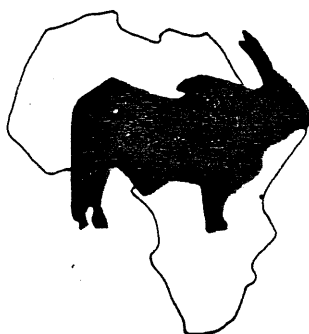


# **INVENTAIRE ET CARTOGRAPHIE DES PATURAGES TROPICAUX AFRICAINS**

## **ACTES DU COLLOQUE**

**BAMAKO — MALI**

**3 - 8 MARS 1975**



# ETUDES AU MOYEN DE MODELES SUR LA PRODUCTION REELLE ET LA PRODUCTION POSSIBLE DES PATURAGES DANS LES REGIONS ARIDES

C.T. DE WIT (\*)

## RESUME

Des modèles et des techniques de simulation sont en cours de mise au point pour permettre l'application pratique des recherches consacrées aux sciences agronomiques, à la physiologie des plantes, à la pédologie et à l'agro-météorologie afin de résoudre les problèmes de production primaire dans les régions arides et semi-arides. Les méthodes utilisées font l'objet d'un examen critique par le recours à des expériences sur des végétations naturelles et des plantes cultivées dans le nord du Negev.

Des modèles reconnus valables sont disponibles dans les domaines suivants :  
— croissance des plantes cultivées et utilisation de l'eau par ces plantes, l'eau et les éléments nutritifs n'étant pas les facteurs restrictifs ;  
— croissance de la végétation des prairies naturelles et des céréales et utilisation de l'eau par ces plantes, les éléments nutritifs n'étant pas un facteur restrictif, mais l'eau étant un facteur restrictif ;  
— emmagasinage, lessivage et évaporation des eaux de pluie dans des sols ou à la surface de sols entièrement ou partiellement couverts de végétation.

Des modèles de simulation sont en cours d'analyse critique pour les cas suivants :  
— consommation d'azote et déplacement de l'azote dans le cas des espèces de graminées naturelles ;  
— apport, lessivage et recyclage de l'azote sur les pâturages occupés par le bétail.

Des techniques de sondage, destinées à la détermination de la croissance des plantes cultivées et de la végétation permanente, ont été mises au point ; la technique par dilution du tritium servant à la détermination de la consommation de matières sèches par les ovins a fait l'objet d'une analyse critique minutieuse et a été améliorée ; des méthodes de sondage permettant de déterminer les paramètres des plantes cultivées dont dépend le rendement de ces plantes en matière d'utilisation de l'eau et leur aptitude à soutenir la concurrence (des autres plantes).

Depuis quelque temps, les méthodes d'étude des légumineuses font l'objet d'une attention considérable.

## OBJECTIFS

La connaissance des procédés qui déterminent la croissance des plantes cultivées s'est améliorée depuis une quinzaine d'années dans une mesure telle qu'il est possible de déterminer raisonnablement les possibilités de production des plantes cultivées et des pâturages en terres arables dans des circonstances différentes et, en particulier dans les conditions propres aux pays développés où des fortes productions par unité de superficie sont obtenues ou au moins recherchées. Cette connaissance n'a

guère été appliquée dans les conditions plus marginales qui existent dans les régions arides caractérisées par une pluviosité irrégulière comprise en moyenne entre 250 mm (hiver) et 500 mm (été) par an.

Conscient des problèmes agricoles de ces régions arides, où l'élevage est le système principal de production, le Ministre néerlandais du développement international s'est mis en contact en 1970 avec quelques chercheurs aux Pays-Bas et en Israël. Il leur a demandé d'adapter les méthodes en vigueur ou d'imaginer d'autres méthodes pour la détermination de la production des pâturages dans les régions arides, selon le régime climatique, les conditions des sols et la nature de la couverture végétale.

(\*) C.T. De Wit : Département d'Ecologie Théorique des Plantes Cultivées, Université Agronomique, Wageningen, Pays-Bas.

Le plan de travail effectivement appliqué était fondé sur les travaux en cours sur la simulation de la production et de la transpiration possibles des superficies plantées, des processus de transport de l'eau, des éléments dissous et de la chaleur dans le sol et sur le comportement de l'azote dans le sol, d'une part, et sur l'expérience de la production primaire des pâturages naturels, des pâturages annuels et de leur exploitation par les ovins acquise dans le nord du Negev, d'autre part.

L'importance à accorder aux conditions marginales a imposé la nécessité de mettre au point des modèles tenant compte du bilan de l'eau dans le sol et rapportant la croissance des plantes à leur consommation d'eau. Les effets des éléments nutritifs en tant que facteur restrictif ont impliqué une étude spéciale sur le bilan de l'azote dans le sol, en même temps que la mise au point de modèles permettant de chiffrer l'influence de l'azote sur la croissance des espèces annuelles.

Dans le cas des recherches au champ, il a été nécessaire d'imaginer des méthodes pratiques applicables pour la détermination des caractéristiques physiologiques des plantes qui sont importantes écologiquement parlant, des méthodes d'estimation et de détermination de la croissance et des méthodes de détermination de la consommation d'herbages par les animaux au pâturage.

Les superficies expérimentales se trouvaient dans une région aride recevant des précipitations hivernales, mais il fallait que les modèles et les techniques soient applicables aux régions à précipitations estivales ; pour cette raison, on s'est attaché particulièrement à la croissance des plantes pendant l'été, un système d'irrigation étant alors nécessaire (arrosage). Dans la mesure du possible, l'objectif était de limiter les données introduites concernant les conditions atmosphériques, le sol et les espèces végétales dans une mesure telle qu'après deux ans d'étude dans une nouvelle région, il soit possible d'établir des estimations acceptables du niveau de la production primaire de matière sèche et de protéines des pâturages et des fluctuations annuelles correspondantes. L'accent étant placé sur la production primaire, l'étude des effets de la présence des animaux a été limitée au recyclage de l'azote et de l'influence du pacage pendant le cycle végétatif des plantes sur la production et l'utilisation de l'eau. Cette restriction pendant la première phase du projet a été considérée comme justifiée, du fait que les aspects de la production primaire sont souvent trop négligés.

## RESULTATS

Le modèle dit « simulateur de la culture des plantes essentielles » servant à estimer la production et la transpiration possibles a été ensuite mis au point à Wageningen. En Israël, il a fait l'objet d'une étude critique spéciale faisant intervenir la croissance de la graminée dite « Rhodes grass », qui est une des graminées à très fort rendement disponible pour les régions arides. L'adaptation nécessaire pour simuler la croissance et la transpiration de la végétation a été relativement minime. On a mis l'accent sur la repousse après le fauchage à des intervalles divers et sur la croissance et le dépérissement des racines, en tant que lieu de concentration nécessaire des substances photosynthétiques.

Le programme a progressé à tel point qu'il peut être utilisé avec confiance pour prévoir le rendement possible des graminées pouvant atteindre 300 kg de

matière sèche par hectare et par an dans des conditions optimales. Dans tous les cas où l'irrigation et les engrais sont utilisés, les résultats servent d'étalon pour les rendements réellement obtenus et permettent d'en déterminer les facteurs restrictifs. On ne saisit pas que pour l'ensemble des régions arides les rendements possibles sont un objectif justifié, alors que dans les limites du système complet de pâturage et de commercialisation, des possibilités existent peut-être pour la création de vastes centres d'embouche où de forts rendements par unité de superficie sont souhaitables, ce qui implique l'irrigation et les engrais. Le procédé est en cours d'élargissement pour simuler aussi le rendement possible de la luzerne.

En outre, le même programme est également à la base de la détermination du rendement des plantes en matière d'utilisation de l'eau, selon les conditions atmosphériques. Ce rendement, dans l'utilisation de l'eau, est appliqué à des programmes de simulation qui déterminent la croissance de la végétation naturelle et des plantes cultivées dans les conditions de la culture sèche mais avec des éléments nutritifs en quantités suffisantes.

Dans ces conditions, le rendement par unité de superficie est subordonné dans une très large mesure aux précipitations, mais aussi à la répartition des pluies, aux propriétés physiques du sol et aux conditions atmosphériques pendant la durée du cycle végétatif. Le rendement réel peut varier considérablement jusqu'à être multiplié par deux ou par trois, avec la même pluviosité, parce que seule une fraction variable de l'eau est absorbée à travers la plante, contribuant en tant que telle à la production.

La pratique et la théorie ont conjointement confirmé que les taux de croissance potentielle des espèces de graminées naturelles sont aussi élevés que ceux des espèces cultivées pendant les périodes où il y a de l'eau et les éléments nutritifs dans le sol, en sorte que le seul rendement possible ne justifie nullement l'adoption des espèces dites améliorées. Il en est ainsi plus spécialement encore du fait que les espèces naturelles annuelles commencent à mûrir leurs semences un mois après la germination, ce qui peut garantir la récolte de l'année suivante.

Il est certain que, au Negev, si les conditions sont satisfaisantes du point de vue des éléments nutritifs, des rendements de l'ordre de 6 000 kg/ha de matière sèche peuvent être obtenus avec des pluies d'hiver ne dépassant pas 250 mm. Les résultats simulés dans les régions du Sahel (Penning de Vries, présent colloque) débouchent sur un tableau moins prometteur, parce que le rendement des plantes pour l'utilisation de l'eau est considérablement plus faible dans les régions où les pluies tombent pendant l'été, une plus grande quantité d'eau étant perdue par évaporation superficielle, et les sols sableux retenant moins d'eau que les sols profonds du genre loess du Negev. Ces derniers sols retiennent toute l'eau à l'intérieur d'un volume possible d'exploration des racines profond de deux mètres, en sorte qu'il n'y a pas de drainage en profondeur. L'eau ne peut se dissiper que par évaporation au niveau de la couche supérieure du sol et par transpiration. Les mesures par sondage des neutrons de la teneur du sol en eau pendant toute la campagne montrent que les pertes d'eau se produisent à peu près dans les mêmes conditions qu'il y ait dans le sol des éléments nutritifs ou non. Toutefois, faute d'éléments nutritifs, la production peut être considérablement inférieure en raison du mauvais rendement de l'utilisation de l'eau dans le cas des plantes mal nourries.

De même, en raison de la forte capacité d'emma-gasage du sol, une faible densité de la germination n'entraîne aucune perte d'eau par drainage mais se traduit seulement par le fait que l'utilisation de l'eau et la croissance des plantes n'interviennent que plus tardivement au cours de la campagne. Selon les conjectures, les faibles densités de germination dans les sols sableux peu profonds du Sahel peuvent entraîner le drainage de l'eau en profondeur, une croissance retardée, une pression plus forte sur les pâturages pendant l'été, une quantité plus restreinte de semences pour la campagne suivante, et, de fil en aiguille, des conséquences désastreuses. Toutefois, il y a lieu de faire remarquer que le problème de la dispersion et de la germination des semences n'est pas encore très bien compris.

Pendant les années où les pluies sont rares en particulier, plusieurs poussées de germination se produisent et une très forte proportion de l'eau peut se perdre par évaporation. Il est manifeste que le rendement s'améliore considérablement dans le cas d'un sol hétérogène qui favorise l'apparition d'eaux stagnantes et d'eaux de ruissellement. En règle générale, l'hétérogénéité améliore les rendements encore qu'elle soit décevante pendant les expériences.

Un bon bilan de l'azote dans le sol peut s'obtenir très facilement grâce aux engrais azotés; comme l'absence d'air dans le sol est une situation qui ne se rencontre guère, le nitrate non transitoire ne disparaît du sol que par l'intermédiaire des plantes, tout au moins si le sol est assez profond pour empêcher le lessivage. Le nitrate non absorbé pendant une année donnée reste disponible pour l'année suivante, ce qui est quelque peu réconfortant dans les situations où les engrais azotés risquent de coûter beaucoup trop cher, quelles que soient leurs formes. Dans le cas d'une végétation de graminées, l'apport naturel d'azote se fait par l'intermédiaire des pluies et des bactéries capables de fixer l'azote. Il semblerait que la contribution de ces deux facteurs soit de l'ordre de 12 kg d'azote par hectare et par an. Le recyclage de l'azote par l'intermédiaire de l'urine est manifestement négligeable en raison de la volatilisation, modéré par l'intermédiaire des matières fécales en raison de la volatilisation, de la dessiccation irréversible et de l'absence de toute faune active dans le sol.

Les espèces de légumineuses naturelles apparaissant fortuitement étaient envahies par le rhizobium, contenaient des quantités relativement grandes d'azote et pouvaient correspondre à 50 p. 100 au maximum de la couverture végétale. L'expérience acquise en Australie, avec le semis de mélanges légumineuses-graminées, est limitée aux régions arides arrosées par des précipitations relativement abondantes. Toutefois, ce système s'introduit dans des régions aux pluies moins abondantes, grâce au recours à des espèces propres au Sahel (comme *Stylosanthes fructicosa* qui existe dans la zone sahé-lienne recevant 350 mm de pluie), ce qui ne manque pas d'intérêt.

Un grave problème se pose, à savoir que les

espèces de légumineuses souffrent de la concurrence des graminées, du fait que ces dernières bénéficient du meilleur bilan de l'azote dans le sol créé par les légumineuses. Des techniques servant à chiffrer l'immixtion des espèces naturelles ont été appliquées avec des résultats concluants aux pâturages du Negev; d'autres méthodes sont en cours de mise au point pour permettre de déterminer l'aptitude de ces espèces à se combiner. La culture des légumineuses est peut-être le seul moyen pratique d'améliorer le bilan de l'azote dans le sol des pâturages naturels de la zone du Sahel; dans tout programme tendant à l'amélioration de la production primaire, il faudra consacrer des efforts considérables à cette possibilité.

Des programmes de simulation du bilan de l'azote dans les sols, fondés sur les détails des processus microbiologiques, sont organisés à Wageningen. En Israël, des méthodes fondées sur des mesures annuelles sont en cours de mise au point.

Une combinaison de ce dernier modèle, d'un modèle concernant le prélèvement et la redistribution de l'azote dans le cas des espèces graminées annuelles et du modèle d'utilisation de l'eau dans des conditions de pluviosité restreinte, est à la base d'un programme de culture de plantes dans des conditions où l'eau et l'azote peuvent être à la fois les facteurs restrictifs pendant la campagne. Ce modèle en est encore à la phase de la mise au point conjecturale.

## CONCLUSION

Un moyen extrêmement prometteur de mettre au point de nouveaux systèmes de pacage et de modifier les conditions d'existence actuelles semble être l'analyse des systèmes suivie d'une synthèse par des modèles englobant le domaine tout entier de la production primaire, du pacage, de la production animale, de la gestion des troupeaux et de la commercialisation. Selon l'expérience que nous avons pu acquérir qui se limite à une fraction très restreinte du problème, seuls des efforts combinant étroitement l'analyse scientifique et l'expérimentation au champ peuvent aboutir à des résultats méritant quelque confiance; d'autre part, les résultats rapides, pour séduisants qu'ils puissent être à première vue, peuvent se révéler très coûteux à longue échéance.

L'aperçu qui précède se rapporte aux efforts coopératifs d'un groupe de chercheurs dont la contribution relevait de leur propre domaine de compétence. Sans pouvoir mentionner tous ceux qui ont participé aux programmes, nous citons ci-après les chercheurs de Wageningen: Th. Alberda, H. Lof, S. Sibma (IBS), H. van Keulen, F.W.T. Penning de Vries, J. Goudriaan et C.T. de Wit (Un. agr.). Et en Israël: E. Dayan, A. Dovrat, Y. Harpaz, N. Tadmor (+) (Université hébraïque), R. Benjamin et N. Seligman (Institut Volcani).

Leurs rapports seront diffusés et résumés dans le courant de 1975; l'auteur de la présente note les communiquera à ceux qui lui en feront la demande.