



Controverse (valant révision ?)

sur le potentiel productif au champ des cultivars Irad-Cirad-Sodécoton d'avant 2010 qui en 60 ans d'amélioration génétique n'aurait pas progressé.

En analyse de variance, un effet (jugé) non significatif ($p > 0.05$) vaut-il nécessairement absence d'effet si la variance résiduelle est très élevée ?



La délégation R-D de la Sodécoton, avec Lawe Djague (entomologie) et Oumarou Palai à Dakar en mars 2022 en réunion annuelle du PR-PICA (<https://prpica.org>) Photo Sodécoton

'Maître Palai', auquel on reconnaît entre autres l'obtention des lignées IRMA Q et notamment du cultivar Q302 de renommée pan-africaine, avec en notatrice en mission Sylvie Vancoppenolle, en tournée sur Hamakoussou, secteur de Gashiga, près de Garoua. Photo Waga Mana, IRAD Maroua.

Par José MARTIN, (Cirad Persyst, UPR 115 Aïda), à F-34398 Montpellier, juin 2025

Résumé (notice pour Agritrop)

Cette note, la troisième de la trilogie d'hommage à Oumarou Palai (†2025), revient sur les 6 décennies (1950-2010) d'amélioration génétique d'avant la libération du cultivar IRMA Q302, période prétendue d'après deux publications de 2017 et une fiche coton-innovation sans gain génétique en matière de productivité au champ (rendement en coton-graine). Cette situation aurait contribué à la stagnation des rendements aux champs sur la période encadrant le tournant des siècles, ce que je réfute en m'appuyant sur quelques références concrètes où je fus peu ou prou impliqué : le potentiel productif des variétés n'a jamais été limitant au cours de la période, la cause de la stagnation étant plutôt à rechercher du côté de la dégradation des sols, qui dernièrement semble avoir été enrayée ou ralentie au Nord-Cameroun (prochaine note en chantier). J'y montre aussi que la prétendue absence de gain génétique en matière de productivité au champ est discutable, en recourant d'une part à une référence de littérature maison qui pour être grisâtre n'en est pas moins sérieuse, et d'autre part à une discussion concrète sur les résultats présentés et les seuils considérés ou à considérer pour déclarer un résultat significatif ou non ; avec en sus des considérations sur la nature des variables analysées, telles la richesse en fibre, trait d'état largement constitutif du génotype (héritable), et le rendement au champ, trait de réponse très sensible aux conditions environnementales (peu héritable), différence non sans conséquence sur la puissance des plans d'expérience et les niveaux de risques à prendre en analyse de variance. Je déborde enfin sur un questionnement plus générique sur la classique conclusion parfois péremptoire d'absence d'effet significatif dès lors que $p > 0.05$ en ouvrant sur une référence brésilienne folklorique de 1987 et trois références académiques de 2019 méritant toute notre attention de chercheurs.

Mots-clés :

Coton, *cotton*, cotonnier, cotonniculture, filière coton, agriculture familiale, Afrique, *Africa*, Cameroun, *Cameroon*, Tchad, sélection, sélectionneur, Oumarou Palai, Irma Q302, BJA 592, amélioration génétique, progrès génétique, *breeding*, gain génétique, richesse en fibre, rendement à l'égrenage, rendement en coton-graine, rendement au champ, stagnation des rendements, dégradation des sols, controverse, questionnement, réfutation, analyse statistique, signification statistique, statistique du biquini, coefficient de variation, bruit non contrôlé, seuil de rejet, $p > 0.05$, afficher les probabilités, résultats factuels, jugement arbitraire, littérature grisâtre, Agritrop

Pour citer cette note :

José Martin, 2025. Controverse (valant révision ?) sur le potentiel productif au champ des cultivars Irad-Cirad-Sodécoton d'avant 2010 qui en 60 ans d'amélioration génétique n'aurait pas progressé. En analyse de variance, un effet (jugé) non significatif ($p > 0.05$) vaut-il nécessairement absence d'effet si la variance résiduelle est très élevée ? Montpellier : CIRAD-Persyst-UPR 115-Aïda, Document technique et de recherche, 16 p. Source. <https://agritrop.cirad.fr/613823>

AVERTISSEMENT (CONTEXTE EDITORIAL)

L'écriture de cette note fait suite à deux notes récentes disponibles sur Agritrop : (1) celle d'hommage à Oumarou Palaï (†) incluant tout un développement sur l'amélioration de la teneur en fibre et ses conséquences pour les cotonniculteurs africains et (2) celle proposant une rétro-ingénierie de la variété IRMA Q302 plus productive que les variétés¹ antérieures à 2010, en procédant à une évaluation ex-post des traits phéno-morpho et physio proposés comme critères de sélection par nos agro-physio modélisateurs en 2017 et 2018 pour gagner en productivité au champ. L'ensemble de ces trois notes est une façon de prolonger l'hommage posthume à Palaï qui, de l'avis convergeant des génétistes Cirad, fut à l'origine de la sélection des lignées Q et avec l'appui de la Sodécoton, de l'émancipation de la Q302 et du succès national et international de ce cultivar qui marque un avant et un après dans l'histoire de la cotonniculture camerounaise et africaine, même si actuellement de nouvelles obtentions sont en train de la supplanter. A ce tryptique d'hommages à Palaï suivra la note de réflexion en chantier depuis 2022 sur la baisse du rendement à l'égrenage industriel subie par le Cameroun, documentée par deux brèves notes factuelles déjà disponibles sur Agritrop <https://agritrop.cirad.fr/606159/> (2023) et <https://agritrop.cirad.fr/610384/> (2024).

INTRODUCTION

D'après l'article de Loison et al (2017) <https://agritrop.cirad.fr/585245/>, désigné par la suite article idéotype, la stagnation des rendements en coton-graine au virage du siècle au Cameroun (<https://agritrop.cirad.fr/263818>), serait due ou imputable à des pratiques culturelles inappropriées et à l'absence de progrès génétique sur la productivité au champ : "*unsuitable cropping practices such as sub-optimal planting dates, along with absence in genetic gain*". Ce problème de stagnation des rendements était du reste assez général en Afrique, et cela, couplé avec l'amélioration des rendements en fibre à l'égrenage, suscita chez nous l'initiative de la nouvelle culture du cotonnier (NCC)² L'article idéotype faisait suite de manière tout à fait logique, constructive et louable à la double conclusion apparemment irréfutable publiée la même année par les mêmes auteurs dans l'article gain

¹ En tout état de cause, on devrait employer le mot cultivar plutôt que variété. En effet, en principe, variété renvoie à des biotypes végétaux existant naturellement au sein d'une même espèce, alors que cultivar renvoie à des biotypes obtenus par les améliorateurs professionnels ou amateurs (sélectionneurs, généticiens, *breeders*) mettant en œuvre toute une batterie de moyens artificiels (croisements, hybridations, mutations, sélection, fixation)

² Au virage du siècle, le Cirad n'était pas encore structuré en UR sous 3 départements, et aux filières coton correspondait au Cirad un programme coton (le PCot) dépendant du département Cirad -Cultures annuelles (Cirad-CA) ; l'initiative fédératrice de la NCC fut impulsée par Jean-Philippe Deguine, chef du programme coton (PCot), avec l'appui des chefs de départements, Hubert Manichon puis Alain Capillon.

<https://agritrop.cirad.fr/583760/>³ : au bilan de 60 ans de génétique (jusqu'en 2009), il y a gain génétique (GG) effectif en matière de richesse en fibre et de qualité de fibre, mais absence de GG en matière de potentiel productif en coton-graine. Le présent document prétend questionner cette absence, c'est-à-dire **sinon la réfuter, à tout le moins l'amender (remise en question partielle valant révision ?)**. sur l'absence de progrès génétique en matière de rendement au champ au Cameroun.

Mon texte expose d'abord (première partie) une forme de rappel panoramique rétrospectif sur la variabilité des rendements en coton-graine. La deuxième partie, centrale, porte le questionnement sur l'absence de gain génétique au Cameroun en matière de productivité au champ et aboutit à des considérations croisées sur la richesse en fibre, qui est surtout un trait d'état, largement constitutif de l'essence du génotype, et le rendement au champ, qui est surtout un trait de réponse, ce dernier étant contrairement au premier très sensible aux conditions environnementales, différence qui n'est pas sans conséquence sur la puissance des plans d'expérience et les niveaux de risques à prendre en analyse de variance pour faire ressortir des effets significatifs sur ces deux variables. La troisième et dernière partie déborde en guise de conclusion sur un questionnement plus générique sur la classique conclusion parfois péremptoire d'absence d'effet et de différences significatives dès lors que $p > 0.05$ en ouvrant sur des références internationales méritant toute notre attention.



Sol ferrugineux dégradé, sur socle granito-gneissique, région Sud-Est-Bénoué, Cameroun, années 90 : l'érosion est agent de dégradation et augmente l'hétérogénéité des milieux en créant par dépôt des îlots de fertilité au sein de vastes zones de décapage infertiles.



Détail : jeunes cotonniers déjà miséreux en plage de sol très décapé (sables déliés), dégradé par les années de "bonnes préparations" des semis en culture attelée : agroécologie et culture attelée ne vont pas nécessairement de paire (photos J. Martin, déposées dans Ciradimages, ,

³ Même année de publication, avec le même quatuor d'auteurs principaux, mais dans des journaux différents

PREMIÈRE PARTIE : la génétique cotonnière n'est pas en cause dans l'indigence des rendements moyens nationaux en coton-graine au Cameroun ou en Afrique.

En effet, le potentiel productif de toutes les variétés libérées dès la fin des années 1970 était largement supérieur aux moyennes nationales. Je n'en donnerai pour preuve que des travaux auxquels j'ai été de près ou de loin associé à mes débuts (où auxquels j'ai eu à faire référence par la suite).



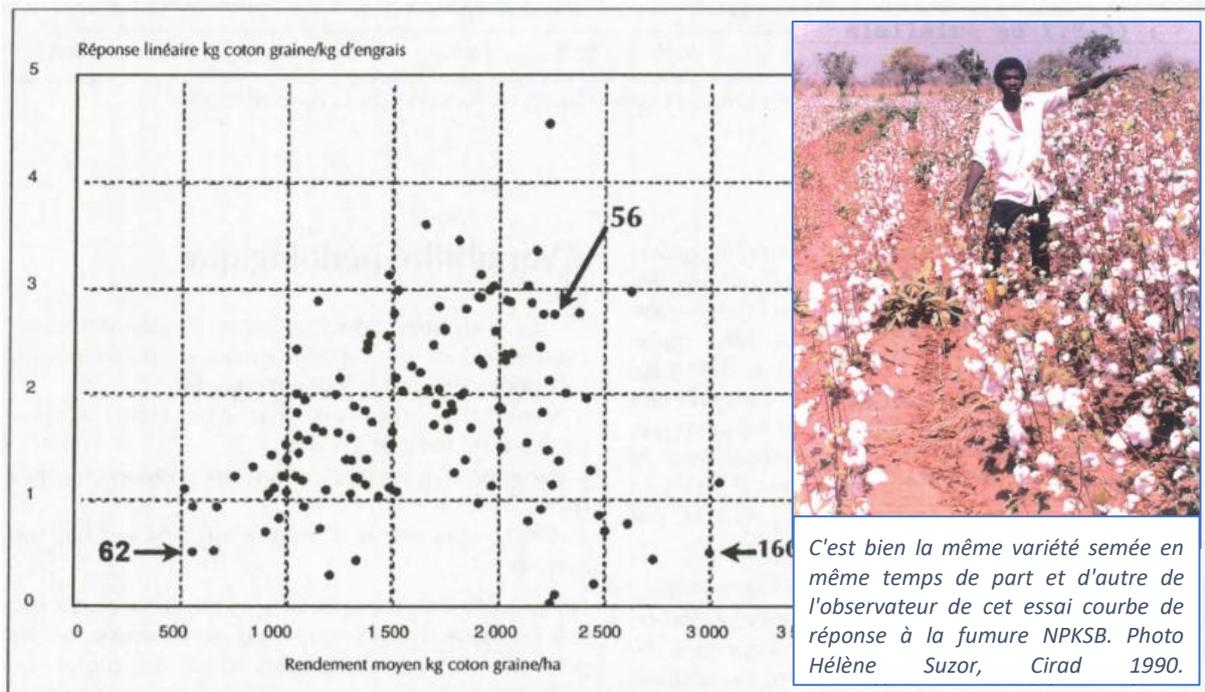
En 1982 et 1983, j'ai participé au Tchad <https://agritrop.cirad.fr/367183/> un tant soit peu aux travaux couvrant l'ensemble de la vaste zone cotonnière du Tchad synthétisés par Richard et Djoulet (1985) <https://agritrop.cirad.fr/444891>, travaux portant sur la variabilité des rendements aux champs, elle aussi bien vaste, de moins de 300 à plus de 3600 kg/ha de coton-graine, et même à 3000 kg/ha sans engrais, synthèse qui montre à la fois le potentiel productif des variétés d'alors, et **l'acuité du problème fertilité de sols et surtout de leur évolution sous culture.**

5

Cette synthèse reprenait les données issues de 3 types de dispositifs : (1) les essais de longue durée mis en place sur la station de Bébedjia entre 1963 et 1978, et pour certains encore actifs en 1982 et 83, (2) l'analyse régionale de la fertilité des sols couplée au vaste dispositif de tests de fertilisation en blocs dispersés de 1981 et 1982, et (3) les dispositifs systèmes techniques de culture en station et points d'appui de 1980 à 1982. Quant aux polders du lac Tchad, les rendements sans engrais y atteignaient voire dépassaient les 4 tonnes/ha dès les années 1970 <https://agritrop.cirad.fr/612365/5>.

⁵ Je connaissais cette référence sur les polders de Bol (station de Matafo, Tchad), car il fallait y recourir aux réducteurs de croissance (*Plant Growth Regulators*), thématique sur laquelle je devins un des référents maison, mais quand j'ai cherché à retrouver cette référence sur Agritrop, elle n'y était pas ; à ma demande, elle a été indexée, mais son contenu n'est pas encore disponible (chantiers de numérisation en cours pour les publications des instituts antérieurs au Cirad).

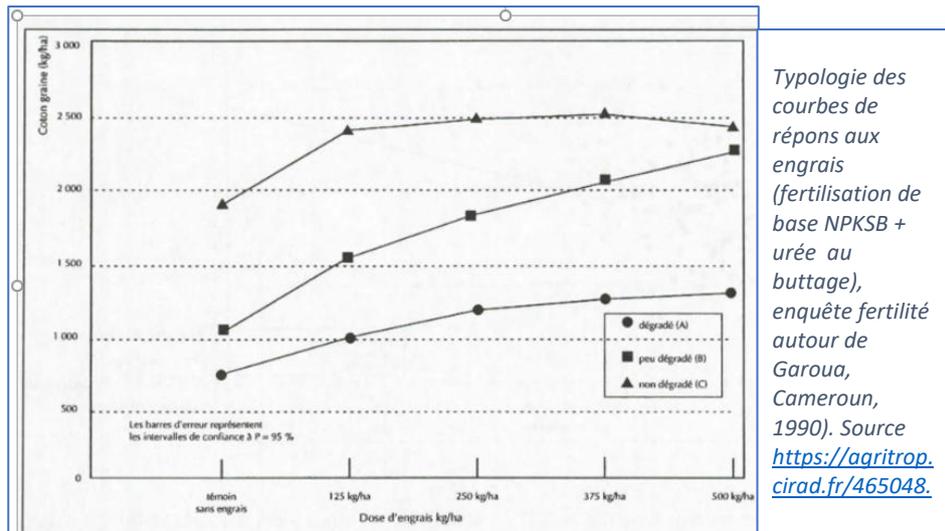
Plus tard, j'ai moi-même entrepris⁶ au Cameroun en 1990 une vaste enquête fertilité des sols ferrugineux formés sur les grès de Garoua, justement pour cause de stagnation des rendements régionaux en coton-graine <https://agritrop.cirad.fr/465087>. On y retrouvait en effet à peu près la même variabilité des rendements au champ qu'au Tchad, de 300 à 3300 kg/ha <https://agritrop.cirad.fr/465048>, mettant en évidence la fragilité de ces sols et leur niveau de dégradation augmentant avec les années de culture, par récurrence d'effets collatéraux négatifs liés à la préparation des semis avec nettoyage préalable des champs en culture attelée (graphe et photo ci-dessous)



6

Cependant, pour vaillant que soit un cultivar qui "arrache", tel actuellement IRMA Q 302 ou dans les années 1970 le cultivar tchadien internationalement diffusé BJA 592 qui plaisait tant aux paysans africains et latino-américains récoltant à la main (à la fois productif, à grosses capsules bien ouvantes, faciles à cueillir et bien lourdes, voir par exemple page 93 dans <https://agritrop.cirad.fr/364494> ou page 13 dans <https://agritrop.cirad.fr/612312/>), il ne pourra rendre en sol dégradé ce qu'il rendait en sol non dégradé, même si en fractionnant, améliorant et augmentant la fertilisation on peut atténuer l'effet négatif de la dégradation du sol : c'était notre approche au Cameroun où on avait établi une typologie des situations de dégradation des sols à partir des rendements obtenus sans engrais et des profils de réponse aux engrais (graphe page suivante), extrait aussi de la même source, les niveaux de production et de réponse à la fertilisation en baisse correspondant à des niveaux dégradation des sols en hausse.

⁶ Initiative appuyée par René Billaz et Basile Boli, co-gérants du Projet Garoua I, où je fus secondé par Hélène Suzor en 1990 sur le terrain et 1991 à Montpellier, où elle travailla à l'exploitation des résultats de la première année avec Michel Crétenet et Eric Gozé, ainsi que par Karl Guyotte pour l'étude des arrière-effets sur céréales en 1991, avec des prolongements ultérieurs (ATP K, travail minimal du sol, étude cotonniers rouges; etc...)

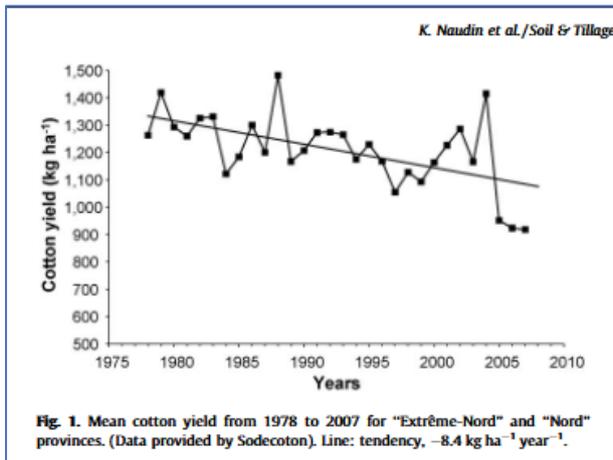


La photo ci-contre illustre comment on peut partiellement remédier moyennant un effort de travail, de renfort et de fractionnement de la fertilisation à l'infléchissement des courbes de réponse. Elle correspond à un dispositif d'exploration variétale à une variété par ligne x N variétés de toutes origines, installé par François Bernard *et al.* en 1994 à Sanguéré, près de Garoua, (la butte du fond est bien reconnaissable) sur sols très



sableux en cours de dégradation, aujourd'hui abandonnés par la section de génétique coton de l'Irad. Pour parvenir à cette splendeur, notre collègue avait choyé ses cotonniers, semis précoce sur sol propre, toujours désherbés, fertilisés et protégés à temps, avec – sorte de perfusion -un renfort de fertilisants NK en troisième apport – pratique atypique – à la faveur d'un second buttage (Photo F. Bernard).

Incongruité : en discussion de l'article progrès génétique, les auteurs de l'article idéotype font **amende honorable** en **reconnaissant** que la stagnation des rendements en coton-graine observée jusqu'en 2007 et montrée ci-contre n'est pas imputable à la génétique des cotonniers (§ "non-genetic limiting factors").



honorable en reconnaissant que la stagnation des rendements en coton-graine observée jusqu'en 2007 et montrée ci-contre n'est pas imputable à la génétique des cotonniers (§ "non-genetic limiting factors"). Mais alors pourquoi avoir repris dans cet article l'absence de progrès génétique comme hypothèse causale pour expliquer la stagnation ou le déclin de la productivité au champ, l'article idéotype étant, en tant que suite logique, postérieur à l'article progrès génétique (octobre versus mars 2017, détail qui de toute évidence a échappé à

l'évaluation du manuscrit présenté à un journal différent.)

En outre, Dominique Dessauw ou Christopher Viot rappellent dans un leurs rapports de mission au Cameroun, parfaitement accessibles sur Agritrop, que des variétés IRMA ont performé plutôt bien dans d'autres contextes (Afrique du sud, sous irrigation), et qu'inversement, de super variétés étrangères, réputées performantes chez elles, n'ont fait guère mieux, voire pas mieux en terrain camerounais ou africain lorsque confrontées à des IRMA (référence exacte à retrouver).

Depuis 2008 à ce jour, les rendements au champ au Cameroun suivent une pente ascendante spectaculairement élevée (près de 44 kg/ha/an , $R^2 = 0.8$, d'après les données communiquées par Nadama, Sodécoton) et ainsi figurent toujours largement en tête des pays du PR-PICA <https://prpica.org/category/bulletin-infos-pr-pica/>, j'en discute les raisons possibles avec Jean-Charles Sigrist (ex DGA Sodécoton) dans une nouvelle note à épingle sur Agritrop sous peu.



L'abandon des pratiques de semis avec préparation du sol à la charrue au profit de pratiques de semis direct sur labour chimique aux multiples effets cumulés n'est sans doute pas étranger à la dynamique haussière des rendements au champ au Cameroun. Photo Michel Thézé (merci à lui), ex chef de région Sodécoton à Tchitabali et Touboro, puis chef du Projet eau-sol-plante, 4 juillet 2004. L'observateur photographié est feu Lucien Gaudard († 2024), longtemps directeur de la production agricole à la Sodécoton.

Deuxième partie : questionnement sur l'absence de progrès génétique en rendement au champ

Dans mon premier hommage à Palai, j'ai signalé l'opposition partielle entre la conclusion de l'article gain et le corpus bizarrement ignoré de 3 documents antérieurs de littérature grise ou grisâtre maison, dédiés eux aussi à l'évaluation du progrès génétique au Cameroun aux contenus désormais disponibles en ligne (effet collatéral positif d'écrire en hommage à Palai) : à savoir, certains changements de cultivars sont accompagnés de GG réel en matière de potentiel productif au champ (rendement en coton-graine); ce fut le cas dans les années 1960 de l'Allen 333-57 par rapport à l'Allen 151, puis dans les années 1970 avec la variété BJA 592 en conditions permettant un cycle long, ou la variété 444-2 en conditions restreignant le cycle (voir page 32 dans Méritan 1993 <https://agritrop.cirad.fr/320761/>, opus déjà cité dans mon premier texte d'hommage à Palai); il est cependant vrai que depuis lors le GG sur le rendement au champ a été moins évident.

Dans mon deuxième document d'hommage à Palai, j'ai signalé que l'avènement de la variété IRMA Q302, libérée il y a à peine une quinzaine d'années, en tout état de cause après la conception et la réalisation en 2012 de l'expérimentation sur laquelle est adossé l'article gain (et n'interférant donc en rien avec la conclusion de cet article) correspond bel et bien à un gain génétique en matière de rendement au champ⁷, circonstance favorable qui permet une valorisation en rétro-ingénierie de la Q302 (voire des variétés obtenues par la suite) pour évaluer ex-post les critères de sélection physio et phéno-morpho proposés dans l'article idéotypes⁸.

Je voudrais à présent m'appesantir sur les résultats des analyses statistiques des 3 variables rendements (richesse en fibre (%), coton-graine (kg/ha) et fibre (kg/ha) présentés en tableau 3 de l'article gain et repris en mode simplifié en tableau 2 de la fiche innovation publiée la même année par les mêmes auteurs dans <https://coton-innovation.cirad.fr>. Ces résultats sont résumés dans l'encadré suivant :

1. **Richesse en fibre (%)**: effets GG significatifs à Garoua et Maroua, avec GG Garoua estimé à 0.065 %/an ($p < 0.05$) et GG Maroua estimé à 0.104%/an ($p < 0.01$)
2. **Rendement Coton-graine** : absence d'effet GG significatif, que ce soit à Garoua ou Maroua (dans les deux cas, effets déclarés non significatifs car $p > 0.05$)
3. **Rendement Fibre** : GG Garoua estimé à 3.3 kg/an ($p < 0.001$), et absence d'effet GG à Maroua (malgré un effet presque deux fois plus fort sur la richesse en fibre) .

⁷ La libération de la Q302, résultat d'un travail routinier au long cours, aurait mérité une publication au moins pour informer que la prétendue longue séquence d'absence de gain génétique au Cameroun prenait bel et bien fin avec la libération de cette variété (à la façon dont le firent Chanselme *et al.* en 1988 pour la libération de IRMA 1243, soutenue par le slogan publicitaire régional "en voilà une variété qu'elle est bonne": (<https://agritrop.cirad.fr/450897/>).

⁸ Les importants traits liés à l'état sanitaire de la culture, difficilement modélisables, y étaient ignorés, alors que le potentiel productif de la culture peut en intégrer certains, peu ou prou...

Première remarque : ces résultats sont clairement tabulés dans l'article et dans la fiche, mais ne sont-ils pas formulés avec moins de rigueur en conclusion générale de l'article et de la fiche, sans doute dans un louable souci de concision simplificatrice, mais ce faisant déformatrice, de la réalité :

- **dans l'article gain** : "*In conclusion, the breeding program in Cameroon has improved cotton fibre yield by 200 kg ha⁻¹ in 60 years entirely due to increased ginning out-turn*".
- **dans la fiche innovation** : "*gain génétique du rendement en fibre de l'ordre de 200 kg/ha en 60 ans de création variétale (gain génétique annuel de 3.3 kg/ha)*"

D'où questionnement : ces deux formulations ne reviennent-elles pas à généraliser le niveau de GG sur la variable rendement fibre à l'ensemble du Cameroun, c'est-à-dire en omettant de rappeler la restriction pour Maroua où l'effet GG sur cette variable n'est pas ressorti ($p > 0.05$) ?

Deuxième remarque : dans un **commentaire** du paragraphe *Results* de l'article gain la probabilité de l'effet GG pour la variable rendement fibre, effet déclaré non significatif, est cependant explicitée ($p = 0.07$), explicitation unique dans l'article et absente dans la fiche. Or de 0.05 à 0.07, il n'y a que 2 centièmes de différence dans le risque de déclaration erronée : n'y avait-il pas lieu de se poser la question de l'inamovibilité de ce seuil, surtout pour une variable composée très dépendante de la variable rendement au champ usuellement très sujette à d'amples variations non contrôlées ?

D'où deuxième questionnement. Du coup, sur Maroua, le gain annuel en rendement fibre estimé à 2.3 kg/ha, soit quelques 135 kg/ha de fibre sur les 60 ans de la période considérée, **ne serait-il pas recevable à $p = 0.07$?** Cela ne permettrait-il pas de nuancer plus justement la conclusion générale : le gain génétique global (sur la période de 60 ans) est estimé entre 200 et 135 kg/ha de fibre entre Garoua et Maroua, formulation moins catégorique, plus nuancée et plus en conformité avec le gradient longitudinal de potentiel productif du bassin cotonnier camerounais ?

A $p=0.07$, n'aurait-on pas déclaré à tort l'absence d'effet du facteur étudié (ici les variétés) sur la variable considérée (le rendement en fibre de Maroua) ? Car l'effet gain sur la variable rendement en fibre, elle-même dérivée du rendement au champ⁹, variable susceptible s'il en est d'être chahutée par maintes irrégularités de terrain non contrôlées, pourrait être admis si le seuil n'était pas inamovible et admissible par exemple et en l'occurrence à $p=0.07$?

D'où d'abord une réclamation générique importante concernant les tableaux d'analyse de variance portant étoiles et anagrammes péremptoires, où tout effet est systématiquement rejeté sans autre forme de procès dès que le sacro-saint (inamovible ?) seuil de 0.05 est dépassé : n'est-t-il pas préférable d'afficher systématique- et factuellement, la probabilité du risque de rejet à tort de l'hypothèse nulle, en se débarrassant définitivement des sacrosaintes étoiles ***, **, * ou anagrammes THS; TS, S, ou NS ou ns bien connus de tous les collègues.

Dans la même veine, ne convient-il pas d'afficher les carrés moyens des variances résiduelles, ou les écarts-types, et les coefficients de variation de l'essai ; et lorsque, l'article ne s'y prête

⁹équation universellement utilisée en recherche cotonnière : [rendement fibre = rendement en coton-graine x richesse en fibre]

pas directement, comme c'est le cas dans [l'article gain](#) où l'analyse de la régression l'emporte en intérêt sur les anavars primaires, il convient de permettre aux lecteurs justement curieux, d'accéder à ces données primaires et primordiales en les présentant en annexe, ou en données supplémentaires.

Gains génétiques simples et composés (sources : article gains et fiche coton-innovation)				
	Composante Coton-graine /ha	Composante Richesse en fibre %	Résultante Rendement Fibre/ha	observations
Garoua	-0.1 kg/an, p>0.05	+ 0.065 / an, p<0.05	+ 3.3 /an, p<0.001	Résultante paradoxale au vu de la faiblesse des composantes
Maroua	+ 1.7 kg/an, p>0.05	+ 0.104 /an, p< 0.001	+ 2.3 /an, p=0.07	Résultante plus logique pourtant non retenue dans l'énoncé des résultats

Bizarres autant qu'étranges, les résultantes condensées dans le tableau ci-dessus, à partir des données de l'article gain et de sa reprise dans la fiche innovation. En effet, à partir de GG en coton-graine déclarés non significatifs tant à Garoua que Maroua, et d'un GG en richesse en fibre nettement plus faible et moins robuste à Garoua qu'à Maroua, n'est-il pas inattendu que ce soit Garoua qui l'emporte sur Maroua pour la résultante GG en fibre/ha ? La biostatistique apparaît parfois bien contre-intuitive...

Quatrième remarque portant interrogation. Alors, qu'en est-il de la valeur de la probabilité occultée derrière le ns de l'anavar de la variable rendement en coton-graine à Maroua, dont le gain annuel estimé à 1.7 kg/an vaudrait environ 100 kg/ha sur la période des 60 ans considérée ? Serait-elle aussi comprise entre 0.05 et 0.1 ? Ni l'article gain ni la fiche innovation ne donnent accès aux analyses de variance primaires (anavar), dont on ne connaît que les degrés de liberté (ddl). Pour l'essai de Maroua, dépourvu de sous-blocs pour le facteur date de semis, les ddl sont : 9 pour l'effet variétés, 2 pour l'effet blocs, et donc 18 pour la variance résiduelle, ce qui n'est pas peu ; mais avec 4 répétitions au lieu de 3, les ddl de la résiduelle passeraient de 18 à 27, et avec un tel saut, la probabilité de l'effet variété ne serait-elle pas passée en dessous du sacro-saint seuil de 0.05 ? En fait, la réponse serait à fouiller dans la thèse Loison : la régression à très faible pente positive pour le GG sur le rendement au champ de l'essai de Maroua (1,7 kg/an) est assortie d'une probabilité de rejet trop forte (0.54) et d'une erreur standard très faible à 2.8% contre 14.9% à Garoua pour le premier semis : serait-ce le fait d'un fort effet bloc, qui du coup amoindrirait la variance résiduelle et donc le coefficient de variation, et qui en l'absence d'effet variétal acceptable (risque supérieur à 50%) aurait conduit les auteurs à ne pas reconsidérer les moyennes variétales, qui sans l'effet doublement dépressif (quantitative- et qualitativement) du bloc central, seraient bien plus élevées et sans doute bien moins entachées d'hétérogénéité non contrôlée ? Voir photographie *ad hoc* page suivante.

On ne peut hélas réécrire l'histoire et revenir en arrière pour implanter une quatrième répétition et procéder à une nouvelle anavar (sauf peut-être par simulation à condition de disposer de données parcellaires). On peut aussi déplorer l'absence d'information sur les valeurs des écart-types résiduels et des coefficients de variation (CV) correspondants, mais d'après mon expérience cotonnière africaine et américaine, il est probable que pour la variable rendement en coton graine le CV soit plutôt élevé, supérieur à 10 % ou plus, qui appliqué à la moyenne générale de l'essai, inconnue mais sans doute proche de 1138 kg/ha (moyenne estimée pour 1980, année quasiment médiane de la période considérée), correspondrait à un écart-type résiduel supérieur à 114 kg/ha, à rapprocher des 100 kg/ha de GG estimé non significatifs au seuil standard en vigueur : **le bruit serait supérieur à la musique, la rendant inaudible !**

Cependant, à défaut d'information sur les CV, la photo des 3 blocs de l'essai de Maroua de la fiche de coton-innovation est très informative sur la probable relation musique / bruit de cet essai. **Absence de signification à 0.05 ne signifie pas nécessairement absence absolue d'effet réel pour les variables très sensibles au bruit.** Les effets variétaux sont bien plus faciles à faire ressortir sur les traits constitutifs (par exemple la richesse intrinsèque en fibre, peu sensible aux conditions environnementales) que sur traits de réponse (par exemple le rendement au champ). Ainsi, personnellement, notamment au Brésil en essais factoriels, même au sein d'essais chahutés (à gros bruit), il m'a maintes fois été donné d'observer des coefficients de variation inférieurs à 2% pour la richesse en fibre et supérieurs à 12% pour le rendement au champ ! Ainsi les effets variétaux ou culturels ressortaient assez facilement pour les traits constitutifs (richesse en fibre, qualité technologique de la fibre) et moins facilement pour les traits de réponse où il fallait oser manier les niveaux de probabilité (curseur) pour interpréter les résultats ; et là-dessus, l'intérêt de travailler en réseau d'essais permettait de corroborer ou non les résultats avec les convergences ou divergences d'effets.

Pour revenir à l'article gain, à son auteur principal, alors en position d'impétrant au doctorat ou encore sous tension pour valoriser au maximum sa thèse, et à son encadrement, tous des collègues amis sincèrement et honnêtement engagés dans leur travail, on peut considérer qu'il était de bonne guerre pour eux de ne pas s'appesantir sur des nuances entachées d'incertitude et de forcer le trait sur un résultat relativement détonnant, dans une ambiance générale de type couvercle lourd pesant sur le monde de la recherche en général et du Cirad en particulier, ambiance assez oppressante pour les chercheurs, soumis à l' **injonction générale de "publish or perish"**. **Dans ces conditions, mieux la sécurité que l'incertitude, mieux un résultat tonitruant qu'une confirmation ronronnante, l'originalité attire des citations, le monde de la recherche n'est-il pas devenu aussi un business concurrentiel ?** Puisse cette note écrite en mode antithèse 100% constructive avec une vision positive du futur, susciter une synthèse en retour : appel au volontariat, en direction de la jeunesse !



21/09/2017

Photo supplémentaire



Photographie 1. Parcelle d'essai de Kodeck à proximité de Maroua (Extrême-Nord Cameroun). Dix variétés représentatives de la période de culture de 1950 à nos jours au Cameroun étaient cultivées dans cet essai.

*Contrairement à Garoua où il y avait 3 dates de semis, l'essai de Maroua n'en comportait qu'une. La photo donne un aperçu des 3 blocs. Un œil averti perçoit immédiatement la forte hétérogénéité entre les blocs (probable effet bloc, avec une faiblesse flagrante du bloc central) et intra bloc central (tout mité de zones à moindre densité et vigueur des cotonniers) : dans ces conditions, et face aux irrégularités du terrain, il est difficile de faire ressortir des différences variétales de faible ampleur : **la musique des variétés reste inaudible face au bruit du terrain** ! Source de la photo : page 7 dans <https://coton-innovation.cirad.fr/content/download/5198/37691/file/2017%20ITKInnovation-21-Cameroun%20%20Selection.pdf> <http://coton-innovation.cirad.fr>*

Troisième partie (conclusive) : élargir le seuil à $p > 0.05$ jusqu'à 0.10 ou davantage pour les variables sensibles au bruit dans les essais entachés par trop de bruit

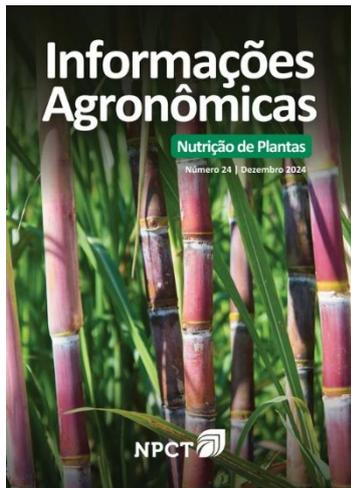


L'hétérogénéité d'un terrain hébergeant un plan d'expérience ne fera guère varier les traits d'état du matériel végétal, constitutifs et plutôt redevables du verbe être car peu variables, contrairement aux traits de réponse, très dépendants du nombre de capsules, redevables du verbe avoir ou trouver (j'ai eu ou j'ai trouvé N paniers...) et de surcroît très susceptibles aux sources de variation non contrôlées par le plant d'expérience..

Source de la frise : Le coton, fil des temps, des marchés & des cultures. Cirad, 2006. <https://agritrop.cirad.fr/531280>

14

Si le bruit ambiant est trop fort, il faut augmenter le volume de la musique pour qu'elle soit audible = si le résidu de l'anavar est trop important, le coefficient de variation pour la variable considérée trop élevé, alors il faut augmenter la puissance du plan d'expérience (en augmentant le nombre de répétitions) pour continuer à juger à 0.05 ou alors élargir la tolérance et juger avec un risque supérieur à 5 %.



C'est ce que plaidait l'excellent biostatisticien brésilien Federico Pimentel Gomes dans son édito "A estatística é como o biquini" publié en 1987 dans le n° 40 de *Informações Agronômicas*,¹⁰ [https://www.npct.com.br/publication/ia-brasil.nsf/0/207CA5E58D614D7483258125005F16AD/\\$FILE/Page4-5-40.pdf](https://www.npct.com.br/publication/ia-brasil.nsf/0/207CA5E58D614D7483258125005F16AD/$FILE/Page4-5-40.pdf). Il prend l'exemple d'un essai à 4 variétés de maïs et 3 répétitions ayant produit 2 T/ha avec des moyennes variétales de 2.3, 2.2, 1.8 et 1.7 et un écart type résiduel de 0.28 correspondant à un CV de 14% dont la conclusion d'absence d'effet variétal significatif à 5 % est vraie, alors qu'il existe des différences réelles de productivité entre ces variétés, qui apparaîtraient à 5% si le nombre de répétitions

¹⁰ Bulletin trimestriel de haut niveau et très grande audience auprès des praticiens de l'agriculture au Brésil, qui débuta en juin 1978, est allé jusqu'au N° 164 en décembre 2018 avant de changer de format et de reprendre une nouvelle numérotation en mars 2019 (N° 24 à ce jour) <https://www.npct.com.br/publication/ia-brasil.nsf>. C'est dans une chronique, que je n'ai pas retrouvée, de l'excellent professeur de nutrition végétale Euripides Malavolta, que je pris connaissance au Brésil il y a une vingtaine d'année, de cette alors fameuse comparaison – désormais datée - du maître biostatisticien. De nos jours, il aurait sans doute cherché une autre comparaison, même au Brésil, pour illustrer que la biostatistique agricole exhibe beaucoup de nombres mais cache parfois l'essentiel. Le périodique *Informações agrônômicas* renferme par ailleurs des contenus précieux pour les phytotechniciens, notamment la série "*Seja ou doutor do seu milho, algodao, sua soja, cana etc.*", incluant chaque fois un *compendium* très complet et bien illustré des syndromes rencontrés en grandes cultures.

était porté à 5, ou si le seuil de signification (risque de rejet à tort de l'hypothèse d'égalité des moyennes était augmenté à 10%)¹¹.

En expérimentation agronomique de plein champ, l'homogénéité des sols est rarement optimale : les plans en blocs permettent parfois d'absorber une partie de la variabilité naturelle si les blocs sont bien situés par rapport à un gradient, les essais à blanc sont rarissimes (car consommateurs d'une année versus projets souvent sur 3 ans nets, 2 effectifs), tant et si mal, surtout en stations de recherche dont on finit lamentablement par détériorer les sols (au lieu de les bonifier)¹², que la variance de la résiduelle finit souvent par se situer à des niveaux bien supérieurs aux éventuelles différences qu'on cherche à mettre en évidence, notamment en amélioration variétale, dont les progrès en matière de productivité au champ sont centésimaux (à peine quelques pourcents). Or ces quelques pourcents, s'ils existent, sont très significatifs pour les agriculteurs, il suffit pour s'en convaincre de penser aux variations, à la hausse ou la baisse, des taux d'intérêt liés à un emprunt immobilier. En anavar, les valeurs des F (ratios entre les variances liées aux facteurs étudiés ou contrôlés et la variance résiduelle) et des probabilités associées (*in extenso*), les coefficients de variation (écart-type de la résiduelle ramené à la moyenne de l'essai, pour la variable considérée) sont irréfutables (pourvu que le modèle appliqué soit pertinent) et devraient donc être systématiquement directement affichés ou facilement accessibles. *A contrario*, les décisions de déclarer tel ou tel effet non significatif sur telle ou telle variable sont des jugements parfois réfutables et demandent du discernement pour sortir de l'automatisme consistant à rejeter la signification à $p = 0.05$ quelle que soit la variable considérée et sa dépendance (trait de réponse) au contexte de l'expérimentation, c'est à dire l'aptitude de l'essai à mettre en évidence des différences centésimales, en considération des composantes bio-physiques et de conduite de l'essai).

En expérimentation de plein champ où se déploie l'interaction Génotype x Environnement G x E, le seuil de 5% peut rester pertinent pour des variables liées à des traits constitutifs du matériel végétal, hautement déterminées par G et relativement peu sensibles à E (par exemple la teneur en gossypol ou la finesse de la fibre), mais peut s'avérer excessivement strict pour les variables liées aux traits de réponse, largement soumis aux conditions de E (nombre de capsules, rendement au champ) et à leurs variations non contrôlées sur certains terrains. Ainsi un seuil $p < 0.10$ est considéré plus réaliste par certains généticiens coton pour des variables purement agronomiques telles que le rendement au champ, rejoignant ainsi les critiques des scientifiques cités en conclusion relativement aux seuils p appliqués strictement. La routine d'utilisation systématique et exclusive de $p < 0.05$, héritée du monde des sciences physiques, est davantage adaptée aux expérimentations de biologie en laboratoire qu'à celui de la biologie sur le terrain, et en particulier à celui de l'expérimentation agronomique en conditions réelles de petite agriculture en régions tropicales.

¹¹ Un peu comme en politique monétaire : les taux d'intérêts augmentent lorsque l'inflation augmente ; en l'occurrence, c'est le CV% de la variable rendement en kg/ha qui est trop élevé, et qui justifie le relèvement du seuil d'appréciation en augmentant le risque de 5 à 10% (voire davantage les cas échéant);

¹² J'ai également en chantier depuis plusieurs années une note à ce sujet : malheureusement, à gratter et regratter les sols pour bien installer nos essais, on a fini quasiment partout à dégrader les sols des stations où nous sommes intervenus, si j'en crois les exemples des stations coton et canne où je suis passé.

EN GUISE DE CONCLUSION

Le vice dénoncé avec brio en 1987 auprès de ses lecteurs brésiliens de façon si typiquement imagée et impactante pour un lectorat à l'époque encore très majoritairement masculin par Pimentel Gomés voici bientôt 40 ans était déjà discuté depuis assez longtemps ; il a été repris, revisité et développé avec tout autant de brio et davantage d'arguments par des auteurs contemporains, relayés par notre collègue Rémi Cardinael dans ses courriels à ses collègues d'UR. L'année 2019 fut particulièrement riche avec notamment :

- Le plaidoyer de Amrhein et al "*Retire statistical significance*" en 2019 dans *Nature*, où on trouve : "*We are not calling for a ban on P values. Nor are we saying they cannot be used as a decision criterion in certain specialized applications (such as determining whether a manufacturing process meets some quality-control standard). And we are also not advocating for an anythinggoes situation, in which weak evidence suddenly becomes credible. Rather, and in line with many others over the decades, we are calling for a stop to the use of P values in the conventional, dichotomous way — to decide whether a result refutes or supports a scientific hypothesis*" <https://www.nature.com/articles/d41586-019-00857-9>
- Le remarquable article de trois éditeurs de *The American Statistician*, expressivement intitulé : "*Moving to a World Beyond "p < 0.05"*" <https://doi.org/10.1080/00031305.2019.1583913>
- Le non moins remarquable article méthodologique du quintet (Ho et al.) publié dans *Nature Methods* "*Moving beyond P values: data analysis with estimation graphics*" <https://www.nature.com/articles/s41592-019-0470-3>

Pimentel Gomés rappelait lui aussi dans son fameux article que "la vérité n'est pas une"¹³ et que si 2 personnes construisent un mur en 2 jours, l'inférence issue de l'arithmétique consistant à dire que 100 000 personnes le construiront en 3 secondes n'est pas recevable dans la réalité pratique.

Alors, *quid* dans ces conditions de la prétendue absence de progrès génétique en rendement au champ au Cameroun dans le périmètre spatio-temporel de l'essai gain ? Affirmation à réviser ?

REMERCIEMENTS

A mes collègues ciradiens Christopher Viot et Tuong-Vi Cao pour leur relecture scrutatrice de mon manuscrit. Ainsi qu'à Romain Loison, pour sa bienveillante et profonde collaboration constructive tout au long de cette trilogie, malgré un contenu que d'aucuns auraient pu croire *a priori* malveillant de ma part mais qui ne l'est nullement, tout au contraire, sous-tendu qu'il est par notre commune et profonde amitié et admiration pour feu Oumarou Palai et son œuvre au bénéfice de son pays le Cameroun, de son continent l'Afrique et de notre coopération Irad-Cirad-Sodécoton, à l'instar, espérons-le, de notre modeste contribution avec cette trilogie augmentative en mode bilan critique et constructif de nos travaux de coopération en R-D pris dans leur ensemble. A nos partenaires du Cameroun, notamment Memena Oungvan et Waga Mana de l'Irad, et Lawé Djawé de la Sodécoton pour la fourniture des photos de couverture ainsi que Nadama de la Sodécoton, pour la communication des statistiques de rendements nationaux en coton-graine évoqués dans cette note, en belle pente annuelle haussière, qui seront présentés dans une prochaine note en hommage à Lucien Gaudard, ancien directeur de la production agricole (DPA) de la Sodécoton décédé en juin 2023.

¹³ J'ai toujours plaisir à évoquer cette maxime qu'aimait à rappeler avec sa faconde aveyronnaise Jean Cauquil, l'insigne animateur et meneur des entomologistes et *sensu lato* phytiâtres coton du Cirad-IRCT et du Cirad-CA dans les années 1980 et 90