Les deux parcelles ont été plantées en 2002. Les arbres sélectionnés correspondent aux meilleurs 10 % des arbres producteurs pour chacun des essais. Un témoin génétique Nain Jaune Malais (NJM), représenté par 2 plants sur chacune des parcelles, leur a été adjoint. Les plants utilisés pour la mise en place des essais sont issus des autofécondations naturelles de la génération F1 plantées sur la parcelle 115 de la station Marc Delorme. Ces descendants F1 sont des hybrides nain x nain.

Le premier essai PBES89, planté sur la parcelle 051, compare les performances de quatre familles, dont trois descendent spécifiquement du Nain Vert Philippines Pilipog (NVP05), alors que le second PBES94, planté sur la parcelle 081, en compare trois impliquant le Nain Vert Sri-Lanka (NVS) comme un des parents (Tableau 1). Le matériel technique utilisé a été composé d'une échelle en aluminium pour accéder aux inflorescences des cocotiers. Un sécateur a été utilisé pour couper les épillets indésirables et de caoutchouc pour fixer le sac autour des fleurs, un marqueur indélébile pour marquer la date de pose du sac, des fiches pour l'enregistrement des données, une balance Roberval pour mesurer des différentes masses.



Figure 1:- Site de l'étude(Koffi, 2016).

Tableau 1:- Matériel végétal utilisé l'étude de l'influence des paramètres de reproduction sur la productivité.

Numero	Lignées	Effectif
F1	NJM*NJM	56
F2	NRC*NVS	1
F3	NRC*NVP05	1
F4	NVS*NVP05	11
F5	NJM*NVP05	3
F6	NRM*NVS	7
F7	NJM*NVS	4
Total		83

Méthodes:-**Méthodes de collecte de données****Dispositif expérimental**

Les plants des parcelles 051 et 081 ont été plantés selon un dispositif en 4 blocs complets randomisés. L'unité expérimentale est une parcelle élémentaire mono-arbre. La densité de plantation est de 160 arbres par hectare disposés en quinconce. Ceci correspond à un triangle isocèle de 8,5 m de côté et 6,5 m de base (**Bourdeix, 2002; Bourdeix et al., 2002**). Chaque parcelle compte 6 lignes de 26 arbres chacune.

Autopollinisation des hybrides F2 de cocotiers nains

L'autopollinisation des cocotiers est réalisée à partir de 8h. A la déhiscence de l'inflorescence, à l'aide d'une échelle, l'inflorescence est nettoyée en coupant la spathe et les épillets sans fleurs femelles pour dégager le pédoncule floral. Les fleurs femelles sont comptées et leur nombre enregistré avant de poser le sac d'isolement de l'inflorescence (Figure 2).

Pour assurer la légitimité des semences, le sac est attaché sur le pédoncule avec du caoutchouc tout en mettant du coton pour empêcher les fourmis d'avoir accès aux fleurs femelles. A la pose du sac, un marqueur indélébile est utilisé pour inscrire la date de la pose du sac. Six jours plus tard, une visite est effectuée pour vérifier la présence ou pas de nectar. S'il y a du nectar sur les fleurs femelles, le sac est secoué pour permettre l'épandage du pollen sur les fleurs femelles. Tous les trois jours, une visite est effectuée pour secouer le sac afin de réaliser la pollinisation. Sept jours après la 3^{ème} visite, le sac est enlevé de l'inflorescence et les fleurs sont dénombrées. Trois mois après l'enlèvement du sac, les fleurs nouées sont comptées. Les noix mûres sont comptées 10 mois plus tard au moment de la récolte.

Il faut noter que sur toute la période de l'expérimentation, le nombre d'autopollinisations effectuées a été variable sur chaque plant sélectionné. Il a été compris entre 5 et 15 pour les arbres sélectionnés sur la parcelle 051 tandis qu'il a été compris entre 11 et 15 pour chaque arbre sélectionné sur la parcelle 081.

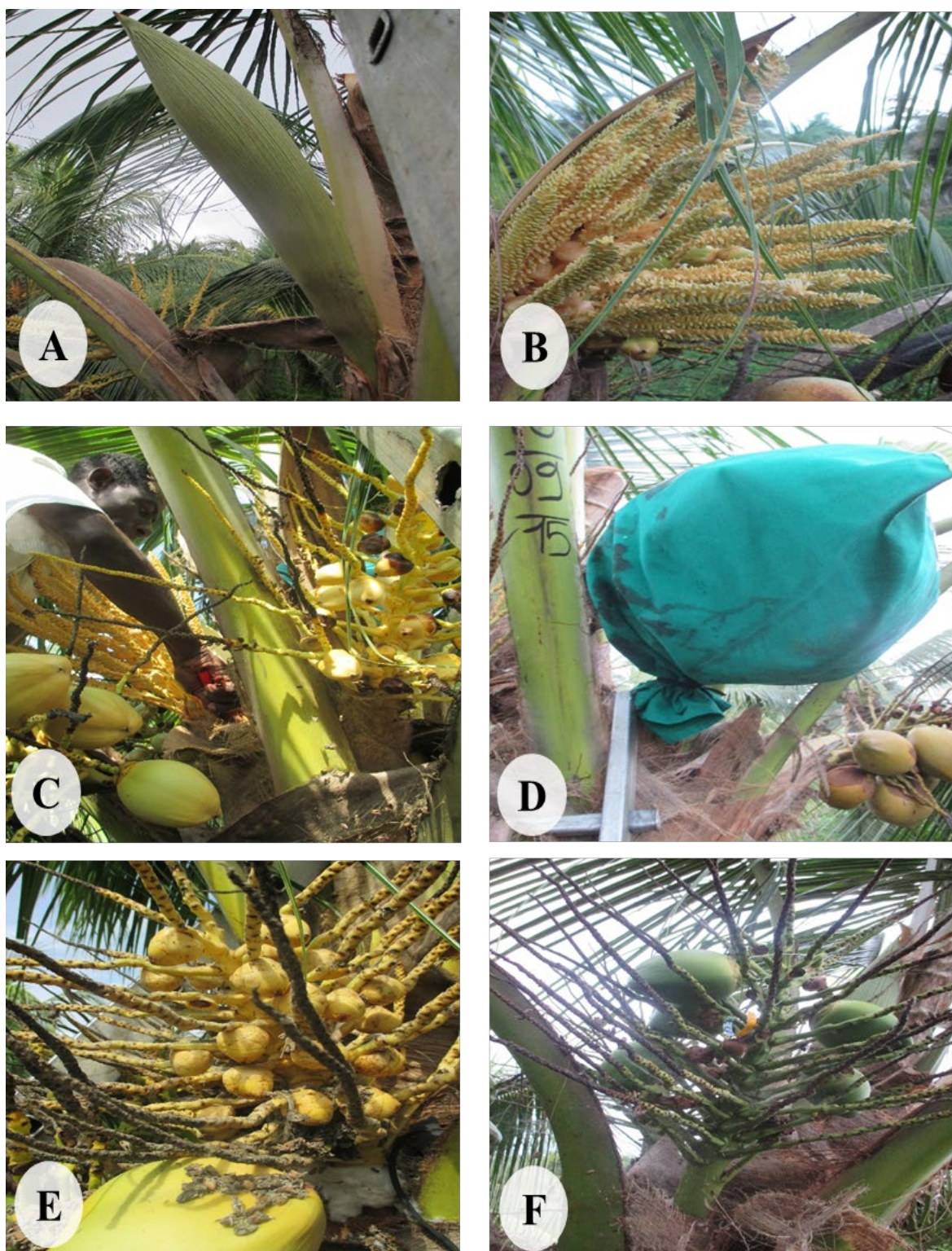


Figure 2:-Quelques étapes de l'autofécondation contrôlée chez le cocotier

A. Inflorescence mature non déhiscente. **B.** Inflorescence mature déhiscente. **C.** Section au moyen d'un sécateur de la base d'une spathe nouvellement déhiscente pour faciliter l'ensachage. **D.** Inflorescence ensachée. **E.** Inflorescence autofécondée dont le sac d'isolement vient d'être enlevé. **F.** Quatre noix nouées portées par un régime fécondé et étiqueté.

Evaluation de la germination du pollen

Récolte des fleurs mâles

Cette étape débute par la sélection des cocotiers pour la récolte du pollen. Chaque matin durant une semaine, les arbres sont été inspectés et ceux présentant des inflorescences ouvertes, sont sélectionnés pour la récolte de fleurs mâles, sur les parcelles 051 et 081. Cette récolte s'effectue en sectionnant à plusieurs reprises, les épillets au tiers à partir du haut vers le bas afin de préserver les fleurs femelles. Les sections d'épillet sélectionnées sont conservées dans des sachets hermétiques afin d'éviter toute contamination. Puis les épillets ont été égrainés.

Traitement des fleurs mâles pour collecter du pollen

Le pollen est obtenu à partir des fleurs mâles après écrasement et tamisage. Cette dernière étape n'est possible qu'après dessiccation des fleurs pour ne pas que les grains de pollen s'agglomèrent et adhèrent aux pièces florales. Les fleurs sont placées à l'étuve à 40 degrés pendant 24 heures pour subir la dessiccation.

- L'écrasement des fleurs intervient après la dessiccation. Il est effectué de façon manuelle avec une barre de fer cylindrique tout en prenant soin de laisser les fleurs à l'intérieur des sacs.
- Le tamisage est effectué pour séparer le pollen des fleurs mâles et débris divers. Il s'effectue en salle de conditionnement. Les tamis sont garnis de toile de bronze à 100 mailles par pouce métrique, soit 100 mailles pour 2,54 cm. Le tamisage s'est effectué de façon manuelle. Le pollen est déshydraté et conditionné sous vide suivant la technique décrite par **Rognon et de Nuce de Lamothe (1978)**.

Germination du pollen

- Préparation du milieu de culture

Le milieu de culture se compose de 11 grammes de sucre roux dissout dans 100 ml d'eau distillées. A ce mélange est ajouté 1,2 gramme d'Agar Agar. Le milieu ainsi préparé est chauffé jusqu'à ébullition pendant 10 à 15 minutes puis est laissé refroidi avant d'être coulé dans des boîtes de Petri et l'ensemencement est effectué trois heures après.

- Détermination des pourcentages de germination

- L'ensemencement du pollen

Au total, 0,25 mg de pollen (quantité mesurée à l'ouverture des flacons) sont ensemencés dans une boîte de pétri de 60 mm de diamètre contenant 20 ml de milieu de culture. De façon à limiter l'effet densité, les essais ont été réalisés en milieu. Les boîtes ensemencées sont laissées trois heures à l'air libre puis passées au microscope.

- Comptage des grains de pollen germés

Le pourcentage de germination est calculé trois heures après la mise en culture. Pour chaque boîte ensemencée, le milieu de culture est divisé en cinq plages de lecture. Pour chaque plage de lecture, les grains de pollen germés et non germés sont comptés. Le taux de germination pour chaque plage de lecture est calculé et une moyenne est déterminée.

Analyses statistiques des données

La version 4.2.0 du logiciel R, a été utilisée pour réaliser les analyses statistiques des données collectées. Les coefficients de corrélation de Pearson entre les paramètres influençant la productivité que sont: le nombre de fleurs à la pose du sac d'isolement (NFP), le nombre de fleurs au retrait du sac d'isolement (NFE), nombre de fleurs nouées (NFN) et le nombre de fruits récoltés (NFR) ont été calculés.

La normalité de la distribution des variables [nombre de fleurs à la pose du sac d'isolement (NFP), nombre de fleurs au retrait du sac d'isolement (NFE), nombre de fleurs nouées (NFN), nombre de fruit récolté (NFR) et taux de germination des grains de pollen (TG)] a été testée d'après les tests de Kolmogorov-Smirnov et Shapiro-Wilks au seuil de 5 %.

L'homogénéité des variances des variables pour les différentes descendance hybrides F2 a été testée à travers le test de Levene au seuil de probabilité de 5 %. La source de variation a été famille de F2 c'est-à-dire la combinaison de cultivar nain dont est issu l'hybride F2.

Pour chaque variable, une analyse de variance à un critère de classification a été réalisée. Les valeurs moyennes des paramètres [nombre de fleurs à la pose du sac d'isolement (NFP), nombre de fleurs au retrait du sac d'isolement (NFE), nombre de fleurs nouées (NFN), nombre de fruit récolté (NFR) et taux de germination des grains de pollen (TG)] ont été comparées à l'aide du test de comparaison multiple de moyennes de Duncan, au risque d'erreur de 5 %. Les analyses réalisées ont été faites pour chacune des parcelles 051 et 081 séparément. Une regression linéaire multiple descendante a été réalisée, à l'aide des packages Agricolae et lm du logiciel R, version 4.2.0 pour modéliser

la productivité, c'est-à-dire le nombre de noix récoltées, des hybrides F2 en fonction du nombre de fleurs à la pose du sac d'isolement (NFP), du nombre de fleurs au retrait du sac d'isolement (NFE), du nombre de fleurs nouées (NFN) et du taux de germination (TG). Pour cette régression, la variable prédite et les quatre variables prédictrices n'ont subi aucune transformation.

Le modèle linéaire choisi pour les deux regressions est de type $Y_i = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n + \varepsilon_i$, où Y_i représente une des valeurs possibles de la variable dépendante (taux de germination des grains de pollen ou nombre de noix récoltées) qui peuvent être expliquées par le modèle général de régression, b_0 est l'ordonnée à l'origine, b_1 le coefficient de régression partielle associé à la variable X_1 , b_2 le coefficient de régression partielle associé à la variable X_2 , b_n est le coefficient de régression partielle associé à la variable X_n et ε_i est l'erreur résiduelle du modèle dans la prédiction de la valeur Y_i .

Résultats:-

Corrélation entre les différentes variables

La matrice de corrélation de Pearson sur l'ensemble des cinq variables étudiées a révélé que cinq corrélations sur 10 étaient significatives au seuil de 5 % (Tableau 2). Il s'agit en premier de la corrélation entre le nombre de fleurs à la pose du sac (NFP) et nombre de fleurs au retrait du sac (NFE) avec une valeur de 0,97. La corrélation entre le nombre de fleurs à la pose du sac (NFP) et le taux de germination du pollen (TG) ainsi que la corrélation entre le nombre de fleurs à l'enlèvement du sac (NFE) et le nombre de fleurs nouées (NFN) sont également significatives avec des valeurs respectives -0,12 et -0,15. La corrélation entre le nombre de fleurs au retrait du sac (NFE) et le nombre de fruits récoltés (NFR) avec une valeur de 0,14 et celle du nombre de fleurs nouées (NFN) et le nombre de fruits récoltés (NNR) avec une valeur de 0,69 ont présenté des valeurs significatives.

Facteurs liés à la production des noix de coco

Les résultats des analyses multivariées de la variance effectuées sur les cinq variables métriques liées à la production des noix de coco sont consignés dans le Tableau 3. Ce test révèle une valeur $P < 0,001$, il existe donc une différence significative pour au moins une variable.

Le test de Kruskal-Wallis effectué respectivement sur les cinq paramètres quantitatifs visant à mettre en évidence l'effet des groupes génétiques sur les différentes variables est représenté par le tableau 4. Ils y sont représentés par les Chi carré, le degré de liberté, les valeurs de P et les significativités des caractères quantitatifs mesurés sur les différents cocotiers échantillonnés. Tous les paramètres étudiés présentent des valeurs P significatives au seuil de 5%.

Tableau 2:-Matrice de corrélation des différentes variables mises en évidence.

	NFP	NFE	NFN	NNR	TG
NFP	1	0,970058***	0,109474	0,10874	-0,12524*
NFE	< 0,001	1	0,153195***	0,146807**	-0,09626
NFN	0,061274	0,008624	1	0,698312***	0,081208
NNR	0,063043	0,011875	< 0,001	1	0,067259
TG	0,032106	0,100073	0,165621	0,251104	1

Codes de significativité pour les valeurs $P \approx 0$ '***' 0,001 '***' 0,01 '**' 0,05 '.' 0,1 '.' 1

NNR: nombre de noix récoltées. NFP: nombre de fleurs à la pose du sac. NFE: nombre de fleurs au retrait du sac. NFN: nombre de fleurs nouées, TG: Taux de germination pollen

Les nombres en gras représentent les corrélations de Pearson. Les autres chiffres représentent les valeurs p des différentes matrices de corrélation.

Tableau 3:-Analyse multivariée de la variance (manova) comparant les cinq paramètres quantitatifs liés à la production de noix en fonction des génotypes.

Facteur qualitatif	DF	Trace de Pillai	Approximation de Fisher	Nombre de variables	ddl	Probabilité	Résiduel	Significativité
Génotype	1	0,30206	24,843	5	287	< 0,001	291	***

Codes de significativité pour les valeurs $P \approx 0$ '***' 0,001 '***' 0,01 '**' 0,05 '.' 0,1 '.' 1

Tableau I:-Résultats du test de Kruskal-Wallis pour les cinq paramètres quantitatifs liés à la production des fruits.

Variable	chi-carré	DDL	P	Significativité
NFP	41,057	4	< 0,001	***
NFE	41,365	4	< 0,001	***
NFN	15,626	4	0,003	**
NNR	18,578	4	< 0,001	***
TG	88,672	4	< 0,001	***

Codes de significativité pour les valeurs $P \approx 0$ '***', 0,001 '**', 0,01 '*', 0,05 '.', 0,1 ' ' 1

Les résultats du test de Wilcoxon-Mann-Whitney effectué sur les cinq variables étudiées sont présentés par le tableau 5. La comparaison s'effectue entre individus issus de cinq géotypes que sont: type 1, type 4, type 5, type 6 et type 7. Le type 1 issu de l'autofécondation du Nain Jaune Malais (NJM) est utilisé comme référence.

Pour le Nombre de fleurs à la pose du sac (NFP), les individus provenant du type 7 présentent la moyenne la plus élevée avec une valeur de $90,40 \pm 36,16$ cette valeur est statistiquement supérieure à celles des types type 4, type 5 et type 6. Cependant elle est statistiquement égale à celle des témoins.

Le Nombre de fleurs au retrait du sac (NFE) a présenté en général des valeurs comprises entre 3 et 315 fleurs. Le type 7 présente pour ce paramètre la moyenne maximale qui est de $78,21 \pm 28,21$. Cette valeur est statistiquement identique à celle du témoin et du type 5. Cependant elle est statistiquement supérieure à la moyennes du type 4 et du type 6.

Les individus du type 7 ont aussi les meilleures performances pour le nombre de fleurs nouées avec une valeur moyenne de $23,80 \pm 11,21$. Cette valeur est significativement différente au seuil de 0,05 de celles des autres types y compris le témoin.

Le nombre de noix récoltées (NNR) a présenté également une différence significative au seuil de 0,05 entre la moyenne du type 7 qui est de $12,20 \pm 1,92$ et celle des autres types. Cette moyenne est la plus enlevée.

Enfin, le taux de germination du pollen présente pour le témoin une valeur de $34,72 \pm 1,64$ statistiquement différentes aux autres classes. Les quatre autres types ne présentent pas de différence significative entre elles pour ce paramètre.

Tableau 5:-Comparaison des caractères quantitatifs liés à la production des noix de coco en fonction des croisements parentaux.

Variables		Type 1	Type 4	Type 5	Type 6	Type 7
NFP	moyenne±écart-type	$82,84 \pm 64,59^a$	$49,60 \pm 41,52^b$	$63,00 \pm 64,10^b$	$43,27 \pm 45,01^b$	$90,40 \pm 36,16^a$
	Min-Max	10-296	23-254	3-302	3-315	67-152
NFE	moyenne±écart-type	$66,21 \pm 50,73^a$	$41,43 \pm 31,91^b$	$56,57 \pm 54,45^a$	$36,82 \pm 38,68^b$	$78,21 \pm 28,21^a$
	Min-Max	10-261	23-202	3-261	3-259	48-119
NFN	moyenne±écart-type	$6,25 \pm 4,46^b$	$5,57 \pm 2,83^b$	$5,64 \pm 5,59^b$	$7,26 \pm 6,49^b$	$23,80 \pm 11,21^a$
	Min-Max	0-13	1-11	1-19	0-35	13-39
NNR	moyenne±écart-type	$1,28 \pm 1,83^b$	$1,51 \pm 1,54^b$	$2,59 \pm 4,08^b$	$2,59 \pm 3,87^b$	$12,20 \pm 1,92^a$
	Min-Max	0-5	0-8	0-14	0-22	0-14
TG	moyenne±écart-type	$34,72 \pm 1,64^b$	$39,15 \pm 2,46^a$	$38,60 \pm 2,56^a$	$38,54 \pm 2,81^a$	$40,81 \pm 2,1^a$
	Min-Max	30,21-39,21	33,91-44,21	33,12-43,99	30,97-47,15	38,14-43,26

Les valeurs moyennes suivies des mêmes lettres ne sont pas significativement différentes au risque d'erreur de 5%.

Prédiction du nombre de noix récoltées à partir du nombre de fleurs femelles

Pertinence du modèle de prévision choisi

Il est ressorti des résultats que la régression impliquant comme variables explicatives le nombre de fleurs femelles dénombrées à la pose du sac d'isolement de l'inflorescence (NFP), du nombre de fleurs femelles dénombrées à l'enlèvement du sac d'isolement (NFE), le nombre de fleurs femelles nouées (NFN) et le taux de germination du pollen (TG) sur la variable explique le nombre de noix semences récoltées à maturité.

Une haute significativité du modèle avec une valeur $p = 2,2 \cdot 10^{-16}$ a été observée (Tableau 6). Ceci suggère qu'il y a moins de 5 % de chance d'être dans l'erreur en affirmant que le modèle contribue à mieux prédire le nombre de noix de coco récoltées à maturité que la simple moyenne.

Ajustement des données au modèle de régression, variabilité expliquée et paramètres du modèle

Les résultats ont révélé que, concernant l'ajustement des données au modèle, le coefficient de corrélation multiple vaut 0,4831 pour le modèle. Une telle valeur de corrélation multiple atteste qu'il existe de faible lien entre les quatre variables prédictives mesurées et la variable prédite. Cette dernière valeur suggère que 48,31 % des fluctuations de noix semences arrivant à maturité sont attribuables au nombre de fleurs femelles dénombrées à la pose du sac d'isolement de l'inflorescence, à celui des fleurs femelles dénombrées à l'enlèvement du sac d'isolement et à celui des fleurs femelles nouées (Tableau 6).

Concernant le modèle, l'ordonnée à l'origine est de -1,12. Le coefficient de régression partiel lié au nombre de fleurs femelles observées à la pose du sac d'isolement de l'inflorescence (NFP) vaut -0,007. Celui du nombre de fleurs femelles dénombrées à l'enlèvement du sac d'isolement (NFE) est 0,012. Celui du nombre de fleurs femelles nouées (NFN) est 0,408 et celui du taux de germination du pollen (TG) est de 0,014. En conséquence, les valeurs prédites du nombre de noix semences parvenant à maturité sont: $N_{\text{noirc}} = -1,12 - 0,007 \cdot N_{\text{flepose}} + 0,012 \cdot N_{\text{flenlev}} + 0,408 \cdot N_{\text{flnou}} + 0,014 \cdot TG$ (Tableau IX). L'examen de la statistique t de Student montre que seul le nombre de fleurs femelles nouées a un poids réel dans l'équation globale de la régression (valeur de $P < 0,001$).

Tableau 6:-Modèle expliquant le nombre de noix de coco par plant en fonction de trois variables explicatives.

	coefficient	Erreur standard	Valeur T	Valeur P	Significativité
Constante	-1,12	2,00	-0,562	0,575	NS
NFP	-0,007	0,012	-0,615	0,539	NS
NFE	0,012	0,014	0,837	0,403	NS
NFN	0,402	0,025	15,860	< 0,001	***
TG	0,014	0,052	0,284	0,776	NS

Erreurrésiduelle standard: 2,616 à 288 degré de liberté

R-carré multiple: 0,4902. R-carré ajusté: 0,4831

F-statistique: 69,22 dans 4 et 288 DF, valeur p: < 0,001

Discussion:-

Sur l'ensemble des cinq paramètres étudiés dans le cas de l'étude des paramètres influençant la productivité, les corrélations entre les trois paramètres de production que sont le nombre de fleurs à la pose du sac d'isolement (NFP), le nombre de fleurs au retrait du sac (NFE) et le nombre de fleurs nouées (NFN) ne présentent aucune corrélation significative avec le nombre de fruits récoltés (NFR) au seuil de 5 %. Cependant, il existe une corrélation hautement significative au seuil de 5 % entre ces trois paramètres précités. Ces corrélations significatives s'expliquent par les liens biologiques entre ces différentes variables. En effet, elles représentent des étapes successives dans le processus de mise en place de la fécondation.

Les analyses de variances ont permis de mettre en évidence l'effet du type génétique sur les cinq paramètres agronomiques que sont: la production de fleurs femelles observées à la pose du sac d'isolement de l'inflorescence, les fleurs femelles comptées au retrait du sac d'isolement, les fleurs nouées, le nombre de noix de coco Nain x Nain récoltées à maturité et le taux de germination du pollen. Aussi, l'effet de la pose du sac d'isolement de l'inflorescence, de son enlèvement et de la nouaison sur l'expression de la maturation des fruits des mêmes noix semences Nain x Nain a été observé et quantifié. Les différences observées peuvent être imputables à une différence de la composition variétale entre les différents échantillons. En effet, les individus sont tous des cocotiers nains, mais issus de différents types de croisements génétiques.

La dépression observée au fur et à mesure que se succèdent les différentes étapes de la formation des fruits peut être certainement imputable en partie à des causes génétiques, plus précisément au niveau des gènes liés à la production de l'acide abscissique. Le rôle de l'acide abscissique est principalement lié à la sénescence (**Del Río et al., 1998**). Il n'a pas un effet direct sur l'abscission et n'a qu'un rôle intermédiaire au cours de ce phénomène (**Roberts et al., 2002**). Sa concentration augmente au cours de la maturation et avant la chute des fruits matures conduisant à l'arrêt de la croissance et à la sénescence suivie par l'abscission des fruits (**Ladanyia, 2010**). La concentration de cette hormone est beaucoup plus élevée chez les fruits des variétés d'oranger précoces et de mi-saison que chez les variétés tardives (**Rasmussen, 1975**). L'ABA limite le transport des auxines et semble être impliquée dans la synthèse d'éthylène et de certains enzymes (**Racskó et al., 2006**). Cependant, la balance hormonale entre l'ABA et les auxines peut moduler le taux d'abscission des fruits.

Comme pour les hormones, il y a des sucres qui retardent l'abscission et d'autres qui l'accélèrent. Les sucres majoritairement présents dans les fruits d'agrumes (le saccharose, le fructose et le glucose) retardent l'abscission, par contre le mannitol, un sucre polyol (sucre- alcool), favorise la chute des fruits. On note alors que le sorbitol et l'inositol ne présentent aucun effet sur l'abscission (**Khefifi, 2015**). On peut supposer alors que la chute des fruits peut être liée aux gènes influençant la production de ABA et du mannitol. Par ailleurs, les rendements obtenus reflètent l'effet dépressif du sac (**Bourdeix et al., 1994; Yoboue, 2009**). En effet, le sac d'isolement crée un micro-climat qui agit négativement sur les fleurs femelles et sur la qualité du pollen (**Yao Saraka, 2010**).

Le nombre de fleurs à la pose du sac d'isolement influence négativement le nombre de fruits récoltés. Ce qui signifie que plus le nombre de fleurs est élevé, moins il y aura de fruits. Cet état peut s'expliquer par le taux d'avortement élevé des embryons formés dû au nombre élevé d'embryon par spathe.

La germination *in vitro* est utilisée pour déterminer la capacité du pollen à s'hydrater et former un tube. La vitesse de germination et la longueur du tube formé dépendent de la vigueur du pollen (**Digonnet-Kerhoas et Gay, 1990**). Ce paramètre influence grandement les nouaisons au champ chez le cocotier (**Rognon et de Nuce de Lamothe, 1978; Nasayao et Malasaga, 1989**). Le taux de germination *in vitro* de pollen se situe en général dans notre étude à 38,50 %; cette valeur est supérieure au seuil minimal international de qualité fixé à 35 % (**de Nuce de Lamothe et al., 1980**). Ces valeurs montrent la bonne qualité du pollen produit par les géniteurs nains. Cependant, les individus issus du type de croisement 1 à savoir une lignée pure de nains jaune malais (NJM) présenteraient un pollen de mauvaise qualité avec un taux de germination de $34,60 \pm 1,68$. Ces individus représentaient les témoins dans cette expérience. La meilleure qualité de pollen a été obtenue chez les individus issus du croisement de type 6 avec une valeur de $40, 50 \pm 1,58$. Il s'agit d'individus issus de croisements entre (NRM x NVP05) x (NRM x NVS) ce qui corrobore les affirmations de **Charrier (1997)**. En effet, cet auteur a montré que l'aptitude à germer du pollen conservé diffère d'une variété à une autre. Aussi, les performances observées par rapport aux taux de germination élevés chez les individus issus des croisements 5 et 6 sur les souches pures issus des croisements 1, 2 et 3 montrent l'effet hétérosis au niveau du pouvoir germinatif du grain de pollen. En effet, les croisements 1, 2 et 3 sont des croisements de lignée pure entre les individus NJM, NRC et NVS, l'effet significatif au seuil de 5 % du facteur atteste que le type génétique est l'influent majeur de la qualité du pollen. Aussi, des paramètres tels que la durée de conservation du pollen (**Yao et al., 2010**) influence également la qualité du pollen. Toutefois, la difficulté de mise au point des milieux et des conditions optimales de germination sont les limites au test de germination *in vitro* (**Digonnet-Kerhoas et Gay, 1990**). Pour pallier à ces limites, l'on pourrait penser à faire un test de germination *in vivo*, car rendant compte de la capacité du pollen à germer, puis à pénétrer dans le style pour y assurer sa phase de croissance autotrophe. Cependant, ce test ne permet pas de préciser le pourcentage de grains de pollen viables dans la population en raison de l'effet de masse du pollen et de l'utilisation d'un nombre de pollens toujours supérieur au nombre d'ovules présents chez les clones femelles (**Digonnet-Kerhoas et Gay, 1990**).

Les quatre variables prédictives que sont le nombre de fleurs à la pose, le nombre de fleurs à l'enlèvement et le nombre de noix à la nouaison et le Taux de germination des pollens, ont expliqué 48,31 % des variations de la production de noix semences Nain x Nain récoltées à maturité. En effet, le modèle utilisé pour l'étude de la régression de ces différents paramètres agronomiques a été performant car il a permis de prédire la production de noix de semences en s'avérant hautement significative au seuil de 5 %. **Issali et al. (2013)**, analysant l'effet de l'âge du pollen et de la nouaison des jeunes noix hybrides Grand x Grand sur l'expression de maturation des noix semences, a aussi rapporté la significativité du modèle de régression linéaire testé. Bien qu'il puisse, exister d'autres modèles non linéaires pertinents, celui du modèle linéaire gagnerait pour l'instant à être privilégié. En conséquence,

la combinaison des quatre variables prédictrices est très significativement associée à la variable dépendante représentée par le nombre de noix de coco récoltées à maturité.

Les données collectées ont montré un degré moyen d'ajustement linéaire. En effet, le coefficient de corrélation multiple R était égal à + 0,4902 pour le modèle. Une telle valeur est sensiblement égale au seuil de 0,5. **Issali et al. (2013)** ont obtenu un coefficient de corrélation multiple de 0,915. Ceci illustre un bon niveau d'ajustement linéaire entre les données collectées et le modèle linéaire choisi.

Le modèle linéaire montrant la valeur du nombre de noix semences F3 récoltées à maturité en fonction du nombre de fleurs femelles observées à la pose du sac d'isolement, de celui de fleurs femelles dénombrées à l'enlèvement dudit sac et de celui des fleurs femelles nouées s'écrit: $Nnoirec = -1,12 - 0,007*Nflepose + 0,012*Nflenlev + 0,408*Nflnou + 0,014*TG$, chez les hybrides F2 Nain x Nain. Pourtant, chez les hybrides Grand x Grand, le modèle identifié par **Issali et al. (2013)** s'écrit $Nbnoirec = 0,006 + 0,774*Nflnou$. L'écart entre les deux modèles peut s'expliquer d'une part par la différence des périodes d'expérimentation et d'autre par celle du matériel végétal. En effet, la première expérimentation a eu lieu de 2001 à 2002, alors que la nôtre s'est déroulée de 2015 à 2016. S'agissant du matériel végétal, notre expérimentation concerne les cocotiers nains alors que celle de **Issali et al. (2013)** concerne des hybrides Grand x Grand (**Issali et al., 2013**). L'adjonction d'autres prédicteurs tels que quelques paramètres climatiques mesurés sur la Station Marc Delorme pourraient considérablement améliorer la prévision. Les Travaux de **Peiris et al. (2008)** sur l'ANCP (Annual National Coconut Production) au Sri Lanka confirme une telle approche. En effet, ces auteurs ont montré que la production annuelle de la cocoteraie nationale est influencée par la pluviosité et les interventions sylvicoles. En somme, en attendant que d'autres prédicteurs soient identifiés, l'équation $Nnoirec = -1,12 - 0,007*Nflepose + 0,012*Nflenlev + 0,408*Nflnou + 0,014*TG$, pourrait être utilisée pour prédire la production de noix semences chez les Nains et les hybrides Nain x Nain.

Conclusion:-

Le nombre de fleurs à la pose est la variable la plus pesante dans l'équation globale de la régression linéaire après la constante. Cette variable est donc un prédicteur fiable du nombre de noix matures et récoltables. Il existe également des différences significatives en fonction de la famille dont sont issus les plants au niveau des cinq paramètres étudiés. L'équation de la valeur du nombre de noix semences F3 récoltées à maturité s'écrit :

$Nnoirec = -1,12 - 0,007*Nflepose + 0,012*Nflenlev + 0,408*Nflnou + 0,014*TG$, chez les écotypes Nains et les hybrides F2 Nain x Nain. Cette valeur sera utilisée pour prédire, en cas de commande ferme par nos partenaires extérieurs, le nombre de noix matures naines récoltables au terme de la campagne de pollinisations contrôlées et de contrôle de nouaison. Les individus identifiés dans cette étude pourront être utilisés comme parent dans les croisements Nain Grand pour l'amélioration de la productivité des cocoteraies de Côte d'Ivoire.

Références bibliographique:-

1. **Assa R R., Konan J-L., Nemlin J., Prades A., Agbo N'zi G. & Sié R S. 2006-** Diagnostic de lacocoteraie paysanne du littoral ivoirien. Sciences et Nature. Série A, Biosciences Agronomie Environnement Biotechnologie, **3 (2)** :113-120.
2. **Berron H. 1978-** Atlas jeune Afrique: Cote d'Ivoire. Ed. JA 12-13.
3. **Bourdeix R., N'Cho Y P. & Sangaré A. 1994-** Rythmes de production chez le cocotier Nain (*Cocos nucifera* L.): Etude de l'alternance castration-production comme mode de gestion des champs semenciers. Agronomie Africaine. **6(2)**:77-162.
4. **Bourdeix R. 2002-** Rapport de mission au Comores du 2 au 16 mai 2002. Document CP_SIC1499. CIRAD, Montpellier. 20p.
5. **Bourdeix, R., V. S. Tuia, L. M. Fili & V. Kumar. 2002-** Coconut varieties of " NiuKafa". COGENT newsletter, **3**:14-15.
6. **Bourdeix R., Konan Konan J. L. & N'Cho Y. P. 2005a-** Cocotier : guide des variétés traditionnelles et améliorées. Montpellier : Diversiflora, 104 p.
7. **CNRA, 2021-** <https://cnra.ci/wp-content/uploads/2021/12/07-Progr-Cocotier-2020-2023-VF.pdf>. (dernier accès: Août 2022)
8. **Charrier A., Jacquot M., Hamon S., Nicolas D. 1997-**L'amélioration des plantes tropicales. CIRAD, Montpellier. 623p.

9. **De Nuce de Lamothe M., Wuidart W. & Sangaré A. 1980-** La fécondation artificielle du cocotier. *Oleagineux*, **35**: 319–326.
10. **De Nuce De Lamothe, M. & F. Rognon. 1986-** Cocotiers hybrides ou cocotiers Grands, un choix basé sur des résultats. *Oleagineux*, **41 (12)** : 549-555.
11. **Del Río J A., Arcas M C., Benavente O., Sabater F. & Ortuño A. 1998-** Changes of polymethoxylated flavones levels during development of *Citrus aurantium* (cv. Sevilano) fruits. *Planta medica*, **64**: 575–576.
12. **Digonnet-Kerhoas C. & Gay. G. 1990-** Qualité du pollen: Définition et estimation. *Bulletin de la Société botanique de France*, **137**: 97–100.
13. **Doh F., Yao M D S. & Issali A E. 2014-** Incidence des attaques de la punaise *Pseudotheraptus Devastans* (Distant) (Heteroptera: coreidae) sur trois variétés hybrides de cocotier, PB 113+, PB 121+ ET NVS x GVT en Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **8**: 2650–2658.
14. **Euphrasie E. 2016-** L'huile de coco. DESS de cosmétologie. Université du Québec. Québec. 30p.
15. **Issali A E., Lekadou T T., Nguessan A E B., Konan L., Allou K. & Adiko A. 2013-** Effect of fruit set on fructification of coconut tall ecotypes for production of hybrid seednuts in Côte d'Ivoire. *African Crop Science Journal*, **21 (4)** : 303 – 310.
16. **Khefifi H. 2015-** Etudes physiologiques et génétiques de caractères morpho-physicochimiques des fruits d'agrumes au cours de la maturation jusqu'à l'abscission. Thèse unique (spécialité: Génétique des plantes). Montpellier SupAgro, Montpellier, France, 264p.
17. **Koffi Y.J.J. 2016.** Impacts socio-économique et écologique de la culture de l'anacarde dans la région du Zanzan (Nord-est de la Côte d'Ivoire). Mémoire de D.E.A, Université de Cocody (Abidjan, Côte d'Ivoire), 68 p.
18. **Ladaniya M S. 2010 -** Citrus Fruit: Biology, Technology and Evaluation. Elsevier Inc., Atlanta, USA, 573pp.
19. **Lebrun P, N'Cho YP, Bourdeix R & Baudouin L. 1999-** Le cocotier. In: JC Glaszmann (ed). *Diversité génétique des plantes tropicales cultivées*. CIRAD, Montpellier, France. pp.219-239.
20. **Nasayao L. Z. & E. M. Malasaga. 1989-** Male flowers and pollen characteristics of some coconut populations in the Philippines. *Philippine Journal of Coconut Studies*, **14 (2)** 2-6.
21. **Peiris T S G., Hansen J. W. & Zubair L. 2008-** Use of seasonal climate information to predict coconut production in Sri Lanka. *International Journal of Climatology*, **28**: 103–110.
22. **Tuo Y. 2013-** Etat de l'entomofaune des inflorescences du palmier à huile en Côte d'Ivoire: cas de la station CNRA de la Me. Thèse de Doctorat. UFR Biosciences, Université Felix Houphouët-Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire. 266p.
23. **Racskó J., Soltész M., Szabó Z. & Nyéki J. 2006-** Fruit drop: II. Biological background offlower and fruit drop. *International Journal of Horticultural Science*, **12**: 103–108.
24. **Rasmussen G K. 1975.** Cellulase activity, endogenous abscisic acid, and ethylene in four citrus cultivars during maturation. *Plant physiology*, **56**: 765–767.
25. **Roberts J A., Elliott K. A. & Gonzalez-Carranza Z. H. 2002-** Abscission, dehiscence, and other cell separation processes. *Annual review of plant biology*. **53**: 131–158.
26. **Rognon F. & de Nuce de Lamothe M. 1978.** Récolte et conditionnement du pollen pour la pollinisation des champs semenciers de cocotiers. *Oleagineux*, **33 (1)**: 17-23.
27. **Yao S D M., Konan K J., Sié R., Assa A. & Allou K. 2010-** Effet de la durée de conservation sur la qualité du pollen en production de semences chez le cocotier (*Cocos nucifera* L.). *Sciences & Nature*. **7(1)** :87 – 96.
28. **Yoboue K. 2009.** Optimisation de la fécondation contrôlée chez le cocotier (*Cocos nucifera* L.) : étude de l'effet du type de sac et de la castration. Master thesis, Abobo-Adjamé University, Abidjan, Côte d'Ivoire., 48 p.