

Réunion organisée par l'IRFA au Centre GERDAT de Montpellier du 13 au 19 septembre 1982 Ananas et thèmes généraux.

C. PY*

Chaque année, l'IRFA organise en septembre un séminaire sur une plante ou un groupe de plantes. En 1982, il était consacré plus particulièrement à l'ananas, mais contrairement aux séminaires tenus jusqu'alors sur cette plante (1979, 1976 ...), une place importante a été laissée à des thèmes généraux intéressant l'ensemble des espèces fruitières tropicales.

Ce type de séminaire a en fait un triple but :

- faire le point sur l'état d'avancement des recherches entreprises sur la principale plante concernée ;
- informer et recycler les chercheurs et les personnes chargées du développement, plus particulièrement intéressées par cette plante ;
- mieux connaître les travaux en cours sur d'autres plantes, et susceptibles d'apporter des enseignements de valeur pour les plantes dont l'IRFA a plus particulièrement la charge.

Pour cela, l'IRFA a fait largement appel à des personnalités extérieures pour les différents exposés :

- M. TRANCHEFORT, Chef du Service Statistique à l'Institut Technique des Céréales et Fourrages
- M. BALDY, Station de Bioclimatologie à la Station de l'INRA Montfavet,
- M. PERRIER, Station de Bioclimatologie à l'INRA - Etoile de Choisy - Saint Cyr,
- M. CRUZAT, Station de Bioclimatologie à l'INRA - Clermont-Ferrand,
- M. MORIZET, Station d'Agronomie à l'INRA - Clermont-Ferrand,
- M. VAUCLIN, de l'Institut Mécanique de Grenoble.

* - IRFA - B.P. 5035 - 34032 MONTPELLIER CEDEX

Par ailleurs, ont assisté à ces journées et participé aux discussions différentes personnalités de l'ENSAM Montpellier, de l'IRAT et du CEEMAT.

On ne peut ici donner qu'un aperçu des principaux sujets abordés et ayant fait l'objet d'échanges de vues.

Après un exposé général de J. CUILLE, Directeur Général de l'IRFA, suivi de brèves interventions de plusieurs chefs de services de l'IRFA, C. PY fit un exposé introductif à ces journées, soulignant leur caractère très ouvert et engageant les participants à intervenir dans les échanges de vues.

ANANAS

AGRO-ECONOMIE.

P. SUBRA et R. NAVILLE présentèrent les différents aspects économiques actuels concernant la production d'ananas, production exportée en «frais» et production transformée dans des conserveries.

Le marché «en frais» a poursuivi, ces dernières années, une progression régulière de 4,8 p. 100 par an environ. Mais la production exportée en frais ne représente que 5 p. 100 environ de la production mondiale, alors que celle sous forme de conserves, intéressant environ 67 p. 100 de la production mondiale (le solde étant vendu sur les marchés locaux) a progressé globalement moins rapidement ; certains pays voient leur production baisser alors que d'autres connaissent une progression rapide ... C'est le cas en particulier des importants producteurs du sud-est asiatique. Il est intéressant de noter que le grand centre de consommation que représente le mainland des Etats-Unis est approvisionné de plus en plus par des filiales

des compagnies hawaïennes dont la production tend à fléchir.

GENETIQUE.

Mme C. CABOT, chargée du programme génétique sur ananas en Côte d'Ivoire, a fait le point sur le degré d'avancement du programme basé actuellement sur des croisements entre des cultivars de 'Cayenne lisse' et 'Perola', dans le but essentiel d'obtenir un hybride mieux adapté aux conditions écologiques et économiques locales que les différents cultivars de 'Cayenne lisse' largement utilisés dans les pays producteurs d'ananas.

Les trois principales améliorations recherchées portent sur la fermeté de la chair, l'accroissement du taux d'acide ascorbique et la précocité dans l'apparition des cayeux qui sont à l'origine de la deuxième récolte sur pied.

Les techniques de production d'hybrides sont maintenant acquises, mais les critères de sélection sont difficiles à définir étant donné la nature très particulières du fruit et l'incidence très importante des facteurs climatiques à l'approche de la maturité du fruit. Il a été convenu d'un schéma de sélection faisant intervenir en premier lieu des critères d'élimination sur l'ensemble de la population hybride créée. Après multiplication végétative naturelle des plants retenus, on appliquera alors des critères de sélection bien définis. La multiplication active des types restants se fera «*in vitro*», de façon à obtenir un nombre suffisant de sujets pour une comparaison en plein champ avec le clone parental 'Cayenne lisse'. La masse des données obtenues depuis 1979 nécessite un traitement informatique devant déboucher sur une connaissance approfondie des clones parentaux utilisés et du déterminisme génétique de certains caractères, afin de distinguer en partie les facteurs «génétiques» des facteurs du «milieu».

C. VUILLAUME a, par ailleurs, présenté la variété 'Victoria' largement cultivée à la Réunion, qui se caractérise en particulier par une production très importante de cayeux, ce qui permet d'obtenir une deuxième récolte abondante suivie d'autres sans replantation, mais il est indispensable de pratiquer un oeilletonnage : le nombre de cayeux produits naturellement par la plante est trop important.

Cette variété relativement peu exigeante sera également utilisée ultérieurement pour des croisements avec 'Cayenne lisse' dans le but d'obtenir des types rustiques.

PHYSIOLOGIE

Multiplication accélérée.

Pour vulgariser un nouveau cultivar, il est indispensable de faire appel à des techniques de multiplication accélérée, vu le taux de multiplication habituellement relativement

bas de l'ananas. A. SOLER en Côte d'Ivoire a étudié plus particulièrement celles faisant appel à des morphactines telles que le chlorflurenol, le but à atteindre étant d'obtenir le nombre le plus élevé possible de rejets «bons à planter» directement en plein champ pour éviter de faire appel à une pépinière toujours très onéreuse.

Facteurs d'élaboration du rendement.

J.J. LACOEUILHE, en guise d'introduction, a rappelé que le rendement ne dépend pas simplement de la teneur de la plante en éléments minéraux ou de la richesse du sol avec ou sans apports fertilisants : des facteurs climatiques (essentiellement aléatoires) et techniques (le plus souvent contrôlables) interviennent et leur action ne se limite pas au rendement ; ils peuvent affecter la qualité (pris au sens le plus large) de la production.

Aussi les producteurs attendent-ils des chercheurs une aide pour la détection des facteurs limitants sur les plans quantitatif et qualitatif, qui ne peut se concevoir qu'en prenant en compte toutes les composantes du cadre socio-écologique où se trouve la culture, avec ses actions et ses interactions.

L'eau est l'un des principaux éléments à considérer ; l'alimentation hydrique induit tel ou tel autre type de métabolisme carboné avec des rendements photosynthétiques très différents. L'eau a un rôle fondamental sur la croissance et le fonctionnement des racines et est le vecteur dans le sol et la plante des éléments minéraux et, de ce fait, conditionne l'élaboration de la matière et détermine les besoins de la plante. D'où l'importance que l'on doit attribuer à l'évolution du stock d'eau dans le sol qui détermine l'équilibre de la solution et la cinétique des disponibilités pour la plante.

Vu l'importance attribuée au facteur «eau», une séance complète a été réservée à son étude (voir plus loin).

Les autres facteurs d'élaboration du rendement et de la qualité ayant fait l'objet d'études de la part de l'IRFA sont alors passés en revue.

Etat physique du sol.

Après avoir rappelé les définitions de diverses notions souvent confondues : texture et granulométrie ; structure et stabilité structurales ; type de structure et de porosité ; cohésion, consistance et résistance à la pénétration ..., J. GODEFROY a établi que si les tests de laboratoire sont d'une grande utilité pour préciser ou quantifier certains états (tests de percolation, limites d'Atterberg, test Proctor, test de stabilité des agrégats ...), ils ne peuvent remplacer les observations ou mesures «*in situ*», car il faut y intégrer le développement et la structure du système racinaire. Etant donné la complexité des problèmes en relation avec la physique du sol, les recherches ne peuvent se concevoir que sur une durée suffisamment longue.

Dans le domaine plus particulier de l'ananas, J.P. PENEL a présenté les derniers résultats obtenus dans les expérimentations de couverture du sol avec film de polyéthylène conduites en Côte d'Ivoire. La réduction des pertes d'engrais par lixiviation en saison des pluies sous polyéthylène est très significative. Le rôle protecteur de la couverture s'exerce essentiellement à l'égard du potassium, du calcium et du magnésium échangeables et même du phosphore assimilable. Paradoxalement, à la conservation des bases échangeables dans le sol est associée une forte acidification qui est due au maintien dans le profil cultural de certains ions «acidifiants» provenant des engrais : Al^{+++} du phospal et SO_4^{--} du sulfate de potasse et du sulfate d'ammoniaque. Que le sol soit ou non recouvert de polyéthylène, la conservation des éléments minéraux est toujours mieux assurée lorsque les engrais sont incorporés au sol du billon plutôt que simplement épandus à sa surface.

A. PINON a, de son côté, précisé l'incidence de la couverture du sol sur la morphologie des racines et, d'une façon plus générale, les effets de celle-ci sur la croissance, le développement et le rendement.

J. MARCHAL a ensuite donné quelques nouvelles précisions sur les études entreprises avec N^{15} dans le but d'étudier, dans le cas de l'ananas, les différentes voies d'absorption des éléments minéraux existant. Les dernières en date ont traité plus particulièrement à l'utilisation de l'azote pour la formation du fruit lors d'applications réalisées peu avant l'induction florale. Ce type d'études devrait se poursuivre en milieu contrôlé dans le but de mieux cerner l'incidence des principaux facteurs climatiques et s'étendre à des études sur l'utilisation des résidus de la précédente culture. On a poursuivi, par ailleurs, l'étude de l'incidence des différentes formes de potasse (chlorure et sulfate) sur le rendement et la qualité, ce qui a conduit à des recommandations pratiques largement suivies à l'heure actuelle.

Autre facteur limitant dans l'élaboration du rendement : les parasites des racines et en premier lieu les nématodes.

Les nématodes, on le sait, ont dans le cas de l'ananas une incidence très importante sur le rendement. Ce qui explique les efforts considérables entrepris par l'IRFA dans ce domaine. J.L. SARAH a rappelé les acquis de ces trois dernières années avec les expérimentations conduites en Côte d'Ivoire :

- les meilleures époques d'application des nématicides ont été précisées (périodes pendant lesquelles les traitements ont une efficacité maximum),
- les effets curatifs du Phenamiphos ont été mis en évidence dans le cas d'applications tardives ...ce qui permet de rattraper, en partie, les conséquences de l'absence de traitement en début de cycle,
- l'efficacité du Phenamiphos n'est pas diminuée par l'adjonction d'engrais aux solutions,

- les doses nécessaires et suffisantes pour obtenir une deuxième récolte sur pied ont été précisées.

Par ailleurs, d'autres produits ont été expérimentés :

- l'Oxamyl : les applications doivent être plus fréquentes qu'avec le Phenamiphos, en conséquence les quantités totales appliquées doivent être environ le double de celles recommandées pour le Phenamiphos.
- l'E.D.B. : ce fumigant peut remplacer avantageusement le DBCP pour le traitement de préplantation.

Les recherches s'orientent désormais davantage sur des techniques permettant des économies en produits ce qui implique en particulier une meilleure connaissance de la biologie des parasites et doit conduire à des techniques de lutte intégrée et à la recherche de variétés résistantes ou tout au moins tolérantes ...

Sur sable tertiaire de basse Côte d'Ivoire, les avantages d'une jachère nue se caractérisant par une baisse de l'inoculum parasite sont pratiquement annihilés par une «dégradation agronomique» due entre autres probablement à une lixiviation accélérée.

Autres importants déprédateurs à considérer : les symphyles. M. KEHE a rappelé les données recueillies concernant leur biologie et leur comportement dans les sols de Côte d'Ivoire et mis particulièrement en évidence l'incidence des caractéristiques physiques du sol, son humidité, sa température, de même que l'état et l'importance du système racinaire, source d'alimentation du ravageur.

Les dommages causés au système racinaire sont maintenant bien identifiés : ils peuvent prendre des aspects parfois fort divers suivant l'époque à laquelle se manifestent les attaques par rapport au stade de développement de la plante.

Parmi les différents produits testés, le Fonofos et l'Ethoprophos se révèlent être les plus efficaces.

En terminant ce chapitre, on signalera les travaux de X. MOURICHON sur la mycorhization des racines de l'ananas qui s'établit vers la cinquième semaine qui suit la plantation. Par des techniques cytologiques appropriées, les structures de l'agent endomycorhizogène ont été décrites ; elles s'apparentent au genre *Glomus*. L'effet éventuel de symbioses dans la croissance des plants, notamment par une amélioration de la nutrition minérale, devrait faire l'objet d'études spécifiques.

BIOCLIMATOLOGIE.

La climatologie, au même titre que la physiologie, intervient à tous les stades de la vie de la plante. La bioclima-

tologie est particulièrement concernée quand, plus loin, on a abordé le thème «eau-sol-plante-atmosphère», mais elle l'est également dans une très importante expérimentation intitulée «Plantation mensuelle», suivie plus particulièrement par J.C. COMBRES et X. PERRIER, au cours de laquelle on a cherché à lier chacun des paramètres climatiques à des critères de croissance-développement de la plante et en fin de compte au rendement et à la qualité de la production.

Ce n'est que lorsqu'on aura analysé la masse des données rassemblées que l'on sera en mesure de présenter des résultats clairs et les différentes interactions existantes.

MAITRISE DU CYCLE DE L'ANANAS.

La maîtrise du cycle de l'ananas passe en particulier par un contrôle de la floraison et dans une certaine mesure de la maturation.

C. TEISSON a fait le point de la situation dans ce domaine étudié actuellement essentiellement par A. SOLER. Si l'induction florale artificielle par voie liquide est tout à fait au point en faisant appel à l'éthylène (mais reste compliquée à réaliser dans la pratique ; c'est la raison pour laquelle on cherche à mettre au point des techniques à base de donneur d'éthylène ou de précurseur d'éthylène), l'induction florale, sans faire appel au véhicule «eau», reste à mettre au point.

La technique présentant un intérêt tout particulier pour les petits planteurs, de nombreuses approches ont été explorées. On fonde actuellement de grands espoirs avec le chlorure d'éthylène formulé sous différents aspects par Air Liquide.

L'emploi de produits bloquant la synthèse d'éthylène par la plante devrait permettre par ailleurs d'éviter des différenciations «sauvages» d'inflorescences dont le coût pour l'exploitant est élevé.

L'emploi d'éthéphon lors de la maturation du fruit est devenu une pratique courante en Côte d'Ivoire. La technique est malheureusement souvent mal pratiquée : les producteurs ont tendance à utiliser le produit pour assurer les tonnages correspondant à leurs réservations de fret sur les navires réfrigérés en tenant insuffisamment compte de l'état de maturité réel du fruit, ce qui a conduit à certaines époques de l'année à une chute de la qualité. Il est probable que, pour l'éviter, on soit amené à fixer des normes minimales à l'exportation, basées sur la composition du fruit, comme cela se pratique en Europe sur de nombreux fruits.

Parallèlement, ont été conduites des études sur l'acide chlorophenoxypropionique (Fruitone C.P.A.) qui, en retardant la maturité du fruit, accroît son poids, en parti-

culier grâce à un meilleur remplissage des «yeux», résultat très bénéfique en période normale, mais qui peut devenir un inconvénient majeur en période de «jaune» (voir ci-après).

QUALITE DU FRUIT

Le «jaune» de l'ananas qui se caractérise par un aspect vitreux de la chair, indice d'une maturité trop avancée, fait actuellement l'objet d'une étude approfondie de la part de A. SOLER (il constitue un des principaux facteurs limitants sur le plan qualitatif) ; elle devra comprendre des volets histologiques et biochimiques pour progresser dans la compréhension du phénomène et parvenir par la suite à une limitation de l'impact économique de ce phénomène.

Renée TISSEAU a ensuite exposé les travaux entrepris à Montpellier sur la qualité du fruit, en particulier en fonction de sa maturation (ses travaux rejoignent donc ceux de A. SOLER quand on se trouve en période favorable à l'apparition du «jaune»), en fonction de l'enrobage ou non à base de cire et en fonction de l'emploi ou non d'éthéphon (appliqué à différents stades d'évolution du fruit). L'ensemble de ces travaux débouche tout naturellement sur l'établissement de normes susceptibles d'être retenues par les organismes de contrôle de qualité à la sortie des divers pays producteurs si l'on veut relever la qualité des marchandises exportées.

J.Y. REY a précisé, dans le cas du Cameroun, l'importance de ce phénomène et indique les différentes voies explorées sur le plan agronomique pour tenter de diminuer l'impact de ce phénomène particulièrement important pour ce pays.

La qualité du fruit dépend également dans une large mesure de son état sanitaire ... et à cet égard la maladie des «taches noires» constitue un autre type de facteur limitant d'une importance comparable à celle du «jaune». C'est en effet la crainte de voir apparaître celle-ci qui conduit les producteurs à récolter leurs fruits à un degré de maturité insuffisamment avancé ... ce qui fait dire que l'existence de ces taches dans le fruit est le principal facteur limitant à la récolte de fruits d'un degré de maturité plus avancé que permettrait l'amélioration des conditions de transport. La maladie des taches noires est connue depuis longtemps, mais après de nombreuses années aucune amélioration n'est enregistrée faute d'études approfondies la concernant.

X. MOURICHON, à qui fut confiée cette tâche à partir de 1980, a exposé les premiers résultats qu'il a obtenus : le pathogène responsable a été identifié et étudié : il s'agit, dans le cas de la Côte d'Ivoire, de *Penicillium funiculosum*. X. MOURICHON a parallèlement mis en évidence la dynamique saisonnière des infestations, laquelle traduit l'importance (dans les inflorescences) des stades phénologiques précédant l'anthèse, au cours desquels se réalisent les pha-

ses précoces de la maladie (pollution - contamination). La mise au point d'inoculations expérimentales a permis de mieux préciser les différents aspects des relations hôte-parasite.

Avec l'utilisation de la microscopie électronique à balayage, X. MOURICHON a pu préciser les modalités de l'infection primaire et c'est à ce titre que l'intervention d'acariens (*Tarsonemus*), bien que non démontrée expérimentalement, est soupçonnée. Leur intervention dans le processus parasitaire qui pourrait, sous le contrôle de la climatologie, être l'un des facteurs explicatifs de la dynamique saisonnière de la maladie, peut se situer à deux niveaux :

- participation à la phase dissémination (transport sol-fleur) du *P. funiculosus*,
- intervention au cours de la phase de contamination en tant que vecteurs au sein même des fleurs avant l'anthèse ou encore en tant que générateurs de blessures à l'origine des sites de pénétration du champignon.

Une contamination précoce et une expression tardive des symptômes caractérisent une phase de latence du parasite. Il est montré que celle-ci est initiée par une réaction tissulaire au site de pénétration du champignon. Les composantes biochimiques des fruits qui contrôlent cette phase jusqu'au stade de maturité des fruits sont actuellement en cours d'étude.

C. VUILLAUME, à la Réunion, a de son côté commencé à étudier cette maladie dans le cas de la variété 'Victoria' plus sensible dans les conditions locales à cette maladie que ne l'est la variété 'Cayenne lisse'. A côté des acariens, C. VUILLAUME soupçonne, comme en Afrique du Sud également, l'intervention de la cochenille *Pseudococcus brevipes* qui, par ailleurs, engendre la maladie du Wilt.

A noter, par ailleurs, l'importante diminution du nombre de taches noires due ... à des applications de Mepiquat-chloride (PIX), qui pourrait être la conséquence d'une forte augmentation de l'acidité du fruit (peu favorable à la manifestation de la maladie) induite par l'application de ce produit.

La «qualité» commerciale exige de surcroît un bon emballage. Jusqu'à présent, il est basé sur l'utilisation de fruits à couronne réduite, disposés verticalement dans des cartons à cloisons. Avec le développement de la palettisation et du transport en containers, il devient nécessaire de réduire les types d'emballage actuellement au nombre de 4 ; ils ne devraient pas dépasser le nombre de 2 avec possibilité d'imbrication entre les deux modèles quand on les met en piles. On estime que ce changement doit être envisagé avec l'abandon de la technique de la réduction de la couronne qui ne s'impose plus comme il y a 20 ans.

G. DUVERNEUIL, chargé des problèmes d'emballage à l'IRFA, pense à différentes possibilités et en particulier à

d'autres formules faisant appel à des «containers perdus» en carton et bois susceptibles de transporter plusieurs centaines de kilos de fruits.

Dans le domaine de la transformation, l'accent est toujours donné à la cryoconcentration qui permet l'obtention de jus de haute qualité, recherché en particulier pour la fabrication de sorbets (M. VALENTE).

SYSTEMES DE PRODUCTION

Pour une meilleure valorisation des terres, une diminution des risques encourus et pour chercher à diminuer les intrants nécessaires à la culture, on tend à mettre sur pied différentes formules d'association de cultures : cultures intercalaires de l'ananas en début de cycle, cultures en rotation/assolement avec l'ananas. A. PINON a exposé les premiers résultats obtenus en Côte d'Ivoire ; ils sont très encourageants, en particulier dans le cas d'associations ananas-arachide. La principale difficulté vient du fait que l'on emploie habituellement en culture d'ananas des herbicides à «longue action résiduelle».

Une meilleure valorisation de la production, en imaginant d'autres utilisations du fruit (ananas givrés ...) et peut-être surtout en utilisant les déchets de conserverie et les résidus de culture, relève d'une même recherche. J.J. LACOEUILHE a donné quelques indications sur les excellents résultats obtenus aux Antilles en coopération avec l'INRA sur l'utilisation des déchets de conserverie pour l'alimentation d'ovins et de bovins et P. ESTANOVE sur ceux obtenus en coopération avec l'Université des Sciences et Techniques du Languedoc, aboutissant à l'obtention de sucre, d'alcool, de vinaigre ou de gaz ; certains de ces produits pouvant être utilisés ultérieurement pour l'obtention d'autres types de produits : levures ...

Pour terminer cette partie axée plus spécialement sur l'ananas, on citera les essais de lutte contre les adventices en culture d'ananas, entrepris plus spécialement par J.Y. REY au Cameroun (c'est en combinant les produits et les dates d'application que J.Y. REY a obtenu les meilleurs résultats) et le bref exposé de E.J. GIACOMELLI de l'Institut agronomique de Campinas (Brésil) sur les principales caractéristiques de la culture de l'ananas au Brésil et les activités de l'I.A.C. en matière de recherche sur l'ananas.

THÈMES D'UNE PORTÉE PLUS GÉNÉRALE

Téledétection.

C. BALDY, Station de Bioclimatologie de l'INRA Montfavet, a présenté en introduction un très beau film commenté sur la téledétection. Celle qui intéresse plus particulièrement l'IRFA est du type «rapprochée». A la suite de la présentation générale, A. VILARDEBO fit un exposé sur l'état d'avancement de ses travaux préliminaires dont le but est une détection précoce de la maladie du Wilt due à la cochenille *Pseudodoccus brevipes* et qui est à l'origine

d'importantes chutes de rendements en plantation. On estime que les caractéristiques de la maladie se manifestent quand la teneur de la plante en un certain facteur «latent», qui engendre la maladie, dépasse un certain niveau ; il serait très souhaitable que l'on parvienne un jour à enregistrer d'une façon ou d'une autre le niveau atteint par celui-ci. Ce serait la porte ouverte à un avertissement en la matière.

Eau - Sol - Plante - Atmosphère

L'animation sur ce thème a été confiée à J.C. COMBRES, avec la participation active de A. PERRIER, INRA Versailles, B. CRUZIAT et J. MORIZET INRA Clermont-Ferrand, et M. VAUCLIN, CNRS Grenoble.

Deux grands volets ont été abordés : l'évapotranspiration d'une part, les méthodes d'approche pour déterminer les besoins en eau d'une culture d'autre part.

Evapotranspiration

Après un rappel de l'évolution du concept d'ETP (évapotranspiration potentielle), on en est venu à différentes conclusions :

- il n'y a pas d'ETP unique pour toutes les cultures couvrantes bien alimentées en eau ; chaque culture est soumise à une demande climatique qui lui est propre.

- L'évapotranspiration maximale (ETM) dépend de la demande climatique à laquelle elle est soumise et d'une résistance spécifique qui réduit l'incidence du vent et du déficit de saturation de l'air et ceci d'autant plus que cette résistance est élevée.

- Le gazon reste un bon couvert de référence sur lequel il convient de mesurer tous les termes de la formule de Penman (rayonnement net, vent, températures «sèches» et «humides») pour obtenir son ETM par le calcul.

- Le «très classique» bac de classe A est maintenant déconseillé par l'ONM comme référence dans les études sur les besoins en eau des cultures. Son utilisation dans le domaine agricole pour estimer l'ETM d'un gazon doit faire appel à de nombreux coefficients tels que la vitesse du vent, le déficit de saturation de l'eau, ou liés aux instruments de mesure eux-mêmes.

- Les coefficients culturaux ne sont pas des constantes et varient dans une certaine mesure avec le climat. L'ETP n'existant pas, on est contraint de le déterminer en se basant sur des références fiables.

- Il faut utiliser avec beaucoup de prudence les formules d'ETP que l'on peut relever dans la bibliographie ; il est conseillé de se reporter au document n° 24 de la FAO pour sélectionner les corrections adaptées à chaque lieu de travail.

A. PERRIER a exposé les développements actuels concernant l'évapotranspiration (modèle à trois résistances) et en a précisé les différents types : évaporation potentielle climatique (EP*) qui prend la forme de la formule de Penman appliquée au couvert végétal, évaporation potentielle (EP) qui survient lorsque toutes les surfaces sont couvertes d'eau, évaporations maximales (ETM) et réelles (ETR) qui prennent en compte la transpiration et la régulation stomatique.

Méthodes d'approche pour déterminer les besoins en eau d'une culture et les mécanismes de transfert de l'eau dans le continuum sol-plante-atmosphère.

M. VAUCLIN a résumé les différentes approches destinées à étudier le transfert de l'eau dans le sol. L'humidimètre neutronique permet, après étalonnage du sol et de l'instrument, de déterminer l'humidité volumique et donc de suivre la variation de la réserve en eau du sol. Les tensiomètres permettent de bâtir des profils de charge hydraulique et de préciser le sens des transferts. Evaporation, drainage et absorption racinaire interviennent dans leur interprétation.

A. PERRIER a ensuite exposé les trois approches courantes pour étudier les échanges plante-atmosphère : bilan d'énergie (rapport de Bowen), méthode aérodynamique et méthode mixte. A l'inverse de l'approche précédente, ces méthodes, du fait du déplacement des masses d'air, intègrent une large surface, ce qui contraint à travailler sur de grandes parcelles. Elles permettent de déterminer les paramètres caractéristiques de la culture, d'analyser l'action du climat et d'établir le lien physique entre évapotranspiration et climat régional mesuré au parc météorologique et, par ailleurs, de mesurer les échanges de CO₂, donc de connaître l'efficacité hydrique de la culture.

B. CRUZIAT enfin est intervenu au niveau de la plante en soulignant l'importance qu'il faut attribuer aux réservoirs au sein de celle-ci et à la sensibilité des racines à une demande supérieure à l'offre. B. CRUZIAT a ensuite parlé des études sur le potentiel hydrique des plantes (bombe de Schollanger) et la résistance stomatique des feuilles (poromètre). La variabilité est grande d'une feuille à l'autre et sur une même feuille. Ces méthodes utiles pour la compréhension des relations hydriques au sein de la plante ne peuvent cependant être utilisées pour l'étude des besoins.

Si l'on compare ces différentes approches, on peut dire que l'étude des échanges «plante-atmosphère» permet d'établir des modèles généralisables de prévision de l'évapotranspiration maximale, voire réelle, mais ne précise pas l'origine de cette eau (stock du sol, nappe, remontées capillaires) qui doit être prise en considération pour le pilotage de l'irrigation. Par contre, l'étude au niveau du sol permet de déterminer ces transferts mais l'établissement des modèles de prévision de l'ETM est plus délicat. Ces deux approches sont donc complémentaires.

Les approches au niveau de la plante, malgré leur variabilité, voient plutôt leur domaine d'application centré sur la réponse de la plante à un stress hydrique et sur la détermination des seuils critiques d'alerte à l'irrigation.

Une discussion, avec la participation de C. BALDY, J.C. LE GOUPIL (IRAT), J.P. LUC et G. MANIERE (ENSAM) et J. TRANCHEFORT (ITCF), s'est alors orientée sur l'intérêt de connaître avec précision les besoins en eau, compte tenu du fait que, suivant les techniques d'irrigation, les apports d'eau peuvent varier dans des proportions importantes, ce qui a conduit à comparer les mérites de différents systèmes d'irrigation suivant les ressources en eau, le type de sol, la topographie des lieux, les types de culture, le coût de la main-d'oeuvre ...

De nombreux aspects concernant les relations hydriques et les besoins en eau des cultures ont été évoqués : leur approfondissement nécessiterait de nouveaux échanges.

Approches en expérimentation agronomique.

Ce thème très général suscite un intérêt tout particulier étant donné les nombreuses difficultés rencontrées tout particulièrement au niveau de l'exploitation des données.

P. LOSSOIS a ouvert la séance en rappelant, par le biais de quelques communications présentées à la Onzième Conférence internationale de Biométrie (qui s'est tenue juste avant le séminaire) les dangers d'une utilisation incorrecte de «recettes statistiques» par des personnes non averties, dangers d'autant plus grands que le développement des micro-ordinateurs met des programmes d'analyse à la disposition de chacun. Il est donc impératif de développer la formation statistique des utilisateurs pour qu'ils prennent conscience des possibilités qui leur sont affectées, mais également des limites de celles-ci et de leurs responsabilités.

P. LOSSOIS a ensuite rappelé que plutôt que de multiplier le nombre des expérimentations il est bien préférable d'en entreprendre un moins grand nombre et de tout mettre en oeuvre pour en tirer le maximum d'enseignements. Ceci suppose que les protocoles soient élaborés en équipes pluridisciplinaires où chacun intervient soit à titre de principal intéressé, soit en apportant une contribution relevant de la discipline à laquelle il appartient en vue d'une meilleure exploitation des résultats.

Mais bien souvent les protocoles pluridisciplinaires conduisent à des «monstres» : l'esprit «discipline» ayant supplanté l'esprit de coopération. A noter, par ailleurs, que la normalisation de la saisie des données ne dispense en aucun cas du contrôle de celles-ci qui reste indispensable. Des programmes de détection peuvent certes déceler à coup sûr et automatiquement certains types d'erreur, mais pour les autres, les plus nombreuses, les programmes ne peuvent que signaler les valeurs qui sortent des limites

fixées ou calculées suivant un certain arbitraire ; leur présence alourdit très sensiblement le coût des analyses en temps-personnel et temps-machine.

«Il n'y a pas de miracle» ; le chercheur peut au mieux être aidé mais il reste responsable de ses données. Quand on sait le coût d'une expérimentation en matériel végétal, en temps de mise en place, d'observation, de saisie et d'analyse, on devrait être particulièrement soucieux de l'efficacité et de la qualité des données recueillies. Quand on se trouve devant des choix, il vaut mieux se contenter de moins d'informations à condition qu'elles soient complètes et fiables plutôt qu'un nombre plus élevé mais incomplètes et de moindre qualité.

X. PERRIER est ensuite intervenu pour donner quelques précisions sur l'évolution de ces dernières années dans le domaine de l'analyse des données. L'évolution des connaissances entraîne logiquement un accroissement de la complexité des expérimentations : on est passé d'études de l'effet de la variation contrôlée d'un ou de quelques facteurs à objectif souvent descriptif à des expérimentations où l'on cherche de plus en plus souvent à expliquer et à prendre en compte les variations simultanées de plusieurs facteurs et surtout leurs inter-relations. Dans le premier cas, des outils statistiques ont été depuis longtemps développés ; ce sont des tests d'hypothèse qui imposent souvent des contraintes à la mise en place de l'essai (plans d'expérience). Ces outils sont bien connus et la démarche expérimentale qu'ils imposent est implicitement acceptée.

Par contre, il n'existe pas d'outil universel pour les études du deuxième cas. Le biométricien doit choisir dans chaque cas les méthodes les plus aptes à éclairer chaque facette de l'étude. Il est souvent appelé à les adapter ou les modifier et éventuellement à imaginer de nouvelles démarches, d'où un nécessaire travail de réflexion méthodologique pour établir, dans chaque cas, une stratégie efficace.

De plus, la démarche expérimentale n'est plus ici imposée par l'outil statistique ; il devient donc indispensable à l'expérimentateur, et en collaboration avec le biométricien, de tracer à la conception même de l'expérimentation les grandes lignes d'une stratégie d'étude des résultats.

J. TRANCHEFORT est ensuite intervenu pour présenter le Service Statistique de l'ITCF (Institut technique des Céréales et Fourrages). Il s'est attaché à préciser la signification du terme «résiduel» qui apparaît dans l'analyse statistique des résultats de tout essai conduit avec un dispositif expérimental. Il est la part de variations non expliquées par les effets contrôlés. Lorsqu'il s'agit d'essais multiloaux de comparaison de variétés, ce terme résiduel peut être considéré comme une estimation de l'interaction «génotype-milieu». Il existe plusieurs démarches complémentaires pour étudier ces interactions. Après avoir exposé différents domaines où les techniques d'enquête peuvent apporter des informations intéressantes, J. TRANCHEFORT a

souligné les limites de ces techniques et les risques élevés d'interprétation erronées par analyse trop rapide. J. TRAN-CHEFORT a ensuite évoqué les notions d'optimum technique et d'optimum économique et les tentatives de l'ITCF d'intégration de la dimension socio-économique dans l'approche expérimentale.

En fin de journée, une discussion s'est engagée autour du thème de l'hétérogénéité qui préoccupe tant les expérimentateurs travaillant sur l'ananas, ce qui a conduit à évoquer diverses démarches possibles pour tenter de hiérarchiser les causes de celle-ci.



LE MANIOC par P. SILVESTRE et M. ARRAUDEAU

Le manioc, d'abord important pour les Indiens d'Amérique du Sud qui l'ont domestiqué, l'est devenu ensuite pour de nombreuses populations d'autres régions tropicales et, particulièrement, pour les Africains des pays humides qui l'ont spontanément adopté.

Le manioc est une plante ambiguë : plante épuisante et plante utilisant bien des sols épuisés, culture de famine mais aussi anti-risque, susceptible de fournir des productions régulières avec un minimum de travail, aliment pauvre par ses faibles teneurs en protéines et vitamines, mais très énergétique, et dont l'amidon présente une haute digestibilité.

Plante longtemps mal connue, elle bénéficie maintenant de l'intérêt croissant de la Recherche internationale et de nouvelles études. Il était donc utile d'en faire le point pour répondre à l'intérêt que cette plante suscite.

L'ouvrage de P. SILVESTRE et M. ARRAUDEAU a été conçu pour satisfaire à ce besoin. Il s'adresse aux étudiants, aux agronomes, et à tous ceux qui désirent soit acquérir une connaissance d'ensemble de cette plante, soit au contraire approfondir un aspect particulier et être guidés dans la bibliographie qui le concerne.

Principales divisions :

- Préface - Avant-propos - Origine et histoire - Botanique - Ecologie - Amélioration génétique - Croissance et développement - Nutrition minérale et fertilisation - Toxicité cyanhydrique - Maladies et ravageurs - Techniques culturales et systèmes de production traditionnels - Techniques culturales et systèmes de production améliorés - Utilisation en alimentation humaine et animale - Industries du manioc - Economie - Bibliographie.

Collection «Techniques agricoles et Productions tropicales», volume 32, Paris, 1983. Editions Maisonneuve et Larose, 15, rue Victor Cousin - 75005 PARIS.

Un volume 16 x 24, 264 pages, 38 figures, 36 photographies hors-texte, nombreux tableaux, sous couverture illustrée en couleurs, ISBN : 2-7068-0831-4, 118 F.