



**AgEcon** SEARCH  
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

*The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library*

**This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.**

**Help ensure our sustainability.**

Give to AgEcon Search

AgEcon Search  
<http://ageconsearch.umn.edu>  
[aesearch@umn.edu](mailto:aesearch@umn.edu)

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

**C. F. C. S.**

**ASSOCIATION INTER-CARAÏBE DES PLANTES ALIMENTAIRES  
CARIBBEAN FOOD CROPS SOCIETY**

---

**COMPTES RENDUS – SEPTIÈME CONGRÈS ANNUEL  
PROCEEDINGS – SEVENTH ANNUAL MEETING**

---

**Martinique — Guadeloupe**

**1969**

---

**VOLUME VII**

# PROBLÈMES DE LA NUTRITION MINÉRALE DU MAÏS (ZEA MAYS) DANS LE SUD-OUEST ATLANTIQUE FRANÇAIS (AQUITAINE)

J. DELMAS

---

Le Sud-Ouest atlantique français est constitué par un vaste bassin, ouvert largement sur l'océan et bénéficiant par ce fait d'un climat doux et pluvieux. Cependant, ce climat, favorable d'une façon générale, présente de grandes variations annuelles et saisonnières, notamment en ce qui concerne la quantité et la répartition des précipitations. Par ailleurs, la fréquence, dans certaines zones, de gelées printanières tardives et d'une période sèche à température élevée pendant la phase critique de croissance et de développement du maïs constituent deux ordres de problèmes climatiques ayant des répercussions immédiates sur la nutrition.

L'*extrême Sud-Ouest* (Pays basque, Béarn, Chalosse), région la plus favorisée sur le plan climatique, représente le berceau du maïs de France. Bien que cette culture, grâce aux possibilités de nouveaux hybrides (I. N. R. A.), ait gagné presque l'ensemble du territoire français, la région située au pied des Pyrénées atlantiques représente encore un très fort pourcentage de la production totale française.

Ceci est dû : d'une part à l'élévation considérable des rendements sur les terroirs traditionnels (utilisation généralisée des hybrides adaptés aux conditions écologiques régionales, développement de la lutte antiparasitaire, élévation considérable du niveau de l'alimentation, mécanisation de la récolte, etc...), d'autre part à la mise en culture de vastes zones de friches, anciennes pâtures communales, les « *touyas* ».

Le vaste plateau podzolique sableux des Landes de *Gascogne*, où le maïs était traditionnellement cultivé pour les besoins de l'exploitation, en assolement avec le seigle et le trèfle incarnat, a subi de son côté une profonde mutation cette dernière décennie avec l'introduction du maïs hybride sur des zones primitivement en friches, au cœur de la forêt de pins maritimes (*Pinus maritima*) qui constitue l'essentiel de la spéculation agricole de cette région.

Enfin, dans les régions plus éloignées de l'océan et, par suite, de climat sensiblement plus continental avec une pluviométrie nettement plus faible, l'introduction de l'irrigation a permis le développement de la culture du maïs qui a pris une place très importante dans les assolements et les exploitations de polyculture traditionnelle (Gers, Lot-et-Garonne).

---

I. N. R. A. ; Station d'Agronomie de Bordeaux, France.

Cette élévation générale de la production du maïs (surface et rendement à l'hectare) ne s'est pas faite sans de grandes difficultés sur le plan de la satisfaction des *besoins alimentaires* de la plante et n'est pas sans poser constamment de nouveaux problèmes, dont ceux relevant de la science du sol et de la nutrition de la plante sont parmi les plus délicats.

## LES PROBLÈMES AGRONOMIQUES DE LA CULTURE DU MAÏS DANS LE SUD-OUEST

Nous devons distinguer les problèmes apparus dans les zones de culture traditionnelle et ceux relatifs à la mise en culture des friches et des landes.

### 1° *En zones traditionnelles*

#### a) *La préparation du sol.*

L'examen du *profil cultural* a montré (S. HENIN et al., 1960) le danger de la constitution d'une « semelle de labour » infranchissable pour les racines, semelle qui se produit notamment dans les sols limono-sableux des boubènes de Chalosse, lorsque les labours ont été faits dans de mauvaises conditions. De plus, ces labours doivent être suffisamment dressés pour que les cannes et les fumures organiques ne puissent fermenter anaérobiquement et constituer une zone de caractère asphyxiant pour les racines du maïs qui doivent pouvoir pénétrer profondément.

Enfin, nous insistons également sur la nécessité de maintenir une bonne *structure* superficielle du sol en limitant les passages d'engins lourds ou de ceux qui créent une division trop fine des agrégats.

#### b) *La fertilisation : éléments majeurs.*

De nombreuses expériences menées par les organismes professionnels, les industriels des engrais et la Station d'Agronomie de Bordeaux, ont permis de préciser, en fonction des exportations par le grain et des processus dynamiques dont le sol est le siège, les normes d'une fertilisation rationnelle.

*Les besoins en azote* (W. ROUTCHENKO, 1964) sont assurés par deux apports fractionnés dont les doses varient selon que la localisation en interligne est pratiquée ou non. De plus, un apport d'azote en localisation au semis est conseillé en même temps qu'un apport de P et de K, mais à faible dose et de préférence sous forme non ammoniacale. En effet, nous avons montré (W. ROUTCHENKO, 1962) que, lorsque les conditions climatiques ne permettent pas une nitrification normale (W. Routchenko et J. DELMAS, 1963), cas fréquent en régions à printemps souvent froid et humide, l'azote *ammoniacal* localisé était absorbé très facilement et provoquait une *intoxication* grave pouvant entraîner la disparition de la culture. La quantité totale d'azote à apporter se situe entre 140 et 160 unités/ha.

*Les besoins en phosphore et en potassium* sont évalués compte tenu des données de l'analyse du sol. Dans ces régions, le sol est souvent pauvre en acide phosphorique (< 0,1 % de  $P_2O_5$  extrait critique). La fumure conseillée peut varier de 80 à 180 unités  $P_2O_5$ /ha selon la richesse du sol. Une petite quantité de P apportée en localisation peut

pallier la difficulté de la nutrition phosphorique du maïs à partir du système racinaire primaire.

La signification du *potassium échangeable* varie beaucoup selon le type de sol : son taux, en sol sableux quartzueux, peut être inférieur à celui considéré comme normal ailleurs sans que la carence soit réelle. De plus, nous avons montré (C. COURPRON, 1966) qu'en sol sableux K était facilement *lessivé*, interdisant les apports de fond ou de redressement ; dans ce cas, seule la fumure potassique au labour — et pour une faible part en localisation — est à conseiller. Les besoins du maïs en potassium étant particulièrement élevés jusqu'à la floraison, il convient d'assurer une croissance rapide du système racinaire dès la première période de croissance. Ceci est assuré par la localisation au semis (20 unités/ha). Le système racinaire peut alors exploiter l'ensemble du profil meuble. Les besoins totaux sont couverts par une fumure de 80 à 160 unités K/ha, selon la richesse et le type du sol.

Des problèmes de *carence magnésienne* ou de déséquilibre K/Mg ont pu être décelés et corrigés efficacement. Dans le cas de l'absorption excessive de  $\text{NH}_4^+$ , l'insuffisance magnésienne peut également apparaître sur le végétal, même en sol normalement pourvu en magnésium.

c) *Les oligo-éléments.*

Toute une zone maïsicole du Sud-Ouest s'est avérée carencée en *zinc* (W. ROUTCHENKO, 1961), notamment en sols à  $\text{pH} > 6,5$  (A. DARTIGUES et E. LUBET, 1967), entraînant une réduction considérable de la croissance et l'absence d'épiaison. La Station a pu résoudre le problème par traitement du sol ou pulvérisation de sulfate de zinc et a mis au point les techniques de dosage du zinc (A. DARTIGUES, 1966 ; A. DARTIGUES et E. LUBET, 1968).

Nous parlerons d'autres oligo-éléments (cuivre, aluminium) à propos des terres de défriche.

d) *La fumure organique.*

Enfin, la fumure organique sous forme de fumier bien décomposé ou par la restitution au sol des parties aériennes (cannes) est recommandée avec les précautions soulignées ci-dessus. Dans le cas des sols à C/N élevé, nous avons été amené à conseiller la culture d'engrais verts (ray-grass, colza, seigle-vesce, selon les sols).

e) *La rotation des cultures.*

Dans de nombreuses zones, sont signalées des baisses de rendement (« fatigue » des sols) en cas de monoculture du maïs. Ce problème complexe ne peut être résolu uniformément et si la possibilité d'intoxication par les *produits phénoliques* (J. R. HENNEQUIN et C. JUSTE, 1967) provenant de la décomposition des cannes de maïs peut être une des causes de ce phénomène, notamment sous conditions en dessous de l'optimum, d'autres raisons (structure dégradée, mauvaises conditions de préparation du sol, de semis ou de récolte, envahissement par les plantes adventices) peuvent également intervenir dans d'autres cas. De toutes façons, une rotation laissant une place suffisante à l'herbe (prairie temporaire) semble préférable, compte tenu cependant de l'aspect économique du problème. Le maïs reste tête d'assolement, précédant du blé ou d'autres céréales et succédant à lui-même ou à : a prairie temporaire.

## 2° Sur défriches

### a) Les sols des Landes de Gascogne.

L'extension et la transformation complète des techniques de culture du maïs sur le plateau landais n'ont été possibles que par l'expérimentation menée dès 1954 par les pionniers (C. E. T. A. de la Grande Lande), en collaboration avec la Station d'Agronomie, dans les zones de défriche récente en lande humide (J. DELMAS, 1958).

Il s'agit ici de sols sableux acides ( $\text{pH} < 5$ ) de type podzol humoferrugineux ou humique, très pauvres en éléments minéraux des plantes et contenant une matière organique de type mor à C/N très élevé. De très nombreux problèmes se sont posés aux agriculteurs et aux chercheurs pour la mise en valeur de tels sols ; nous ne pouvons ici qu'en résumer brièvement les principaux aspects :

— *Le profil.* — L'existence d'un horizon induré de type « alios » (B des podzols) a nécessité un approfondissement de la couche exploitable par *sous-solage* avec destruction de cet alios et *drainage* concomitant. Ces sols sont en effet gorgés d'eau une partie de l'année. L'abaissement du plan d'eau s'avère nécessaire pour l'évacuation des eaux en excès.

— *La texture et la fertilisation.* — L'absence de colloïdes argileux et de limon rend impossible la rétention de l'eau, entraînant une non-satisfaction des besoins du maïs et imposant l'irrigation (juillet-août). Celle-ci conduit à l'établissement du fractionnement de la fumure, notamment pour N et K, qui doit tenir compte des caractères de la texture et des normes de l'irrigation.

— *Le magnésium et les oligo-éléments.* — Ces sols sont dépourvus de magnésium, de cuivre et sont très pauvres en bore et en molybdène, alors que les taux de fer et d'aluminium sont excessifs, notamment dans les horizons illuviaux. Aucune production valable n'a pu être obtenue en l'absence d'apports cupriques et magnésiens, ceux-ci pouvant être effectués en une fois pour plusieurs années.

La présence, dans l'horizon B, de fer et surtout d'aluminium en très grande quantité s'explique par un double processus de mobilisation chimique (Fe) et biologique (Al) (C. JUSTE, 1965) par l'intermédiaire des complexes organo-métalliques synthétisés dans les sols (Fe) ou dans les plantes (Al).

L'aluminium est présent sous forme échangeable ou mobile à un taux élevé en raison de la forte acidité de ces sols et conduit à une toxicité marquée (C. JUSTE et M. HAMADI, 1963 ; P. DUTIL et C. JUSTE, 1964). La correction de l'acidité par apport d'amendements calciques à doses élevées s'impose donc pour plusieurs raisons. Elle permet de réduire l'acidité et la mobilité de Al et de supprimer les risques de toxicité qui en résultent. Elle assure par ailleurs les besoins en Ca non couverts par les teneurs du sol.

Beaucoup d'autres problèmes concernent ces sols — depuis celui de l'abaissement nécessaire du C/N jusqu'à celui du risque d'érosion éolienne en zones non protégées — mais nous ne pouvons nous étendre davantage.

### b) Les sols de défriche de touyas.

Dans l'extrême Sud-Ouest, au-dessus des terres qui fournissent les rendements en maïs les plus élevés (plus de 100 q/ha est courant), il existe des zones de friches,

pâtures communales, anciens bois dégradés, qui occupent 30 à 40 000 ha dans le département des Basses-Pyrénées. Ces friches reposent sur des substrats géologiques divers : flysch crétacé (J. DELMAS et P. DUTIL, 1964) et gneiss au Pays basque, cailloutis du pliocène, alluvions anciennes des gaves en Béarn.

Les sols développés sur ces formations ont été étudiés par la Station de Bordeaux depuis 1961 (J. DELMAS, 1961) et ont fait l'objet de nombreuses recherches qui ont permis de définir leurs caractéristiques et leur potentialité (A. DARTIGUES, J. DELMAS et P. DUTIL, 1963). Ce sont des sols bruns acides, de pH inférieur à 5, très argileux et limoneux, contrairement aux sols des Landes de Gascogne, et riches en matières organiques. Comme les sols de landes, les « touyas » sont riches en Fe et Al et l'on y retrouve, à un niveau plus élevé, la *toxicité* provoquée par ce dernier élément. Cette toxicité a été la cause des échecs de culture du maïs avant sa mise en évidence (C. JUSTE et M. HAMADI, 1963) et jusqu'à ce qu'une technique appropriée de *chaulage* et de fertilisation ait pu être définie et expérimentée par la Station de Bordeaux (C. JUSTE et P. SOLDA, 1964).

Les apports de chaux doivent être importants, en fonction des taux d'argile et de matières organiques (touyas sur flysch : 2 500 kg de CaO/ha — chaux magnésienne — en première année, puis 1 000 kg les années suivantes). Un supplément de rendement de 186 q/ha de maïs en 4 ans a été obtenu avec 4 000 kg de CaO/ha (C. JUSTE et al., 1968). Le chaulage permet une meilleure rétention de Mg et de K (M. CLAIRON, 1969).

Mais les touyas posent d'autres problèmes : carences en éléments majeurs (principalement en P), en Mg et souvent en B, Zn et Cu.

Ce sont des sols très riches en colloïdes mais dont la structure est instable : le travail du sol doit y être très soigné (sous-solage croisé à la mise en culture, labour dressé, sur sol bien ressuyé).

D'autres problèmes se posent pour ces sols argilo-limoneux : rétrogradation de  $\text{NH}_4$  (P. DUREAU et al., 1965), nécessité de la rotation maïs-prairie à vérifier, etc... D'ores et déjà, la culture du maïs peut s'y faire d'une façon rentable en suivant les conseils que la Station peut fournir à la suite de ses travaux (J. DELMAS, 1969).

## LES MÉTHODES DE DIAGNOSTIC

Les chercheurs de la Station se sont basés sur les techniques d'observation pédologique et du profil cultural ou l'analyse des sols, sur leurs recherches du dynamisme des éléments minéraux et de la matière organique et leurs études sur les complexes organo-minéraux (C. JUSTE, P. DUREAU, 1964 ; F. JACQUIN et al., 1965 ; C. COURPRON, 1967).

Par ailleurs, la Station fait largement appel à la plante (le maïs) comme élément de diagnostic. Une technique W. ROUTCHENKO (J. DELMAS et W. ROUTCHENKO, 1959-1965 ; W. ROUTCHENKO, 1967), portant sur l'analyse du suc de la nervure principale des feuilles d'un étage foliaire convenablement choisi, a permis dès les premiers stades de croissance, de préciser dans de nombreux cas la nature des troubles observés.

Un laboratoire, installé à Pau par la Station d'Agronomie, expérimente cette technique sur un certain nombre d'essais culturaux mis en place par l'A. G. P. M. pour répondre aux problèmes de nutrition qui se posent encore. La recherche du statut

minéral de la plante dans chaque cas et sa comparaison avec des normes de référence établies en fonction des variétés doit permettre d'apprécier la réponse de la plante aux divers traitements.

Son interprétation se fait avec la connaissance des facteurs écologiques. L'intérêt de cette méthode d'analyse dynamique des phénomènes de nutrition réside également dans la possibilité qu'elle fournit d'une intervention correctrice rapide dans un certain nombre de cas.

## CONCLUSION

L'élévation des rendements du maïs et l'extension de sa culture à des zones jusque-là déshéritées ont été rendues possibles par la prise en considération des problèmes agronomiques et les recherches que la Station de Bordeaux a entreprises pour leur résolution.

La mise en lumière des particularités pédologiques et agrologiques et de l'existence de carences (Mg, Cu, Zn) et de toxicités naturelles (Al) ou provoquées ( $\text{NH}_4$ ) a contribué au développement de cette culture dans le Sud-Ouest atlantique français.

Bien des problèmes restent à résoudre et il est probable que l'élévation du niveau de technicité, appliquée à des impératifs économiques plus qu'agronomiques, risquera de poser de nouvelles questions dans les prochaines années et de modifier quelque peu l'impact principal de la culture intensive du maïs.

L'irrigation généralisée, la recherche de variétés hybrides à très haut rendement et la mise au point de techniques efficaces de désherbage vont conduire à une évolution rapide du milieu dont les agronomes doivent se préoccuper.

Dès aujourd'hui, la Station est attelée à un problème difficile concernant les causes de la « germination sur pied », consécutive à un cycle climatique défini et liée à un type d'alimentation. Ce phénomène qui se produit en terres calcaires (Charentes) mais aussi en terrain neutre ou acide constitue un des sujets de recherches exigeant le fonctionnement d'une équipe rodée aux problèmes de nutrition du maïs.

Par cette note, nous avons voulu informer nos collègues scientifiques de diverses disciplines de nos problèmes et de ce que nous avons pu réaliser dans une région du globe où le maïs a pris une extension considérable et qui réserve aux chercheurs encore beaucoup de possibilités de réflexion et de travail.

## RÉSUMÉ

Le Sud-Ouest aquitain, région traditionnelle de la culture du maïs en France, constitue une zone pilote pour la diffusion de la culture et des techniques de culture de cette céréale. La généralisation de l'utilisation des maïs hybrides, le développement des processus de lutte anti-parasitaire et la mécanisation de la récolte ont fait de la culture du maïs une des spéculations agricoles les plus dynamiques, dont les résultats (rendements, régularité, rentabilité) sont particulièrement remarquables dans la région aquitaine. Cependant, l'extension de la maïsiculture à de vastes zones en friches (landes sableuses, touyas argileux), dans des conditions soit écologiques soit édaphiques parfois assez loin de l'optimum, a posé de nombreux problèmes, notamment dans le domaine de la satisfaction des besoins nutritifs de la plante.



La Station d'Agronomie de Bordeaux (I. N. R. A., C. R. A. S. O., la Grande Ferrade) a été confrontée à ces problèmes, campagne après campagne, et a tenté de les résoudre. Elle a, pour cela, poursuivi des recherches dans le domaine de la détermination des causes d'insuccès, aussi bien sur des sols nouveaux (acidité, toxicité aluminique, carences cuprique et magnésienne) que sur des sols à culture traditionnelle (carence zincique, toxicité ammoniacale, acidité, nutrition azotée et potassique). Pour ce faire, la Station a mis en place un réseau d'expérimentation et recherché -- *in vitro* et *in situ* -- à définir par de nouvelles techniques de diagnostic les besoins nutritifs du maïs et les potentialités des milieux.

L'extension de la monoculture du maïs et de l'irrigation posent de nouveaux problèmes, que la Station d'Agronomie a inscrit à son programme actuel, en liaison avec les organismes professionnels (A. G. P. M.) et d'aménagements régionaux.

L'auteur présente, au nom de l'équipe dont il assume la direction, une vue synthétique du problème du maïs en zone atlantique française (région : Aquitaine). Il indique les techniques mises en œuvre au laboratoire et au champ, ainsi que les résultats obtenus par la Station de Bordeaux, et fournit des éléments d'appréciation susceptibles d'une confrontation avec les recherches d'autres unités spécialisées dans les domaines de la physiologie de la nutrition et de la fertilisation du maïs.

## SUMMARY

### CORN (Zea Mays) MINERAL NUTRITION PROBLEMS IN FRENCH AQUITANIAN SOUTH-WEST

Aquitanian South-West, a traditional region for corn culture in France, acts as a pilot area for the diffusion of the culture and cultural practices for this cereal. The generalizing of hybrids, the increasing pest and diseases prevention methods and harvest mechanization have made corn culture to be one of the most dynamic agricultural speculations. However, the extension of this crop to wide areas in waste lands (sandy « landes », clayey « touyas »), far sometimes from the optimum, has brought to numerous agronomical problems.

The Station d'Agronomie de Bordeaux (I. N. R. A., C. R. A. S. O., la Grande Ferrade) has faced these problems, and has intended to resolve them : researches in determination of the failure causes on such soils recently devoted to agriculture (acidity, Al toxicity, Cu and Mg deficiencies) as well as on traditional arable soils (Zn deficiency,  $\text{NH}_4$  toxicity, acidity, N and K nutrition). For that purpose, the Station established experimental fields and researched -- *in vitro* and *in situ* -- to definite by new diagnosis techniques the nutritive needs of corn and of environment potentialities. The extension of this crop as a monoculture, and the extension of irrigation, creates new problems, which the Station of Agronomy placed on its actual program.

The Author presents, for the staff he assumes the direction, a synthetical view of the corn problems in French Atlantic area. He mentions the methods used in laboratory and field, as well as the obtained results and he gives estimative elements adaptable to a comparison with researches of other workers in different areas, in the field of corn physiology, nutrition and fertilizing.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ASSOCIATION GÉNÉRALE DES PRODUCTEURS DE MAÏS. 1969. -- La culture du maïs, février 1969.
- CLAIRON (M.), 1969. -- Etude expérimentale de l'influence du chaulage sur la mobilité du magnésium et du potassium dans deux types de sols acides. *Sc. du Sol* (en cours d'impression).
- COURPRON (C.), 1966. -- Etude de la mobilité de la potasse appliquée à un sol sablo-humifère des Landes de Gascogne. *C. R. Acad. Agr.*, 5, 10, 66, 958-963.
- COURPRON (C.), 1967. -- Détermination des constantes de stabilité des complexes organo métalliques des sols. *Ann. Agron.*, 18, 6, 1967, 623-638.
- DARTIGUES (A.), DELMAS (J.) et DURU (P.), 1961. -- Les « sols de touyas » des Basses-Pyrénées. Caractères pédologiques, agronomiques et possibilités de mise en valeur. -- *Congrès A. F. A. S.*, Rennes, 1963. *Revue Gén. des Sc.*, t. LXXI, n° 9-10, 1964, 267-284.
- DARTIGUES (A.), 1966. -- Application d'une technique simple pour le dosage chimique du zinc dans les sols et les végétaux. *Ann. Agron.*, 1966, 17 (1.), 75-89.

- DARTIGUES (A.), LUBET (E.), 1967. — Relation entre le pH du sol et la manifestation de la carence en zinc du maïs dans un secteur du Bassin de l'Adour. Possibilités et limites d'un diagnostic par l'analyse du sol. *Ann. Agron.*, 1967, 18 (3), 285-299.
- DARTIGUES (A.), LUBET (E.), 1968. — Résultats d'expérimentations culturales sur la carence et la toxicité du zinc dans quelques sols du Sud-Ouest. *Bull. A. F. E. S.*, n° 5, sept.-oct. 1968, 19-31.
- DELMAS (J.), 1955. — Landes de Gascogne, terres de sable. *Agriculture*, 164, janvier 1955, 3-7.
- DELMAS (J.), 1959. — Recherches sur la mise en valeur des sols sableux des Landes de Gascogne. Congrès Rech. Agron., Rome, mai 1959, 1079-1083.
- DELMAS (J.), ROUTCHENKO (W.), BAUDEL (C.), 1959. — Contrôle de la nutrition des plantes par l'analyse minérale du suc. *C. R. Acad. Agr.*, 25.11.59, 796-802.
- DELMAS (J.), 1961. — Les sols du Bassin de l'Adour et plus particulièrement les sols de landes et de touyas. Journées A. N. P. E. A., 19-20.10.1961.
- DELMAS (J.), DUTIL (P.), 1964. — A propos d'une unité pédologique dans la région des Basses-Pyrénées : les sols de touyas développés sur le flysch crétaé du piémont pyrénéen. Caractères généraux et conditions de mise en valeur. *Sc. du Sol*, n° 2, 1<sup>er</sup> semestre 1964, 43-52.
- DELMAS (J.), 1969. — La mise en valeur des touyas des Basses-Pyrénées. — Congrès Soc. Savantes, Pau, 8-12.4.1969 (en cours d'impression).
- DUREAU (P.), JUSTE (C.), DUTIL (P.), 1966. — L'importance de l'ammonium rétrogradé dans quelques sols acides du Sud-Ouest atlantique. *Ann. Agron.*, 1966, 17 (2), 189-194.
- DUTIL (P.), JUSTE (C.), 1964. — Phytotoxicité de l'aluminium dans les sols des Landes, en relation avec la présence d'abios à faible profondeur. *C. R. Acad. Agr.*, 11.3.64, 434-441.
- HENIN (S.), FEODOROFF (A.), GRAS (R.), MONNIER (G.), 1960. Le Profil cultural. Principes de physique du sol. Soc. Edit. Ing. Agr., Paris, 1960.
- HENNEQUIN (J. R.), JUSTE (C.), 1967. — Présence d'acides phénols libres dans le sol. Etude de leur influence sur la germination et la croissance des végétaux. *Ann. Agron.*, 1967, 18 (5), 545-569.
- JACQUIN (F.), JUSTE (C.), DUREAU (P.), 1965. — Contribution à l'étude de la matière organique des sols sableux des Landes de Gascogne. *C. R. Acad. Agr.*, 8.12.65, n° 18, 1190-1197.
- JUSTE (C.), HAMADI (M.), 1963. — Quelques observations relatives aux taux d'aluminium échangeable des sols de touyas. *Bull. A. F. E. S.*, n° 10, octobre 1963, 437-441.
- JUSTE (C.), HAMADI (M.). — Acidité et aluminium échangeable de quelques sols du Sud-Ouest atlantique. *C. R. Acad. Agr.*, 23.1.63, 131-138.
- JUSTE (C.), DURFAU (P.), 1964. — Etude par spectroscopie infrarouge de différentes fractions d'acide humiques extraites d'un podzol-humo-ferrugineux développé sur sable quartzeux. *C. R. Acad. Sc.*, t. 259, 612-614.
- JUSTE (C.), SOLDA (P.), 1964. — Influence du chaulage sur la phytotoxicité de l'aluminium mobile d'un sol de défriche riche en colloïdes minéraux. *Ann. Agron.*, 1964, 15 (1), 5-22.
- JUSTE (C.), 1965. — Contribution à l'étude de la dynamique de l'aluminium dans les sols acides du Sud-Ouest atlantique : application à leur mise en valeur. Thèse, Nancy.
- JUSTE (C.), SOLDA (P.), LABORDE (A.), DARRIGRAND (M.), 1968. — Le chaulage et la mise en valeur des sols acides de défriche des Basses-Pyrénées : résultats d'un essai de longue durée. *C. R. Acad. Agr.*, 28.2.68, 290-296.
- ROUTCHENKO (W.), 1961. — Détermination d'une carence en zinc sur maïs. *C. R. Acad. Agr.*, 11.10.61, 739-741.
- ROUTCHENKO (W.), DELMAS (J.), 1962. — Contribution à l'étude des variations de la composition minérale du suc de maïs soumis à deux types d'alimentation azotée (l'une totalement nitrrique, l'autre totalement ammoniacale). *C. R. Acad. Sc.*, t. 254, 13.6.62, 4199-4201.
- ROUTCHENKO (W.), DELMAS (J.), 1963. — Etude de l'action des apports localisés d'engrais sur maïs. *C. R. Acad. Agr.*, 23.1.63, 131-138.
- ROUTCHENKO (W.), 1964. — Problèmes de la fertilisation azotée du maïs dans le Sud-Ouest aquitain. B. T. I., n° 186, janvier 1964.
- ROUTCHENKO (W.), 1964. — Recherche d'une base d'interprétation de l'analyse végétale en vue de l'appréciation de la fourniture par le milieu et de l'utilisation par les plantes des éléments minéraux. Colloque Europ. Contrôle Nutrition Minérale et Fertilisation, Montpellier, 70-78, oct. 1964.
- ROUTCHENKO (W.), 1967. — Appréciation des conditions de la nutrition minérale des plantes basée sur l'analyse des sucres extraits des tissus conducteurs. *Ann. Agron.*, 1967, 361-402.