

Canada Agriculture

Malting barley production in Canada—page 4

La culture de l'orge brassicole au Canada—page 5



CENTRE DE RECHERCHES
RÉGIONALE
EDIF. DES RECHERCHES
OTTAWA, ONTARIO
CANADA K1A 0G5
BIBLIOTHEQUE CANADIENNE DE L'AGRICULTURE

Canada Agriculture

Volume 31 1985

Volume 31 1985

CANADA AGRICULTURE is published quarterly to inform extension workers and agribusinessmen of developments in research and other federal agricultural responsibilities.

Any article may be reproduced without special permission provided the source is given credit. If excerpts only are to be used, authors' permission should be obtained.

Reprinted articles must not be associated with advertising material. The use of trade names published in this journal implies no endorsement of the products named nor any criticism of similar products not mentioned.

Contributors may submit articles in either English or French to the Secretary, Editorial Board, Communications Branch, Agriculture Canada, Ottawa K1A 0C7.

CANADA AGRICULTURE est une revue trimestrielle qui renseigne les vulgarisateurs et représentants du négoce agricole sur les développements de la recherche et des autres services agricoles du gouvernement fédéral.

La reproduction des articles est permise en indiquant l'origine. Pour reproduire des passages, l'autorisation de l'auteur est nécessaire.

Les articles reproduits ne doivent pas servir à des fins de réclame. La mention de marques de fabrique ne signifie pas que la revue garantit ces produits ni qu'elle déconseille d'autres produits non mentionnés.

Les articles en anglais ou en français doivent être adressés au secrétaire du Comité de rédaction, La Direction générale des communications, Agriculture Canada, Ottawa K1A 0C7.



**Agriculture
Canada**

PROFILE / PAGE 3

FEATURES / PAGE 4

Malting barley in Canada / page 4

Harvest time sprouting resistance in cereals / page 8

A close look at wart disease in potatoes / page 12

UPDATE / PAGE 18

Value of leached nitrates on the prairies / page 18

Application of a soil moisture budget in Quebec / page 20

Can we grow both grain and ducks? / page 24

Use of waste water for irrigation / page 28

Monarda for geraniol production / page 28

PROFIL / PAGE 3

ARTICLES DOCUMENTAIRES / PAGE 5

L'orge de brasserie au Canada / page 5

Résistance des céréales à la germination, à la moisson / page 9

Examen attentif de la galle verruqueuse de la pomme de terre / page 13

MISE À JOUR / PAGE 19

La valeur des nitrates lessivés dans les Prairies / page 19

Application d'un bilan hydrique aux sols du Québec agricole / page 21

Peut-on à la fois produire des céréales et élever des canards? / page 25

Utilisation des eaux usées pour l'irrigation / page 29

La monarde pour la production de géraniole / page 29

Cover photo

A plot of flowering monarda

Photo de la couverture

Parcelle de monarde en fleurs

Brandon Research Station

Brandon Research Station had its beginnings in 1886 as an experimental farm. Operations started north of the city on 264 ha of land that lay partly in the Assiniboine River Valley and partly on upland prairie. It now occupies 708 ha and employs a full-time staff of 71, including 15 scientists.

Current programs are divided into two main disciplines: animal science and plant science.

Studies in animal science focus on breeding and environmental physiology in beef cattle as well as nutrition, physiology, genetics, and management in swine. Meat research is concerned with carcass evaluation, product quality, consumer acceptance, and processing capabilities.

In 1969, Brandon Research Station began a long-term program to evaluate the crossbreeding of domestic Hereford, Angus and Shorthorn herds with foreign cattle breeds newly imported from Europe.

In plant science, research programs cover breeding, physiology, and management of cereal, oilseed, pulse, and forage crops. Other studies examine soil fertility, plant nutrition, soil management and conservation, agronomy, and weed control.

Over the past 45 years, the station has released 14 varieties of malting and feed barley. Over two-thirds of the barley acreage in western Canada is seeded to Brandon-developed varieties.

By improving cold tolerance and early spring growth, researchers are developing corn for grain and silage in non-traditional areas of production.

Other projects improve forages, assess fertilizer requirements of new crops, and examine the use of legumes in crop rotation or as a summerfallow substitute.

Station de recherches de Brandon

La Station de recherches de Brandon a été fondée en 1886, avant tout comme ferme expérimentale. Ses activités ont débuté sur un terrain de 264 hectares, situé au nord de la ville, partie dans la vallée de l'Assiniboine et partie sur les plateaux. La superficie actuellement occupée par la Station est de 708 hectares et son personnel permanent compte 71 personnes, dont 15 scientifiques.

Les programmes actuels comportent deux grands divisions : les sciences animales et les sciences végétales.

Les études en sciences animales sont centrées sur la génétique, la physiologie des bestiaux de boucherie en relation avec le milieu ambiant, ainsi que sur l'alimentation, la physiologie, la génétique et l'élevage des porcs. La recherche sur les viandes porte sur l'évaluation des carcasses, la qualité du produit, les préférences du consommateur et les modes de transformation.

En 1969, la Station de recherches de Brandon a entrepris un programme à long terme d'évaluation des croisements entre troupeaux indigènes de races Hereford, Angus et Shorthorn avec des bestiaux de races étrangères importés d'Europe depuis peu.

Le programme concernant les porcs s'inspire surtout de la nécessité d'améliorer les qualités reproductives des cochettes et des truies, ainsi que le rendement des porcs de marché. Un nouveau programme de génétique évaluera les effets d'une sélection soutenue, quant à la réduction du gras dorsal, aux résultats obtenus des femelles reproductrices et à la qualité de la viande de porc. Les études concernant ce dernier point ont pour but de préserver la qualité et stimuler la consommation des produits du porc.

Dans le domaine végétal, les programmes couvrent la sélection, la physiologie et la culture des céréales, des

oléagineux, des légumineuses et des plantes fourragères. D'autres études ont pour objet la fertilité des sols, l'alimentation des plantes, l'aménagement et la conservation du sol, l'agronomie et la lutte contre les mauvaises herbes.

Au cours des 45 dernières années, la Station a produit et fourni 14 variétés d'orge de provende et de brasserie. Plus des deux tiers des superficies en orge de l'Ouest canadien sont cultivées en variétés obtenues de Brandon.

En améliorant la tolérance au froid ainsi que la précocité de végétation au printemps, les chercheurs ont pu offrir du maïs-grain et d'ensilage convenant à de nouvelles zones de production.

D'autres projets s'attachent à améliorer les plantes fourragères, à déterminer les besoins des nouvelles cultures en fertilisants, et à étudier l'emploi des légumineuses dans les rotations en remplacement de la jachère d'été.



*Dr. B.H. Sonntag, Director
Le directeur, M. B.H. Sonntag*



*Main office, Brandon Research
Station
L'édifice principal de la Station de
recherches de Brandon*

Malting barley in Canada

D.R. Metcalfe

Barley production in Canada is approximately 10 million tonnes annually. More than 90% is produced within the prairie provinces. Of this, 80% is from malting type cultivars, almost equally divided between 6-rowed and 2-rowed types.

Malting quality

Malt is barley that has been germinated and grown under controlled conditions until the starch, which comprises the major part of the kernel, is degraded to the point where it can be converted to sugars. Alcohol is produced by yeast acting on the sugars during the brewing process.

Barley has built-in enzyme systems which accomplish the starch degradation process in approximately 5 days. The malt is then ground and extracted with warm water, a process known as brewery mashing. Filtrate from the mash is known as malt extract. The amount of malt extract produced by a barley determines the amount of beer that can be produced and hence the value of that cultivar to the industry.

History

Barley was introduced into Canada by Champlain in 1605 and for the next 250 years was used exclusively for brewing purposes. Malt from 2-rowed barley was used in the first Canadian brewery, established in Quebec City in 1668. By 1875, Canadian 'Bay of Quinte', 2-rowed barley had captured a considerable portion of the eastern North American market. In 1890, passage of the McKinley tariff by the American government severely reduced this market and Canadian growers were forced to search elsewhere for barley uses other than for brewing. The 2-rowed barleys which were in production at that time were uneconomical as livestock feed because of their low yield, and by 1900 barleys from Europe were being tested as possible replacements.

A 6-rowed introduction from eastern Russia called Mandscheuri outyielded Canadian 2-rowed barleys and a selec-

tion from it, OAC21, was released in 1910 by the Ontario Agricultural College. OAC21 was meant as a livestock feed. The Canada Malting Company, formed in 1910, found that OAC21 also excelled as a malting cultivar. For the next 35 years OAC21 dominated barley production in this country and became the Canadian standard for 6-rowed malting barley. It was named as such in the Canada Grains Act of 1929.

Co-operation between industry and research

Since the early 1920s the malting and brewing industries have been intimately

involved in barley research in Canada. A close working relationship established with the institutions involved in barley improvement has been expanded and continues to the present. The activities of the brewing and malting industries in barley improvement were formalized in 1948 with the formation of the Barley Improvement Institute, now known as the Brewing and Malting Barley Research Institute. This organization, as the representative of industry, assists, both financially and in other ways, in the development and testing of barley cultivars. Grants are made to universities for training graduate students or in support of barley research. Procedures for testing barley are continually up-



Figure 1 Spikes of 2- and 6-rowed barley

Figure 1 Épis d'orge à deux et à six rangs

L'orge de brasserie au Canada

D.R. Metcalfe

La production d'orge au Canada est d'environ 10 Mt par année, dont plus de 90 % proviennent des Prairies. Quarante-vingt pour cent de la production totale est tirée des cultivars de brasserie répartis à parts presque égales entre les deux types d'épis, à six et à deux rangs.

Qualité brassicole — qu'en est-il?

Le malt est de l'orge germée et cultivée dans des conditions contrôlées jusqu'à ce que l'amidon qui compose la majeure partie du grain se dégrade au point où il peut se transformer en sucres. L'alcool est produit par l'action de la levure sur les sucres au cours du brassage.

L'orge possède des systèmes enzymatiques intégrés qui procèdent à la dégradation naturelle de l'amidon en l'espace d'environ cinq jours. Le malt est ensuite moulu et extrait à l'eau chaude, au cours du processus de *brassage* proprement dit, aussi appelé *empâtage*. Après filtration de ce mélange, on obtient l'*extrait de malt* ou le *moût*. La quantité de moût obtenue d'une variété d'orge détermine le volume de bière qui sera produit, donc la valeur de ce cultivar pour l'industrie.

Historique

L'orge a été introduite au Canada par Champlain en 1605 et, au cours des 250 années suivantes, a servi exclusivement à la fabrication de la bière. C'est le malt de l'orge à deux rangs qui était utilisé dans la première brasserie canadienne établie dans la ville de Québec en 1668. Dès 1875, l'orge canadienne à deux rangs "Bay of Quinte" s'était emparé d'une part considérable du marché de l'est de l'Amérique du Nord. En 1890, l'adoption du tarif McKinley par le gouvernement américain a substantiellement réduit ce marché et les producteurs canadiens ont dû chercher ailleurs des utilisations autres que brassicoles pour l'orge. Les orges à deux rangs en production à ce moment-là n'étaient pas rentables comme aliments du bétail à cause de leur faible rendement de sorte qu'en 1900, on commençait à tester des orges en provenance d'Europe comme solution de remplacement.

L'introduction d'une orge à six rangs, provenant de l'est de la Russie et appelée Mandscheuri, surpassa le rendement des orges canadiennes à deux rangs et une sélection de cette variété, appelée OAC21, fut mise sur le marché en 1910 par le Collège d'agriculture de l'Ontario. L'OAC21 se voulait une orge fourragère. La Canadian Malting Company, fondée en 1910, se rendit compte que l'OAC21 excellait également comme cultivar brassicole. Durant les 35 années qui suivirent l'OAC21 domina la production d'orge dans ce pays et devint l'étalon canadien pour l'orge brassicole à six rangs. Elle a été dénommée comme telle dans la *Loi sur les grains du Canada* de 1929.

Collaboration entre l'industrie et la recherche

Depuis le début des années vingt, les malteries et les brasseries ont été intime-

ment mêlées à la recherche sur l'orge au Canada. Les relations de travail étroites, établies avec les institutions vouées à l'amélioration de l'orge se sont élargies et existent encore aujourd'hui. La participation des malteries et des brasseries à l'amélioration de l'orge s'est concrétisée en 1948 avec la formation du Barley Improvement Institute, maintenant connu sous le nom de Brewing and Malting Barley Research Institute. Cet organisme, à titre de représentant de l'industrie, contribue financièrement et autrement à la création et à l'essai des cultivars d'orge. Des subventions sont ainsi consenties à des universités pour la formation d'étudiants diplômés ou pour appuyer la recherche sur l'orge. Les méthodes d'essai de l'orge sont continuellement mises à jour et au point, les besoins du marché sont suivis de près et des réunions sont parrainées régulièrement pour maintenir le contact entre les spécialistes de l'orge. En outre, on



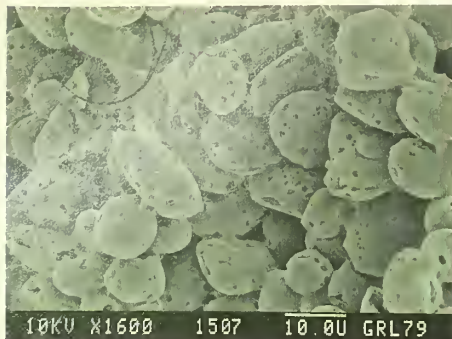


Figure 2 Starch granules ($\times 2000$) fragmented by enzyme action during malting

Figure 2 Grains d'amidon ($\times 2000$) fragmentés par l'action enzymatique pendant l'empâtage

dated and developed, market requirements are monitored and meetings are sponsored to maintain liaison among barley workers. In addition, information on the production, improvement and marketing and processing of barley is disseminated.

Current cultivars

Although the 6-rowed cultivar OAC21 dominated production on the prairies for 35 years, it did so by default. Because of its heavily barbed awn, it was extremely uncomfortable to handle. It was susceptible to disease — the smuts, rusts and root rot. The straw was generally so weakened by disease that it collapsed before harvest. If it survived to harvest, it usually lodged or shattered and the kernels peeled on threshing.

The cultivar Montcalm was released in 1945 and Parksland in 1956. They gradually shifted into the area occupied by OAC21. However, it was the cultivar Conquest that finally terminated the domination of OAC21. Conquest, released in 1965, corrected most of the faults of OAC21. It had good disease resistance to stem rust and root-rot and, initially, to loose smut. It was much improved agronomically and was widely adapted and had the ability to yield well when seeded early or late. By 1967 Conquest occupied more than 30% of the area in barley production in western Canada and this has fluctuated between 10% and 40% up to, and including, 1983.

Since 1976, Bonanza has been the leading 6-rowed malting barley on the prairies. Like Conquest it is disease resistant, and widely adapted. Advantages over Conquest include a 10 to 15% increase in yield, stronger, shorter straw



Figure 3 Loose-smut-infected barley spikes

Figure 3 Épis d'orge infectés par le charbon nu

and an appealing plant type. It has occupied close to 30% of the area in production since its release. Argyle is the latest 6-rowed malting barley to be released. Licensed in 1981, it is being considered as a possible replacement for Bonanza.

Before 1950, 2-rowed barleys occupied less than 10% of the area in barley production on the prairies and little effort was made to improve them. By 1965, however, the 2-rowed malting cultivar, Betzes, had been licensed. Since Betzes could compete in certain areas with 6-rowed cultivars in terms of yield,



Figure 4 Stem rust on barley

Figure 4 Rouille de la tige de l'orge

it ushered in a new era for barley in western Canada.

Klages 2-rowed barley, developed in the United States, was released in western Canada in 1977 and represented a quantum leap forward in the malting quality of 2-rowed barleys. It was the first 2-row developed with malting quality components equal or superior to those of 6-rowed types.

Quality features similar to those of Klages have been incorporated into Elrose, Norbert and Harrington, 2-rowed cultivars released between 1979 and 1981 from Canadian plant breeding programs. As these cultivars come on stream they will provide industry with greater choice of barleys and no doubt will contribute toward further expansion of 2-rowed barleys on the prairies.

Future

Two-rowed barleys are widely grown throughout the world and malt from 2-rowed cultivars is usually chosen on world markets. There is also a trend toward greater use of 2-rowed barleys by the North American brewing industry. If Canada is to play a role in satisfying an increasing demand for malting barley, the development of 2-rowed cultivars must be continued and expanded. At the moment, considerable improvement in disease resistance will be required if this crop is to secure a future in western Canada. Fortunately, a vast genetic pool of 2-rowed barleys is available, from which sources of disease resistance can be obtained. Plant breeders are now making use of this.

The future for genetic improvement of 6-rowed barleys does not appear as promising. The newly-released cultivar Argyle was licensed 10 years after Bonanza. The advantages of Argyle over Bonanza are meagre — a 2% increase in yield (coupled with a day later maturity), slightly stronger straw and an improvement in one of the components of malting quality considered of value to the industry. Obviously, the Manchurian germplasm, which, over the years, provided the basis for most Canadian 6-rowed malting barley programs, has undergone exhaustive sampling and selection. Until new 6-rowed type germplasm becomes available, few advances over Argyle in yield, agronomic features and malting quality can be expected.

Dr. Metcalfe is a research scientist at Winnipeg Research Station



Figure 5 Nouvelles lignées d'orge à deux et six rangs cultivées à la Station de recherches de Winnipeg, zone expérimentale de Glenlea, au Manitoba

Figure 5 New strains of 2- and 6-rowed barleys growing at Winnipeg Research Station's experimental area, Glenlea, Manitoba

diffuse de l'information factuelle sur la production, l'amélioration, la commercialisation et la transformation de l'orge.

Cultivars actuels

Même si le cultivar OAC21 à six rangs a dominé le secteur de la production dans les Prairies pendant 35 ans, il l'a fait par défaut. À cause de ses barbes très épineuses, il était très désagréable à manipuler. En outre, il était sensible aux charbons, aux rouilles et au piétin. La tige était généralement tellement affaiblie par la maladie que la plante s'affaissait avant la récolte. Si elle survivait jusqu'à la récolte, il arrivait souvent qu'elle verse ou s'égrène et que les grains s'écaillent au battage.

Le cultivar Montcalm a été commercialisé en 1945 et Parklandin, en 1956. Il ont graduellement envahi le terrain occupé par OAC21. Mais en fin de compte, c'est le cultivar Conquest qui a mis fin à la domination d'OAC21. Conquest, commercialisé en 1965, ne présentait pas la plupart des défauts d'OAC21. Il avait une bonne résistance aux maladies, c'est-à-dire à la rouille de la tige, au piétin et, au cours des premières années, au charbon nu. Il était très adapté et de beaucoup amélioré sur le plan agronomique, en plus de donner un bon rendement qu'il soit semé tôt ou tardivement. En 1967, Conquest occupait plus de 30 % des superficies semées en orge dans l'ouest du Canada et cette proportion a fluctué de 10 à 40 % jusqu'en 1983 inclusivement.

Depuis 1976, Bonanza a dominé comme orge de brasserie à six rangs dans les Prairies. Comme Conquest, il résiste bien aux maladies et est très adapté. Ses avantages, par rapport à Conquest, comprennent une hausse de 10 à 15 % du rendement, une paille plus robuste et plus courte et un port attrayant. Il a

occupé près de 30 % des superficies en production depuis qu'il est dans le commerce. Argyle est le dernier cultivar d'orge de brasserie à six rangs à avoir été mis sur le marché. Homologué en 1981, on le considère comme une solution de remplacement possible à Bonanza.

Avant 1950, les orges à deux rangs occupaient moins de 10 % des superficies affectées à la culture de l'orge dans les Prairies et on déployait peu d'efforts pour les améliorer. Mais en 1965, le cultivar d'orge brassicole à deux rangs, Betzes, a été homologué. Puisque ce cultivar pouvait, dans certaines régions, concurrencer les cultivars à six rangs en termes de rendement, il a marqué l'aube d'une nouvelle ère pour l'orge dans l'ouest du Canada.

Klages, variété d'orge créée aux États-Unis, a été mise sur le marché dans l'ouest du Canada en 1977 et représentait un bond en avant dans la qualité brassicole des orges à deux rangs. En effet, c'était le premier cultivar dont la qualité brassicole égalait ou dépassait celle des types à six rangs.



Figure 6 Champ commercial d'orge à deux rangs "Norbert"

Figure 6 Commercial field of Norbert 2-rowed barley

Des caractères de qualité semblables à ceux de Klages ont été intégrés à Elrose, Norbert et Harrington, tous cultivars d'orge à deux rangs commercialisés entre 1979 et 1981 dans le cadre de programmes canadiens d'amélioration des plantes. À mesure que ces cultivars seront mis sur le marché, ils offriront à l'industrie un plus grand choix d'orges et contribueront sans aucun doute à l'essor des orges à deux rangs dans les Prairies.

Avenir

Les orges à deux rangs sont cultivées dans le monde entier et le malt des cultivars à deux rangs est celui qui est généralement recherché sur les marchés mondiaux. On assiste également à une tendance vers un plus grand usage des orges à deux rangs par les brasseries nord-américaines. Si le Canada doit concourir à satisfaire une demande sans cesse accrue pour l'orge de brasserie, l'amélioration des cultivars à deux rangs doit se poursuivre ainsi que leur expansion. À l'heure actuelle, la résistance aux maladies doit être considérablement accrue pour que la culture se mérite un avenir dans l'ouest du Canada. Heureusement, nous disposons de vastes réservoirs génétiques d'orges à deux rangs permettant d'obtenir des sources de résistance aux maladies et les phytogénéticiens en font maintenant usage.

L'avenir de l'amélioration génétique des orges à six rangs n'apparaît pas aussi prometteur. Le nouveau cultivar Argyle mis sur le marché a été homologué 10 ans après Bonanza. Les avantages d'Argyle sur Bonanza sont une maigre hausse de 2 % du rendement (conjuguée à une maturité plus tardive d'une journée), une paille un peu plus solide et une amélioration de l'une des composantes de la qualité brassicole considérée comme importante pour l'industrie. Il va sans dire que le matériel génétique de Mandscheuri qui, au cours des ans, a servi de base à la plupart des programmes canadiens d'amélioration de l'orge de brasserie à six rangs, a fait l'objet d'échantillonnage et de sélection exhaustifs. Tant et aussi longtemps qu'un nouveau matériel d'orge à six rangs ne sera pas disponible, peu de progrès par rapport à Argyle sur les plans du rendement, des caractères agronomiques et de la qualité brassicole seront à prévoir.

M. Metcalfe est un chercheur de la Station de recherches de Winnipeg.

Harvest-Time Sprouting Resistance in Cereals

J. Noll

Every producer with a crop approaching maturity hopes for a hot dry August. The period between swathing and threshing is especially critical. Cool wet weather while the crop is standing or in swath can start the irreversible process of weathering. This can result in bleached and sprouted kernels, thereby reducing the yield, grade and quality of the grain. The lower quality is largely caused by high levels of the starch degrading α -amylase enzymes in the grain, which develop during sprouting. For example, flour made from sprouted wheat grain results in unacceptable bread because of inferior colour, texture and loaf volume. Numerous production problems also occur during the baking process. In malting barley, harvest-time sprouting is also undesirable because the grain cannot sprout again during malting and cannot develop the high enzyme levels required for the brewing process. Consequently, resistance to harvest-time sprouting is desirable in these cereals where wet/humid conditions can occur at harvest. Incorporation of sprouting resistance into grains of future commercial cultivars will provide producers increased protection from such losses.

Introducing harvest-time sprouting resistance into the hard red spring (HRS) wheats was initiated in 1968 at the Winnipeg research station of Agriculture Canada by Dr. Barrie Campbell and Ed Czarnecki. Using the backcrossing technique, these breeders attempted to transfer sprouting resistance from an experimental line RL4137 with good sprouting resistance into Neepawa, the most widely grown wheat on the prairies. After 12 years of work, their efforts resulted in the licensing of Columbus, the first Canadian HRS wheat with significantly improved sprouting resistance (Figure 1 and Table 1).

Columbus will maintain higher grain quality than Neepawa after exposure to weathering. However, if sprouting conditions are maintained for an extended period, it will also progressively lose

quality. The relative ranking of Columbus and its parents in germination and quality after simulated weathering is summarized in Table 1. The falling number value represents the viscosity of a gelatinized wholemeal-water slurry and has a high negative correlation to α -amylase levels. That is, sprouting resistant wheat cultivars such as Columbus and RL4137 will have lower α -amylase contents and thus higher falling

numbers after being exposed to some weathering/sprouting.

Research has also been started to add sprouting resistance into malting barley and durum wheats.

Over the past 6 years, equipment and methods have been developed to enable the wheat and barley breeding programs to effectively breed for sprouting resistance. A rain-simulator machine is used to evaluate samples under identical con-



Résistance des céréales à la germination, à la moisson

J. Noll

Tous les producteurs, à l'approche de la moisson, espèrent un mois d'août chaud et sec. La période qui s'écoule entre l'andainage et le battage des céréales est particulièrement critique. Un temps frais et humide lorsque la récolte est sur pied ou andainée risque d'amorcer un processus irréversible d'altération sur place, qui donne un grain décoloré et germé, dont le rendement, la qualité et le classement sont réduits en conséquence. La

baisse de qualité provient surtout de la formation en proportions importantes d'enzymes d'alpha-amylase qui dégradent l'amidon en se développant sous l'effet de la germination. La farine obtenue du blé ainsi germé donnera un pain inacceptable en raison de sa couleur, de sa texture et de son volume. Cette farine causera aussi de nombreux ennuis à la cuisson. Pour les orges de brasserie, le grain germé à la moisson ne convient pas

non plus parce qu'il ne peut germer à nouveau convenablement au maltage ni produire les quantités d'enzymes nécessaires à la fabrication de la bière. Il est donc hautement désirable d'obtenir des céréales résistantes à la germination pour les régions où l'on peut s'attendre à du temps humide à l'époque des moissons. L'incorporation d'un facteur de résistance à la germination aux cultivars futurs des céréales commerciales assurerait aux producteurs une meilleure protection contre les pertes imputables à cette cause.

La Station de recherches d'Agriculture Canada, à Winnipeg, sous la direction du docteur Barrie Campbell et de Ed Czarnecki, a abordé en 1968 le processus d'incorporation de ce facteur de résistance, aux blés durs de printemps (BDP). Utilisant les techniques du rétro-croisement, ces sélectionneurs ont tenté de transférer la résistance à la germination d'une lignée expérimentale RL4137 à la variété de blé Neepawa, la plus cultivée dans les Prairies. Après 12 ans d'efforts, ils ont réussi à faire homologuer Columbus, premier BDP canadien possédant une résistance sensiblement améliorée à la germination (Figure 1 et Tableau 1).

Le grain de Columbus conservera sa qualité mieux que le Neepawa après avoir été exposé à des conditions atmosphériques défavorables. Toutefois, si ces dernières durent trop longtemps, il perdra progressivement de sa qualité, lui aussi. Le Tableau 1 résume le classement comparatif de Columbus et de ses parents en fonction de leur germination et de leur qualité, après une période simulée de détérioration sur place. L'indice de temps de chute représente la viscosité d'une pâte claire gélatinisée de farine entière et d'eau et il est en corrélation négative très nette avec les teneurs en alpha-amylase. Ce qui signifie que les cultivars de blé résistants à la germination, tels que Columbus et RL4137, contiendront moins d'alpha-amylase et auront donc des indices de temps de





Figure 1 Rain-simulator-treated spikes of RL4137, Columbus (Clms) and Neepawa (Np) wheat

Figure 1 Épis de RL4137, Columbus (Clms) et Neepawa (Np) traités dans le simulateur de pluie

ditions from year to year, in contrast to the unpredictable field weathering. Samples processed through the rain-simulator are evaluated either visually or by falling number/ α -amylase activity apparatus.

Table 1.
Relative ranking of Columbus and its parents

	% Germination	Weathered Falling Number
Neepawa	42	184
Columbus	11	336
RL4137	4	395

During this period, over 7000 lines of cereals were tested for sprouting resistance. This included samples from the various cultivar trials, genetic collections and plant breeder materials. Numerous other red-grained bread wheats possessing Columbus-type of harvest-time sprouting resistance have been identified. White-grained wheats generally sprout more readily than red-grained wheats but several durum and white-grained wheats with significantly improved resistance have been identified. In fact, some of the white-grained wheats appear to have sprouting resistance as good as Neepawa. The addition of sprouting resistance into white-grained wheats is of primary importance in the development of the proposed white "three-M" class of high-yielding wheat.

In cooperation with breeders and geneticists, the inheritance of harvest-time sprouting resistance is being investigated to help in its incorporation into future wheat varieties and to identify new sources of this resistance. A study of one source of resistance (RL4137) indicated that the seed coat and/or endosperm have a significant influence on seed sprouting resistance and also that the embryo was partially involved. Several lines of malting barley developed by Dr. Dick Metcalfe have improved sprouting resistance while maintaining reasonable enzyme levels during the malting process.

The objective of the research program is to understand the biochemical and physiological basis of sprouting resistance by examining the various grain constituents such as proteins, enzymes and hormones in sprouting-resistant cereals. Understanding the nature of grain sprouting resistance will hasten the incorporation of this feature into new varieties and also simplify the screening procedures.

Dr Noll is a research scientist at the Winnipeg Research Station



Figure 2 Échantillons d'orge subissant le traitement du simulateur de pluie

Figure 2 Barley samples being exposed to the rain-simulator treatment

chute élevés après avoir été exposés à la germination due à la détérioration sur place.

Tableau 1. Classement comparatif de Columbus et de ses parents.

	% de germination	Indice de temps de chute
Neepawa	42	184
Columbus	11	336
RL4137	4	395

Des travaux ont également été entrepris sur les orges de brasserie et les blés durum pour en accroître la résistance à la germination.

Durant les six dernières années on a mis au point des instruments et des méthodes permettant aux sélectionneurs d'orienter de ce côté leurs recherches sur ces céréales. On se sert à cette fin d'une machine produisant de la pluie artificielle, qui permet d'évaluer les échantillons dans des conditions identiques d'année en année, ce qui serait irréalisable dans les situations naturelles imprévisibles. Les échantillons ainsi exposés à ce simulateur de pluie sont évalués soit visuellement, soit par l'appareil à mesurer l'activité de l'alpha-amylase et le temps de chute.

Durant cette période on a apprécié ainsi la résistance à la germination de plus de 7000 lignées de céréales. Les essais ont porté sur des échantillons de divers cultivars, sur des collections génétiques et sur du matériel végétal de départ. On a pu reconnaître ainsi plusieurs autres blés rouges de boulangerie possédant la résistance du type Columbus à la germination lors de la moisson. Généralement, les blés à grain blanc germent plus facilement que les espèces à grain rouge, mais l'on a pu relever une résistance sensiblement améliorée chez plusieurs blés durum ou à grain blanc. À vrai dire, dans le cas de certains blés à grain blanc, cette résistance semble égaler celle du Neepawa. L'incorporation de ce facteur aux blés blancs revêt une importance primordiale pour l'obtention des blés blancs à grand rendement de la catégorie "Trois-M", que l'on poursuit actuellement.

Conjointement, sélectionneurs et généticiens étudient les caractères héréditaires de cette résistance à la germination afin de pouvoir les incorporer aux futures variétés de blés et de découvrir également de nouvelles sources de cette résistance. L'étude d'une de ces dernières (RL4137) a révélé que l'enveloppe du grain, l'endosperme, ou les deux ont une influence très nette sur la résistance à la germination, et que l'embryon lui aussi intervient en partie. Plusieurs lignées d'orge de brasserie mises au point par le docteur Dick Metcalfe possèdent une meilleure résistance tout en conservant une quantité raisonnable d'enzymes durant le processus de maltage.

L'objectif de ce programme de recherches est de découvrir les fondements biochimiques et physiologiques de la résistance à la germination en étudiant les divers éléments constitutifs du grain comme les protéines, les enzymes et les hormones et leur rôle éventuel dans la résistance des céréales à la germination. Une fois comprise la nature de cette résistance, il sera possible d'accélérer le facteur responsable dans de nouvelles variétés et aussi de simplifier le processus de sélection.

* M. J. Noll est chercheur à la Station de recherches de Winnipeg.

A close look at the wart disease of potatoes

M.C. Hampson and A.K. Bal

The disease of potatoes known as wart disease is confined in N. America to the soils of Newfoundland. The causal agent — *Synchytrium endobioticum* — was introduced into the Province many years before Newfoundland joined Confederation. A quarantine preventing the movement of potatoes, soil, soil-contaminated equipment, etc. was brought in in 1911, and has remained in force to this day. The climatic conditions in Newfoundland exceed those which impose limitations on development of the disease, and with the complementary conditions of susceptible variety, soil and culture, the disease continues to flourish. These topics were given attention to in previous articles on wart disease of potatoes in Canada Agriculture (Vols. 18(1), 22(1), 24(3), 26(3) and 27(3)).

In using control strategies to combat the disease it is also necessary to learn significant things about the causal agent. Apart from the use of resistant potato varieties, the options open to us for control are strikingly limited. The fungus is obliged to enter into potato tissue to fulfill its life cycle. The chart in Figure 1 indicates salient features in the life cycle. (The shaded areas in the inset show the past and/or present locations of the disease). Copulation of zoospores for production of the overwintering or dormant phase of the fungus takes place outside the potato tissue and represents one "weak link" in the chain of events that we could use to control the disease. Control at this point, however, is not easily achieved. For instance, the production of zygotes largely occurs after the primary stage of infection in the Spring, so that the potato plant is well-grown before the fungal stages are completed. This makes the deposition of deleterious chemicals at the infection sites extremely problematical. Also, the fungus can live as a resting spore in the soil for 40 years or more in a quiescent, dormant state. It is this latter phenomenon that has attracted the attention of scientists at Memorial University of

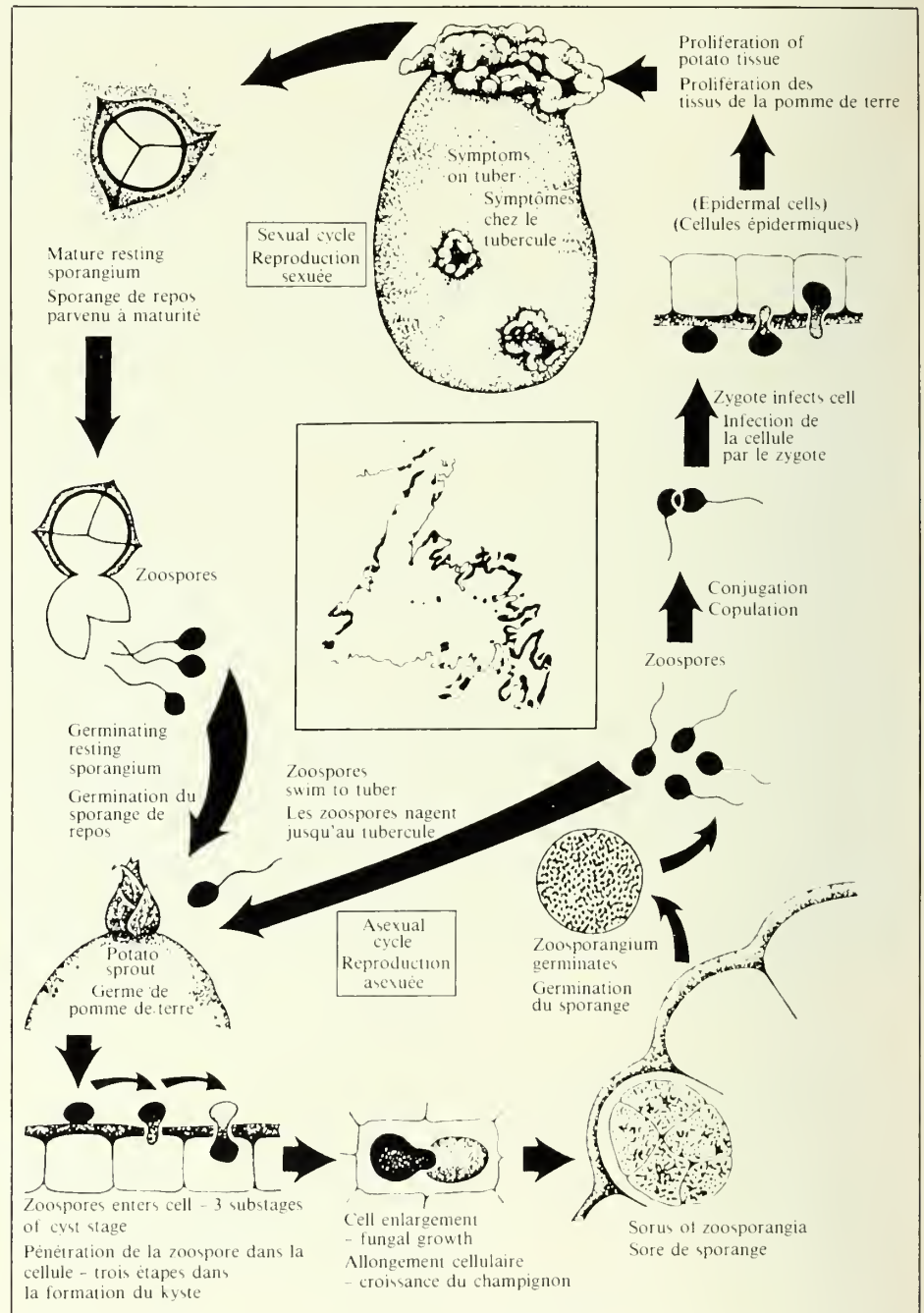


Figure 1 Life cycle of the chytridiaceous obligate intracellular fungus, *Synchytrium endobioticum*, which causes the wart disease of potato. The inset represents the past and/or present distribution of this fungus in Newfoundland

Figure 1 Cycle biologique de *Synchytrium endobioticum*, champignon intracellulaire obligatoire de la famille des Chytridiaceae, agent causal de la galle verruqueuse de la pomme de terre. Dans l'encadré : aire de distribution présente et passée du champignon

Examen attentif de la galle verruqueuse de la pomme de terre

Michael C. Hampson et
Arya K. Bal

En Amérique du Nord, la galle verruqueuse de la pomme de terre est une maladie que l'on trouve seulement à Terre-Neuve. L'agent causal, *Synchytrium endobioticum*, a été introduit dans la province de nombreuses années avant l'entrée de Terre-Neuve dans la Confédération. Une quarantaine interdisant le transport des pommes de terre, du sol et de l'équipement contaminé par le sol, etc., avait été établie en 1911 et est encore en vigueur de nos jours. Les conditions climatiques de Terre-Neuve sont telles qu'elles ne peuvent empêcher le développement de la maladie, si bien que, associée à la culture de variétés sensibles, à l'état du sol et aux pratiques de culture, elle continue de se propager. Ces sujets ont déjà été abordés dans des articles précédents sur la galle verruqueuse de la pomme de terre dans la revue CANADA AGRICULTURE (volumes 18(1), 22(1), 24(3), 26(3) et 27(3)).

Afin de trouver des moyens efficaces de lutte contre cette maladie, il est également nécessaire de bien connaître l'agent causal. À part l'utilisation de variétés résistantes, le choix des méthodes de lutte est très limité. Pour accomplir son cycle biologique, le champignon, agent causal de la maladie, doit pénétrer dans les tissus de la pomme de terre. Le diagramme de la Figure 1 illustre les principales étapes de son cycle biologique. (Les zones d'ombre, dans l'encadré, montrent les régions contaminées, passées et actuelles.) L'accouplement de zoospores, qui précède la phase hivernale de dormance, a lieu à l'extérieur des tissus de la pomme de terre et il constitue un point faible dans le cycle biologique du parasite dont nous pourrions tirer profit pour lutter contre la maladie. Toutefois, il n'est pas facile de mener la lutte à bonne fin à cette étape-là. Par exemple, la formation des zygotes a lieu en grande partie après la phase primaire de contamination au printemps; par conséquent, la croissance du tubercule est déjà bien avancée avant

que le champignon n'ait complété son cycle. Cela rend très difficile l'application de produits chimiques aux points d'infection. En outre, le champignon peut se conserver dans le sol sous forme de spores de repos (kystes) pendant quarante ans ou plus. C'est ce dernier phénomène qui a attiré l'attention des chercheurs de la Memorial University of Newfoundland (St. John's), et, grâce à plusieurs contrats, les spécialistes de la Station de recherche ont pu approfondir leur connaissance du champignon. Sachant que la meilleure façon de vaincre un ennemi est de bien connaître ses faiblesses, le parasite a été soumis à des examens au microscope électronique et à des études biochimiques.

Dans la Figure 2, une spore de repos (grossie 1500 fois au microscope électronique à balayage) montre sa formidable

“cuirasse”. Une coupe du champignon montre que la membrane est en fait constituée de plusieurs couches de fibres. Dans les Figures 3 et 4, on peut observer la façon dont les fibres composant la jeune membrane sont agencées. La ressemblance frappante de cet agencement avec celui du squelette d'un insecte nous fait croire que l'exospore ou membrane externe est composée de microfibrilles de chitine. La chitine est un polysaccharide aminé qui forme la cuticule des insectes et la membrane des champignons inférieurs. Dans le cas de ces derniers, elle rend la membrane plus forte. Nous avons été étonnés de constater l'épaisseur de la membrane chez *S. endobioticum*. Dans la Figure 5, on peut voir le grand nombre de couches constituant la membrane d'une vieille spore de repos.



Figure 2 Photomicrographie d'une spore de repos (sporangie) de *S. endobioticum*, obtenue au microscope électronique à balayage (grossissement 1500 X)

Figure 2 Scanning electron micrograph of resting spore (sporangium) of *S. endobioticum*. Magnif. 1500 X

Newfoundland (St. John's), and through the agency of contracts, the Research Station has been able to learn more about the fungus itself. Using the age-old strategy of "know thine enemy", the fungus has been subjected to electron microscopic and biochemical studies.

In Figure 2, the resting spore (magnified 1500 times) displays, with scanning electron microscopy, its formidable "armourplating". When the fungus is sectioned, it is found that this wall is actually built up with layers of fibres. In Figures 3 and 4, the young wall displays the way in which these fibres appear to be laid down. The striking resemblance of this pattern to that in insect skeleton suggested that the exposure or outer wall is composed of chitin microfibrils. Chitin is a tough amino-sugar biopolymer found through the insect world and amongst primitive fungi. It confers strength on walls. We were surprised by the extent of this layering in *S. endobioticum*. In the old resting spore in Figure 5, the number of layers can be seen to be large.

Introducing a chitin precursor, in this case radioactive N-acetyl-D-glucosamine, into the fungus successfully indicated the active metabolism of chitin. During the formation of the wall there appears to be intense activity between the fungus and the potato host cell. The finger-like evaginations and invaginations in Figure 6 suggest a considerable interaction between the two types of tissue. It is interesting to speculate on what might be happening at this point: is the fungus invading the host territory, is the host attempting to wall off the fungus? Lying beneath the developing fungal wall are many mitochondria (Figure 4) — the cells' tiny powerhouses for energy. X-ray microprobe analysis revealed the presence of calcium at the wall site.

As the fungus matures into the resting spore, the contents change from the aspect in Figure 7 — wherein the ground tissue is threaded by the endoplasmic reticulum — to the aspect in Figure 8. In this latter, the contents appear to have become rounded off into fat droplets. A chemical analysis using gas-liquid chromatography revealed that the contents of resting spores approach 60% fat. The fats include the commonly found classes of lipids. The wall, however, was found to contain about 70% lipids, having a substantial quantity of wax esters. Among these was an abundance of branched chain fatty acids.

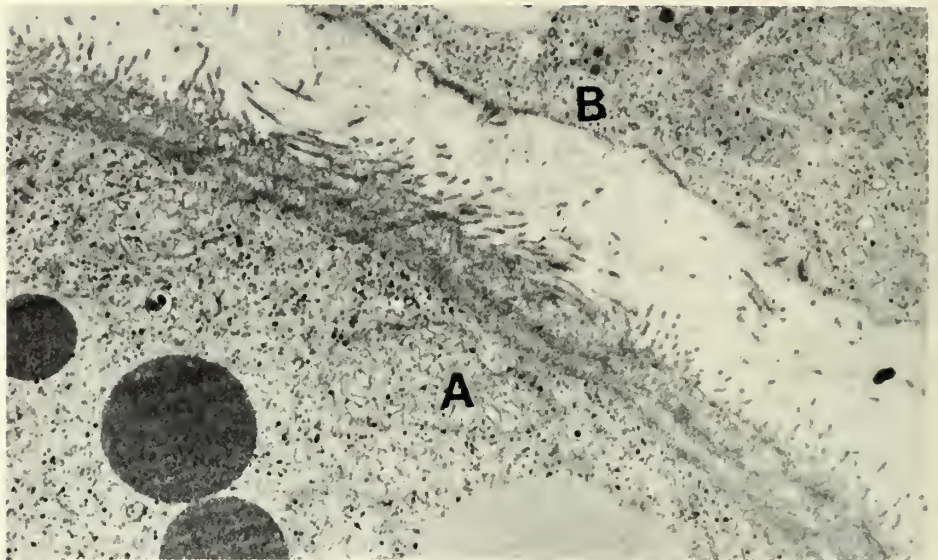


Figure 3 Transmission electron micrograph of assembly of chitin microfibrils in protein matrix at interface of resting spore (A) and host cytoplasm (B). Magnif. 24000 X

Figure 3 Photomicrographie de l'agencement des microfibrilles de la chitine dans la matrice protéique, entre la spore de repos (A) et le cytoplasme hôte (B), obtenue au microscope électronique en transmission (grossissement 24 000 X)

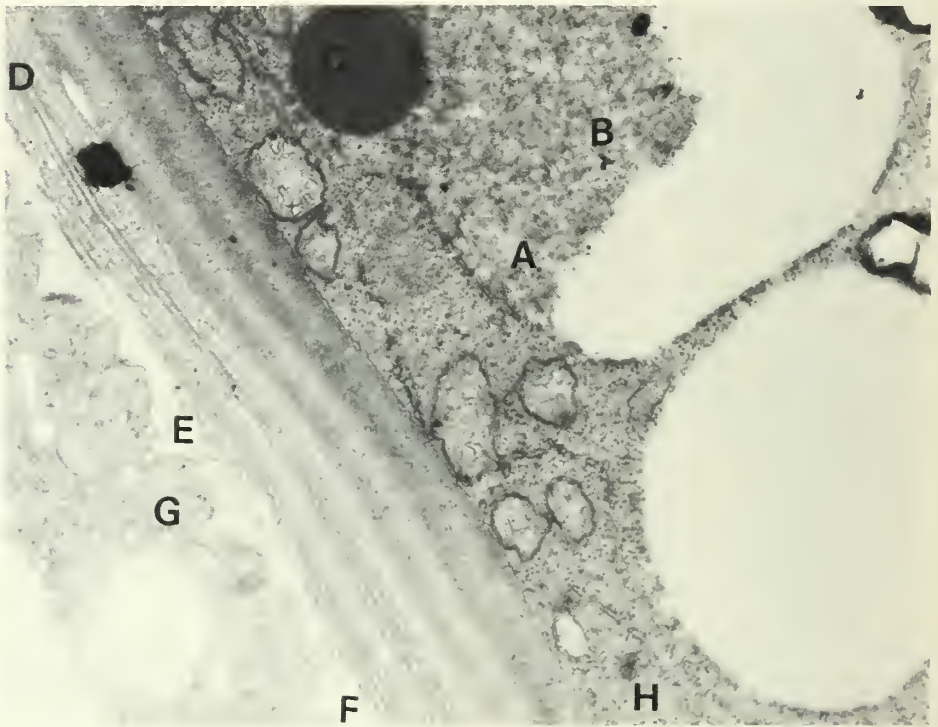


Figure 4 Transmission electron micrograph of the interface of pathogen and potato cytoplasm. (A) (B) pathogen; (C) lipid; (D) wall layers; (E) (F) invaginations in host; (G) potato cytoplasm; (H) mitochondria along the endospore. Magnif. 24000 X

Figure 4 Photomicrographie, obtenue au microscope électronique en transmission, d'un sporangium montrant des présumées particules de virus en forme de bâtonnet sur coupe longitudinale (A) et sur coupe transversale (B). Noter également les gouttelettes lipidiques (C), les lamelles de la membrane (D), les microfibrilles de chitine (E), la matrice protéique (F), les évaginations digitiformes envahissant le cytoplasme d'une cellule de l'hôte (G) et les chitosomes (H). (Grossissement 12 000 X 3)

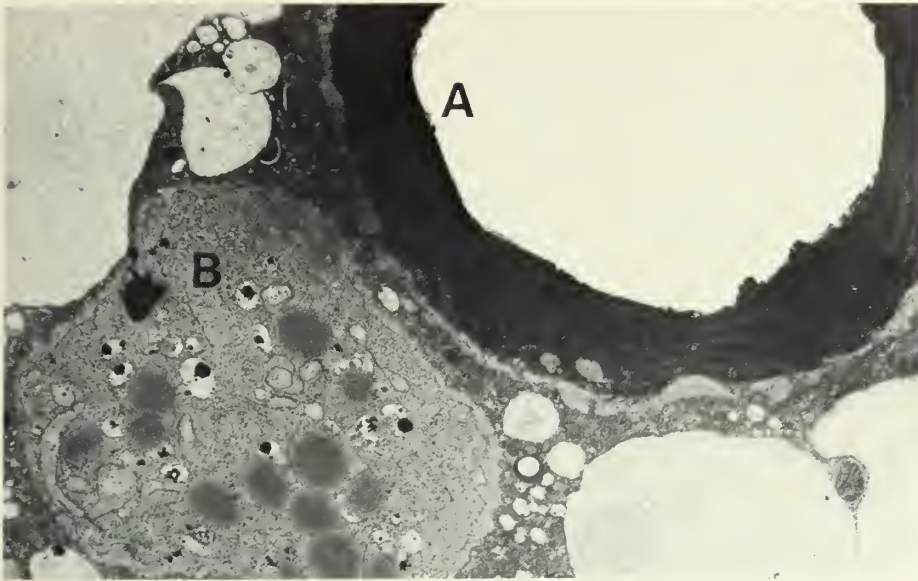


Figure 5 Photomicrographie d'une vieille spore de repos à membrane épaisse dans la cellule hôte, obtenue au microscope électronique en transmission (grossissement 6000 X). (A) Une partie du contenu est manquante en raison de problèmes d'inclusion et d'infiltration du fixateur. (B) Jeune spore de repos dans la même cellule

Figure 5 Transmission electron micrograph of the old, thick walled resting spore in host cell. Contents (A) are missing due to difficulty in embedding and infiltration of fixative. (B) Young resting spore in same cell. Magnif. 6000 X

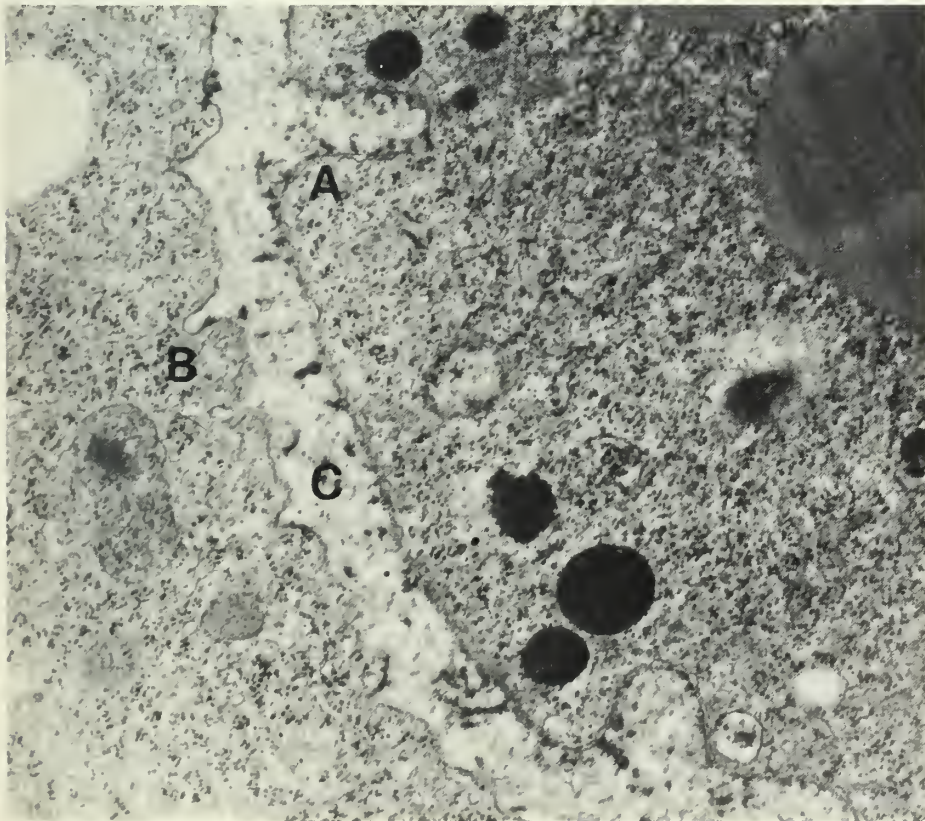


Figure 6 Photomicrographie, obtenue au microscope électronique en transmission, de l'interface jeune spore/hôte, montrant les invaginations digitiformes dans les tissus du champignon (A) et de l'hôte (B). (C) Matrice protéique

Figure 6 Transmission electron micrograph of young spore-host interface showing finger-like invaginations of fungus (A) and host (B) tissue. (C) Protein matrix

L'introduction, dans le champignon, d'un précurseur de la chitine, en l'occurrence la N-acétyl-D-glucosamine radioactive, a indiqué que le champignon fabriquait de la chitine. Au cours de la formation de la membrane, il semble y avoir une activité intense entre le champignon et la cellule hôte de la pomme de terre. Les évaginations et les invaginations digitiformes, que l'on peut voir dans la Figure 6, permettent de croire que l'interaction entre les deux genres de tissu est grande. Il est intéressant de s'interroger sur ce qui se passe à ce moment-là : le champignon envahit-il le territoire de l'hôte ou est-ce l'hôte qui cherche à cerner le champignon? On trouve sous la membrane du champignon en développement un grand nombre de mitochondries (Figure 4), qui font office de petites génératrices d'énergie pour les cellules. Un examen au microscope à rayons X a révélé la présence de calcium près de la membrane.

À mesure que la spore de repos se développe, son contenu change d'aspect. Au début, le tissu fondamental est parcouru par le réticulum endoplasmique (Figure 7), puis le tout finit par prendre l'aspect de gouttelettes lipidiques (Figure 8). Une analyse chimique à l'aide de la chromatographie en phase gazeuse a permis de constater que les spores de repos contiennent à peu près 60 p. 100 de lipides, dont ceux que l'on trouve couramment. Cependant, la membrane contient environ 70 p. 100 de lipides, dont une quantité substantielle de cires. Une abondance d'acides gras à chaîne ramifiée caractérise ces cires.

Nous considérons que toutes ces caractéristiques jouent un rôle important dans la vie du champignon. Une étude électrophorétique a permis d'établir la présence de protéines dans la membrane. Il semble que la membrane soit faite de couches de chitine dure dans une matrice protéinée, recouvertes de couches de cire imperméable. Ces observations nous semblent expliquer assez bien la capacité du champignon à repousser les attaques chimiques et biologiques se trouvant dans le sol. La présence d'une réserve de lipides si importantes dans le corps lui-même nous permet également de conclure à un rapport entre les lipides et la capacité du champignon de garder sa vitalité pendant de nombreuses années.

Toutes ces observations nous permettent d'envisager plusieurs voies importantes de recherche sur le champignon et la maladie. Par exemple, on pourrait introduire un inhibiteur de la chitine

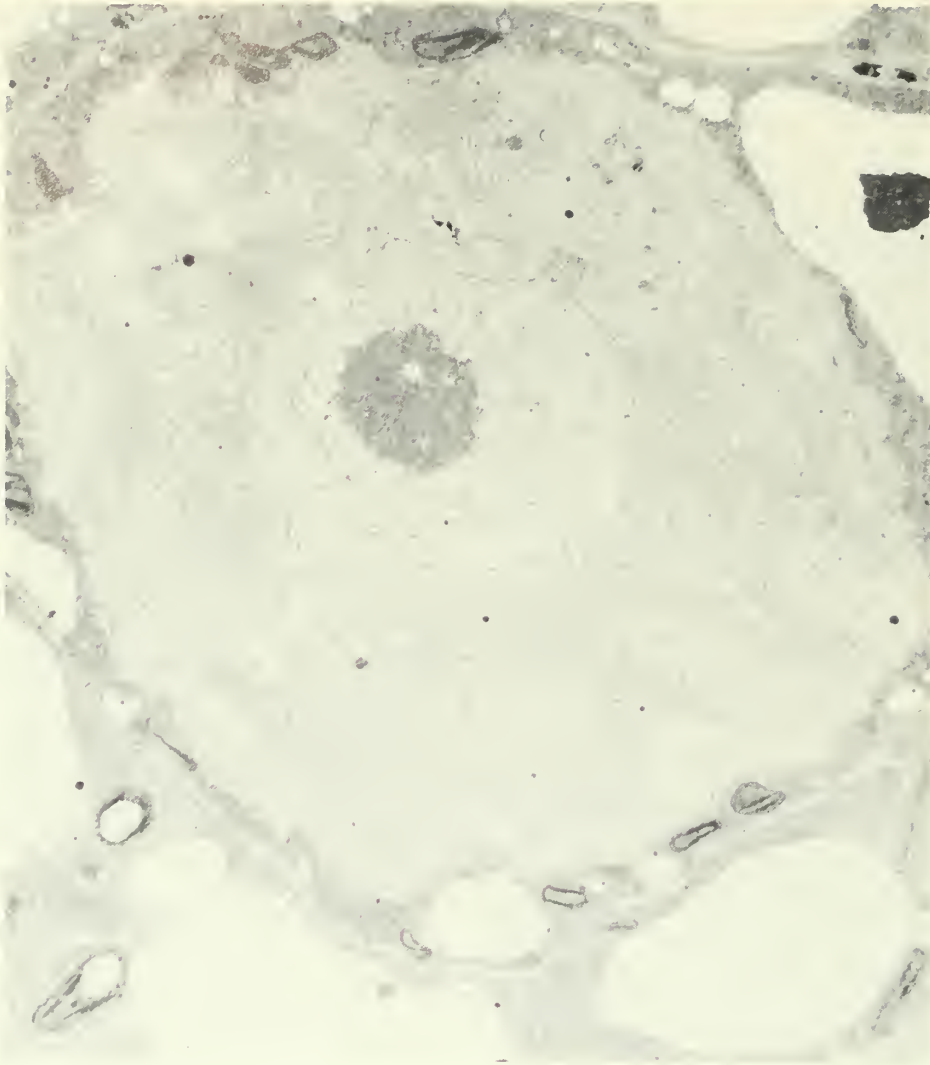


Figure 7 Transmission electron micrograph of developing resting spore displaying nucleus and endoplasmic reticulum. Magnif. 6000 X

Figure 7 Photomicrographie d'une spore de repos en plein développement montrant le noyau et le réticulum endoplasmique, obtenue au microscope électronique en transmission (grossissement 6000 X)

Our view of the fungus is one in which these features play dominant roles in its life. An electrophoretic study has established the presence of protein in the wall. It would appear that the wall is made of layers of tough chitin in a proteinaceous matrix overlain with layers of impermeable wax. These findings suggest potent reasons for the ability of the fungus to withstand alien chemical and biological forces in the soil milieu. The presence of so much storage fat in the body itself also is highly suggestive of a relationship between the fat and the ability to remain viable for many years.

These findings open up several important avenues of research on the fungus — and the disease. For example, it may be feasible to introduce a chitin inhibitor into the plant after it has become inoculated, allow the inhibitor to be translocated to the infection site, and

eradicate the growing fungus, while contained within the plant tissue. To tackle this, we need to learn more about wall biogenesis in the fungus. Another example is the problem of viability: the fungus is obligate and cannot be raised in petri-dish culture. To assay its viability it is generally reintroduced into potato tissue — a long and not always successful enterprise. Now, if the lipids are related to viability of the fungus, it may be possible to follow changes in the internal chemical environment of the fungus, and to also “undress” the fungal spore by chemical removal of the wall layers and then introduce chemical markers.

These findings are at the frontier of research in this disease, and represent the successful collaboration of Agriculture Canada with University facilities through the productive use of contract

funding. The electron micrographs in this essay were taken as part of the ongoing research activity sponsored by Agriculture Canada for the benefit of the Canadian economy and the attack on indigenous plant health problems.

Dr. Hampson is Plant Pathologist at the Agriculture Canada Research Station, and Dr. Bal is Professor of Biology at Memorial University of Newfoundland, St. John's, Newfoundland.

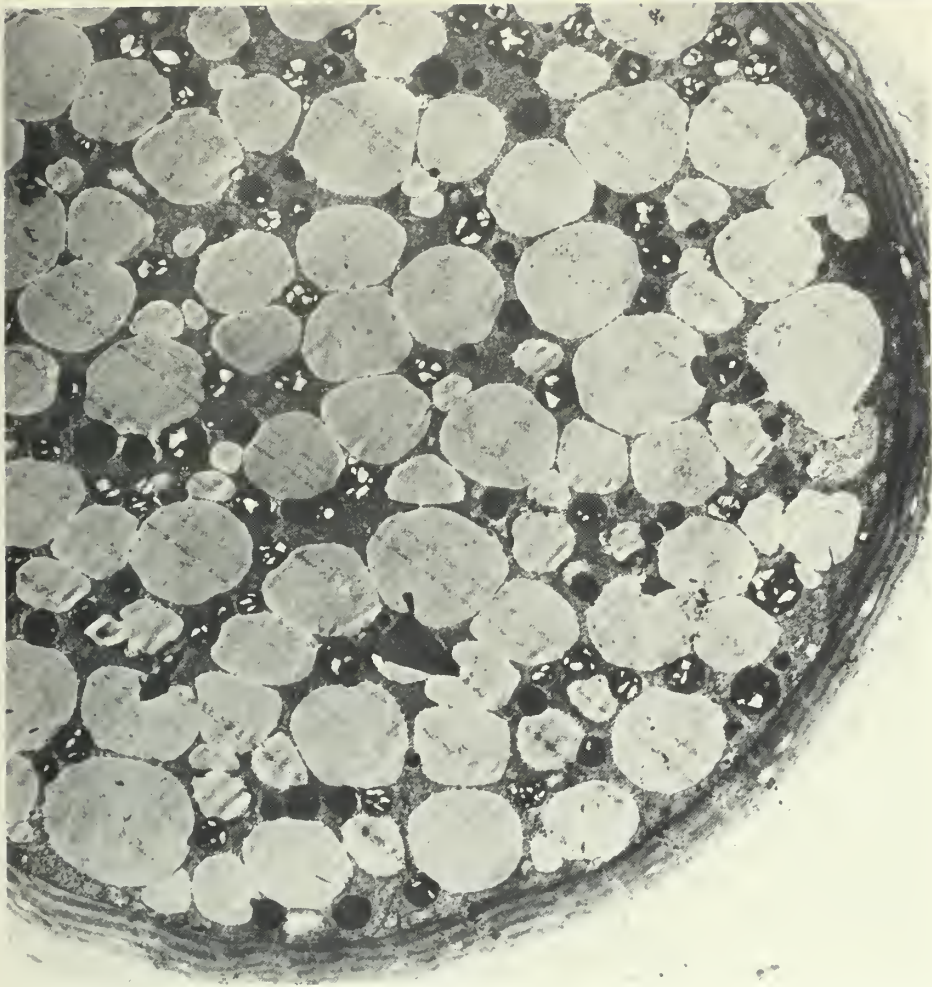


Figure 8 Photomicrographie d'une spore de repos montrant la distribution des gouttelettes lipidiques, obtenue au microscope électronique en transmission (grossissement 6000 X)

Figure 8 Resting spore transmission electron micrograph showing distribution of lipid globules. Magnif. 6000 X

dans la plante après son inoculation par le champignon, le laisser rejoindre le point d'infection et supprimer le champignon en développement alors que ce dernier est encore dans les tissus de la pomme de terre. Pour réussir une telle entreprise, nous devons approfondir notre connaissance de la biogénèse de la membrane chez le champignon. Une autre voie de recherche concerne la viabilité du champignon. Le champignon est un parasite intracellulaire obligatoire et il ne peut pas être cultivé dans des boîtes de Pétri. Généralement, on évalue sa viabilité en le réintroduisant dans des tissus de pomme de terre, entreprise longue qui ne réussit pas toujours. Cependant, si la présence des lipides est liée à la viabilité du champignon, il peut être possible d'observer les modifications se produisant dans le milieu chimique interne du champignon et, également, de "déshabiller" la spore en éliminant chimiquement les couches de

sa membrane et en introduisant des marqueurs chimiques.

Les observations ci-dessus sont à la fine pointe de la recherche sur la galle verruqueuse et sont le résultat d'une collaboration réussie entre Agriculture Canada et le monde universitaire, grâce au financement judicieux de travaux de recherche contractuels. Les photomicrographies obtenues au microscope électronique, présentées ici, ont été prises dans le cadre d'une activité de recherche permanente commanditée par Agriculture Canada, dont le but est de résoudre les problèmes phytosanitaires des plantes indigènes et de favoriser ainsi l'économie canadienne.

M.C. Hampson est un phytopathologue de la Station de recherches d'Agriculture Canada et A.K. Ball est professeur de biologie à la Memorial University of Newfoundland, à St. John's, Terre-Neuve.

The value of leached nitrates on the prairies

C.A. Campbell, A.P. Zentner and R. deJong

In contrast to common belief, we are losing, and have lost, considerable nitrogen (N) because of leaching on the Prairies. Scientists, recognizing that the Palliser Triangle is classified as semidesert, have usually assumed that leaching in this area is minimal. Recent evidence obtained at Swift Current (located in the heart of the Palliser Triangle) suggests this is not true!

Analysis of the first 12 years' data from Agriculture Canada Research Station's long-term crop rotation study showed evidence that water and nitrates were being leached below the root zone of cereals in wet years. Thus a more detailed study was made in the 1982 growing season. Soil samples were taken to a depth of 240 cm (8 ft) at four intervals. Fortunately, the 1982 growing season was wet; precipitation of 243 mm exceeded the long-term average by 20%. Water and nitrogen balance analysis of the results confirmed the movement of considerable nitrate (N) beyond the 120-cm rooting depth of cereals and even beyond the 240-cm depth.

A summary of the main findings from this experiment are as follows:

- It was estimated that about 120 kg of nitrate (N/ha) was lost from the top 240 cm of fallowed treatments on this loam soil. This is more than the amount of N produced from soil organic matter in an average year (100 kg/ha). This loss was valued at \$90/ha.
- If we assume that similar losses occurred in all of the 2.55 million hectares of fallowed soil in the Brown soil

zone of southwestern Saskatchewan, the value of this leached N in 1982 alone was \$210 M.

- In 30 of the past 96 years the growing season precipitation was equal to or greater than the 240 mm received in 1982. Using these data we estimated that leaching alone could account for about half of the organic nitrogen lost from our soils since they were broken out of grassland and cultivated. In fact, this also suggests that leaching has been as much responsible for N losses as has erosion.

Our results further showed (Figure 1) that:

- even when wheat was grown each year, some N was leached from the root zone in wet years;
- the crop sequences that have allowed the greatest loss of N were the short, 2-yr and 3-yr wheat-fallow rotations that received no nitrogen fertilizer;
- the application of fertilizer according to soil test recommendations increased plant growth and thus soil and fertilizer nitrogen use and actually reduced the nitrogen leached out of the root zone;
- the lowest amount of leaching losses was observed in the 3-year fallow-fall rye-wheat rotation that received fertilizer according to soil test recommendations. The fall rye starts coming in the fall, is off to a fast start the following spring, and thus uses soil mineral N before the June rains arrive;
- the value of keeping the soil covered and the dangers of summer-fallowing are seen by comparing leaching under continuous wheat versus the fallow treatments.

We have concluded that it is a fallacy to believe that deep leaching of nutrients does not occur on the Prairies because it is too dry. Because of the increasing use of fertilizers to achieve ever greater grain production, we are obliged to be more conscious of the potential for ground and surface water pollution. These findings are, therefore, significant and timely to society, the producer, and to the scientific community. The agronomic practices that have been identified to reduce leaching will assist producers in planning their rotations and assist those people involved in technology transfer in advising the producer.

Drs. Campbell and Zentner are research scientists at Agriculture Canada Research Station, Swift Current, Sask.

Dr deJong is a research scientist with the Land Resources Research Institute, Ottawa, Ontario.

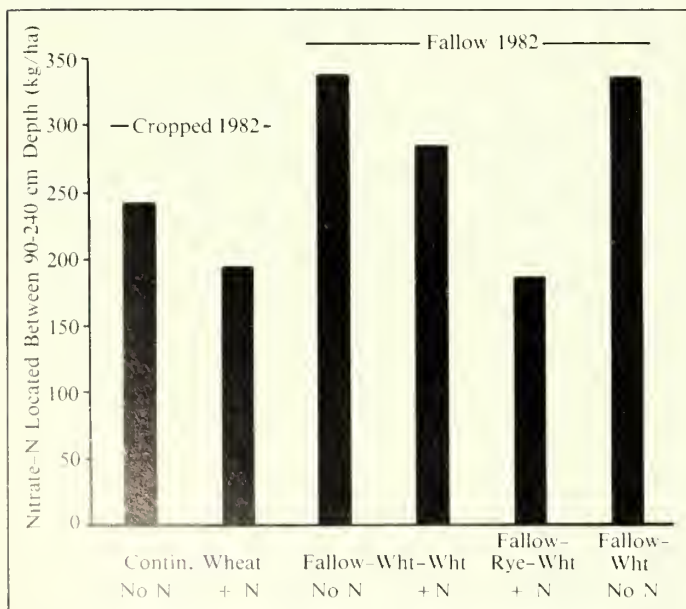


Figure 1 Factors that will reduce deep leaching of NO_3 in wet years are (a) continuous cropping, (b) use of proper fertilization and (c) inclusion of full seeded crops in rotation

La valeur des nitrates lessivés dans les Prairies

C.A. Campbell, R.P. Zentner et R. de Jong

Contrairement à la croyance populaire, nous perdons et nous avons perdu beaucoup d'azote (N) par lessivage dans les Prairies. Sachant que le triangle Palliser est classé comme semi-désertique, les chercheurs ont généralement présumé que le lessivage dans cette région était plutôt négligeable. Or, certaines informations récentes obtenues à Swift Current (situé au cœur même du triangle Palliser) donnent à penser que cette présomption était fautive.

L'analyse des données des 12 premières années, tirées de l'étude à long terme de la rotation des cultures aux stations fédérales de recherches agricoles, a révélé que l'eau et les nitrates étaient lessivés au delà de la zone d'enracinement des céréales au cours des années pluvieuses. Une étude plus approfondie a donc été effectuée au cours de la saison de végétation de 1982. Des échantillons de sols ont été prélevés jusqu'à une profondeur de 240 cm à quatre intervalles. Il s'est avéré par hasard que la saison de végétation de 1982 était pluvieuse, les précipitations de pluie de 243 mm dépassant de 20 % la moyenne à long terme. Or, l'analyse du bilan hydrique et azoté des résultats a confirmé l'entraînement par lessivage de quantités considérables de nitrate (N) au delà de la zone d'enracinement de 120 cm des céréales et même plus profondément que 240 cm.

Voici un résumé des principaux résultats de cette expérience :

- On estime qu'environ 120 kg de nitrate (N/ha) ont ainsi été lessivés des 240 premiers centimètres de ce loam en jachère. Or, c'est plus que la quantité d'azote produite par la matière organique du sol au cours d'une année moyenne (100 kg/ha). Cette perte est évaluée à 90 \$/ha.
- Si nous supposons que des pertes analogues caractérisent les 2,55 millions d'hectares de sols en jachère de la zone des sols bruns du sud-ouest de la Saskatchewan, la valeur de ces pertes d'azote par lessivage dans la seule année de 1982 se chiffre à 210 millions de dollars.
- Dans 30 des 96 dernières années, les précipitations au cours de la saison de végétation ont égalé ou surpassé celles de 240 mm enregistrées en 1982. À l'aide de ces données, nous avons estimé que le seul lessivage pouvait représenter environ la moitié des pertes d'azote organique de nos sols depuis qu'ils ont été arrachés à la prairie et mis en culture. De fait, ces chiffres donnent également à penser que le lessivage a été tout autant responsable des pertes d'azote que l'érosion.

Nos résultats (Figure 1) révèlent également que :

- Même lorsque le blé était produit chaque année en monoculture, une certaine quantité d'azote était lessivée de la zone racinaire au cours des années pluvieuses.
- Les assolements qui ont produit les plus grandes pertes d'azote étaient les rotations courtes blé-jachère de deux et trois ans qui ne recevaient aucune fumure azotée.

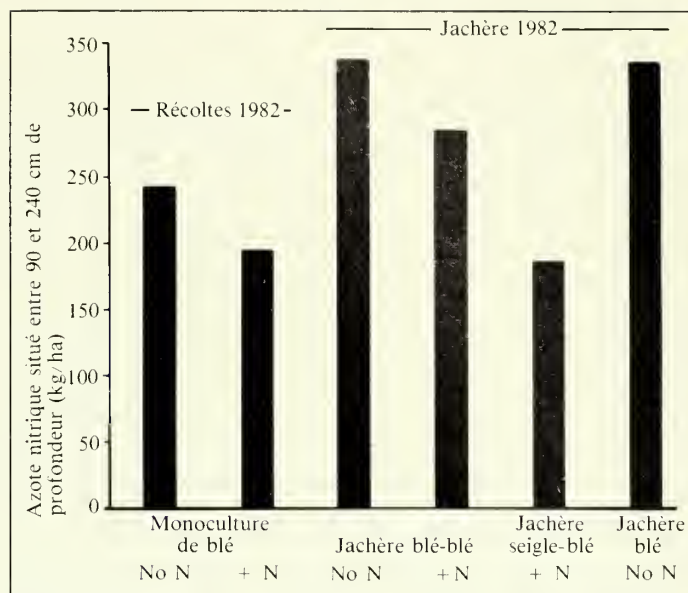


Figure 1 Les facteurs qui réduiront le lessivage profond des nitrates au cours des années pluvieuses sont (a) la monoculture, (b) l'utilisation d'engrais appropriés et (c) l'inclusion de cultures d'automne dans la rotation

- L'épandage d'engrais selon ce que commandait l'analyse du sol stimulait la croissance végétale et donc l'utilisation d'azote du sol et de la fumure, réduisant ainsi le lessivage d'azote hors de la zone racinaire.
- Les plus faibles pertes par lessivage ont été observées dans une rotation triennale jachère — seigle d'automne — blé, fumée selon les indications qui découlent de l'analyse du sol. Le seigle commence à lever à l'automne, démarre rapidement le printemps suivant et utilise donc l'azote minéral du sol avant que n'arrivent les pluies de juin.
- On constate l'importance de maintenir le couvert végétal et les risques de la jachère d'été en comparant le lessivage en régime de monoculture de blé au lessivage en régime de jachère.

Nous avons conclu qu'il était faux de croire qu'il ne se produit aucun lessivage profond des éléments nutritifs dans les Prairies du fait que le sol y est trop sec. À cause de l'utilisation sans cesse croissante d'engrais pour améliorer la production céréalière, nous sommes obligés d'être plus conscients des possibilités de pollution de l'eau souterraine et superficielle. Ces résultats sont donc importants et viennent en temps opportun pour la société, le producteur et la collectivité scientifique. Les pratiques agronomiques susceptibles de réduire le lessivage vont donc aider les producteurs à planifier leurs rotations, et ceux qui s'adonnent au transfert de technologie à informer le producteur.

C.A. Campbell et R.P. Zentner Direction générale de la recherche, Agriculture Canada, Station de recherches de Swift Current (Saskatchewan).
R. de Jong Institut de recherches sur les terres, Agriculture Canada, Ottawa (Ontario).

Application of a soil moisture budget in Quebec

J. Boisvert and P.A. Dubé

A project is under way in Quebec to include a soil water content indicator in farm weather forecasts. This index will be used to determine irrigation requirements for a given soil and crop. The project will also make it possible to establish a data base consisting of detailed data on soil moisture and temperature, changes in the water table and root distribution. These data will be used to verify an agrometeorological soil moisture model adapted to Quebec's pedological and climatic conditions. This model can then be incorporated in all research work involving a monitoring of the soil moisture status.

Where available, the farm weather service gives farmers essential information on temperature, precipitation, sunshine and wind. The service also indicates agrometeorological indices such as degree-days, corn heat units and the drying index, so that producers can better evaluate the effect of climate on their crops. Soil water content is one key agrometeorological indicator that is generally omitted from farm weather forecasts. Farmers, though, need to know the soil moisture status when considering aspects such as irrigation, drainage, integrated pest management, yield estimates, crop winter survival, or seasonal length (based on the number of working days in the spring and fall). The soil water content is affected by numerous factors, such as precipitation, soil texture, type of crop, farm management, type of drainage, height of water table, and the kind of relief. All of these factors can vary considerably not only within a region but also in the same field. If the indicator is to be reliable, the model must achieve the required degree of accuracy in incorporating these factors. In addition, the model must be carefully verified under the same conditions as those prevailing at the time of its application.

Index calculations based on soil moisture are reported in the literature. Two examples are SMEP in the Prairie Provinces (FWSCG, 1982) and the Palmer index in the United States (NOAA, 1978). In both cases, the data are regularly calculated on a regional basis from simple moisture models adapted to arid and semi-arid climatic conditions. The models on which the indices are based do not take into account the climatic and pedologic conditions that exist in Quebec. For

example, during the growing season, alternating periods of excess precipitation and drought make the situation in the Montreal area critical. The water table moves up and down, especially in the St. Lawrence Plain, and is high mainly in the spring and fall. Natural drainage is limited by the impermeability of the subsoil. A drainage system can cause abnormally dry conditions on some sandy surface deposits.

A few models have been developed or improved for application under Quebec's particular conditions. The contributions of Lagacé and St-Yves-Désilets (1979), Broughton and Foroud (1978) and Dyer and Mack (1984) may be noted in this regard. However, to determine their degree of reliability, models must be calibrated and validated. This means that a data base consisting of meteorological, pedological and phenological data must be established. The data base should also cover various soil, climate and crop combinations.

An inventory in Quebec turned up a number of data but it is clear that they fall short of the stated objectives.

A project was finally developed in co-operation with the Quebec Agrometeorology Commission. Its purpose is to collect information for the establishment of a data base and the development of a reliable soil moisture indicator based on various types of soils and crops. The project is divided into four parts (Figure 1) and brings together specialists from various quarters: the Agrometeorology Section in Ottawa, the federal soil survey team in Quebec, three Laval University departments (soils, plant science and agricultural engineering), the Farm Weather Service of Environment Canada, and the Quebec Agriculture Research Station at Saint-Hyacinthe. The project, which is to run for at least three years, is subsidized jointly by Agriculture Canada and the Quebec Department of Agriculture, Fisheries and Food.

The project began this year with the development of measurement sites in the counties of Saint-Hyacinthe, Richelieu and Verchères. The sites are of three types: sites with managed crops, auxiliary sites and weather stations.

The four sites with managed crops are artificially drained and were rented from producers. Each site covers an area of 1 acre. Although corn was the only crop grown this year, other crops will be planted later on to allow for several types of rooting. The sites represent four different surface deposits: a deep sand on clay, a deep loam on clay, a shallow loam on clay, and a clay. The six auxiliary sites developed this year were lent by producers. They were established in 1983 by Mr. Blackburn and are located on three types of clay deposits: marine, lacustrine and fluvial clays. The series chosen are representative of the three counties and are among the best

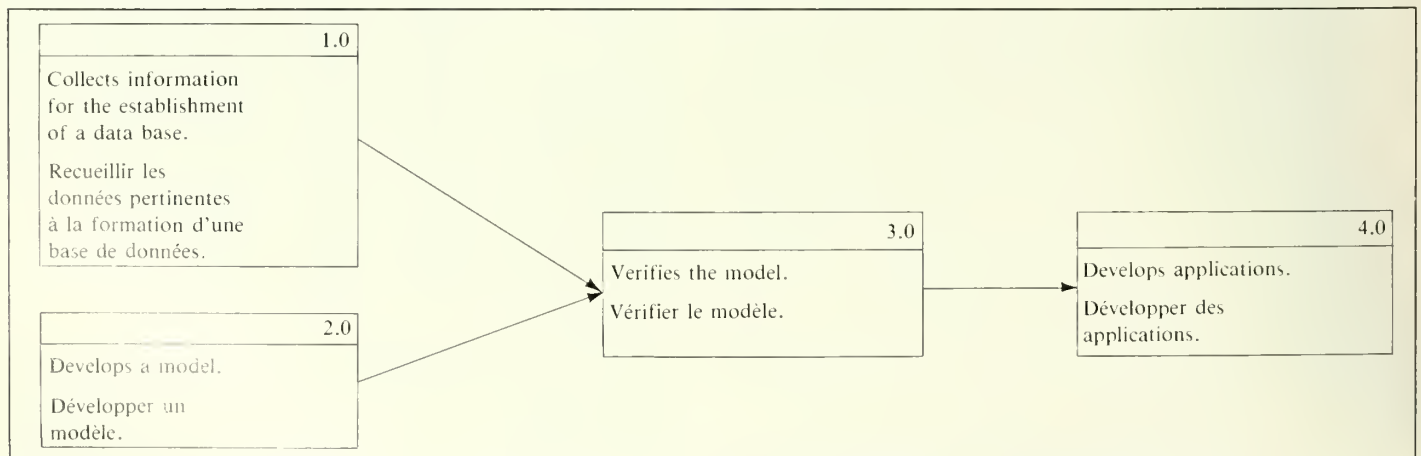


Figure 1 Parts of the project

Figure 1 Principales étapes du projet

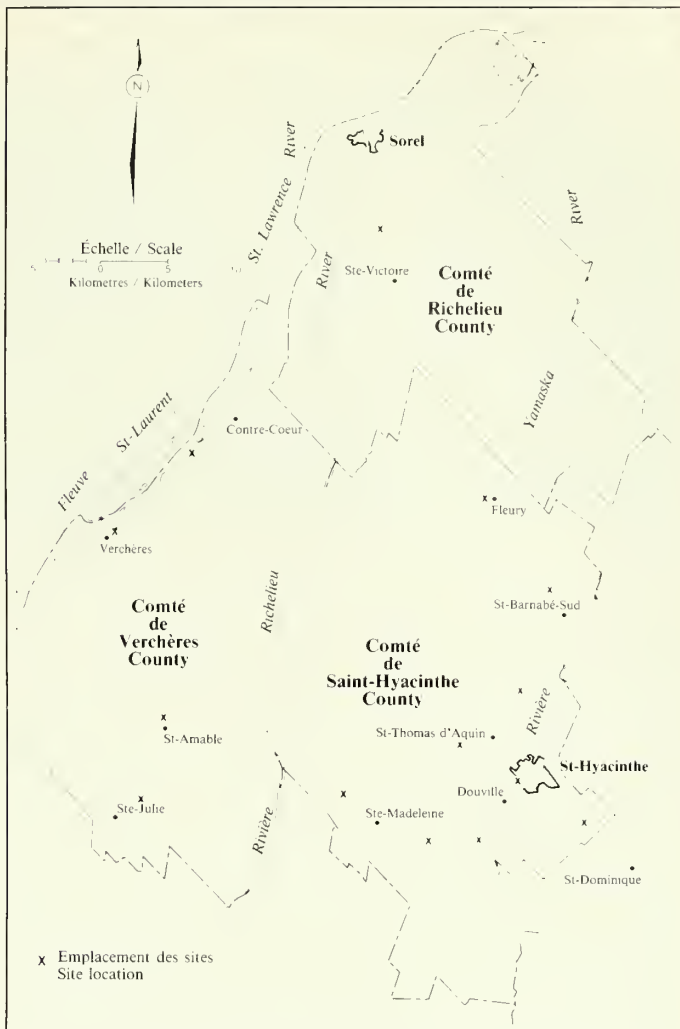
Application d'un bilan hydrique aux sols du Québec agricole

J. Boisvert et P.A. Dubé

Un projet est en cours au Québec afin d'intégrer aux prévisions météorologiques à la ferme un indicateur de la variation de la teneur en eau des sols. Cet indice servira aussi à déterminer les besoins d'irrigation pour un sol et une culture spécifiques. Le projet permettra en outre la constitution d'une base de données détaillées sur l'humidité et la température du sol ainsi que sur la variation de la nappe d'eau et la distribution des racines. Ces données seront utilisées pour la vérification d'un modèle agrométéorologique d'humidité du sol adapté aux conditions pédologiques et climatiques du Québec agricole. Ce modèle pourra être intégré à tous les travaux de recherche requérant le suivi de l'état hydrique des sols.

Là où elles sont disponibles, les prévisions météorologiques à la ferme fournissent à l'agriculteur des informations indispensables concernant la température, les précipitations, l'ensoleillement et le vent. Elles incluent de plus des indices agrométéorologiques comme les degrés-jours, les unités-thermiques-maïs et l'indice d'assèchement qui permettent au producteur de mieux évaluer l'effet du climat sur l'évolution de ses cultures. Cependant, un indicateur agrométéorologique important est généralement omis de ces prévisions : c'est la variation du contenu en eau du sol. Il devient pourtant nécessaire de connaître l'état hydrique du sol dès que l'on songe à l'irrigation, au drainage, à la lutte intégrée contre les parasites des plantes, à l'estimation des rendements, à la survie à l'hiver ou à la longueur de la saison agricole en tenant compte du calcul des jours ouvrables au printemps et à l'automne. Cependant, la teneur en eau d'un sol varie selon un grand nombre de facteurs tels que la précipitation, la texture du sol, le type de culture, la régie agricole, le mode de drainage, la présence d'une nappe d'eau et la nature du relief. De plus, ces éléments peuvent fluctuer considérablement non seulement à l'intérieur d'une région mais aussi à l'intérieur d'un champ. Pour obtenir un indicateur fiable, il faut un modèle qui permette de tenir compte de ces facteurs jusqu'au degré de précision requis; cependant lorsque le modèle sera vérifié il faudra reproduire soigneusement les mêmes conditions que celles qui auront prévalu lors de sa mise en application.

Des calculs d'indices basés sur l'humidité du sol sont rapportés dans la littérature, dont SMEP (GNCSAM, 1982) pour les provinces des Prairies et l'indice de Palmer (NOAA, 1978) aux États-Unis. Ils sont calculés régulièrement sur une base régionale à partir de modèles hydriques simples mais adaptés aux climats arides et semi-arides. Les modèles qui sous-tendent ces indices ne tiennent pas compte des conditions climatiques et pédologiques caractéristiques des sols du Québec. Par exemple, les excès de précipitation alternent avec les manques d'eau, la région de Montréal s'avérant une zone critique au cours de la saison de croissance; la nappe phréatique présente un régime variable particulièrement dans la plaine du Saint-Laurent la majorité des hautes nappes survenant au printemps et à l'automne; le drainage naturel est limité par l'imperméabilité du sous-sol; et l'installation d'un système de drainage peut devenir le responsable d'une sécheresse anormale sur certains dépôts de surface sableux.



Quelques modèles ont été développés ou améliorés en vue d'être appliqués dans les conditions spécifiques du Québec; notons les travaux de Lagacé et St-Yves-Désilets (1979), Broughton et Foroud (1978) et Dyer et Mack (1984). Mais pour juger du maximum de fiabilité d'un modèle, il faut d'abord le calibrer puis le valider. Ces étapes indispensables requièrent toutefois une base de données météorologiques, pédologiques et phénologiques qui inclue différentes combinaisons de climats, de sols et de plantes.

Un inventaire des données disponibles au Québec a permis de recenser un certain nombre de mesures et de réaliser que ces données sont insuffisantes en regard des objectifs visés.

En collaboration avec la Commission d'agrométéorologie du Québec, un projet a finalement été élaboré afin de recueillir toute l'information pertinente à la mise sur pied d'une base de données et au développement d'un indicateur fiable des variations d'humidité du sol en fonction des types de sols et de cultures. Ce projet se divise en quatre parties (Figure 1) et regroupe des spécialistes de nombreuses disciplines impliquant plusieurs organismes : la Section d'agrométéorologie d'Ottawa, l'Équipe pédologique fédérale au Québec, les trois départements de Phytologie, Génie rural et Sols de l'Université Laval, le Service Météo à la ferme d'Environnement Canada et la Station de recherches provinciale de Saint-Hyacinthe. Le projet, d'une durée minimale de trois ans, est subventionné conjointement par Agriculture Canada et le MAPAQ (ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec).

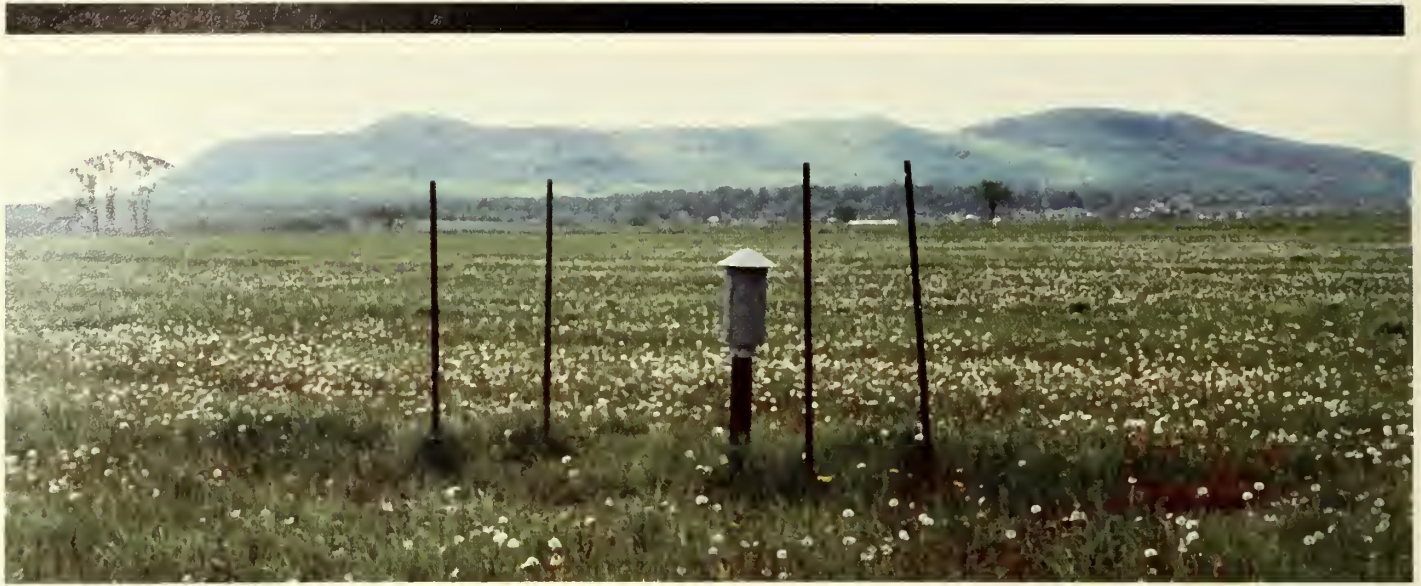


Figure 2 Auxiliary site installed by Mr. Blackburn on Providence series at Sainte-Julie (lent by N. and F. Savaria). The photo shows a limnigraph for direct measurements of the height of the water table. Management: hay production

Figure 2 Site auxiliaire installé par M. Blackburn sur série Providence à Sainte-Julie (prêté par N. et F. Savaria). On y aperçoit un limnigraphe pour la mesure en continu de la hauteur de nappe d'eau. Régie : production de foin

agricultural soils. Some of the sites are not drained. Corn, barley, hay and pasture are grown on the sites. The five weather stations provide information on soil moisture conditions under grass. In addition to detailed profile analyses, the data sampled at all sites include soil moisture down to the water table, soil temperature at six depths, height of the water table, precipitation, root density and depth, leaf area and the observation of growth stages. To complement the above meteorological data, automated measurements of air temperature and humidity, wind velocity and global radiation are carried out at the weather stations in Saint-Hyacinthe and Verchères. Since the Verchères station is located near the river, it will be possible to evaluate the potential evapotranspiration gradient between the river and inland. In the next few years, the number of auxiliary sites and weather stations will be increased to include other counties and other soil-crop-climate combinations.

The applications contemplated at the end of this project are in real time and are primarily meant to benefit farmers.

- Everyone will know the present moisture status of a particular type of soil based on the crop and geographic location.
- Weekly maps will be produced showing the moisture status of Quebec soils.
- A soil moisture forecasting index will be issued to determine irrigation requirements. It will forecast the percentage of moisture reserves in a region's typical crops and soils. The index should be evaluated by the producers concerned.

The information will be provided by videotex and teleprinter and through the weekly summary of the Farm Weather Service of Environment Canada and the daily farm forecast of Environment Canada.

Other applications are contemplated using the data base, which consists of information gathered during the project. For example, it will be possible to calibrate several soil moisture models and compare them under various wet climatic conditions. This will lead to a more detailed study of certain moisture budget components (water table, infiltration, evapotranspiration, etc). A study will be carried out on the behaviour of roots in a saturated environment. Soil moisture and

temperature can be incorporated into integrated pest management programs. Using the research of R. Desjardins, University of Montreal (personal file, 1984), we will try to combine infrared thermography techniques (an indicator of the water content of soils) with our agrometeorological model. Soil temperatures at 50 cm will complement soil pedological characterization by adding a climatic distinction. Finally, statistical studies will be carried out using meteorological records to determine irrigation and drainage requirements.

This list represents only some of the possible applications in a field already abundantly studied by scientists. Nevertheless, water table and soil moisture data are still lacking. This project will remedy the problem by providing researchers with detailed information on a wide range of soils and crops over an extensive geographic area.

J. Boisvert is an agrometeorologist in the Agrometeorology Section, Research Branch, Land Resource Research Institute, Agriculture Canada, Ottawa.

P.A. Dubé is a professor in the Department of Plant Science, Laval University, Quebec City.

Bibliography

- BROUGHTON, R.S. and N. Foroud. 1978. A model to predict water table depths for flat lands. *Can. Agric. Eng.*, 20 (2): 81-86.
- DYER, J. and A. MACK. 1984. The versatile soil moisture budget — version three. Contribution No. 82-83 of the LRRI, Agriculture Canada. 26 p. + Appendices.
- Farm Weather Service Co-ordinating Group (FWSCG). 1982. Farm Weather Service of Canada, Research Program Service, Research Branch, Agriculture Canada, Ottawa. 36 p.
- LAGACÉ, R. and A. ST-YVES-DESILETS. A water table and water balance model for the Quebec's condition. Paper No. 79-2072, joint meeting of Americ. Soc. of Agr. Eng. and Can. Soc. of Agric. Eng. 17 p.
- NOAA. 1978. Drought Severity Chart (Palmer Index). Technical Procedures Bulletin No. 254. National Weather Service. U.S. Dept. of Commerce, 6 p.

Le projet a démarré cette année par l'implantation de sites de mesures dans les trois comtés de Saint-Hyacinthe, Richelieu et Verchères. Les sites établis ont été divisés en trois catégories : les sites avec cultures sous contrôle, les sites auxiliaires et les stations météorologiques.

Les sites avec cultures sous contrôle sont au nombre de quatre et sont tous drainés artificiellement; ils couvrent chacun une superficie d'une acre et ont été loués de producteurs. Bien que le maïs ait été la seule plante semée cette année, d'autres productions seront cultivées au cours des années subséquentes afin de tenir compte de plusieurs modes d'enracinement. Ces sites représentent quatre types de dépôts de surface différents : un sable profond sur argile, un loam profond sur argile, un loam mince sur argile et un argile. Les six sites auxiliaires implantés cette année ont été prêtés par des producteurs. Ils ont été établis par M. Blackburn en 1983 sur trois genres de dépôts argileux : les argiles marines, lacustres et fluviales. Les séries choisies sont représentatives des trois comtés et comptent parmi les meilleurs sols agricoles. Certains de ces sites ne sont pas drainés; on y retrouve des cultures de maïs, d'orge et de foin ainsi qu'un pâturage. Les cinq stations météorologiques fournissent quant à elles les conditions d'humidité du sol prévalant sous gazon. En plus des analyses détaillées des profils, les données échantillonnées à tous les sites comprennent l'humidité du sol jusqu'à la nappe, la température du sol à six profondeurs, la hauteur de la nappe, la précipitation, la densité et la profondeur des racines, l'indice foliaire et l'observation des stades phénologiques. Pour compléter les données météorologiques déjà observées, des mesures automatisées de la température et de l'humidité de l'air, de la vitesse du vent et de la radiation globale sont effectuées aux stations météorologiques de Saint-Hyacinthe et de Verchères, situées près du fleuve. Ainsi, l'on pourra évaluer le gradient d'évapotranspiration potentielle prévalant entre le fleuve et l'intérieur des terres. Au cours des prochaines années, le nombre de sites auxiliaires et de stations météorologiques sera augmenté afin d'inclure d'autres comtés et d'autres combinaisons sol-plante-climat.

Les applications visées au terme du projet sont en temps réel et s'adressent d'abord aux agriculteurs. Ils visent à :

- Permettre à toute personne de connaître l'état hydrique actuel d'un type de sol particulier compte tenu d'une culture et d'une localisation géographique;
- Fournir des cartes hebdomadaires de l'état hydrique des sols pour le territoire québécois;
- Émettre un indice de prévision de l'état hydrique du sol applicable à la détermination des besoins en irrigation. Bien que cet indice devra faire l'objet d'une évaluation auprès des producteurs visés, il exprimera le pourcentage de la réserve hydrique prévue dans des sols et des plantes représentatifs d'une région.

La diffusion de l'information se fera par vidéotexte, par le sommaire hebdomadaire du Service météo agricole d'Environnement Canada, par télécscripteur et par la prévision agricole quotidienne d'Environnement Canada.

D'autres applications sont envisagées à partir de la base de données constituée à partir des informations recueillies au cours du projet. Ainsi, il sera possible de calibrer et de comparer pour des régimes climatiques humides plusieurs modèles d'humidité du sol en vue de l'étude plus approfondie de certains éléments du bilan hydrique (nappe d'eau, infiltration, évapotranspiration, etc.); une étude sera menée sur le comportement des racines en milieu saturé; l'humidité et la température du sol pourront être intégrées aux programmes de



Figure 3 Site prêté par D. Leblanc et installé sur série Saint-Hyacinthe à Saint-Barnabé. Régie : maïs (rotation avec une céréale à tous les cinq ans).

Figure 3 Site lent by D. Leblanc and installed on Saint-Hyacinthe series at Saint-Barnabé. Management: corn (rotation with grain every 5 years)

lutte dirigée contre les ennemis des cultures; à partir des travaux de R. Desjardins, Université de Montréal (communication personnelle, 1984), nous tenterons de combiner les techniques de thermographie à l'infrarouge, comme indicateur de la teneur en eau des sols, avec notre modèle agrométéorologique; les températures du sol à 50 cm serviront à compléter la caractérisation pédologique des sols en y ajoutant une distinction climatique. Finalement, des études statistiques seront entreprises à partir des dossiers météorologiques afin de délimiter les besoins en irrigation et en drainage.

Cette énumération ne représente qu'une partie des applications possibles dans un domaine déjà abondamment étudié par les scientifiques mais où demeure toujours une carence au niveau des données d'humidité du sol et de nappe d'eau. Le projet vient y remédier en offrant aux chercheurs intéressés des informations détaillées sur une gamme étendue de sols et de plantes et sur une vaste étendue géographique.

M. J. Boisvert est agrométéorologue à la Section d'agrométéorologie, de la Direction générale de la recherche, Institut de recherches sur les terres, Agriculture Canada à Ottawa.

M. P.A. Dubé est professeur au département de phytologie de l'Université Laval à Québec.

Bibliographie

- BROUGHTON, R.S. et N. FOROUD. 1978. « A Model to Predict Water Table Depths for Flat Lands » dans *Can. Agric. Eng.*, n° 20 (2) p. 81a-86.
- DYER, J. et A. MACK. 1984. *Le bilan hydrique du sol polyvalent — version trois*. Contribution No. 82-83 de l'I.R.T., Agriculture Canada. 26 p. + annexes.
- GRUPE NATIONAL DE COORDINATION DES SERVICES AGROMÉTÉOROLOGIQUES (GNCSAM). 1982. *Le Service d'agrométéorologie du Canada*, Service aux programmes de recherche, Direction générale de la recherche, Agriculture Canada, Ottawa. 36 p.
- LAGACÉ, R. et A. ST-YVES-DESILETS. 1979. *A Water Table and Water Balance Model for the Quebec's Condition*. Paper No. 79-2072, joint meeting of Americ. Soc. of Agr. Eng. and Can. Soc. of Agric. Eng. 17 p.
- NOAA. 1978. « Drought Severity Chart (Palmer Index) » dans *Technical Procedures Bulletin* n° 254, National Weather Service, U.S. Dept. of Commerce, 6 p.

Can we grow both grain and ducks?

Lawson G. Sugden

The prairies and parklands of Alberta, Saskatchewan and Manitoba comprise one of the world's great producers of cereal grains; the region is rightfully referred to as Canada's "breadbasket". Moreover, it is no coincidence that the ameliorable soils and climate that cause high grain yields are also responsible for good duck production. Over half the ducks taken by North American hunters are produced in the Canadian prairies and parklands, often dubbed the "big duck factory". Most of these birds are reared on private farmlands.

The benefits from grain production are well documented and need not be repeated here. On the other hand, justification for producing waterfowl and the resulting benefits are less obvious. Waterfowl represent a valuable renewable resource. No dollar value can be placed on these birds in terms of aesthetics and ecological diversity, but few would deny their rightful place in the world. On the other hand, benefits such as food, recreational hunting and birdwatching can be assigned tangible values. To illustrate, a 1982 study estimated that Canadians spend \$157.8 million annually on sport hunting waterfowl.

There are also legal and political reasons for maintaining duck populations. The federal responsibility for the management of migratory birds stems from the Migratory Birds Convention of 1916 between the U.S. and Great Britain on behalf of Canada. The Convention was given effect in Canada by the Migratory Birds Convention Act of 1917 which states that the Governor-in-Council "may make such regulations as are deemed expedient to protect migratory game, migratory insectivorous and migratory nongame birds that inhabit Canada during the whole or any part of the year". The powers specified in the Migratory Bird Convention Act are used to develop and publish the Migratory Birds Regulations and the Migratory Birds Sanctuary Regulations. Forthcoming national and international waterfowl management plans and agreements will formalize resource sharing arrangements.

Populations of prairie ducks have declined in recent years, and despite some years with favourable water conditions, have failed to respond. Reproductive rates have been low compared with those of earlier years. Failure of some ducks to nest and poor nest success in those that do have been linked with widespread habitat changes on the prairies. In particular, conversion of wetlands and idle uplands into cultivated farmland has removed large acreages from wildlife production. Nesting success is low because nests in the remaining patches and strips of native cover are vulnerable to predators such as crows, skunks and foxes. As well, nests in cultivated fields are subject to destruction by farm machinery.

Habitat used by waterfowl and other wildlife on private farmland is lost because it seldom benefits the owner in a tangible way. Indeed, any idle, unbroken land may be perceived as unproductive and perhaps a liability by the owner. Such a notion is reinforced by the fact that Canadian Wheat Board grain delivery quotas are based on cultivated acreages. In effect, a farmer can be penalized if land is left unbroken.

Rising farm costs coupled with new technology also contribute to the loss of wildlife habitat on private farms. Fields interrupted by potholes or patches of upland are not amen-



Figure 1 Duck nests in stubble fields are vulnerable

Figure 1 Les nids de canards dans les champs en chaume sont vulnérables

able to the operation of large equipment or irrigation systems. This alone may be reason enough to drain or plow. Moreover, modern equipment and technique make it easier to break land and drain sloughs. A comparatively low rate of return on large investments in land and equipment also encourages intensive cropping. Thus, there is a gradual attrition of the wildlife habitat on the farmlands of the prairies.

If the trend is to be halted, ways must be found to preserve the habitat that are acceptable to farmers who are the custodians of the land. Given suitable alternatives, I believe most landowners would choose not to drain or plow the last remnants of wildlands. Most, if not all, appreciate a diverse landscape and the wildlife it harbours; our wildlife heritage probably plays a greater role in the lives of rural farm people than most segments of society. However, aesthetics, alone, will not save these wildlands. There also must be tangible benefits.

Several ways have been suggested that could provide direct economic incentives for preserving wildlife habitat on farmlands. Property tax legislation offers a useful mechanism for influencing land-use practices. Although so-called unimproved lands usually have differential assessment rates, these are often disguised in average rates, so the taxpayer perceives the unused land as a liability. Moreover, no land, apparently, is tax-free. In addition, Canadian Income Tax regulations provide no incentives in the form of taxable income deductions on unimproved lands. But costs for "improving" such lands are tax deductible.

The Canadian Wheat Board quota system encourages farmers to plow and drain because the new "improved" acreage can then be used to increase grain delivery quotas. In this regard, productivity of these areas is unimportant. Several authors have recommended that Wheat Board regulations be modified to remove the incentive to cultivate such land.

User fees have been suggested as another economic incentive for preserving wildlife habitat. Thus, hunters, birdwatchers, etc., would pay landowners for retaining wildlife areas and for the privilege of using such areas. Fees could be incorporated into the tax structure and governed by the amounts and kinds of habitat involved. Such fees would also offset any costs incurred by participating landowners when they allow public access to their land.

Peut-on à la fois produire des céréales et élever des canards?

Lawson G. Sugden

Les prairies et les prairies-parcs de l'Alberta, de la Saskatchewan et du Manitoba constituent une des régions productrices de céréales les plus importantes au monde qu'on appelle avec raison le grenier du Canada. En outre, ce n'est pas par pur hasard que les sols améliorables et le climat qui permettent d'obtenir des rendements élevés en céréales soient aussi favorables à l'élevage du canard. Plus de la moitié des canards abattus par les chasseurs en Amérique du Nord proviennent des prairies et des prairies-parcs canadiennes que l'on appelle souvent « la grande mare aux canards ». La plupart de ces oiseaux est élevée dans des exploitations privées.

Les avantages de la production céréalière sont bien connus et il est inutile de les répéter ici. Par contre, les raisons qui justifient la préservation de la sauvagine et les avantages qui en découlent sont moins évidents. La sauvagine est une ressource renouvelable précieuse. On ne peut toutefois déterminer la valeur pécuniaire des propriétés esthétiques et de la diversité écologique de cet oiseau. Cependant, rares sont les personnes qui lui refuseraient la place qui lui revient. On peut par contre évaluer de façon tangible les avantages qu'en tirent les gourmets, les chasseurs et les observateurs d'oiseaux. Pour illustrer ce fait, d'après une étude menée en 1982, les Canadiens consacrent annuellement environ 157,8 millions de dollars à la chasse sportive à la sauvagine.

La conservation des populations de canards repose également sur des raisons juridiques et politiques. La responsabilité du gouvernement fédéral dans le domaine de la gestion des oiseaux migrateurs tire son origine de la Convention sur les oiseaux migrateurs signée en 1916 par les États-Unis et la Grande-Bretagne au nom du Canada. En 1917, le Canada a ratifié cette convention par la Loi sur la convention concernant les oiseaux migrateurs qui stipule que le gouverneur général en conseil « peut établir les règlements qui sont jugés convenables pour protéger les oiseaux migrateurs considérés comme gibier, les oiseaux insectivores migrateurs et les oiseaux migrateurs non considérés comme gibier qui vivent au Canada durant la totalité ou une partie de l'année ». Les pouvoirs conférés par cette loi ont permis d'élaborer et de publier le Règlement sur les oiseaux migrateurs et le Règlement sur les refuges d'oiseaux migrateurs. Des plans et des ententes nationales et internationales sur la gestion de la sauvagine viendront ratifier bientôt les modalités du partage des ressources.

Au cours des dernières années, les populations de canards des prairies ont diminué et, malgré que le milieu aquatique ait été plus favorable dernièrement, elles ne se sont pas accrues. Comparé aux années précédentes, le taux de reproduction a été faible. Le fait que certains canards ne font pas de nids et que d'autres les réussissent mal a été attribué aux changements majeurs survenus dans l'habitat naturel de ces oiseaux. En particulier, la conversion des marécages et des hautes terres non exploités en terres cultivées ont supprimé une partie importante des aires de reproduction de la faune. La nidification donne de piètres résultats parce que les nids qui se trouvent dans les îlots et les bandes de protection naturelle qui restent sont vulnérables aux prédateurs comme les corneilles, les mouffettes et les renards. En outre, les nids qui

sont dans des champs cultivés sont exposés à être détruits par les machines agricoles.

Dans les terres agricoles privées, il n'y a plus d'habitats naturels pour la sauvagine ainsi que pour d'autres animaux parce que les agriculteurs sont peu enclins à les conserver étant donné qu'ils obtiennent rarement en retour des avantages concrets. Ils considèrent peut-être même que toute terre non cultivée ou labourée est improductive et représente une perte pour le propriétaire. Cette notion est soutenue par le fait que la Commission canadienne du blé établit les contingents de livraison de grains d'après les surfaces cultivées. L'agriculteur peut donc être pénalisé si sa terre n'est pas cultivée.

La hausse des coûts d'exploitation et les nouvelles techniques contribuent également à détruire le milieu naturel de la faune dans les exploitations agricoles privées. Les champs dont la régularité est interrompue par des trous ou des îlots de marécage ne se prêtent pas bien au travail accompli par de grosses machines ni à l'installation de systèmes d'irrigation. Cette raison peut suffire à justifier un drainage ou un labour. En outre, l'équipement moderne et les nouvelles techniques facilitent le défrichement de la terre et le drainage des fondrières. Le rendement relativement faible par rapport à l'importance du montant d'argent investi pour la terre et le matériel incite également les propriétaires à pratiquer la culture intensive. C'est ainsi que par élimination graduelle, les habitats naturels de la faune dans les terres agricoles des prairies disparaissent.

Si l'on veut renverser cette tendance, il faudra trouver des façons de préserver l'habitat naturel qui soient acceptables pour les agriculteurs. Si on leur proposait un choix avantageux, je crois que la plupart des propriétaires décideraient de ne pas drainer ni labourer ce qu'il reste des terres sauvages. La plupart d'entre eux, sinon tous, apprécie la diversité du paysage et la faune qui y habite. La richesse de la faune joue probablement un rôle plus grand dans la vie des gens de la campagne que dans celle de tout autre segment de la société. Toutefois, la valeur esthétique à elle seule ne sauvera pas ces terres sauvages; il faut aussi des avantages concrets à offrir aux agriculteurs.

On a proposé plusieurs façons de préserver l'habitat naturel de la faune dans les fermes en offrant des incitations économiques directes. Les règlements sur l'impôt foncier constituent un mécanisme utile pour influencer les pratiques



Figure 2 Le défrichage détruit l'habitat naturel de la faune

Figure 2 Land clearing destroys wildlife habitat



Figure 3 Wetlands are drained to make room for more crops

While I have stressed some rather direct ways that benefits could be conferred on farmers who retain wildlife habitat, maintaining such areas can be valid agricultural land use in itself. For example, wetland drainage is not always beneficial in the long term. It can contribute to downstream flooding and, in some cases, impair groundwater recharge. Shelterbelts and aspen groves reduce soil drifting, help to conserve moisture, and provide habitat for numerous insect-eating birds.

Altering certain farming practices could benefit both agriculture and wildlife. To illustrate, zero tillage, with a concomitant reduction in summerfallow, would help to rebuild impoverished soils and at the same time provide more cover for nesting ducks and other birds. Similarly, where it can be grown, winter wheat provides better cover than spring-planted grains.

The opportunities for producing ducks and other wildlife on private farmlands are there. But it will require some changes in land-use policies and philosophies. We need policies that consider wildlife an integral part of the ecosystem. Methods are needed that will defray the costs of producing wildlife and wildlife-oriented recreation on private farmlands. Finally, it is well to remember that agricultural practices which are good for the land are also usually good for wildlife.

Additional Reading

Fogarty, J.P., J.E. Marshall and A.J. Jacquemot. 1982. Economics of Canadian waterfowl. Unpublished report, Policy and Economics Branch, Environment Canada. 61 pp.

Higgins, K.F. 1977. Duck nesting in intensively farmed areas of North Dakota. *Journal of Wildlife Management* 41:232-242.

Linder, R.L. and D.E. Hubbard. 1982. Wetland values in the prairie pothole region of North America. Pages 27-39 in *Proceeding of Great Plains Agricultural Council*. North Platte, NE, June 7-9, 1982. 81 pp.

Figure 3 On draine les marécages pour agrandir les surfaces cultivables

Kennedy, K. 1980. Living wild on prairie farms. *Nature Canada* 9:41-53.

Ryder, J.P. and D.A. Boag. 1981. A Canadian paradox — private land, public wildlife: can it be resolved? *Canadian Field-Naturalist* 95:35-38.

Sugden, L.G. 1984. The waterfowl resource of the Canadian Plains. *Prairie Forum* 9:in press.

Sugden, L.G. and G.W. Beyersbergen. 1984. Farming intensity on waterfowl breeding grounds in Saskatchewan parklands. *Wildlife Society Bulletin* 12:22-26.

Zittlau, W.T. 1979. An environmental assessment of agricultural practises and policies: implications for waterfowl habitat management. Natural Resource Institute, University of Manitoba, Winnipeg, 282 pp.

Dr. Sugden is a research scientist with Environment Canada, Canadian Wildlife Service, Prairie Migratory Bird Research Centre, Saskatoon, Saskatchewan.

d'utilisation des terres. Même si les terres que l'on qualifie de non améliorées sont souvent évaluées selon un taux différentiel, ce dernier se perd souvent dans le taux moyen de sorte que le contribuable perçoit les terres inutilisées comme un passif. En outre, il semble qu'il n'y ait pas de terres exemptes d'impôt. La Loi de l'impôt sur le revenu n'offre pas non plus d'encouragement sous forme d'exonération fiscale pour les terres non améliorées et, au contraire, prévoit des dégrèvements pour le coût de « l'amélioration » de ces terres.

Le système de contingentement de la Commission canadienne du blé encourage les agriculteurs à labourer et à drainer leurs terres puisque les nouvelles surfaces « améliorées » peuvent être utilisées pour faire augmenter le contingent de livraison de grains. Toutefois, la productivité de ces surfaces n'est pas élevée. Plusieurs auteurs ont recommandé que les règlements appliqués à cet effet par la Commission canadienne du blé soient modifiés de façon à ce que les agriculteurs ne soient plus encouragés à cultiver ces terres.

On a également suggéré des droits d'utilisation comme autre moyen financier d'encourager la préservation de l'habitat de la faune. De cette façon, les chasseurs, les observateurs d'oiseaux et autres paieraient le propriétaire pour le privilège d'utiliser les endroits qu'il a conservés pour la faune. La perception des droits pourrait être incorporée à la structure de taxation et le montant, déterminé par la nature et l'importance de l'habitat naturel. Ces droits pourraient permettre en compensation des coûts encourus par les propriétaires fonciers lorsqu'ils permettent au public d'accéder à leur terrain.

J'ai parlé des façons dont les agriculteurs pourraient bénéficier directement de la conservation du milieu naturel de la faune, mais la conservation de ces habitats peut en elle-même être une utilisation valable des terres agricoles. Par exemple, le drainage des marécages n'est pas toujours avantageux à long terme. Cette mesure peut provoquer des inondations en aval, et dans certains cas empêcher que l'eau souterraine se renouvelle. Les coupe-vent et les bosquets de peupliers empêchent l'érosion du sol, aident à conserver l'humidité et servent de refuge à de nombreux oiseaux insectivores.



Figure 4 Les petits marécages dans les champs peuvent nuire à l'installation de systèmes modernes d'irrigation

Figure 4 Small wetlands in fields can get in the way of modern irrigation systems

La modification de certaines pratiques culturelles pourrait être avantageuse tant pour l'agriculture que pour la faune. Par exemple, la culture sans labour et la réduction concomitante des jachères aideraient à enrichir les sols appauvris et en même temps offriraient plus de protection aux nids de canards et d'autres oiseaux. Par ailleurs, dans les endroits où elle est praticable, la culture du blé d'hiver offre plus de protection que les céréales semées au printemps.

Il est possible de favoriser la multiplication des canards et d'autres espèces sur les terres agricoles. Mais pour y arriver, il faudra modifier les politiques et les philosophies relatives à l'utilisation des terres de sorte que la faune soit considérée comme faisant partie intégrante de l'écosystème. Il est aussi nécessaire de mettre au point des méthodes qui permettront de défrayer les coûts de conservation de la faune et des activités récréatives liées à la faune dans les terres agricoles privées. Enfin, il faut se rappeler que les pratiques agricoles qui sont avantageuses pour les terres le sont ordinairement aussi pour la faune.

Bibliographie

J.P. FOGARTY, J.E. MARSHALL et A.J. JACQUEMOT. *Economics of Canadian Waterfowl*. Rapport non publié de la Direction générale des politiques et de l'économie, Environnement Canada, 61 pages.

HIGGINS, K.F. "Duck Nesting in Intensively Farmed Areas of North Dakota", dans *Journal of Wildlife Management* n° 41, 1977, p. 232-242.

LINDER, R.L. et D.E. HUBBARD. "Wetland Values in the Prairie Pothole Region of North America", dans *Proceedings of Great Plains Agricultural Council*. North Platte, NE, 7-9 juin, 1982. p. 27-39.

KENNEDY, K. "Living Wild on Prairie Farms", dans *Nature Canada*, n° 9, 1980, p. 41-53.

RYDER, J.P. et D.A. BOAG. "A Canadian Paradox — Private Land, Public Wildlife: Can it Be Resolved?", dans *Canadian Field-Naturalist*, n° 85, 1981, p. 35-38.

SUGDEN, L.G. "The Waterfowl Resource of the Canadian Plains", dans *Prairie Forum*, n° 9. Sous presse.

SUGDEN, L.G. et G.W. BEYERSBERGEN. "Farming Intensity on Waterfowl Breeding Grounds in Saskatchewan Parklands", dans *Wildlife Society Bulletin*, n° 12, 1984, p. 22-26.

ZITTLAU, W.T. *An Environmental Assessment of Agricultural Practices and Policies: Implications for Waterfowl Habitat Management*, Natural Resource Institute, Université du Manitoba, Winnipeg, 1979, 282 p.

Lawson G. Sugden est un spécialiste du Centre de Recherches sur les oiseaux migrateurs des Prairies à Saskatoon (Sask.). Ce centre fait partie du Service canadien de la faune d'Environnement Canada.

Use of wastewater for irrigation

Y.W. Jame

All wastes produced must be returned to the environment. Prairie cities and towns usually disposed of the effluent from their sewage lagoons by periodic discharge into the nearest stream. This type of disposal generally reduces the water quality for downstream users. Thus environmental agencies have urged prairie communities to upgrade their wastewater treatment.

Several methods can be used for upgrading of municipal sewage. On the Prairies where irrigation is needed to boost crop production and water supplies are rather scarce, crop irrigation with lagoon effluent is considered to be the most logical, practical and cost-effective treatment. With effluent irrigation both the nutrients and the water are used for food production while providing effective treatment and safe disposal.

However, if effluent disposal by recycling through agriculture is to gain public acceptance, the absence of health hazards for men and animals must be demonstrated. It is also essential that the irrigated soil will not deteriorate and does remain highly productive.

At the Swift Current Research Station, various aspects of effluent irrigation have been studied since 1973. The results indicate that properly managed irrigation of crop with effluent is practically free of bacteriological health hazards under prairie weather conditions. Acting as a "living filter", the soil very effectively removed chemicals and micro-organisms from the effluent as it percolated through the profile. Thus

the quality of leachates was well within acceptable limits.

Soil salinity was a major concern because of high salt content in the sewage lagoon. However, the results from pilot studies showed that over-irrigation by 10-15% above the crop need provides sufficient leaching to maintain a favorable salt balance in the root zone. Excellent yields of high quality crops have consistently been obtained with effluent irrigation. Crop production is boosted as the effluent provides substantial amounts of N, P, K, S and micronutrients to supplement those plant nutrients supplied by the soil.

Based on the positive results from the pilot study, four farmers have been irrigating a 350-ha site with Swift Current effluent since 1978. All the effluent is used for crop irrigation and the City has not had to discharge any into the creek.

The effluent irrigation project at Swift Current has also acted as a "catalyst" to speed up the adoption of wastewater irrigation by other Prairie communities as an economically feasible and environmentally safe alternative to the traditional dumping of sewage effluent into nearby streams. Thus, sewage, traditionally considered a civic nuisance, has become a valuable resource for agriculture.

In response to the growing interest in wastewater irrigation, a technical working group, including several provincial and federal agencies, was established to prepare a comprehensive information manual. This information manual will provide a source of technical data and guidelines for those considering or planning the application of treated municipal wastewater and sludge to land. The manual is available from Environment Canada, EPS, Ottawa, Ontario.

Dr Jame is a forage irrigation specialist at Agriculture Canada Research Station, Swift Current, Sask.

Monarda for geraniol production

H.H. Marshall and B.B. Chubey

Monarda was named after Nicolas Monardes, a Spanish physician, who published on medical plant products, many from the New World, in the late 16th century. The genus of about 15 species is known from Mexico through most of the United States to the prairies of western Canada. Monarda is fairly closely related to *Mentha*, or mint, and *Salvia*, or sage. The genus divides into two subgenera *Monarda* and *Cheilyctis* on botanical characters and chromosome counts. *Monarda citriodora* of the last subgenus has been grown for an oil rich in thymol. A few species and hybrids of the largest subgenus *Monarda* have been grown as garden flowers or occasionally as herbs.

Monarda herbage has a strong flavor and scent due to the presence of oil glands in all plant parts. The type of oil varies widely and nearly 30, mostly terpenes and usually in mixtures

of several kinds, have been identified in different species and selections. Linalool, thymol, carvacrol, p-cymene, limonene or linalyl acetate are prominent in certain clones and geraniol in a form found in Manitoba. The native geraniol race may have up to 1% of green weight in total oils, of which over 90% is geraniol.

Propagation

The native forms are less easily propagated and do not respond as well to cultivation as garden hybrids such as 'Souris' (*M. fistulosa* var. *menthaefolia*, thymol race × *M. didyma* 'Cambridge Scarlet'). Diploid seedlings from this cross have varied widely in flower color, herbage scents and in other characters. A true breeding diploid seed line seems improbable but they give a wide range of types for selection. 'Souris' and other selections treated with colchicine have given tetraploid lines with larger leaves and flowers which are fertile and of a much more uniform type when grown from seed. Diploid × tetraploid can be used to produce tall, vigorous,

Utilisation des eaux usées pour l'irrigation

Y.W. Jame

Tous les déchets produits doivent être retournés dans l'environnement. Dans les Prairies, les villes éliminent habituellement l'effluent de leurs bassins d'épuration en le déversant régulièrement dans le cours d'eau le plus près. Ce mode d'évacuation a généralement pour effet de réduire la qualité de l'eau pour les utilisateurs situés en aval. C'est pourquoi, les organismes de protection de l'environnement incitent les collectivités des Prairies à améliorer le traitement de leurs eaux usées.

Il existe plusieurs méthodes d'épuration des égouts municipaux. Dans les Prairies, où l'irrigation est nécessaire pour soutenir la production agricole et l'eau, par contre, assez rare, l'irrigation des cultures par le déversement de l'effluent des bassins d'épuration est considérée comme la solution à la fois la plus logique, pratique et rentable. En effet, elle présente deux avantages : d'une part, les substances nutritives et l'eau servent à la production alimentaire et, d'autre part, on dispose ainsi d'un traitement efficace et d'un mode d'élimination sûr des eaux usées.

Cependant, si l'on veut que la population accepte l'élimination de l'effluent par recyclage en agriculture, il faut lui prouver que cela ne présente aucun danger pour la santé des gens et des animaux. Il importe aussi que le sol irrigué ne se dégrade pas et qu'il demeure très productif.

À la Station de recherches de Swift Current, on étudie divers aspects de l'irrigation par déversement de l'effluent urbain depuis 1973. Les résultats des expériences révèlent qu'à condition d'être bien aménagée, l'irrigation des cultures par effluent ne pose pratiquement aucun danger bactériologique pour la santé dans les conditions climatiques des Prairies. Agissant comme un "filtre vivant", le sol retient très efficacement les produits chimiques et les micro-organismes pendant que l'effluent en traverse le profil. Par conséquent, la qualité des percolats se situe bien à l'intérieur des limites acceptables.

Les chercheurs craignaient, au début de leurs travaux, que la salinité du sol n'augmente, étant donné la concentration élevée en sels du bassin d'épuration. Cependant, selon les résultats d'études pilotes, un arrosage par excès dépassant de 10 à 15 % les besoins des cultures assurerait un lessivage suffisant pour maintenir un bilan de salinité favorable dans la rhizosphère. L'irrigation par le déversement des effluents a toujours produit des cultures de rendements élevés et de haute qualité. En effet, le rendement augmente parce que les effluents libèrent une quantité substantielle d'azote, de phosphore, de potassium, de soufre et d'oligo-éléments qui s'ajoutent à ceux qui sont déjà présents dans le sol.

Encouragés par les résultats de l'étude pilote, quatre agriculteurs irriguent 350 ha avec l'effluent de Swift Current, depuis 1978. Et comme tout l'effluent sert à l'irrigation des cultures, la ville n'a jamais rien eu à déverser dans la rivière de cette collectivité.

Le projet d'irrigation par déversement de l'effluent de Swift Current a aussi agi comme "catalyseur" puisqu'il a favorisé l'adoption de l'irrigation avec eaux usées par d'autres agglomérations des Prairies. Ces dernières considèrent maintenant cette méthode comme une solution de rechange — économiquement faisable et sûre pour le milieu — au déversement traditionnel des eaux d'égout dans les cours d'eau voisins. Ainsi, les égouts, que l'on avait toujours considérés comme une nuisance dans la société, deviennent une ressource appréciable pour l'agriculture.

Devant l'intérêt croissant suscité par l'irrigation avec eaux usées, un groupe de travail technique, qui comprend des représentants de plusieurs organismes provinciaux et fédéraux, a été constitué afin de préparer un manuel détaillé d'information. Ce dernier contiendra des données techniques et fournira des conseils à l'intention de ceux qui envisagent ou planifient le traitement des terres avec des eaux usées et des boues d'épuration traitées. On peut obtenir le manuel en s'adressant au Service de conservation de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa (Ont.).

Y.W. Jame est un spécialiste de l'irrigation à la Station de recherches d'Agriculture Canada, à Swift Current, Sask.

La monarde pour la production de géraniol

H.H. Marshall et B.B. Chubey

C'est un médecin espagnol de la fin du XVI^e siècle, Nicolas Monardes, auteur d'ouvrages sur les plantes médicinales dont plusieurs originaires du Nouveau Monde, qui a donné son nom à cette plante qui compte quelque 15 espèces. Répandue dans toute l'Amérique du Nord, depuis le Mexique et la plupart des États américains jusqu'aux Prairies de l'Ouest canadien, la monarde s'apparente de près à la menthe (*Mentha*) et à la sauge (*Salvia*). Le genre se divise en deux sous-genres, *Monarda* et *Cheilyctis* selon les caractères botaniques et le nombre de chromosomes. Au premier sous-genre le plus important, appartiennent la *Monarda citriodora*, cultivée pour l'huile riche en thymol qu'on en retire, et diverses espèces et hybrides cultivés comme plantes florales ou, parfois, officinales.

Le plant de monarde a une saveur prononcée et exhale une odeur pénétrante due à ses multiples glandes oléifères. L'huile peut varier considérablement et l'on a pu en identifier près de 30 sortes, principalement des terpenes, le plus souvent en plusieurs sortes de mélanges, parmi les différentes espèces et sélections. Certains clones contiennent surtout du linalol, thymol, carvacrol, p-cymène, limonène ou acétate linalyque; une forme qu'on trouve au Manitoba contient du géraniol. La lignée indigène peut contenir jusqu'à 1 % de son poids en vert en huiles totales, dont plus de 90 % de géraniol.

Les formes indigènes se multiplient plus difficilement et répondent moins bien aux pratiques culturales que les hybrides de jardin comme le "Souris" (*M. fistulosa*, var. *menthaefolia*, lignée thymol × *M. didyma* "Cambridge Scarlet"). Les plantons diploïdes issus de ce croisement diffèrent sensiblement par la couleur des fleurs, l'arôme des parties herbacées, et d'autres caractères. Il semble peu probable que l'on puisse obtenir des semences de lignée diploïde génétiquement pures mais elles offrent un vaste choix de types à sélectionner. "Souris" par exemple, ainsi que d'autres sélections traitées à la



sterile triploid selections. Breeding has produced a wide range of hardy types into which the dominant geraniol gene is easily incorporated.

A method of seed propagation would be a familiar process for our growers but segregation among seedlings seems to limit this method except as a breeding tool. Certain tetraploid lines might be sufficiently uniform in quality and have suitable seed characteristics. Monarda seeds have a high oil content similar to linseed oil and, like other oily seeds, are easily damaged in threshing. Tetraploid lines have approximately 1300 seeds per gram, while wild forms are similar in seed weight to summer savory at 2200-2300 per gram. Seed stored in a dry state over winter germinate in about a week and are capable of vigorous early growth.

Two methods of vegetative propagation are effective with Monarda, which produces a large number of stolons 20 to 50 cm in length in the fall. The crown can be divided in various size pieces but the most effective for large scale increase is into single stolon divisions in late April or early May. Stolon divisions are made by cutting about 7 cm from the end of each stolon. These are pricked off into flats of soil with only a small part of the growing point exposed and grown under moderate temperatures in a greenhouse for about 1 month using care similar to that used for bedding plants.

Another method is taking cuttings in late May or early June. The cuttings root without hormone treatment in 10-14 days in a porous medium under intermittent mist and are ready for field planting in 3-4 weeks. As summer progresses, cuttings root and grow less well until by late July they are difficult to root.

Monarda planted in May or June becomes well established in the first year and remains productive for 5 to 7 years. It grows best on fertile well drained soils, tolerates drought but does not tolerate flooded, poorly drained or saline soils. Weeds can be controlled by the same herbicides that are used in mint production.

Geraniol Content

Volatile oils are found in all parts of the Monarda plant but they are much more plentiful in the flower heads, flowers and leaves than in stems and roots. Geraniol concentration is high

in all parts but decreases slightly from flowers through stems, heads and leaves. Monarda plants contain the highest amount of oil at flowering time about the middle of July. The oil is extracted from Monarda by steam distillation using the same process and equipment as used for harvesting dill, which matures a month later. The crop is cut with a forage harvester and blown into special closed steel wagons. Steam is introduced through a steam fitting in the bottom of the wagon, passes up through the chopped plants to a condenser. The resulting water and oil mixture is separated in a special tank by floatation.

Monarda plants grow vigorously to about one meter in height so the production of green matter per acre is moderately high. Test plots in 1982 were harvested to indicate potential yield of a full stand. Differences due to harvest dates were significant and showed mainly that at June 17 plants were immature and that on July 19 yields had declined because of leaf loss mainly due to rust. Mean green weight per plot was 16,040 kg/ha while mean oil production was 125.1 kg/ha with a maximum of 154.1 kg/ha.

The Morden Monarda selection produces an oil which is one of the most pure forms of geraniol in the world. The quality has been consistent when harvested at different times and under different conditions. Laboratory extracted samples frequently exceed 94% geraniol where larger samples from the pilot or commercial stills have analyzed around 91% geraniol over a 7 year period.

High geraniol Monarda appears to have some advantages when compared with current sources of geraniol. It seems to be much more productive than palma rosa grass which is nearest in quality. The geraniol content far exceeds that of geranium oil and synthetic geraniol. A market has not been identified to date but the fragrance industry has shown a considerable interest. Production problems include rust, an unidentified virus-like disease and difficulty in controlling a few weed species. Mildew and three insect species have been observed on Monarda but have caused only minor damage. Solutions to some of these problems seem close.

Drs. Marshall and Chubey are research scientists at Agriculture Canada Research Station, Morden, Manitoba

colchicine, ont produit des lignées tétraploïdes à feuilles et à fleurs de plus grandes dimensions, qui sont fertiles et d'un type beaucoup plus uniforme quand elles sont cultivées directement à partir de la semence. On peut obtenir des sélections triploïdes stériles, vigoureuses et de taille élevée par croisement diploïde \times tétraploïde. On a pu produire ainsi toute une gamme de types rustiques auxquels on peut incorporer facilement le gène dominant du géraniol.

La multiplication par semences conviendrait bien aux producteurs mais la disjonction que l'on rencontre dans les semis paraît devoir restreindre cette méthode aux travaux de sélection. Certaines lignées tétraploïdes seraient peut-être de qualité assez uniforme, avec des graines aux caractéristiques satisfaisantes. Les graines de monarde ont un contenu oléique élevé, comparable à celui de la graine de lin. Comme d'autres graines oléagineuses elles sont facilement endommagées au battage. Les lignées tétraploïdes donnent environ 1300 graines par gramme alors que pour les formes sauvages ce poids est équivalent à celui des plantes aromatiques d'été, soit 2200 à 2300 par gramme. Les graines conservées à l'état sec durant l'hiver germent après une semaine et les plantons poussent rapidement et vigoureusement.

Pour la monarde, on peut recourir à deux méthodes efficaces de multiplication végétative. Les plants émettent en automne un grand nombre de stolons de 20 à 50 cm de longueur. On peut sectionner le collet en fragments de diverses grosseurs, mais le meilleur procédé pour une multiplication à grande échelle consiste à diviser chaque stolon séparé à la fin d'avril, début de mai. Pour ce faire, on sectionne les stolons à 7 cm environ de leur extrémité. Ces boutures sont ensuite repiquées sur lit de bouturage, seule la pointe de la pousse dépassant, et elles restent ainsi un mois en serre sous température modérée, recevant les mêmes soins que toute autre plante repiquée.

Une autre méthode consiste à prélever les boutures à la fin de mai ou au début de juin. Placées dans un milieu de culture poreux sous nébulisation intermittente, elles s'enracinent sans hormones en 10 à 14 jours et sont prêtes à être transplantées au champ après 3 ou 4 semaines. À mesure que l'été s'avance, les boutures prennent plus difficilement racine et se développent moins; à la fin de juillet l'enracinement se fait mal.

La monarde mise en terre en mai et juin s'implante bien dès la première année et produit pendant 5 à 7 ans. Elle se développe mieux en sols fertiles et bien drainés, supporte la chaleur mais ne résiste pas dans les terres inondées, salines ou mal drainées. On combat les mauvaises herbes à l'aide des mêmes herbicides que pour la menthe.

Le plant entier de monarde contient des huiles volatiles, qui sont surtout abondantes dans les sommités florales, les fleurs et les feuilles, plus que dans les tiges et les racines. La concentration de géraniol est élevée dans toutes les parties de la plante mais va en diminuant quelque peu des fleurs aux tiges et des inflorescences aux feuilles. La teneur en huiles atteint son plus haut point à l'époque de la floraison, à la mi-juillet. L'extraction de l'huile s'effectue par distillation à la vapeur, suivant le même procédé et à l'aide du même équipement que pour la récolte de l'aneth odorant qui mûrit un mois plus tard. La récolte est fauchée avec un coupe-fourrage et soufflée dans des fourragères spéciales fermées, en tôle d'acier. On introduit de la vapeur par un raccord situé au fond de ces caissons et celle-ci traverse la masse végétale hachée pour parvenir à un condenseur. Le mélange d'eau et d'huile ainsi obtenu est séparé ensuite par flottation dans un réservoir.

Les plants de monarde se développent vigoureusement jusqu'à un mètre de hauteur environ, et la production de végétation à l'hectare est donc relativement élevée. En 1982, on a récolté des parcelles d'essai pour constater les rendements que l'on pourrait espérer d'un peuplement complet. Les différences attribuables aux dates de récolte ont été importantes. On a noté, par exemple, qu'au 17 juin les plants n'étaient pas mûrs et que le 19 juillet les rendements avaient baissé par suite d'une chute des feuilles causée principalement par la rouille. Le poids moyen en vert par parcelle s'est élevé à 16 040 kg/ha, et la production moyenne d'huile a été de 125,1 kg/ha, le maximum atteignant 154,1 kg/ha.

La sélection Morden de monarde produit une forme de géraniol qui est l'une des plus pures huiles de ce genre, et dont la qualité s'est constamment maintenue malgré les différentes époques et conditions de la récolte. Les prélèvements effectués en laboratoire indiquent fréquemment à l'analyse plus de 94 % de géraniol, tandis que des échantillons plus considérables provenant d'installations pilotes ou commerciales de distillation ont dosé, à l'analyse, 91 % de géraniol, environ, pendant une période de sept années.

La monarde à forte teneur en géraniol semble offrir quelques avantages comparativement aux autres sources de cette huile. Son rendement paraît sensiblement supérieur à celui du palma rosa, qui s'en rapproche le plus pour la qualité. La teneur en géraniol dépasse de loin celle de l'huile de géranium et du géraniol synthétique. Jusqu'à présent aucun marché ne s'est encore révélé mais l'industrie des parfums a manifesté beaucoup d'intérêt. Les problèmes de production comprennent la rouille, une maladie de type viral, non identifiée, et certaines mauvaises herbes difficiles à combattre. On a observé sur la monarde la présence de mildiou et de trois espèces d'insectes, qui n'ont causé que peu de dommages. Il semble qu'on soit près de trouver la solution de ces problèmes.

Les auteurs travaillent pour Agriculture Canada à la Station de recherches de Morden (Manitoba).

Canada 