

COMPORTEMENT HYDRIQUE DES DEUX GRANDS GROUPES DE *COFFEA CANEPHORA* DE CÔTE D'IVOIRE

J. BOYER

*Maître de recherches à l'ORSTOM
Laboratoire de physiologie végétale,
Centre d'Adiopodoumé (Côte d'Ivoire)*

L'étude suivante est le fruit d'une collaboration entre l'ORSTOM et l'I.F.C.C.

M. J. BOYER, Maître de recherches à l'ORSTOM, y rapporte les conclusions d'une étude menée en Côte d'Ivoire de 1959 à 1964 sous la direction de M. le Professeur J. LEMÉE. Celle-ci a, par ailleurs, donné lieu à la présentation par l'auteur d'une thèse de 3^e cycle devant la Faculté des Sciences de Paris.

Ses applications pratiques, notamment dans le domaine de l'agronomie (sélection de caféiers résistant à la sécheresse — adaptation écologique des variétés) et de l'agrotechnie (prévision des irrigations) nous ont semblé justifier auprès des producteurs sa publication dans notre revue.

La rédaction

INTRODUCTION

Les résultats de nos premières observations, effectuées *in situ* (LEMÉE et BOYER, 1960), nous ont permis de dégager les conclusions suivantes :

Les symptômes physiologiques de début de déficience en eau des caféières en périodes sèches montrent la supériorité du comportement des Kouilou de Touba. Ils se traduisent chez le Robusta INÉAC par une élévation des déficits internes foliaires au-dessus de 10 %, une baisse du taux de transpiration, un mouvement de fermeture des stomates dès le milieu de la matinée, une réduction du taux de croissance des feuilles, manifestations presque simultanées du début de pénurie d'eau.

La diminution des réserves en eau du sol disponible pour les racines est marquée par la dispari-

tion du maximum de transpiration matinale, un déficit hydrique des feuilles non encore résorbé dès le lever du jour suivant et s'élevant nettement au cours de la matinée. Lorsque l'épuisement est proche de la limite des réserves en eau disponible, la transpiration de l'INÉAC reste uniformément basse pendant toute la journée, offrant une courbe plate de type cuticulaire : elle est plus élevée chez le K. de Touba, qui maintient ses stomates encore ouverts pendant la journée, alors que la fermeture reste presque totale chez les R. INÉAC. La différence entre les déficits hydriques foliaires est encore plus accusée, ses valeurs en fin de journée amenant les feuilles les plus âgées de l'INÉAC au voisinage du déficit létal ou mortel. Dans ces conditions, la croissance du caféier est totalement arrêtée et il se produit une chute accélérée des feuilles les plus âgées.

Les clichés sont de J. BOYER.

18 MARS 1966

Une des difficultés des observations en champ réside dans la très grande hétérogénéité qui apparaît souvent au sein d'une même forme (PORTÈRES, 1937, COSTE, 1955). Pour obtenir des chiffres valables et interprétables, l'expérimentateur devrait effectuer un très grand nombre de mesures, ce qui exige un personnel nombreux et bien entraîné. Or on se contente le plus souvent d'un nombre relativement restreint de mesures. Les données recueillies par cette méthode donnent des ordres de grandeur et ont surtout une valeur comparative. Cette étude du comportement de la plante dans son milieu naturel conduit donc tout naturellement à éliminer un certain nombre de variables qui introduisent trop d'incertitudes et à opérer par conséquent en conditions artificielles. Afin de rechercher des critères rapides du degré de résistance à la sécheresse des deux principales formes de l'espèce *Canephora*, et pour préciser quantita-

tivement les réactions hydriques de leur feuillage à la pénurie d'eau, une double expérimentation a été mise en œuvre :

1) méthode des jeunes plants cultivés en vase de végétation : nous avons utilisé un matériel végétal clonal, issu de boutures d'un même arbre, ou de deux ou trois individus reconnus génétiquement aussi identiques que possible ;

2) étude de la déshydratation de feuilles isolées soumises à la fanaison dans des conditions uniformes de température, d'humidité relative de l'air et d'éclairement ;

3) parallèlement à ces études, nous avons essayé de voir s'il était possible de distinguer entre les formes Kouilou et Robusta des différences anatomiques et morphologiques, qu'un certain nombre d'auteurs reconnaissent comme étant liées à une meilleure économie de l'eau.

DÉVELOPPEMENT, ANATOMIE ET MORPHOLOGIE FOLIAIRES

Phases de transformation au cours de la vie des feuilles

Nous avons distingué quatre phases principales au cours de la vie des feuilles des caféiers :

1) phase « de croissance » (I) d'une durée normale de trois à quatre semaines ; le limbe, déjà rigide, a une couleur allant du jaune au vert clair lorsqu'il a atteint sa taille définitive ;

2) phase « de cutinisation » (II) (quatre à cinq semaines) au cours de laquelle la feuille développe ses tissus de soutien et prend un aspect plus ou moins coriace suivant les lignées ; sa coloration passe du vert franc au vert foncé ;

3) phase adulte ou « de maturité » (III), la plus longue (quatre à six mois) ;

4) phase « de sénescence » (IV) de durée variable suivant les types et les conditions saisonnières (trois à six semaines) ; les feuilles deviennent d'un vert grisâtre puis brunissent, elles sont généralement couvertes de cryptogames épiphylls sur les deux faces.

La durée de vie des feuilles s'échelonne donc généralement entre sept et dix mois, sauf en cas de chute prématurée due à une période de sécheresse anormale. Les R. INÉAC y sont particulièrement sensibles.

Données anatomiques et morphologiques

Elles se rapportent à des chiffres et observations du laboratoire de cytologie du Centre scientifique

et technique de l'O. R. S. T. O. M. à Bondy, et représentent la moyenne d'une trentaine de mesures par objet. Leur but n'est pas de décrire en détail l'anatomie comparée de ces organes végétatifs, études qui ont déjà été faites par RABÉCHAULT (1954) chez les *Coffea canephora* et DEDECCA (1955) chez les *Coffea arabica*.

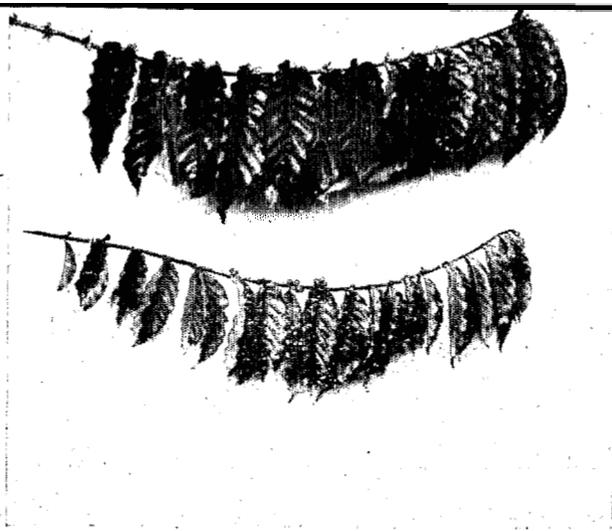
DIMENSIONS FOLIAIRES

Si on les caractérise par la longueur du limbe (de sa base sur le pétiole au sommet de l'acumen) et sa largeur en son milieu, le tableau I montre que les différences sont nettes lorsque les feuilles ont atteint les stades adultes II et suivants (moyennes établies sur stades adultes) :

TABLEAU I

Longueur L (cm)		Largeur l (cm)		Rapport L/l	
R. INÉAC	K. Touba	R. INÉAC	K. Touba	R. INÉAC	K. Touba
20	16,6	7,7	6,4	2,6	2,6

Les feuilles de Kouilou sont de dimensions plus réduites, elles sont plus gaufrées et la nervation y est plus épaisse dès les premiers stades de développement des feuilles. Par contre, on note que le rapport des dimensions longueur (L) et largeur (l) est le même lorsque la feuille a atteint les stades adultes.



Morphologie comparée de rameaux de Robusta INEAC (en haut) et de Kouilou de Touba (en bas) de même âge (un an et demi)

ANATOMIE ET ÉPAISSEUR DES TISSUS FOLIAIRES

L'examen anatomique des coupes de limbe chez ces deux types de *C. canephora* ne comporte aucune différence nette susceptible d'être mise en évidence et mentionnée en ce qui concerne les épidermes, la cuticule et le tissu palissadique. Le tissu lacuneux par contre est beaucoup plus lâche, les méats plus grands chez les K. de Touba, tout au moins au

cours des premiers stades de développement. Cette différence s'atténue beaucoup pendant la maturité.

Les mesures d'épaisseur totale du limbe sont représentées dans le tableau II et exprimées en microns.

Les coupes E_1 , E_2 et E_3 ont été réalisées dans la partie médiane de la feuille à trois niveaux.

L'analyse statistique de ces résultats montre que les différences entre stades de développement sont toujours nettes, comme on pouvait s'y attendre. Mais les différences variétales au cours des mêmes stades de développement ne sont marquées qu'au cours de la période de croissance.

Normes hydriques foliaires

Cette étude consiste à établir les paramètres des limbes foliaires par rapport aux quatre normes fondamentales suivantes :

- poids frais (à turgescence maximum)
- poids sec
- teneur en eau (à turgescence maximum)
- surface

Mesure de l'épaisseur totale du limbe

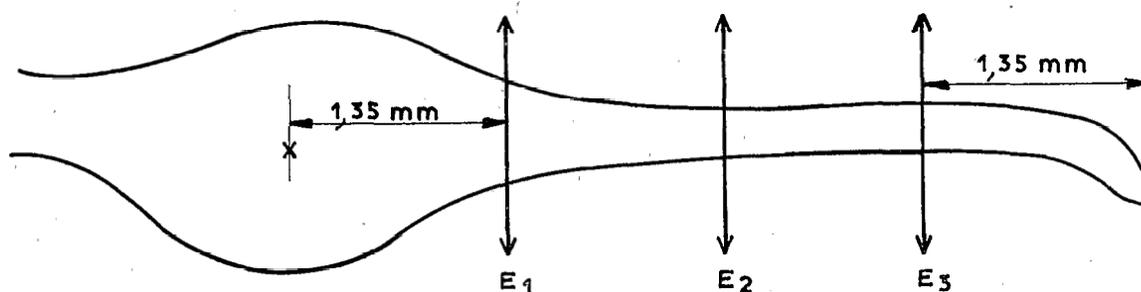


TABLEAU II

Stade de développement	E_1		E_2				$\frac{E_1 + E_3}{2}$	
	R. INEAC	K. Touba	R. INEAC	K. Touba	R. INEAC	K. Touba	R. INEAC	K. Touba
I	193,4	160,3	176	143,5	184,6	145,4	189	152,9
Stades adultes (moyenne)	208,4	210	186,5	193,5	187,3	190,3	198,4	200,3

TABLEAU III

Stade de développement	Surf. foliaire/poids frais		Teneur en eau/surf. foliaire		Poids sec/surf. foliaire	
	R. INEAC	K. Touba	R. INEAC	K. Touba	R. INEAC	K. Touba
I	0,32	0,31	2,30	2,20	0,72	0,65
II	0,38	0,36	1,67	1,75	0,90	0,97
III	0,36	0,33	1,80	1,90	0,95	1,03
IV	0,34	0,32	1,75	1,95	0,92	1,01

Ces critères définissent un certain nombre d'indices, surtout utilisés pour apprécier la plus ou moins grande résistance à la sécheresse du feuillage (STOCKER 1961, LEBRUN 1962). Parmi ceux-ci, les trois suivants sont généralement reconnus comme étant les plus révélateurs (LEBRUN 1962) :

a) développement de surface : rapport entre surface et poids frais, en dm^2/g de poids frais ;

b) degré de succulence : rapport entre teneur en eau et surface foliaire, en g/dm^2 ;

c) degré de sclérophylie : rapport entre poids sec et surface des feuilles, en g/dm^2 .

Les surfaces ont été mesurées par planimétrie sur les calques des feuilles après impression sur papier ozalid. Comme le fait remarquer LEBRUN (1962), cette méthode permet d'évaluer les surfaces avec une erreur souvent inférieure à 2 %. Cependant, contrairement à cet auteur, nous n'avons pas doublé la surface malgré le caractère bifacial des

feuilles. Du point de vue de leurs propriétés hydriques, les deux faces sont en effet très dissemblables chez les *Coffea canephora*, puisque la face supérieure est totalement dépourvue de stomates. Le tableau III donne les surfaces moyennes obtenues sur des lots de feuilles dont le développement s'est effectué pendant une période où l'alimentation en eau, sans être optimum, était néanmoins suffisamment bonne.

Dans l'ensemble, les différences entre Robusta et Kouilou sont assez faibles. Une valeur intéressante est le rapport teneur en eau/surface foliaire (degré de succulence), que les auteurs s'accordent en général à reconnaître comme étant lié à une meilleure économie de l'eau (STOCKER, 1956). Les valeurs en gras dans le tableau montrent en ce sens une légère supériorité des Kouilou de Touba, mais le test statistique n'a pas montré de différences significatives entre ces deux variétés au cours d'un même stade de développement.

ÉTUDE EXPÉRIMENTALE DE LA DÉSHYDRATATION DES FEUILLES ISOLÉES ; DEGRÉ DE RÉSISTANCE AUX PRINCIPAUX STADES DE LEUR VIE

Pour préciser quantitativement l'évolution des réactions hydriques des feuilles et leurs différences variétales au cours de leur déshydratation, une série d'expériences a été effectuée sur les feuilles des deux principales variétés soumises à la fanaison dans des conditions constantes de température, d'éclairement et d'humidité relative de l'air. Les chambres conditionnées du Service de botanique d'Adiopodoumé ont été mises à notre disposition à cet effet.

Simple et rapide, cette méthode sur feuilles isolées permet de préciser quantitativement les réactions hydriques des feuilles au cours des divers stades de leur déshydratation. En outre, elle permet d'utiliser du matériel végétal plus homogène en âge, taille, circonstances écologiques de croissance

et développement, et de travailler dans des conditions sensiblement constantes. Dans notre expérimentation, celles-ci ont été les suivantes :

éclairement	= 3.000 lux
température ambiante	= $25 \pm 1^\circ \text{C}$
humidité relative de l'air ..	= $50 \pm 3 \%$

Après que les feuilles ont été amenées à turgescence maximum à l'obscurité, la **transpiration** est évaluée par pesées périodiques à intervalles réguliers de 4 mn, jusqu'au moment où, les stomates étant fermés totalement, cette valeur ne représente plus que la perte d'eau cuticulaire. Puis, la perte d'eau se poursuivant lentement, généralement à un taux de plus en plus faible, la feuille perd totalement son aspect turgescent, puis atteint le déficit légal

ou mortel (DL). La faculté de résistance à la déshydratation de la feuille est représentée par le temps mis pour atteindre le déficit létal. Ce temps est la résultante de deux facteurs :

— le taux de transpiration stomatique et cuticulaire ;

— la valeur du déficit létal, exprimée en % d'eau par rapport à la teneur à turgescence maximum.

Ces valeurs évoluent avec l'âge des feuilles et diffèrent selon la variété pour des feuilles de même âge.

Expérimentalement, l'appréciation de la valeur du déficit létal est réalisée de la façon suivante : les feuilles sont pesées en état de turgescence maximum et mises en fanaison dans les conditions constantes énumérées plus haut. Lorsqu'elles ont subi une perte de poids s'échelonnant entre le tiers et la moitié environ de leur poids initial, on prélève une moitié longitudinale du limbe que l'on réhumecte à l'obscurité entre des feuilles de papier filtre maintenues constamment humides. L'autre moitié est pesée et sert à établir, par différence, la valeur de la perte en eau de la feuille en état de turgescence maximum. Après dessiccation à l'étuve à 100° C jusqu'à poids constant, on calcule son déficit d'eau. On considère que le déficit létal est atteint lorsque la moitié de feuille placée en réhumectation se décolore et se nécrose sur la moitié environ de sa surface. On note alors :

— la valeur du déficit hydrique atteint à ce moment ;

— le temps mis pour l'atteindre.

Cette dernière donnée semble la plus importante, car c'est une résultante représentant la faculté de résistance à la déshydratation des tissus foliaires. Elle est, d'après PISEK et BERGER (1938) et aussi STOCKER (1956) en corrélation positive étroite avec la valeur du taux de transpiration cuticulaire après fermeture totale des stomates.

Les taux de transpiration exprimés en % d'eau par rapport à la teneur en eau des feuilles en état de turgescence maximum sont évalués par pesées à intervalles réguliers de 4 mn, ce qui a l'avantage de permettre les mesures sur deux feuilles à la fois, à raison d'une manipulation toutes les 2 mn.

Tous les nombres représentent la moyenne obtenue sur des lots de quinze à vingt feuilles environ, prélevés en champ sur des caféiers d'âge et de développement identiques.

Etude du cours de la transpiration

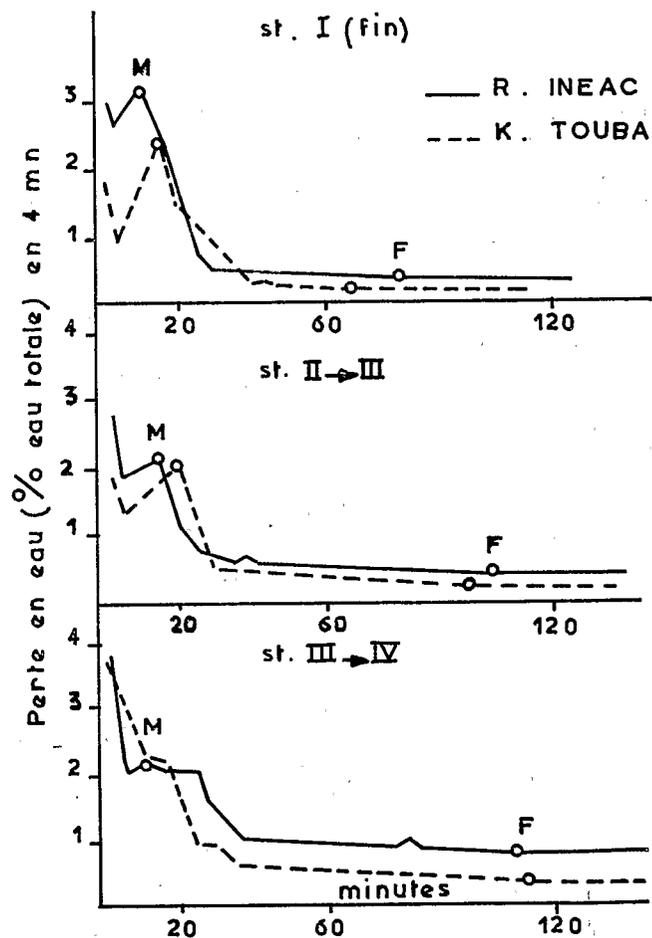
Les résultats ont été obtenus à partir des trois stades foliaires suivants : fin stade I, fin stade II-début III et fin stade III. Il s'agit des valeurs

moyennes obtenues à partir de quinze à vingt feuilles.

Comme le font remarquer HYGÉN (1951-1953) et STÄLFELT (1955-1956), la mise en fanaison des feuilles, qui ne sont plus alimentées en eau, doit se traduire par une baisse progressive du taux de transpiration due essentiellement à la diminution de la teneur en eau des tissus et à la fermeture des stomates. L'examen des courbes de la fig. 1 obtenues dans les conditions décrites plus haut montre que l'on peut distinguer trois stades plus ou moins nets au cours de ce processus de perte en eau.

— **Phase d'ouverture stomatique.** Après une très courte diminution initiale due vraisemblablement à l'évaporation du mince film d'eau qui persiste sur la cuticule de la feuille, même après l'avoir soigneusement essuyée, l'ouverture augmente jusqu'à un maximum M, beaucoup plus net chez les feuilles jeunes, qui peut passer inaperçu chez les plus âgées. Cette phase est toujours très courte, comme le montrent les graphiques de la fig. 1,

Fig. 1. Evolution comparée du taux de perte en eau des feuilles de R. INEAC et de K. de Touba dans des conditions identiques



surtout chez les R. INÉAC. Dans les conditions de l'expérience, la valeur des déficits hydriques atteint 4 à 12 % chez les K. de Touba et les R. INÉAC au bout de 16 à 30 mn. Les valeurs les plus élevées sont atteintes avec les feuilles les plus âgées (fin stade III), les plus faibles avec les feuilles adultes jeunes (fin stade II — début stade III).

— **Phase de fermeture**, plus ou moins progressive, qui aboutit à la fermeture totale (point F). Ce mouvement est en général un peu plus lent chez les R. INÉAC. Le point F est atteint pour un déficit hydrique foliaire de 20 à 28 % chez K. de Touba au bout d'un temps de 80 à 120 mn, 18 à 30 % chez R. INÉAC au bout d'un temps à peu près équivalent. La fig. 1 montre que cette réaction de fermeture est de plus en plus lente au fur et à mesure du vieillissement des feuilles.

— **Phase de transpiration cuticulaire**, au cours de laquelle les stomates restent fermés. La fig. 1 montre qu'à partir du point F la courbe laisse apparaître une baisse lente et régulière au cours de laquelle la feuille perd son aspect turgescent.

Le taux de perte en eau à ce moment est toujours supérieur chez les R. INÉAC à tous les stades foliaires. Cette valeur est très importante, car elle constitue le véritable test d'aptitude à supporter une déshydratation plus ou moins prolongée, selon PISEK et BERGER (1938). A âge égal des caféiers, les valeurs des déficits hydriques au cours des mouvements stomatiques diffèrent peu d'une variété à l'autre. Les différences s'affirment davantage lorsqu'on atteint la phase de transpiration cuticulaire et c'est surtout des taux enregistrés au cours de cette phase que dépendra finalement la vitesse à laquelle sera atteint le déficit d'eau entraînant la mort des tissus foliaires.

L'importance de la phase de transpiration cuticulaire nécessite que l'on cherche à établir le point F avec précision. L'observation d'un palier de transpiration ne donne pas une certitude quant à l'état des stomates. Par infiltration de xylol, nous avons constaté que ce point correspondait bien, dans l'ensemble, au moment où la fermeture des stomates peut être considérée comme totale.

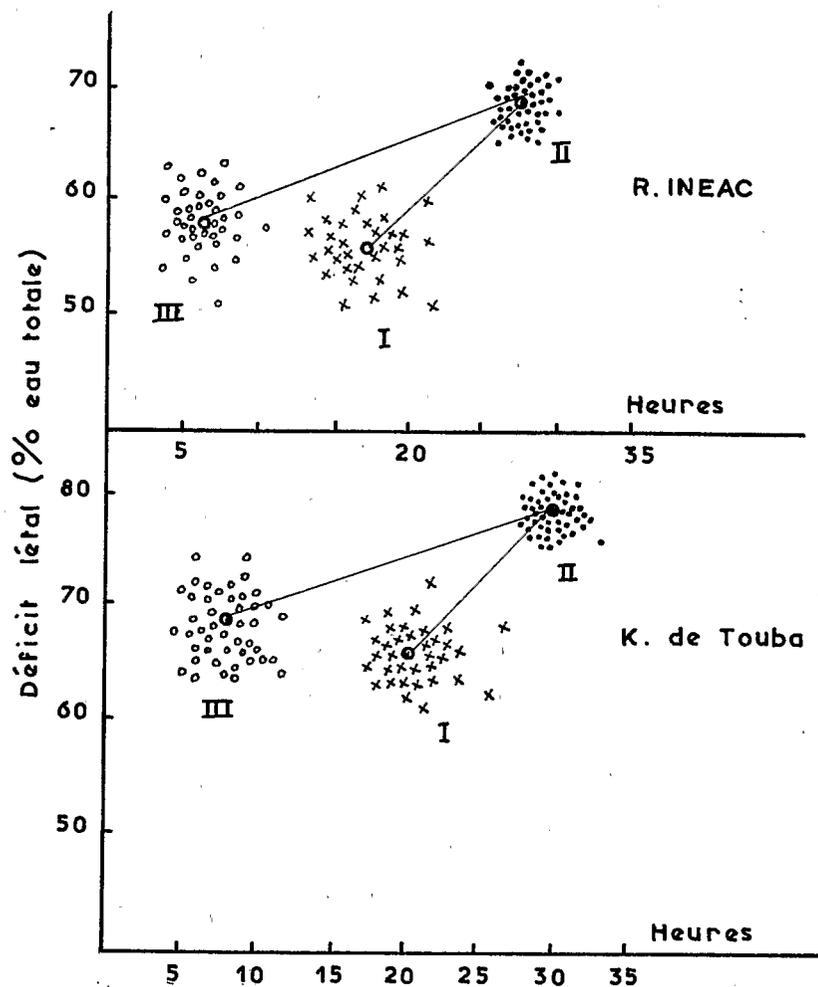


Fig. 2. Valeur des déficits létaux en fonction de l'âge des feuilles chez R. INÉAC et K. de Touba
I, II, III = fin des trois principaux stades de développement

Dans son étude, LEBRUN (1963) distingue également trois phases principales au cours de la déshydratation foliaire, très analogues à celles que nous avons décrites.

Détermination de la faculté de résistance à la déshydratation des tissus foliaires : valeur du déficit léthal ou mortel (DL)

Parallèlement aux mesures des pertes en eau par transpiration, un deuxième lot de feuilles a été soumis à la déshydratation dans les mêmes conditions expérimentales. Les valeurs obtenues sont représentées dans les diagrammes de la fig. 2. A tous les stades de la vie des feuilles, la valeur du DL des K. de Touba reste **constamment supérieure**, ainsi que le temps mis pour l'atteindre. Cette dernière observation ne fait que confirmer celles relatives aux taux de perte en eau cuticulaire à partir du moment où la fermeture des stomates peut être considérée comme totale (point F). Les gradients foliaires des R. INÉAC s'accroissent beaucoup plus que ceux des K. de Touba : à la fin du stade III, la valeur du DL baisse très sensiblement et surtout le temps mis pour l'atteindre. Ici encore la moindre résistance aux effets de la sécheresse des R. INÉAC est confirmée par une baisse très nette et très rapide de cette aptitude au cours du vieillissement, baisse due essentiellement à la prolongation de l'ouverture des stomates jusqu'à un DSH (déficit de saturation hydrique) beaucoup plus élevé avoisinant 40 % (valeur en accord avec celles relevées *in situ*) et à une transpiration cuticulaire trois à quatre fois plus élevée que celle des feuilles adultes jeunes du stade II ou du début du stade III (fig. 1). L'ordre de grandeur des valeurs que nous avons relevées correspond assez bien en général à celui des valeurs obtenues par LEBRUN (1963) sur certaines formes de *Coffea canephora*.

Ces résultats montrent donc que la meilleure aptitude du Kouilou à résister aux effets de la sécheresse à tous les stades de la vie des feuilles réside dans une double propriété :

— celle de **supporter une déshydratation plus élevée** (que LEVITT — 1951 — nomme « drought tolerance »), les valeurs des déficits létaux étant constamment supérieures à celles des R. INÉAC,

— celle de **l'éviter** grâce aux processus physiologiques suivants : rapidité des mouvements stomatiques qui se traduit par une fermeture un peu plus rapide, un déficit en eau des tissus foliaires plus faible au moment de la fermeture totale, une plus faible transpiration cuticulaire à partir de ce

moment, ce processus étant désigné dans la littérature sous le terme de « drought avoidance » (LEVITT, 1951). Ces différences s'accroissent de plus en plus au fur et à mesure du vieillissement des tissus foliaires, elles sont plus faibles aux stades adultes jeunes (fin II-début III).

Parmi les moyens d'augmentation de la résistance à la sécheresse du Kouilou, celui qui consiste à freiner efficacement la chute des feuilles en période de pénurie d'eau grave trouve un support dans cette double propriété dont il reste à déterminer les causes physiologiques. Au contraire, les tissus foliaires des R. INÉAC atteignent plus rapidement, comme l'ont montré LEMÉE et BOYER (1960), des déficits en eau qui se rapprochent dangereusement des valeurs létales, ce qui explique les chutes massives que l'on peut observer chez cette variété en période de sécheresse prolongée, alors que les Kouilou conservent beaucoup plus longtemps tout leur feuillage.

L'importance et l'intérêt de cette expérimentation reposent donc sur les points suivants :

— mise en évidence des phases stomatiques : détermination des déficits hydriques au moment de l'ouverture maximum (M) et de la fermeture totale (F), valeurs extrêmes caractérisant l'efficacité de la régulation de la perte en eau, les valeurs intermédiaires étant de moindre intérêt ;

— les stomates restant totalement fermés, mise à part la possibilité de réaction d'ouvertures secondaires, généralement fugaces et de très faible amplitude, détermination du taux de perte en eau par voie cuticulaire uniquement ; chez les *Coffea canephora*, **il semble que ce soit surtout à ce stade que les différences s'affirment entre variétés et stade de développement foliaire** ; à partir de ce moment, le taux de perte en eau décroît progressivement ; de ces dernières données dépendra principalement le temps mis pour atteindre le déficit léthal dans les conditions expérimentales données.

Dans son étude, LEBRUN (1963) met également l'accent sur l'importance des processus de perte en eau par la cuticule, une fois les stomates fermés. Le terme de « conductance cuticulaire » pour la vapeur d'eau qu'il emploie constitue certainement une valeur particulièrement révélatrice du degré de résistance à la dessiccation des tissus foliaires. L'auteur montre par ailleurs une bonne coïncidence entre cette valeur et certains paramètres foliaires tels que développement de surface et degré de succulence. Bien que l'épaisseur des tissus foliaires du K. de Touba ne soit pas, en valeur absolue, significativement plus grande que celle des R. INÉAC, il est probable que la supériorité de comportement des Kouilou est due en partie au fait que leur surface transpirante par rapport à leur teneur en eau est plus réduite.

Turgesc.
maxim.

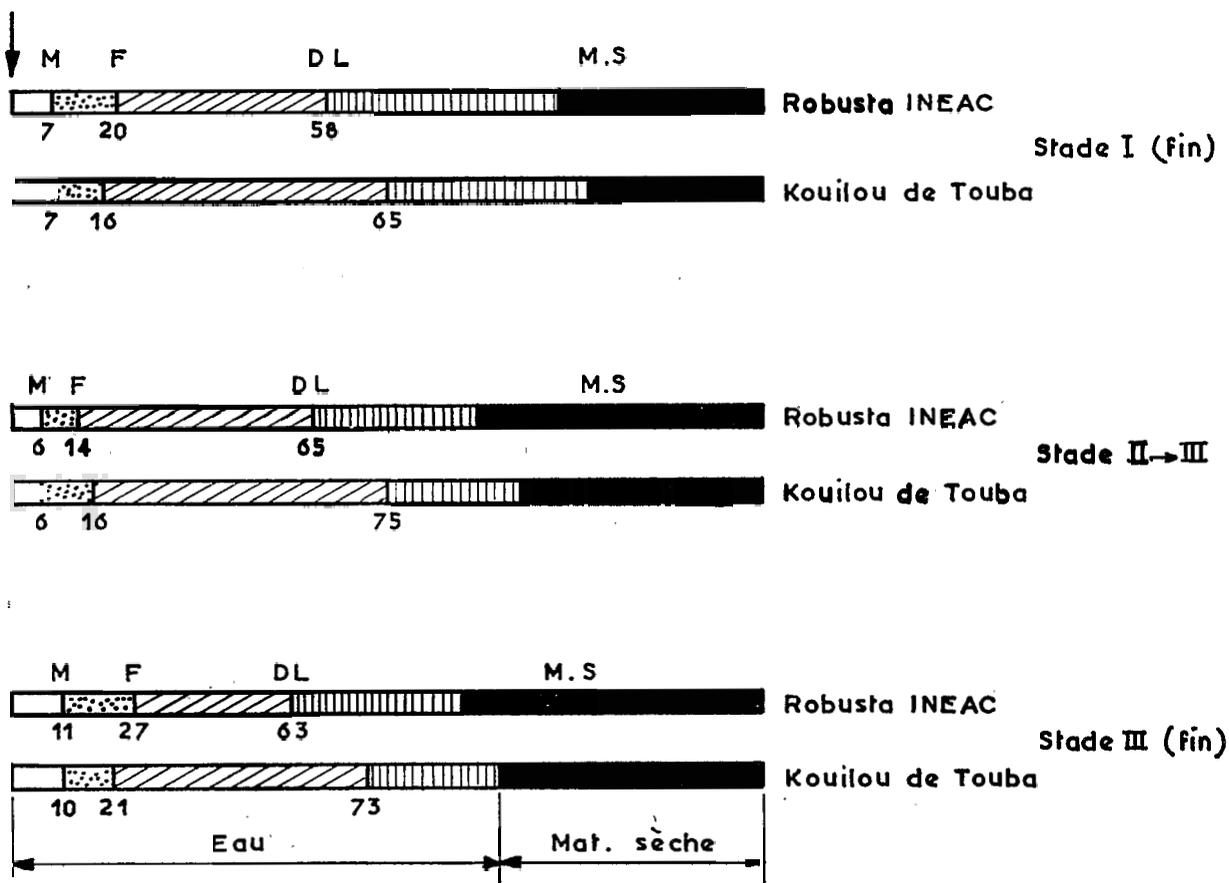


Fig. 3. Représentation schématique de la physiologie hydrique des feuilles de deux grands groupes de *C. Canephora* à trois stades différents de leur vie (feuilles isolées soumises à la déshydratation dans des conditions constantes)

Graphiquement, la physiologie hydrique de la feuille peut se schématiser de la façon suivante (fig. 3), comme l'a déjà fait PISEK (1938). Les chiffres représentent le déficit en eau des tissus foliaires (en % par rapport à la teneur en eau des

feuilles en état de turgescence maximum) aux stades principaux de leur déshydratation :

- M : maximum d'ouverture des stomates
- F : fermeture
- DL : déficit léthal

EXAMEN DES RÉACTIONS FOLIAIRES DE DEUX CLONES CULTIVÉS EN VASES DE VÉGÉTATION, EN FONCTION DU DEGRÉ D'ASSÈCHEMENT DU SOL

A l'origine, cette méthode, essentiellement pondérale, a été utilisée pour évaluer la transpiration de plantes entières par différences de poids (STOCKER, 1956). Ces cultures en outre peuvent être utilisées avec profit pour évaluer d'autres processus liés à l'économie de l'eau chez la plante ; RINGOET (1952) a étudié la croissance de cacaoyers

en pots soumis à différents régimes d'humidité ; LEMÉE (1956), sur les mêmes plantes, a examiné l'influence de l'assèchement du sol sur leur croissance et leur métabolisme hydrique : absorption et transpiration, déficit hydrique foliaire, ouverture des stomates, force de succion et photosynthèse apparente.

La méthode consiste à utiliser des seaux ordinaires d'une contenance de 8 à 10 l environ, soigneusement étanchéifiés à l'intérieur par une peinture plastique reconnue rigoureusement inerte. L'expérimentation débute lorsque les plants ont environ sept à huit mois (à partir du bouturage), ce qui correspond à des tiges principales portant six à huit paires de feuilles. Le plant a alors approximativement l'aspect requis pour être mis en place en plantation. Avant que l'expérience ne débute, le dessus des vases est étanchéifié au moyen d'une double couche de papier sulfurisé collé sur les bords à la paraffine. Deux tubes de verre enfoncés à 5 et 10 cm de profondeur permettent l'aération du sol et le réajustement en eau si besoin est. Des seaux témoins, sans caféier, étanchéifiés de la même façon, permettent en cas de nécessité de corriger la perte de poids des seaux par l'évaporation, l'étanchéification ne pouvant pas être parfaite. Ces vases sont placés sous abri non fermé à toiture transparente, qui réduit l'éclaircissement d'environ la moitié à un tiers de sa valeur normale pendant la plus grande partie de la journée.

Afin de pouvoir établir les relations entre la valeur des divers processus hydriques et la résistance à la sécheresse des clones étudiés, les vases de végétation ont été séparés en deux lots : l'un a été soumis à l'assèchement de façon à abaisser la teneur en eau du sol à des valeurs comprises entre la capacité de rétention capillaire (field capacity) et le pourcentage de fanaison permanente. **La capacité de rétention capillaire** ou « capacité au champ » (field capacity) a été évaluée par la méthode de succion de BOUYOUCOS. **Le % de fanaison permanente** (HENDRICKSON et VEIHMEYER, 1945) a été établi par la méthode physique de la presse à membrane. Des échantillons de terre saturée d'eau sont soumis pendant 24 heures à une pression de 15,5 atmosphères, qui représente la force qui serait nécessaire pour déplacer l'eau résiduelle, retenue dans les plus fins capillaires du sol et théoriquement inaccessible pour la plante. Les valeurs données par cette méthode se sont révélées, pour les sols sableux ou sablo-argileux que nous avons utilisés, très voisines de celles obtenues par la méthode biologique de flétrissement d'*Helianthus annuus*. Elle a sur cette dernière l'avantage d'être plus commode et beaucoup plus rapide.

La quantité d'eau comprise entre ces deux valeurs limites constitue l'eau utilisable, valeur très importante puisqu'elle représente la quantité d'eau dont peuvent disposer les plantes dans un sol après ressuyage.

L'essai comporte cinq objets représentant cinq teneurs en eau du sol maintenues constantes par pesées et réajustements quotidiens :

1. — sol maintenu à la capacité de rétention capillaire (100 % d'eau disponible) ;

2. — sol maintenu à un déficit d'eau disponible de 25 % (75 % d'eau disponible) ;

3. — sol maintenu à un déficit d'eau disponible de 50 % (50 % d'eau disponible) ;

4. — sol maintenu à un déficit d'eau disponible de 75 % (25 % d'eau disponible) ;

5. — sol maintenu au voisinage du % de fanaison permanente.

L'autre lot a été soumis à l'assèchement continu.

Clones de *C. canephora* cultivés en vases de végétation sous abri transparent, six à huit mois après repiquage, au moment où débutent les mesures



Caféier Robusta INEAC issu d'une bouture six mois après repiquage



Chaque objet comporte dix vases de végétation (soit cinquante par clone) dont un témoin sans caféier. Les mesures suivantes sont effectuées à trois âges foliaires différents (feuilles au stade I, II, III) :

— transpiration journalière par caféier exprimée en g d'eau et évaluée par pesées et réajustements quotidiens,

— ouverture stomatique, appréciée en milieu de journée sur une feuille, par pied et par stade foliaire (méthode d'infiltration),

— déficit de saturation hydrique sur la feuille opposée à celle ayant servi aux mesures stomatiques,

— croissance journalière de paires de feuilles nouvellement apparues par mensuration de leur longueur,

— sur des fragments de limbes, prélevés sur les parties intactes des feuilles ayant servi à apprécier l'ouverture des stomates, nous avons également effectué quelques mesures de succion foliaire par une méthode densimétrique mise au point et décrite par SHARDAKOV (1954) pour apprécier les besoins en eau du cotonnier en U. R. S. S., ainsi que par la méthode réfractométrique mise au point et décrite par LEMÉE et LAISNÉ (1951).

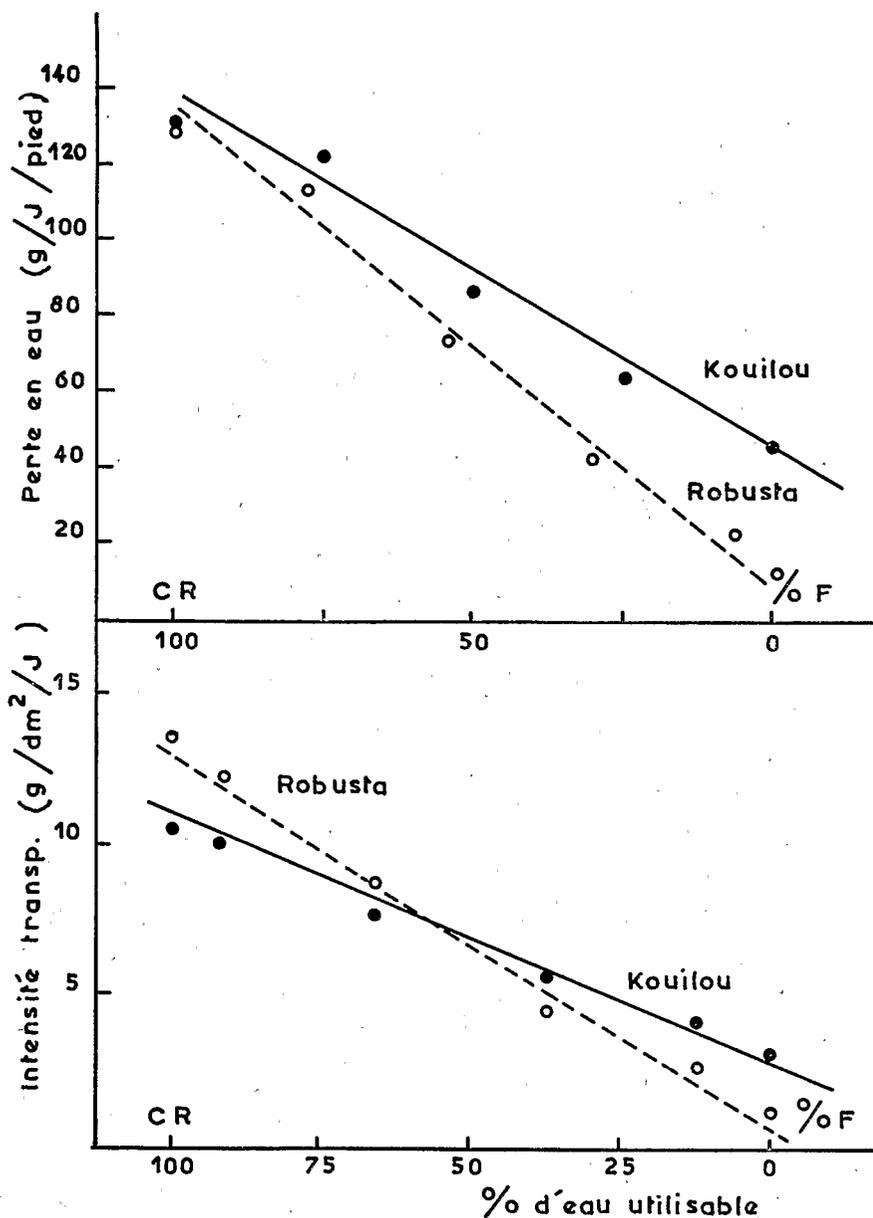


Fig. 4. Evolution comparée de la transpiration de jeunes plants de *Coffea canephora* maintenus à des taux constants de teneur en eau du sol compris entre la rétention capillaire maximum et le point de fanaison permanente

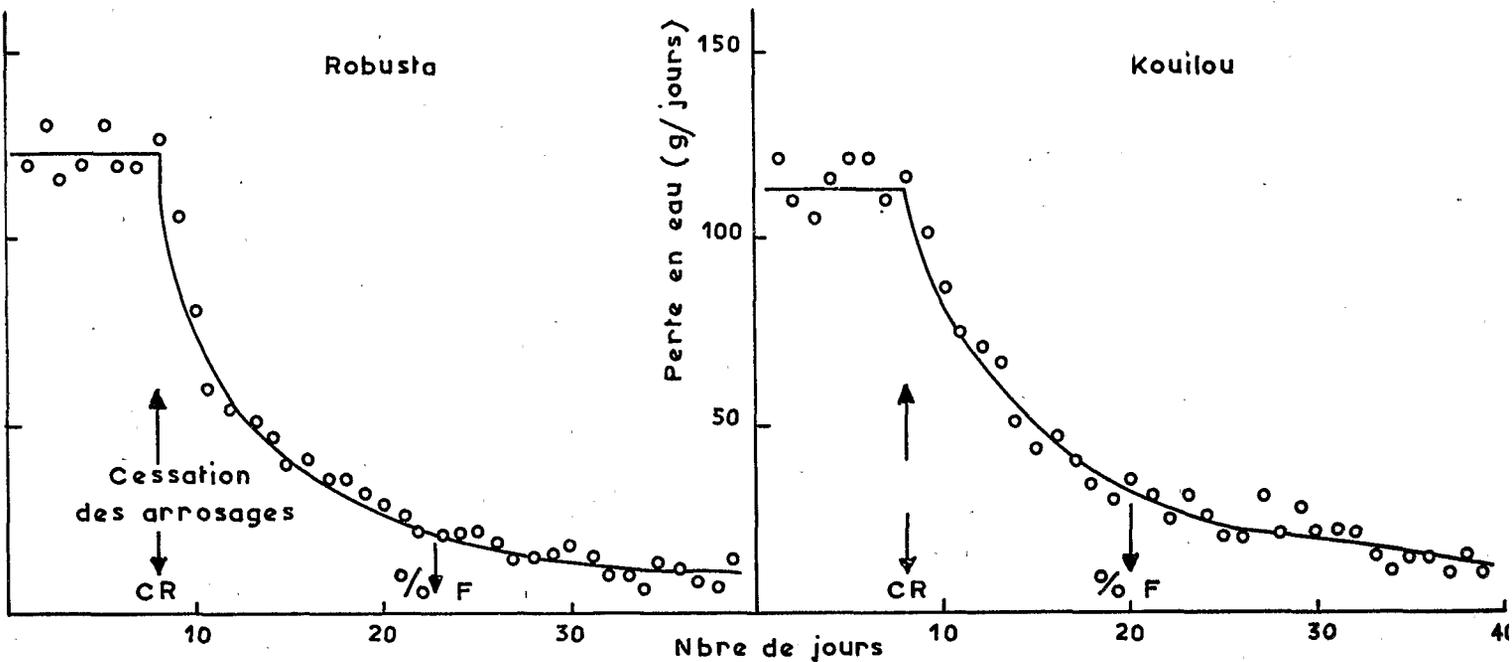


Fig. 5. Perte en eau journalière de jeunes plants de *Coffea canephora* soumis à l'assèchement continu

Etude comparée de la transpiration chez les deux clones

PREMIER CAS : TENEUR EN EAU DU SOL CONSTANTE

En tenant compte de la perte en eau (très faible) due à des causes autres que la transpiration des jeunes plantes, nous avons évalué l'intensité de la transpiration journalière en g d'eau par arbre chez des caféiers dont le développement végétatif était identique. Les courbes supérieures de la figure 4 montrent que pour les R. INÉAC ce taux diminue beaucoup plus vite que pour les K. Touba et que les écarts tendent à s'accroître lorsque le niveau d'humidité est de plus en plus faible, résultats en corrélation avec ceux des ouvertures stomatiques. La perte en eau par transpiration des R. INÉAC a déjà diminué de moitié lorsque le déficit hydrique du sol atteint environ 50 %, alors que pour les Kouilou de Touba il faut que ce même déficit atteigne environ les trois quarts de l'eau utilisable du sol pour enregistrer une chute analogue. Lorsque le déficit dépasse cette limite, le taux de perte en eau des R. INÉAC atteint des valeurs faibles du type cuticulaire, semblables à celles relevées *in situ* lorsque la sécheresse a presque totalement épuisé les réserves en eau disponible du sol.

Les valeurs de perte en eau par transpiration des R. INÉAC ramenées à l'unité de surface foliaire (courbes inférieures fig. 4) ont également beaucoup baissé ; celle des Kouilou a aussi diminué, mais dans une moindre mesure. A partir du moment où l'on atteint un déficit hydrique d'environ la moitié de l'eau utilisable, le taux de transpiration des Kouilou, plus faible que celui des R. INÉAC entre la capacité de rétention et cette valeur limite, devient plus élevé au delà jusqu'au point de fanaison.

DEUXIÈME CAS : ASSÈCHEMENT CONTINU DU SOL

En assèchement continu du sol, les chiffres montrent que la quantité d'eau perdue diminue très rapidement au cours des premiers jours (fig. 5), ce qui tendrait à indiquer que le sol se trouvait déjà sensiblement au-dessous de la capacité de rétention au moment où a débuté l'expérience. Néanmoins, et étant donné les conditions identiques dans lesquelles nous avons opéré pour les deux clones, la valeur comparative des résultats obtenus n'en est pas diminuée pour autant.

La baisse initiale semble un peu plus brutale encore pour les Robusta INÉAC, où la perte en eau est réduite à un peu plus de 15 % de sa valeur

maximum lorsque le sol atteint le % de fanaison permanente. Chez les Kouilou par contre, cette valeur atteint encore près de 30 %, ce qui laisse supposer que les stomates se maintiennent plus longtemps ouverts et à un taux plus grand au cours de l'assèchement du sol.

La comparaison des graphiques 4 et 5 montre que l'influence de la sécheresse du sol se fait davantage sentir en assèchement continu que lorsque celui-ci est stabilisé, à valeurs égales des teneurs en eau du sol, résultats en accord avec ceux de LEMÉE (1956) sur cacaoyers. Cependant, contrairement à cette dernière plante où la transpiration se rétablit à des valeurs normales dans la marge comprise entre un tiers et deux tiers de l'eau utilisable, lorsque l'assèchement du sol est stabilisé par des apports quotidiens, on observe chez les caféiers un comportement différent : la baisse des valeurs est plus progressive jusqu'au % de fanaison permanente, sans une chute aussi brutale que celle qu'on peut observer pour les cacaoyers dans le dernier tiers d'eau utilisable. Il est probable que ces différences de comportement trouvent un support physiologique dans les modalités du processus d'absorption.

Déficit hydrique foliaire

Dans des conditions d'humidité constantes, le déficit hydrique foliaire du R. INÉAC s'élève rapidement dès la fin de la matinée et au cours des premières heures de l'après-midi, lorsque la teneur en eau du sol descend au-dessous de 75 % d'eau utilisable, surtout dans les feuilles les plus âgées. Son gradient foliaire est très net : alors que le DSH, au point de fanaison, des feuilles adultes

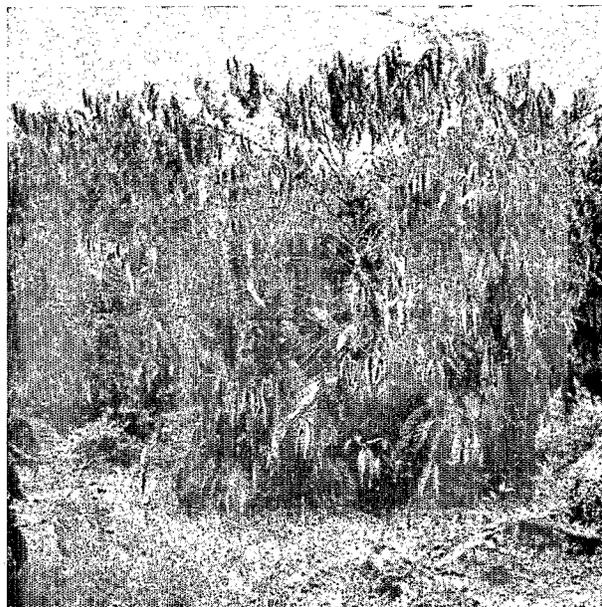
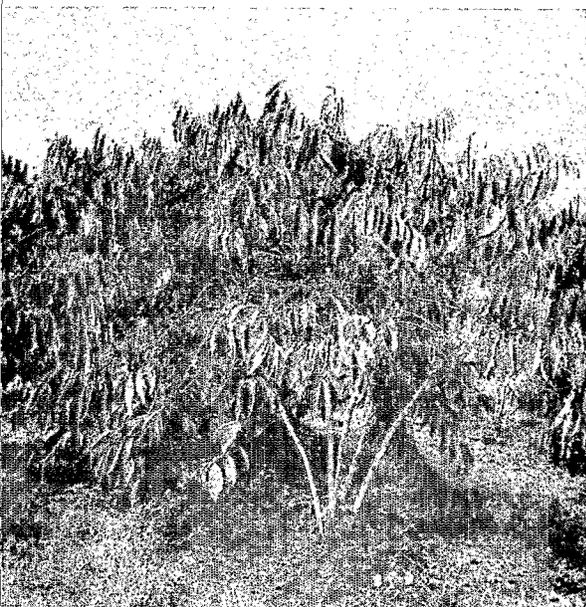
du stade II est d'environ 35 %, celui des feuilles jeunes s'élève à 45 % et celui des plus âgées dépasse 50 %. Ces valeurs élevées mettent en danger la vie des feuilles, car elles sont très proches de celles du déficit létal des feuilles les plus âgées, ceci dès que les trois quarts de l'eau utilisable du sol ont été épuisés. L'évolution du bilan hydrique des K. de Touba est différente : les valeurs des DSH varient très peu ; dans les feuilles II, il faut atteindre des valeurs proches du point de fanaison pour que le DSH atteigne 20 % et il ne dépasse jamais 35 % environ pour les feuilles les plus âgées.

Ouverture des stomates

Comme pour les déficits hydriques foliaires, les observations ont été effectuées en mi-journée et comparativement à trois niveaux foliaires sur chaque plant représentant des lots de feuilles des stades I (croissance), II-III (début de maturité) et III (feuilles inférieures en fin de maturité). La figure 6 représente les résultats obtenus et montre que la fermeture des stomates du R. INÉAC commence à devenir très sensible dès que la quantité d'eau utilisable du sol s'abaisse au-dessous des trois quarts de la teneur maximum. Quand le déficit en eau a atteint la moitié de cette teneur, l'ouverture stomatique des feuilles du stade II a déjà diminué de 50 % de sa valeur maximum, celle des feuilles jeunes en croissance du stade I reste par contre nettement plus élevée. Lorsque le déficit en eau du sol croît, la diminution est très rapide chez les feuilles jeunes, plus lente pour les feuilles adultes et âgées. Au voisinage du % de fanaison permanente, la fermeture des stomates des feuilles I est presque totale et celle des feuilles des autres

Aspect des caféiers lorsque l'alimentation en eau est insuffisante. Début d'enroulement du limbe le long de la nervure principale, chute des feuilles les plus vieilles à la partie inférieure des rameaux les plus âgés

La chute des feuilles s'étend aux parties inférieures des rameaux jeunes de la partie supérieure de la couronne



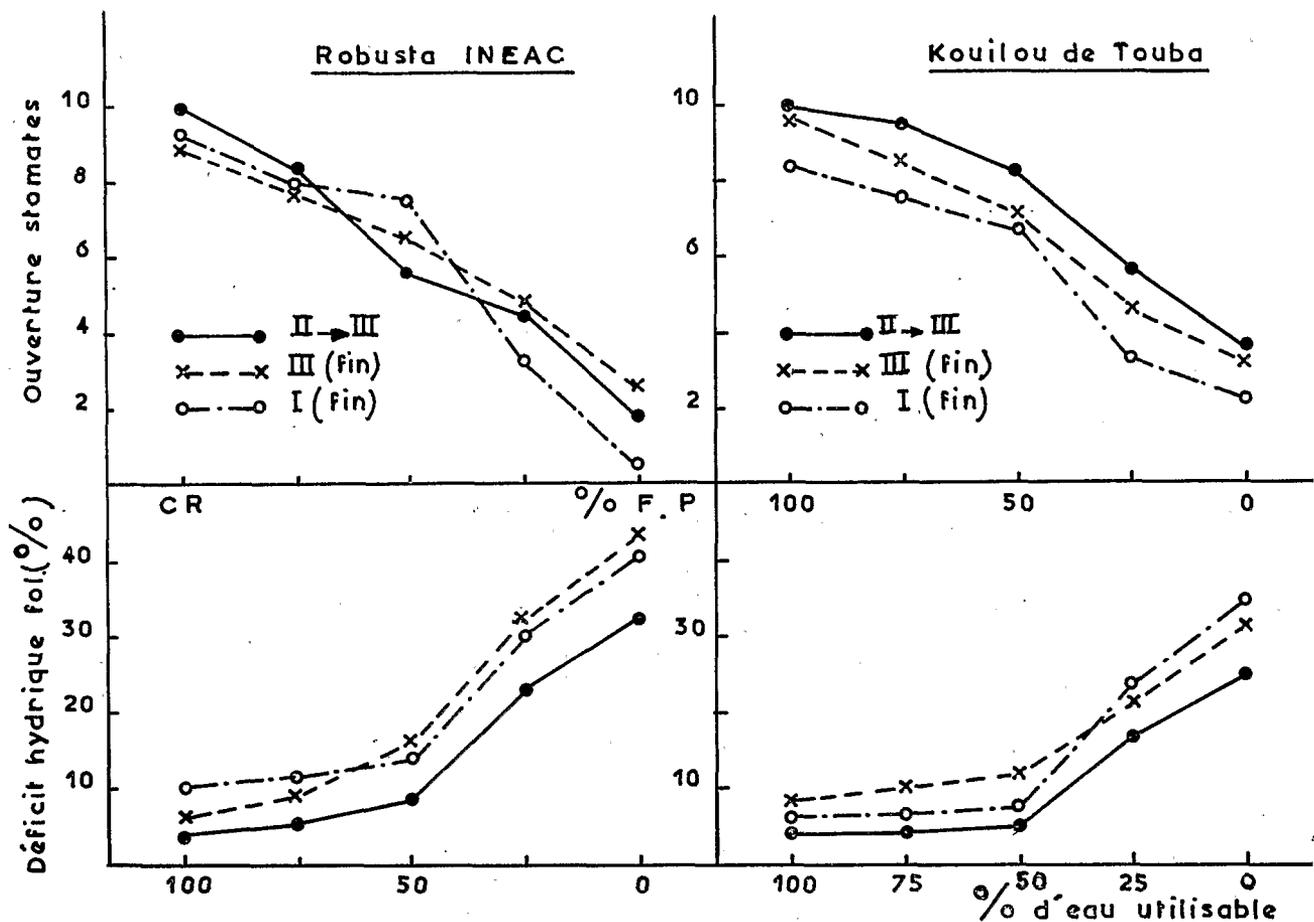


Fig. 6. Evolution de deux processus hydriques à trois stades foliaires différents en fonction du degré d'assèchement du sol

stades reste très faible. L'examen des graphiques montre une évolution semblable des Kouilou, mais plus atténuée. La diminution de l'ouverture stomatique des feuilles adultes du stade II est plus lente et atteint la moitié de sa valeur maximum pour un déficit en eau du sol de 75 % alors que chez le R. INÉAC un taux de fermeture analogue se produit pour un déficit en eau du sol de 50 % environ seulement. Lorsque le sol a atteint le % de fanaison permanente, l'ouverture des stomates des feuilles adultes et âgées reste encore très appréciable, la fermeture n'est jamais totale même pour les feuilles les plus jeunes.

Cette propriété est d'ailleurs en rapport avec les observations précédentes relatives à la transpiration (fig. 4) : au voisinage du point de fanaison permanente, le taux de perte en eau reste plus élevé chez les Kouilou. Le maintien de ces processus permet encore à la plante d'assurer des échanges gazeux photosynthétiques.

Le vieillissement des tissus foliaires des R. Inéac

diminue leurs facultés de résistance aux effets de la sécheresse beaucoup plus nettement que celui des Kouilou. On peut également noter une aptitude plus précoce des tissus jeunes des Kouilou à résister à la sécheresse que celle des R. INÉAC, où la différence de comportement entre les stades jeunes et adultes est plus grande.

Succion foliaire

Cette valeur reflète mieux que le déficit en eau l'état hydrique biologique de la plante. Nous avons vu en effet que son intérêt réside dans le fait qu'elle est la résultante des forces qui contrôlent la mobilité et la rétention de l'eau dans les tissus. Etant donné le peu de matériel végétal dont nous disposons pour cette expérimentation, quelques mesures seulement ont été effectuées chez les deux clones aux deux stades foliaires adultes suivants :

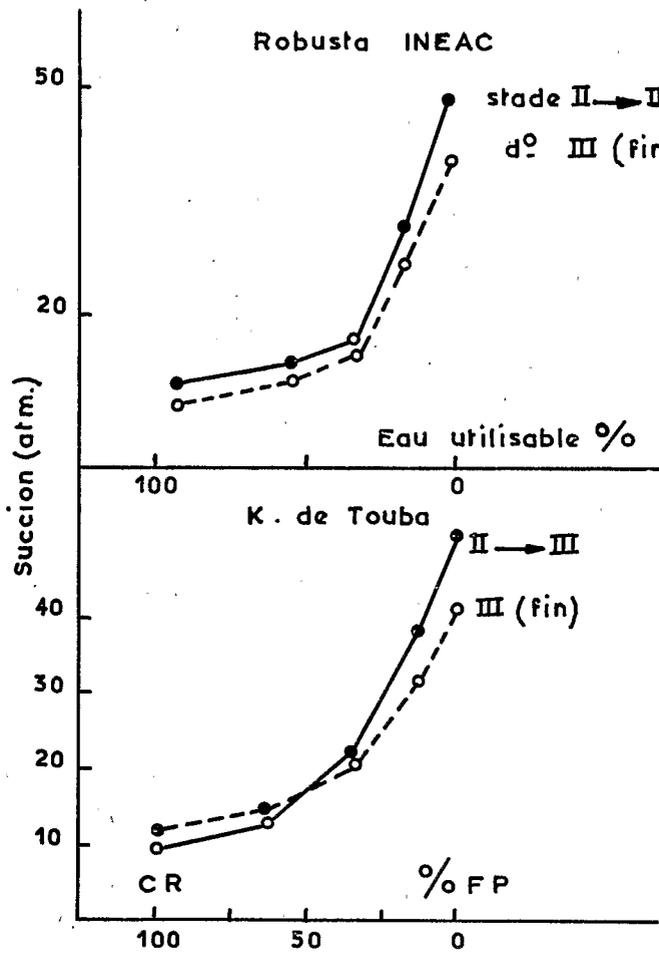


Fig. 7. Evolution de la tension de succion dans les feuilles des *C. canephora* en fonction du degré d'assèchement du sol

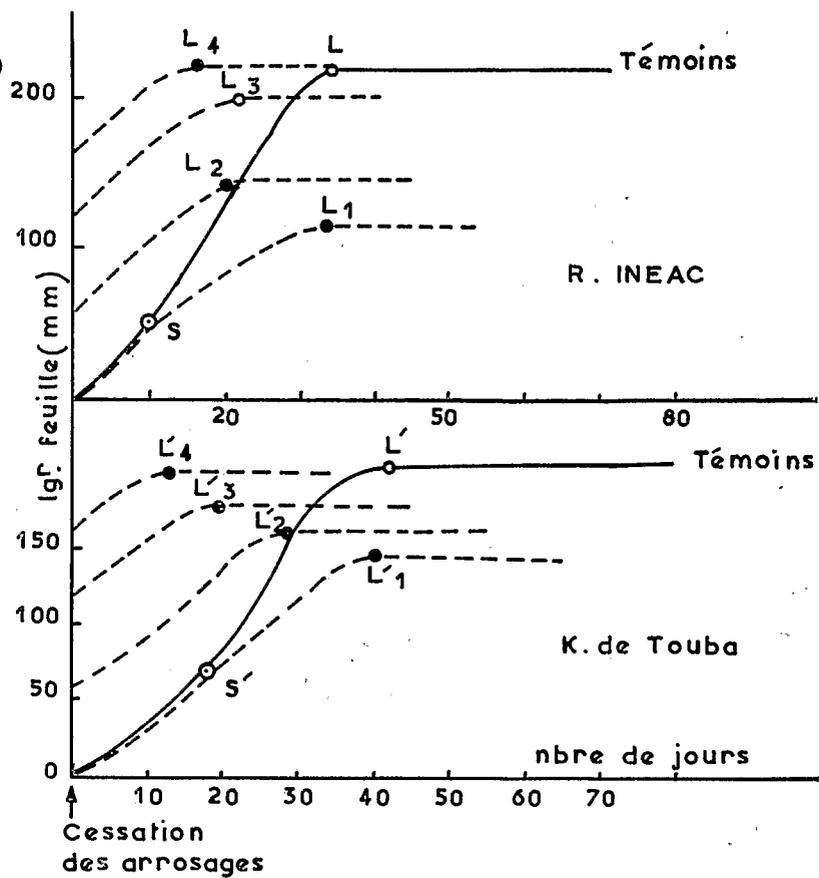


Fig. 9. Influence du stade de croissance atteint par la feuille au moment où débute l'assèchement sur sa taille définitive

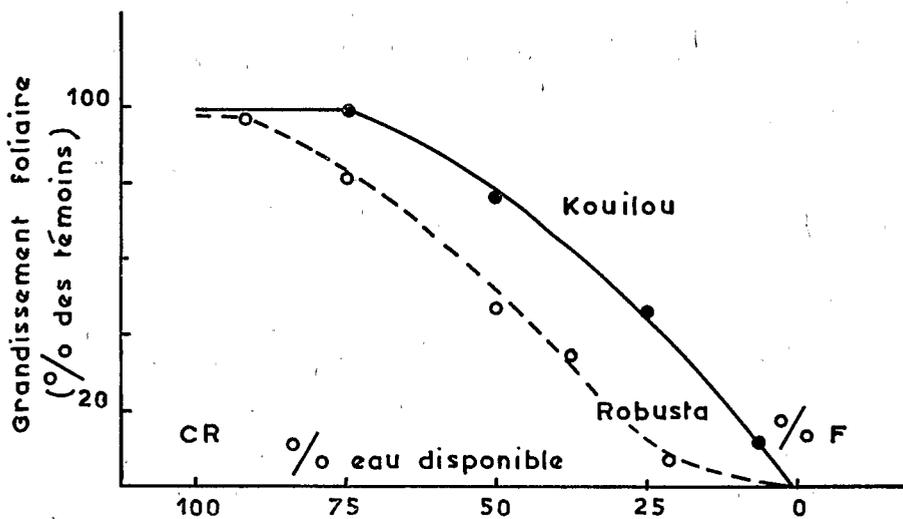


Fig. 8. Evolution du taux de croissance foliaire en fonction du degré d'assèchement du sol

stade II-III (début de maturité) et stade III (fin de maturité).

La figure 7 montre que les valeurs de succions exprimées en atmosphères sont beaucoup plus élevées pour les caféiers que pour les cacaoyers par exemple (v. LEMÉE, 1956). On voit également que le DSH et la succion varient parallèlement, la première valeur étant une composante importante de la seconde, ceci est très net dans les feuilles II-III. Malgré les déficits hydriques foliaires des feuilles III les plus âgées, plus élevés que ceux des feuilles II-III, la valeur de la succion du R. INÉAC reste inférieure, ce qui indique une diminution de leur possibilité de réaction à la déshydratation de leurs tissus, ceci est moins sensible pour les Kouilou.

Donc, dans les tissus âgés des variétés les plus sensibles, l'efficacité conjointe d'une succion élevée et des mouvements stomatiques diminue légèrement, ce qui indique un affaiblissement de leur résistance aux effets de la sécheresse. Toutefois, le comportement respectif de ces deux clones n'offre pas de différences suffisamment nettes pour que l'on puisse retenir la succion comme test de résistance à la sécheresse.

Données expérimentales sur les relations entre croissance et teneur en eau du sol

PREMIER CAS : TENEUR EN EAU DU SOL CONSTANTE

La croissance des paires de feuilles nouvellement apparues a été mesurée pour différents régimes d'humidité. Les résultats exprimés figure 8 pour les deux clones en % de la croissance journalière des feuilles des caféiers maintenus à l'humidité optimum montrent que le ralentissement de la croissance se produit beaucoup plus tôt pour les R. INÉAC que pour les Kouilou.

DEUXIÈME CAS : ASSÈCHEMENT CONTINU DU SOL

En assèchement continu, les réactions physiologiques de la plante vont dépendre essentiellement de deux facteurs :

— du stade de croissance atteint par la feuille au moment où débute l'assèchement du sol ;

— de la durée et de l'intensité de cette période de sécheresse. La figure 9 montre comment se déroule la croissance aux divers stades atteints par la feuille au début de l'assèchement. S'il débute au moment du débourrement des bourgeons foli-



Chute massive des feuilles le long des rameaux, flétrissement accentué de celles qui subsistent dans les parties les plus jeunes de la couronne

aires, la comparaison avec des plants témoins maintenus en croissance optimum montre qu'il existe une « réaction à l'assèchement » (S et S' sur la fig. 9), définie par LEMÉE (1959) comme étant le moment à partir duquel se produit le ralentissement de la croissance. Pour le R. INÉAC, le « point de décollement » S est plus précoce et se produit dix jours après le début de l'assèchement quand la taille de la feuille atteint 50 mm environ, soit un peu moins du quart de sa taille maximum. La teneur en eau du sol est alors réduite à un peu moins des deux tiers de l'eau utilisable. Le point S' du K. de Touba s'observe seulement dix-sept jours après le début de l'assèchement, la taille de la feuille atteignant 62 mm, soit près du tiers de sa taille maximum. La teneur en eau du sol est, dans ce cas, d'un peu plus du tiers de l'eau utilisable (1/3 à 2/5).

Lorsque ces feuilles arrivent à leur longueur définitive (L_1 et L'_1), le sol des vases est au voisinage du % de F. P. (flétrissement permanent) et la « longueur finale relative » de R. INÉAC et K. de Touba est respectivement de 0,6 et 0,7, cette dernière donnée pouvant être définie comme le rapport entre la taille atteinte par la feuille au moment où s'arrête la croissance et cette même valeur lorsque la teneur en eau du sol reste optimum. Lorsque l'assèchement débute au moment où les feuilles ont atteint différents stades (fig. 9), on obtient des valeurs différentes portées dans le tableau IV.

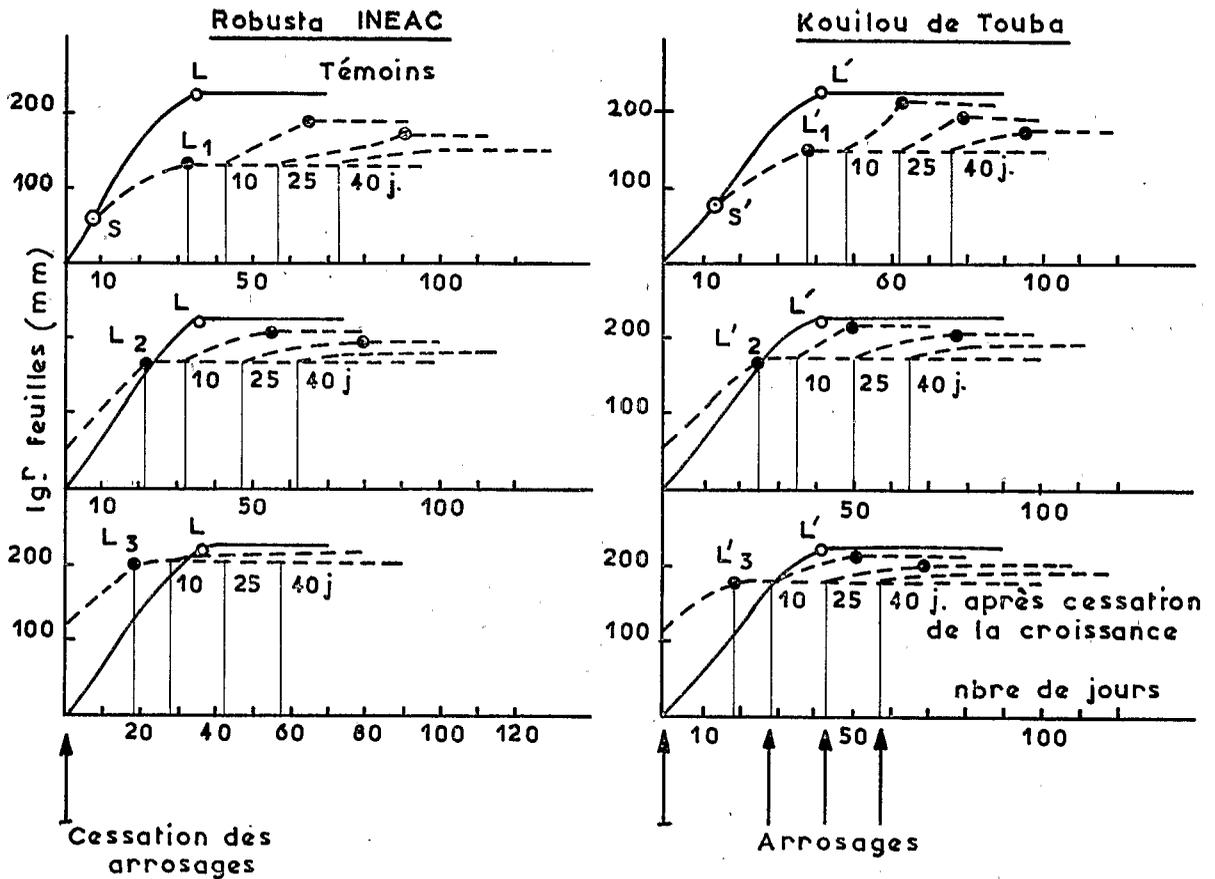


Fig. 10. Influence du stade atteint par la feuille au moment de l'arrêt de la croissance et de la durée de cet arrêt sur les possibilités de reprise après apport d'eau

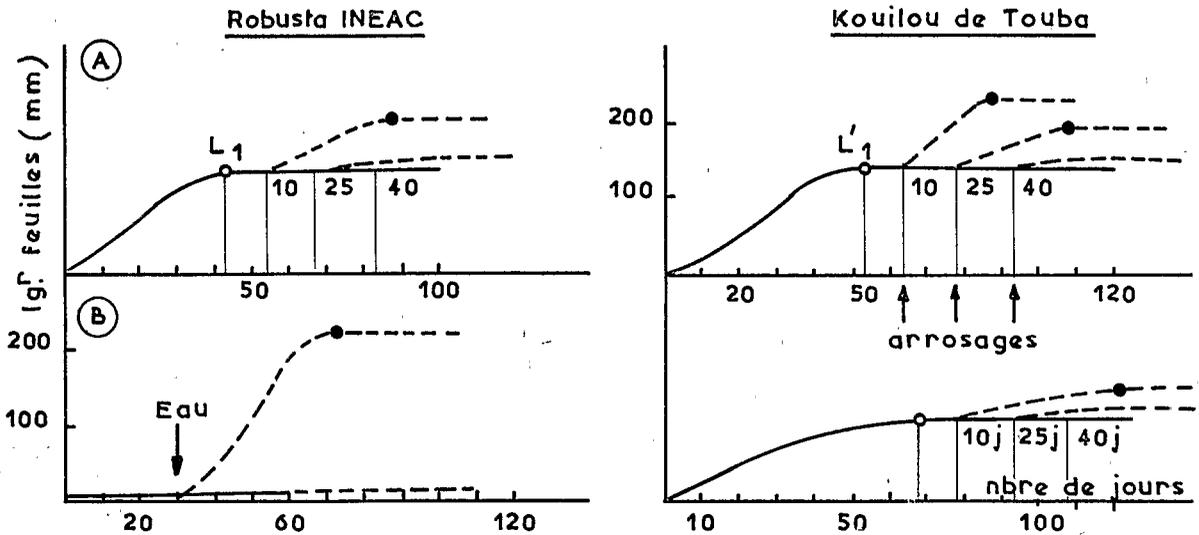


Fig. 11. Influence de la durée de l'assèchement avant débourrement sur la croissance et la reprise après apport d'eau
 A : arrêt des arrosages 8 à 10 jours avant débourrement ; B : arrêt des arrosages 15 à 20 jours avant débourrement

TABLEAU IV

Cessation des arrosages		Cessation de la croissance							
Longueur feuille (mm)	Coloration limbe	R. INEAC				K. de Touba			
		L (mm)	Nbre de jours	Teneur en eau du sol (1)	Lr (2)	L (mm)	Nbre de jours	Teneur en eau du sol (1)	Lr (2)
Débourrement	jaune	128	32	—	0,58	143	34	—	0,69
55- 60	vert-jaune	157	21	1/8	0,71	158	26	1/10	0,76
120-130	vert clair	206	17	1/3	0,93	180	17	1/3	0,87
160-175	vert franc	222	13	3/5	1	198	10	2/3	0,96

(1) Fraction d'eau utilisable par la plante.

(2) Longueur finale relative (Lr).

Ces résultats montrent que la taille de la feuille des deux types de *C. canephora* n'a une influence sur ses dimensions définitives au cours de l'assèchement que si elle est inférieure à la moitié de sa valeur maximum. Dans les tout premiers stades du développement de la feuille, l'influence de la sécheresse est la plus grande, surtout pour les R. INÉAC.

Les possibilités de **reprise de la croissance** des feuilles, après une période de sécheresse suffisamment poussée pour déterminer un arrêt momentané de l'activité végétative, vont dépendre de deux facteurs principaux :

— le stade atteint par la feuille au moment où se produit l'arrêt total de la croissance par suite de sécheresse du sol,

— la durée de cette période d'arrêt de l'activité végétative.

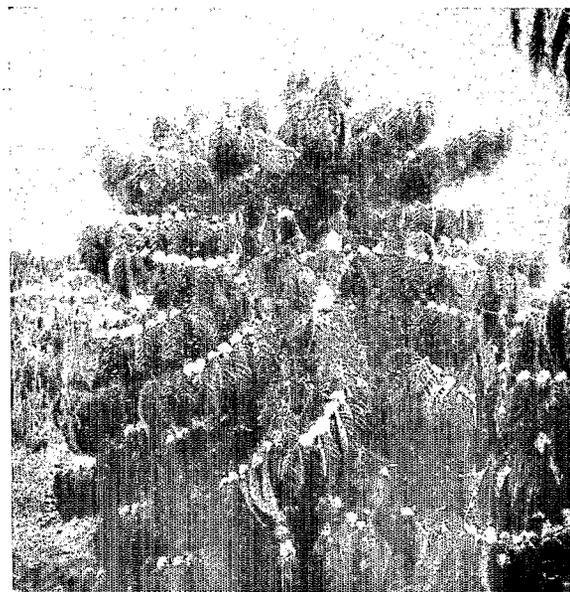
Si l'on ramène la teneur en eau du sol au voisinage de la capacité de rétention 10, 25 et 40 jours après l'arrêt total de la croissance, la reprise sera d'autant meilleure que la durée de cet arrêt aura été plus courte et que la feuille est plus éloignée de sa forme adulte (fig. 10). Dans ce domaine, nous avons une fois de plus constaté la supériorité des Kouilou sur les Robusta, car la reprise de ces derniers ne se produit jamais après 40 jours d'arrêt de croissance, alors que celle des Kouilou est encore perceptible comme le montre la figure 10.

Si l'arrêt des arrosages intervient au moment où certains bourgeons végétatifs sont encore éloignés de leur débourrement (fig. 11), leur développement peut démarrer 8 à 10 jours après arrêt des arrosages chez les R. INÉAC, 12 à 15 jours après pour les K. de Touba, alors que la teneur en eau du sol est réduite à environ 70 à 50 % d'eau utilisable. Dans ce dernier cas, la croissance de ces bourgeons est totalement arrêtée chez le R. INÉAC, alors qu'elle se poursuit encore à un taux faible,

mais appréciable, chez le K. de Touba. Si bien que lors de la reprise des arrosages, le développement des bourgeons qui était arrêté chez l'INÉAC redémarre, et ils donnent des feuilles de taille normale, alors que pour le Kouilou ces apports d'eau restent pratiquement sans effet sur l'évolution de la taille de la feuille, sauf s'ils suivent de très près l'arrêt total de la croissance (fig. 11).

La résistance des Kouilou aux effets de la sécheresse du sol se traduit donc par une croissance pratiquement ininterrompue tout au long de l'année, même si elle se maintient à un taux très réduit. Cette constatation est d'ailleurs en relation étroite avec les observations effectuées dans une de nos études antérieures (1960) selon lesquelles l'ouverture des stomates se maintient encore, même si le sol est très appauvri en eau. Dans ces conditions, les échanges gazeux de la photosynthèse continuent à être assurés plus longtemps chez le K. de Touba, ce qui explique le maintien des processus de croissance.

Robusta en période de bonne alimentation en eau, à feuillage d'aspect rigide et luisant des tissus turgescents



RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Les observations faites sur des *Coffea canephora* en Côte d'Ivoire ont eu pour but essentiel d'établir les bases physiologiques du comportement hydrique des deux grands groupes les plus répandus dans la zone caféicole ivoirienne : les Robusta et les Kouilou. L'expérimentation et les observations *in situ*, qui ont particulièrement porté sur les deux formes considérées respectivement comme la plus résistante et la plus sensible aux effets de la sécheresse, le Kouilou de Touba et le Robusta INÉAC, ont permis de mettre en évidence les principaux processus de l'économie de l'eau chez ces plantes, et d'analyser les causes physiologiques des différences qui existent dans leurs réactions à la pénurie d'eau.

1) **Etude expérimentale de la déshydratation des feuilles isolées.** La perte d'eau des feuilles initialement saturées, puis exposées en conditions identiques et uniformes d'éclairement, de température et d'humidité relative de l'air montre une évolution différente pour les deux variétés : l'intensité de la transpiration stomatique et surtout cuticulaire des Kouilou de Touba est la plus faible, et leur valeur de déficit létal plus élevée à tous les stades de la vie des feuilles. Par le double effet de sa plus grande résistance à la transpiration et de sa capacité à supporter une déshydratation plus élevée, le Kouilou de Touba présente donc une durée de survie des feuilles privées d'eau nettement plus importante que le Robusta INÉAC. La moindre résistance aux effets de la dessiccation de cette dernière variété se traduit en outre par une baisse beaucoup plus rapide de cette aptitude au cours du vieillissement. Ces observations nous ont servi de point de départ pour établir un **test rapide de résistance à la sécheresse** des variétés de caféiers.

2) **L'étude expérimentale de jeunes plants cultivés en vases de végétation** permet, par le jeu de l'assèchement continu ou stabilisé à des taux de teneur en eau du sol bien définis, de confirmer une fois encore la meilleure aptitude des Kouilou à supporter les effets de la sécheresse : déficits hydriques internes plus faibles permettant une ouverture des stomates plus grande, surtout lorsque le sol arrive à la limite de l'épuisement en eau disponible. Mais la meilleure aptitude des Kouilou, dans ce type d'expérimentation, se révèle surtout par une prolongation des processus de

croissance en assèchement continu lorsque le sol arrive au voisinage de l'épuisement de ses réserves en eau disponible, et une excellente faculté de reprise, même après un arrêt prolongé de l'activité végétative. Chez les R. INÉAC, ces possibilités sont beaucoup moins grandes ; ceci semble indiquer que les possibilités de restitution d'une activité métabolique conduisant à la reprise de la croissance après une période de sécheresse sont moins grandes chez les Robusta que chez les Kouilou.

La plus grande résistance à la sécheresse du Kouilou de Touba réside donc dans la double capacité des tissus de la feuille à supporter une déshydratation élevée et à éviter celle-ci. La première se traduit par un déficit létal plus élevé des feuilles du K. de Touba à tous les stades de leur vie. La seconde est réalisée par plusieurs voies : une plus grande rapidité des mouvements des stomates qui se traduit par une fermeture plus précoce, un déficit en eau des tissus foliaires légèrement moins élevé lorsque ce point est atteint, une transpiration cuticulaire plus faible, qui freine efficacement les pertes en eau à partir du moment où les stomates sont fermés, et surtout une alimentation et un transit en eau plus efficaces, permettant à la plante de maintenir de faibles déficits hydriques internes. Grâce à ce bilan hydrique favorable, les stomates du Kouilou poursuivent encore leurs mouvements d'ouverture journalière bien que les sols aient perdu une partie importante de leur réserve d'eau disponible. Ceux du R. INÉAC subissent déjà une réduction d'ouverture pour des déficits faibles, qui aboutit à une fermeture presque totale pendant la plus grande partie de la journée lorsque la pénurie en eau atteint les limites de l'épuisement. Dans ces conditions, les échanges gazeux de la photosynthèse continuent à être assurés plus longtemps et à un taux plus élevé chez les Kouilou en période de sécheresse. Ceci se traduit par une diminution beaucoup plus progressive des processus de croissance au fur et à mesure de l'assèchement du sol, et par conséquent par une prolongation des poussées végétatives, ainsi que par une meilleure aptitude à la reprise d'une activité végétative sub-normale dès les premières précipitations. Ces différences expliquent les zones de répartition de ces variétés en Côte d'Ivoire, mises en évidence par PORTÈRES (1959), et qui coïncident étroitement avec les zones climatiques.

BIBLIOGRAPHIE

- COSTE (R.). — Les caféiers et les cafés dans le monde. Ed. Larose (Paris), 1955, t. 1, 381 p.
- DEDECCA (D. M.). — Anatomia e desenvolvimento ontogenético de *Coffea arabica* L. var. *Typica* Kramer. Thèse Ec. sup. d'ag. Luiz de Queiroz (São Paulo), oct. 1955, 43 p.
- HENDRICKSON (A. M.), VEIHMAYER (F. J.). — Permanent wilting percentages of soils obtained from field and laboratory trials. *Pl. physiol.*, 1945, 20, p. 517-39.
- HYGEN (G.). — Studies in plant transpiration I-II. *Physiol. plantar.*, 1951-53, 4, p. 57 et 6, p. 106.
- LEBRUN (J.). — Sur la résistance à la sécheresse édaphique de diverses espèces du genre *Coffea* L. *Bull. Acad. Roy. Belg. cl. sc.*, 1962, 48, p. 695-704.
- LEBRUN (J.). — Sur quelques paramètres des limbes foliaires par rapport à leurs propriétés hydriques, chez diverses espèces du genre *Coffea* L. *Bull. Acad. Roy. Belg. cl. sc.*, 1962, 48, p. 1041-53.
- LEBRUN (J.). — Sur l'allure de la déshydratation foliaire chez diverses espèces du genre *Coffea* L. *Bull. Acad. Roy. Belg. cl. sc.*, 1963, 49, p. 684-96.
- LEBRUN (J.). — Déshydratation et retrait des limbes foliaires chez diverses espèces du genre *Coffea* L. *Bull. Acad. Roy. Belg. cl. sc.*, 1963, 49, p. 1059-73.
- LEMÉE (G.). — Aspects écologiques de la régulation stomatique de la transpiration. *Bull. soc. fse physiol. vég.*, 1956, 2, 1, p. 29-38.
- LEMÉE (G.). — Recherches éco-physiologiques sur le caooyer. *Rev. gen. Bot.*, 1956, 63, p. 41-95.
- LEMÉE (G.). — Le bilan d'eau des plantes vasculaires dans ses rapports avec l'humidité du sol. *Bull. soc. fse physiol. vég.*, 1959, 5, 3, p. 118-32.
- LEMÉE (G.), BOYER (J.). — Influence de l'humidité du sol sur l'économie d'eau et la croissance des caféiers du groupe *Canephora* cultivés en Côte d'Ivoire. *Café, Cacao, Thé*, 1960, 4, 2, p. 55-63.
- LEMÉE (G.), LAISNÉ (G.). — La méthode réfractométrique de la mesure de la succion. *Rev. gén. Bot.*, 1951, 58, p. 336-47.
- LEVITT (J.). — Frost, drought and heat resistance. *An. Rev. of plant physiol.*, 1951, 2, p. 245-68.
- PISEK (A.), BERGER (E.). — Kutikuläre Transpiration und Trockenresistenz isolierter Blätter und Sprosse. *Planta*, 1938, 28, 124-55.
- PORTÈRES (R.). — Valeur agronomique des caféiers des types Kouilou et Robusta cultivés en Côte d'Ivoire. *Café, Cacao, Thé*, 1959, 3, 1, p. 3-13.
- RABÉCHAULT (H.). — Etude anatomique comparée des organes végétatifs des caféiers de Côte d'Ivoire. Dans Jacques-Félix, publ. STAT, série sc., 1954, n° 5, p. 151-77.
- RINGOET (A.). — Recherches sur la transpiration et le bilan d'eau de quelques plantes tropicales. Publ. INEAC, série sc., 1952, n° 56, 139 p.
- SHARDAKOV (V. S.). — Régime hydrique du coton (traduction résumée). Ed. Ac. Sc. Rep. d'Ouzbekistan (URSS), 1954, 94 p.
- STÄLFELT (M. G.). — The stomata as a hydrophotic regulator of the water deficit of the plant. *Physiol. plantar.*, 1955, 8, p. 572-93.
- STÄLFELT (M. G.). — Die Kutikuläre Transpiration. Die stomatäre Transpiration und die Physiologie der Spaltöffnungen. *Hdb. der Pflanzenphysiol.*, 1956, III, p. 342-49 et 351-421.
- STOCKER (O.). — Messmethoden der Transpiration. Die Dürresistenz. *Hdb. der Pflanzenphysiol.*, 1956, III, p. 293-311 et 696-734.
- STOCKER (O.). — Les effets morphologiques et physiologiques du manque d'eau sur les plantes. Coll. sur les échanges hydriques des plantes en milieu aride et semi-aride, UNESCO (Paris), 1961, p. 63-113.

BOYER (J.). — **Comportement hydrique des deux grands groupes de *Coffea canephora* de Côte d'Ivoire.** *Café, Cacao, Thé* (Paris), vol. IX, n° 4, oct.-déc. 1965, p. 263-282, fig., tabl., 23 réf.

Les observations ont porté sur le Kouilou de Touba et le Robusta INEAC, considérés respectivement comme le plus résistant et le plus sensible aux effets de la sécheresse.

Après avoir examiné les phases de la vie des feuilles, leurs dimensions, l'anatomie et l'épaisseur des tissus foliaires et les normes hydriques foliaires, l'auteur dans une deuxième partie expose les expériences effectuées sur la déshydratation des feuilles isolées (degré de résistance aux principaux stades de leur vie) initialement saturées d'eau et mises dans des conditions identiques et uniformes d'éclairement, de température et d'humidité relative de l'air ; l'intensité de la transpiration des stomates et surtout de la cuticule des feuilles du Kouilou de Touba est plus faible et leur valeur de déficit létal plus élevée à tous les stades de la vie des feuilles que celles des Robusta INEAC. Les feuilles du Kouilou de Touba privées d'eau ont donc une durée de survie plus importante. La baisse de la durée de survie au cours du vieillissement est en outre moins forte que pour la deuxième variété.

L'étude expérimentale de deux clones cultivés en vase de végétation (troisième partie) permet, dans le cas de teneur en eau du sol constante ou d'assèchement du sol continu, de confirmer la meilleure résistance à la sécheresse des Kouilou : déficits hydriques internes plus faibles permettant une ouverture des stomates plus grande et prolongation de la croissance en assèchement continu quand le sol a presque épuisé ses réserves en eau disponible ; excellente faculté de reprise, même après un arrêt prolongé de l'activité végétative.

BOYER (J.). — **The water economy of the two big groups of *Coffea canephora*, in the Ivory Coast.** *Café, Cacao, Thé* (Paris), vol. IX, n° 4, oct.-déc. 1965, p. 263-282, fig., tabl., 23 réf.

The study was focussed on the Kouilou de Touba and the Robusta INEAC, considered respectively as the most resistant and the most susceptible to the effects of drought.

After having examined the phases in the life of the leaves, their dimensions, the anatomy and the thickness of the foliar tissues and standards of leaf water mechanics, the writer, in a second part, describes the experiments made on the dehydration of separate leaves (degree of resistance at the different stages of their life) first saturated with water and placed under identical and uniform conditions of light, temperature and relative air humidity; the intensity of transpiration of the stomata and especially of the cuticle of the Kouilou de Touba leaves is lower and their lethal water deficit value higher at all stages of the life of the leaves, than those of the INEAC Robusta. The leaves of the Kouilou de Touba when deprived of water have therefore a longer survival period. The drop in the time of survival during ageing is also less marked than in the case of the second variety.

The experimental study of two clones grown in pots (third part) shows, when the water content of the soil is maintained constant or the drying of the soil continuous, that the Kouilou possess the best resistance to drought: lower water deficits allowing a bigger opening of the stomata, and prolonging of the rate of growth in conditions of continuous drying when the soil has almost used up its reserves of available water; an excellent recovery capacity even after a prolonged arrest of vegetative activity.

BOYER (J.). — **Wasserbedingtes Verhalten der beiden grossen *Coffea canephora* Gruppen der Elfenbeinküste.** *Café, Cacao, Thé* (Paris), vol. IX, n° 4, oct.-déc. 1965, p. 263-282, fig., tabl., 23 réf.

Die Beobachtungen wurden bei Kouilou de Touba und Robusta INEAC angestellt, die als am meisten dürreresistent bzw. Dürreempfindlich gelten.

Nach der Untersuchung der Lebensstadien der Blätter, ihrer Dimensionen, der Anatomie und der Dicke der Blattgewebe und der Wassernormen der Blätter berichtet der Autor in einem zweiten Teil über die Dehydratisierungsversuche bei einzelnen Blättern (Resistenzgrad in den wesentlichen Lebensstadien) die zunächst mit Wasser gesättigt und sodann in die gleiche und gleichförmige Belichtungs-Temperatur und relative Luftfeuchtigkeitslage versetzt wurden; die Transpirationsintensität der Stomata und besonders der Kutikula der Blätter von Kouilou de Touba ist geringer und ihr letales Defizit in allen Lebensstadien der Blätter höher als diejenigen der Robusta INEAC. Die an Wasser mangelnden Blätter von Kouilou de Touba überdauern demnach länger. Die Verminderung der Überlebensdauer während des Alterns ist ausserdem geringer als bei der zweiten Sorte.

Die Versuchsuntersuchung zweier Klone die in Gefässen gezüchtet wurden (dritter Teil) ermöglicht bei konstanter Wassergehalt der Boden oder dauernder Entwässerung die bessere Dürreresistenz von Kouilou zu bestätigen: schwächere innere Wasserfehlbeträge ermöglichen eine grössere Öffnung der Stomata und eine Verlängerung des Wachstums bei kontinuierlicher Wasserentziehung wenn der Boden seine verfügbaren Wasserreserven fast erschöpft hat; ausgezeichnete Fähigkeit des Wachstumswiederbeginns sogar nach einer längeren Unterbrechung der vegetativen Tätigkeit.

BOYER (J.). — **El comportamiento hídrico de dos grandes grupos de *Coffea canephora* en Costa de Marfil.** *Café, Cacao, Thé* (Paris), vol. IX, n° 4, oct.-déc. 1965, p. 263-282, fig., tabl., 23 réf.

Las observaciones se efectuaron sobre el Kouilou de Touba y el Robusta INEAC que se consideran respectivamente como el más resistente y el más susceptible a los efectos de la sequía.

Una vez examinadas las fases de la vida de las hojas, sus dimensiones, la anatomía y el espesor de los tejidos foliares y las normas hídricas foliares, en la segunda parte de su estudio el autor presenta las experiencias efectuadas sobre la deshidratación de las hojas aisladas (grado de resistencia en las fases principales de su vida) inicialmente saturadas de agua y puestas en condiciones idénticas y uniformes de luz, temperatura y humedad relativa del aire; la intensidad de transpiración de los estomas y sobre todo de la cutícula de las hojas del Kouilou de Touba, comparada con las de los Robusta INEAC es menor y su valor de déficit letal más alto durante todas las fases de la vida de las hojas. Púes las hojas del Kouilou de Touba sobreviven durante un tiempo más largo cuando están privadas de agua. Además, la reducción con la edad del tiempo durante el cual sobreviven los Kouilou es menor.

El estudio experimental de dos clones cultivados en vasos de vegetación (tercera parte) y en condiciones de contenido de agua del suelo constante o de desecamiento continuo del suelo confirma la mayor resistencia a la sequía de los Kouilou; déficit hídrico interno menor, lo que permite una abertura más grande de los estomas y una prolongación del crecimiento durante un período de desecamiento continuo cuando el suelo ha agotado casi todas las reservas de agua disponible; después de una suspensión prolongada de la actividad vegetativa de los Kouilou, muy buena facultad de dichos cafetos para volver a desarrollarse.

Bio et Anal.

**CAFÉ
CACAO
THÉ**

Extrait du n° 4
Octobre-décembre 1965

**COMPORTEMENT HYDRIQUE
DES DEUX GRANDS GROUPES
DE COFFEA CANEPHORA DE
CÔTE D'IVOIRE**

J. BOYER

*Maître de recherches à l'ORSTOM
Laboratoire de physiologie végétale,
Centre d'Adiopodoumé (Côte d'Ivoire)*

10498