

L'épopée du mildiou de la pomme de terre (1845-1995)

Jean Semal

Alors même que la FAO (Organisation pour l'alimentation et l'agriculture) voyait le jour en 1945 à Québec en tant qu'Agence des Nations unies, un siècle venait de s'écouler depuis l'introduction et le développement explosif, sur l'ensemble de la planète, de la maladie la plus épidémique qui ait jamais affecté la pomme de terre, en détruisant cette culture avec une intensité sans précédent. Appelée « mildiou » vers 1880, par analogie avec le mot anglais *mildew*, cette affection est causée par un champignon qui porte aujourd'hui le nom de *Phytophthora infestans* Mont. de Bary. Le genre *Phytophthora* (qui détruit les plantes) fut créé en 1876 par le botaniste allemand Henrich Anton de Bary dont la famille, d'origine wallonne, avait fuit les persécutions religieuses et s'était installée outre-Rhin. Quant au nom *infestans*, il fut inventé en 1845 par le Français Camille Montagne, qui imposa ce vocable à la science alors que certaines péripéties de vocabulaire avaient antérieurement affublé le champignon en cause des doux noms de *fallax* et de *vastatrix*. L'intérêt d'évoquer aujourd'hui les événements de 1845 tient tout d'abord à la richesse des enseignements que l'on peut en retirer tant dans le domaine de la déontologie scientifique que dans celui des rapports entre la science et la société, dans un contexte de crise socio-économique majeure, ce qui est toujours actuel. Par ailleurs, telle une éruption réveillant

un cratère endormi, la problématique mondiale du mildiou de la pomme de terre connaît, depuis les années 1980, une remise en cause fondamentale liée à une nouvelle invasion planétaire par des souches particulières et encore mal connues du parasite.

En fait, ce qui s'est passé en 1845 a déclenché un scénario épidémique qui s'est reproduit depuis en maintes circonstances avec d'autres agents pathogènes des plantes et qui a récidivé récemment sous nos yeux pour le *P. infestans*, sans que la science en ait eu conscience dans un premier temps.

La rapidité et l'ampleur de l'épidémie de 1845, ainsi que le caractère spectaculaire et dramatique de ses conséquences sociales, économiques et politiques au cours des années ultérieures, allaient conférer un aspect effrayant à la maladie des pommes de terre, d'où son nom de « choléra » donné à l'époque par analogie avec le fléau qui décimait régulièrement les populations humaines.

Importée en Europe sans mildiou au XVI^e siècle, la pomme de terre y était demeurée indemne de cette maladie pendant plus de 200 ans. Comment expliquer dès lors l'explosion de 1845 résultant de l'introduction récente de son agent causal ? C'est très vraisemblablement le progrès technique qui serait en cause : l'accroissement de la vitesse des navires grâce à la machine à vapeur (auparavant, les tubercules infectés pourrissaient pendant la traversée), l'intensification du trafic de guano en provenance du Pérou et du Chili pour les besoins de la fumure azotée des cultures, l'introduction récente de nouveaux tubercules destinés à « régénérer » les anciennes variétés européennes atteintes de dégénérescence

(dont nous savons aujourd'hui qu'elle était d'origine virale). C'est ainsi que, en 1843, le Conseil Provincial de la province belge de Flandre Occidentale avait voté un subside de 5 000 francs-or pour favoriser l'importation de tubercules de semences en provenance d'Amérique du Sud.

Sur le plan scientifique, en cette ère pré-pastorienne, on vit s'affronter, dans l'explication d'un phénomène nouveau certes, mais relativement aisé à observer et à expérimenter, d'une part, les nombreux tenants de la génération spontanée des microbes et de l'origine climatique des maladies, qui dominaient les cénacles de l'époque, et, d'autre part, quelques rares observateurs marginaux qui, bravant les quolibets de leurs collègues et risquant le devenir de leur carrière, osaient prétendre au caractère contagieux et infectieux du « choléra de la patate ». Seuls contre tous, ils allaient attribuer à un champignon microscopique et aux nombreux germes qu'il émettait la cause de la maladie et la rapidité de son extension dans le temps comme dans l'espace.

La maladie des pommes de terre : chronologie des événements

C'est au cours de la dernière semaine de juin 1845 que les premiers dégâts de la maladie des pommes de terre furent

J. Semal : Faculté des sciences agronomiques, 2 passage des Déportés, B 5030 Gembloux, Belgique.

Tirés à part : J. Semal

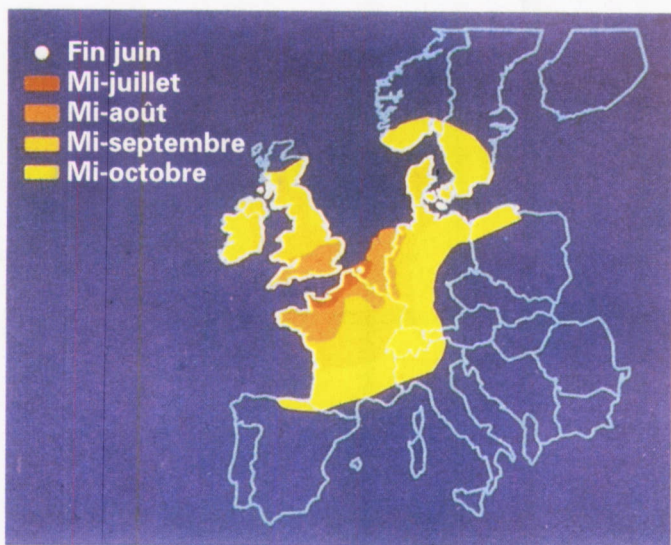


Figure 1. Développement du mildiou de la pomme de terre en Europe en 1845 (d'après Bourke [3]).

Figure 1. Development of potato late blight in Europe, 1845.

observés aux environs de la ville de Courtrai, dans les Flandres belges. À la mi-juillet, toutes les Flandres, belges comme françaises, étaient contaminées et à la mi-août, la Bretagne, le Bassin parisien, la Hollande, la Prusse rhénane et le sud de l'Angleterre étaient atteints (figure 1) [1, 2]. À la mi-octobre 1845, l'épidémie, en voie d'essoufflement, englobait la France jusqu'aux Alpes et aux Pyrénées, la Suisse, le nord de l'Italie, l'Allemagne, le Danemark, le sud de la péninsule scandinave ainsi que la quasi-totalité de la Grande-Bretagne et de l'Irlande, causant sur son passage de lourdes pertes de récoltes, dont les tubercules survivants allaient pourrir lors du stockage hivernal. En trois mois, les conditions de production et de conservation d'une nourriture de base (dont Louis XVI disait qu'elle était le pain des pauvres) avaient été bouleversées de fond en comble en Europe, par une affection progressant à la vitesse de 200 à 300 kilomètres par mois. C'est l'abbé Edouard Van den Hecke, un Belge occupant les fonctions de vicaire général, adjoint à l'évêque de Versailles, qui, le premier, présenta une description détaillée et une interprétation circonstanciée du phénomène. Mycologue amateur de renom, l'abbé Van den Hecke, en traversant la zone des premiers foyers lors d'une visite au pays natal, avait été frappé par le noircissement inhabituel du feuillage des pommes de terre. Il avait prélevé des échantillons dont l'observation au microscope allait révéler la présence, sur les feuilles brunies, d'un champignon microscopique du type des

mucédinées (c'est-à-dire présentant des fructifications claires), ressemblant aux représentants connus du genre *Botrytis*. Dans sa livraison du 31 juillet 1845, le quotidien belge *L'Organe des Flandres*,

publié à Gand (figure 2), imprimait en première page un article non signé où le savant religieux décrivait avec une précision parfaite la morphologie des filaments et des fructifications du micromycète. Il y insistait sur le grand nombre de germes et sur les modalités de leur éjection dans l'air, ce qui, à ses yeux, aurait pu être à la base de contaminations nombreuses. Sans pouvoir affirmer positivement que cette mucédinée était la cause de la maladie, faute de temps pour pouvoir réaliser les expériences *ad hoc*, l'abbé concluait cependant que tout portait à le croire. Son but était dès lors d'attirer l'attention des agronomes sur ce point si intéressant. Bien que, dès ce moment, tout ait été correctement vu, interprété et publié par un naturaliste amateur, la maladie des pommes de terre allait nourrir une controverse scientifique d'une rare violence, comparable à celles qui, de nos jours, ont concerné la mémoire de l'eau ou les problématiques liées au Sida. De nombreux scientifiques belges, français ou britanniques se livrèrent à cette occasion à une joute sans merci, où la



Figure 2. Page de garde du quotidien *L'Organe des Flandres* du 31 juillet 1845 (cliché J. Semal).

Figure 2. Front page of the *Organe des Flandres* newspaper of 31st July, 1845.

psychologie individuelle, les relations interpersonnelles et les positions sociales semblent avoir prévalu sur la déontologie scientifique, laquelle commande rigueur des observations et sérénité des interprétations.

Après l'hiver de 1845-1846, l'épidémie allait reprendre vigueur, mais en se déroulant bien différemment de celle de l'année précédente, pour des raisons à la fois climatiques et chronologiques.

En 1845, alors que le climat européen chaud et humide avait grandement favorisé l'explosion du mildiou de la pomme de terre, l'Irlande avait été atteinte tardivement et les dégâts y avaient été moins prononcés qu'en Angleterre et en Europe continentale. En revanche, en 1846, alors que tout promettait une récolte record au vu du développement précoce des cultures dans l'Île Verte, la maladie s'y déchaîna, détruisant les champs et provoquant la pourriture ultérieure des tubercules qui avaient pu être récoltés, alors que, au contraire, l'Angleterre était relativement épargnée. Cette violence particulière du mildiou en Irlande est peut-être liée à la quasi-monoculture de pomme de terre qui s'était développée dans ce pays et qui aurait accru la rapidité d'extension de l'épidémie. La distorsion entre les situations anglaise et irlandaise allait fausser l'évaluation des événements par le gouvernement de Londres, retardant d'autant l'organisation de secours qui eussent pu limiter la famine et les maladies qui allaient accabler, puis décimer, les Irlandais à partir de 1846, provoquant leur émigration massive vers les États-Unis où ils allaient retrouver la maladie des pommes de terre introduite depuis 1843. La situation du mildiou en Irlande a fait l'objet d'une étude magistrale du météorologiste Austin Bourke [3, 4], qui a par ailleurs conduit des recherches approfondies sur la controverse scientifique qui secoua le monde scientifique européen à cette époque.

La controverse scientifique et ses acteurs

L'abbé Van den Hecke étant retourné à l'exercice de ses fonctions sacerdotales, il

Tableau 1

Quelques causes proposées en 1845 pour le mildiou de la pomme de terre et en 1985 pour le dépérissement des forêts

Maladie des pommes de terre 1845	Dépérissement des forêts 1985
Ozone	Ozone
Composés soufrés	Composés soufrés
Excès d'azote	Excès d'azote
Accidents climatiques	Accidents climatiques
Pollutions	Pollutions

Some of the causes proposed for potato blight in 1845 (left) and forest decline in 1985 (right)

revenait aux gens de science d'élucider la nature de la maladie des pommes de terre et de conseiller les mesures à prendre pour y faire face.

La quasi-totalité des représentants des corps constitués, des institutions scientifiques, ainsi que des experts mandatés par les pouvoirs publics, conclurent erronément que le *Botrytis* observé sur les organes des pommes de terre malades était une conséquence et non la cause de l'affection, laquelle aurait été provoquée par des facteurs climatiques, physiologiques, édaphiques, électriques ou chimiques. On évoqua notamment le climat anormalement chaud et humide, l'engorgement des tubercules par l'eau, les excès d'engrais azotés, la fumée des chemins de fer, l'ozone, les vapeurs soufrées des allumettes, la toxicité de nuages délétères : rien n'arrêta l'imagination de ceux qui ne pouvaient concevoir ou admettre que les germes contagieux d'un nouveau parasite aient pu être à l'origine de ce désastre sans précédent.

Soyons modestes cependant : de nos jours, lorsqu'il y a de nouveaux phénomènes incompris, la floraison des explications censées en rendre compte est toujours aussi fournie. C'est ainsi qu'au cours des années 1980, on a assisté à un dépérissement généralisé des forêts de l'hémisphère nord, tant en Europe qu'en Amérique. Des dizaines de théories particulières furent élaborées, sans qu'aucune puisse expliquer l'ensemble des situations observées. Aujourd'hui, on admet généralement qu'un complexe de paramètres climatiques, physiologiques et chimiques, interagissant à l'échelle des décennies, aurait provoqué ce syndrome de dépérissement forestier [5] (tableau 1).

S'agissant du mildiou de 1845, quelques personnages hauts en couleur ont illustré de leur plume et de leur verve la controverse entre les partisans de la théorie des germes (validée ultérieurement) et leurs adversaires. Deux d'entre eux, la Belge Marie-Anne Libert (figure 3) et le Français Camille Montagne (figure 4), ont centré leur intérêt sur l'aspect taxonomique du champignon en cause, tandis que deux autres, le Belge Charles Morren (figure 5) et le Français Joseph Decaisne, allaient se livrer pendant des mois un duel sans merci, le premier défendant la cause parasitaire et le second la récusant formellement [6].

Marie-Anne Libert : une égérie des mycologues

Marie-Anne Libert naquit en 1782 à Malmédy, ville qui, à cette époque, faisait partie de la principauté de Liège, mais qui fut ensuite rattachée à la Prusse par les traités de 1815. Devenue prussienne de nationalité, elle était restée belge de cœur et d'affection. Il fallait la voir, s'écriant en se frappant la poitrine : « Je suis belge, moi : je suis née Belge et je mourrai belge. »

En 1880, l'auteur français Roumeguère constate à son sujet : « La Belgique a le droit incontestable de revendiquer cette femme extraordinaire ; à ce droit près, l'admiration et la reconnaissance ne sauraient être interdites aux autres nations »



M^{lle} LIBERT (Marie-Anne), Mycologue

Figure 3. Portrait de Marie-Anne Libert (d'après J. Semal et al. [6]).

Figure 3. Portrait of Marie-Anne Libert.



Figure 4. Portrait de Camille Montagne (d'après J. Semal et al. [6]).

Figure 4. Portrait of Camille Montagne.



Figure 5. Portrait de Charles Morren (d'après J. Semal et al. [6]).

Figure 5. Portrait of Charles Morren.

Figure 6. Lettre de Marie-Anne Libert publiée dans la *Gazette de Liège* du 19 août 1845 (d'après J. Semal [7]).

Figure 6. Letter from Marie-Anne Libert published in the *Gazette de Liège* on 19th August, 1845.

AU RÉDACTEUR.

Monsieur,
Il n'est bruit aujourd'hui, dans nos contrées, que des ravages qu'un cryptogame de la famille des *byssoidées* fait, à la faveur d'un temps pluvieux, dans les champs cultivés en pommes de terre, et qui semble ne devoir faire grâce à aucune des nombreuses variétés de cette solanée.

Cet infiniment petit *byssoidé*, dont la propagation est si prompte qu'il n'est pas possible de sauver les pieds qui en sont infectés, croit épars sur la surface inférieure des folioles de la *Morelle tubéreuse* (*Solanum tuberosum* Lin.), connue sous le nom vulgaire de pomme de terre. Il naît de préférence sur les feuilles vivantes, tandis que presque toutes ses congénères naissent sur des feuilles et des tiges mortes ou en putréfaction. La surface supérieure des folioles, les nervures principales, les pétioles et les tiges sont épargnés.

Les folioles, attaquées par ce champignon, paraissent, à l'œil nu, comme saupoudrées d'une poussière d'un blanc grisâtre : la surface supérieure offre des taches d'un brun foncé, qui s'étendent à mesure que le *byssoidé* avance à la surface inférieure.

Il n'y a rien de si triste à voir que les champs cultivés en pommes de terre frappés de cette plaie : les tiges sont dépouillées de leurs feuilles, ou ne portent plus que des feuilles arides, noirâtres et recroûlées, ce qui semble, dans cette saison, présager quelque chose de sinistre.

La poussière blanche, dont il est fait mention ci-dessus, examinée au microscope, présente des filaments droits, fermes, rameux, pellucides et cloisonnés; les rameaux sont simples, allongés et disposés en corymbe, portant vers leur sommet des *sporules*, d'abord globuleuses, ensuite ovales, très-grosses en comparaison du diamètre de la tige, remplies de *sporidies* extrêmement menues.

Cette plante appartient au genre *Botrytis*. Elle fut décrite, pour la première fois, en 1832, sur des échantillons desséchés, et sous le nom de *Botrytis farinacea*, par Fries, savant mycologue suédois, dans son *Systema Mycologicum*, vol. III, p. 404. Elle avait été observée se développant sur les feuilles vivantes de plusieurs Arroches (*Atriplex*).

À la vue du dégât que cette plante malfaisante a fait et ne cesse de faire, on serait porté à proposer de changer son nom spécifique de *farinosa* en celui de *vastatrix*, qui convient rigoureusement à cette espèce.

Malmédy, le 14 août.

M. A. L.

Summary

The epic of potato late blight (1845-1995)

J. Semal

Potato late blight broke out along the eastern coast of North America in 1843. By 1845, it had reached Europe where it rapidly spread and destroyed the crop of staples that Louis XVI had nicknamed "the poor man's bread" (le pain du pauvre).

Characterised by leaf necrosis and wet rot of tubers, the disease was first noticed in the Kortrijk area of Belgium at the end of June 1845. It soon covered the whole of Flanders (both Belgian and French) and the Netherlands. By the end of October 1845, it had spread throughout western Europe, the British Isles, Ireland and southern Scandinavia (Fig. 1).

The first written report on the disease was published anonymously by Abbé Edouard Van den Hecke in the Ghent local newspaper *L'Organe des Flandres* on 31st July 1845 (Fig. 2). Of Flemish descent, Van den Hecke was vicar-general to the bishop of Versailles, but also a renowned amateur mycologist. He examined the surface of affected potato leaves and observed that they were covered with a microscopic fungus of the *Botrytis* type. He suggested the true cause of the disease might be the fungus but, to be sure, sought further confirmation elsewhere.

Another account of the blight was presented by the self-taught mycologist Marie-Anne Libert (Fig. 3), who gave a detailed description of the fungus in the August 19th issue of the *Journal de Liège* (Fig. 6) and proposed the name of *Botrytis vastatrix*. Unfortunately, she mistakenly believed it to be identical to *Botrytis farinacea* Fries, thus losing priority rights of the name *vastatrix*.

On 18th August, in a letter to the newspaper *L'Indépendance Belge*, Charles Morren (Fig. 5), professor of Liège university, definitively attributed the cause of the disease to the *Botrytis* fungus, thus dismissing out of hand all speculation on other possible origins of the blight.

The first report on the disease to be published in a scientific journal was written by the freelance mycologist Camille Montagne (Fig. 4) who followed the botanical canons by assigning the fungus a Latin description under the name of *Botrytis infestans* Montagne (Fig. 7). Montagne's paper was presented to a meeting of the Paris "Société philomatique" on 30th August, while an account of the presentation appeared in the newspaper *L'Institut*, dated 3rd September, 1845. Thus, through full compliance with the rules for describing a new species, the name gained priority over the Belgian writer's antecedence.

The fungal theory, however, despite fierce support from Morren, did not gain wide acceptance. In the days before Pasteur, the contagious germ theory was considered heresy, and germs were thought to be spontaneously generated in the sick organism.

Most representatives of the ruling bodies of esta-

blished science were vigorously opposed to Morren's fungal theory. Leading them was Joseph Decaisne, a former schoolmate of Morren during their Brussels childhood, now employed at the Paris Museum of Natural History. Counterblasting Morren's papers, he wrote a 127-page book where he denounced the concept of a fungal parasite, and advocated the rather abnormal climatic or soil conditions of 1845 or, alternatively, the degeneration of older varieties as the origin of the disease. He also accused Morren of spreading undue panic among the public.

Official Commissions were appointed by the various governments and political bodies of the countries concerned. Most of them took the anti-fungus stand. The exception was the Belgian Commission; it cautiously listed the possible causes (including the fungal pathogen) but, given the complexity of the matter, refused to choose amongst them, concluding furthermore that science was not amenable to majority votes.

It was only in 1860 that the German botanist (of Belgian descent) de Bary gave unambiguous proof of the contagiousness of the potato late blight fungus, which he renamed *Phytophthora infestans* Mont. de Bary. The epic, however, did not end there.

In the early 1980s, the appearance of late blight resistance to a new systemic fungicide, and the prevalence of severe symptoms early in the season, suggested that some new parameter was influencing late blight epidemics in Europe, possibly due to changes in *P. infestans* populations.

In 1984, the A2 mating type of the fungus – which had not been identified outside Mexico since 1845 – was found in England, and then in most European countries, with a correlative sexual reproduction never noticed before in Europe (Fig. 10 and 11).

It later became apparent that profound changes had occurred. The former A1 mating type, which had occupied Europe ever since 1845, had been entirely wiped out and, as shown by major differences in several biochemical markers (Fig. 12 and 13), replaced by new A1 strains.

This dramatic shift seems to be related to the extreme drought Europe underwent in 1976 and the concomitant mass importation of potatoes, some of which from late blight's original homeland: Mexico.

To conclude, the late blight known throughout the world for 135 years – where it perpetuated through the clonal propagation of apparently-stable, asexually-reproducing fungal populations – is now raising new and disturbing questions about the nature and evolution of *P. infestans* strains, so that the question of future epidemics remains obscure.

Cahiers Agricultures 1995 ; 4 : 287-98.

qui apprécient les belles qualités et les services éminents rendus à la cryptogamie par Mlle Libert. »

En 1810, Marie-Anne Libert parcourait les Hautes Fagnes en compagnie du célèbre botaniste de Candolle et en 1811, à l'âge de 29 ans, elle apportait à la *Flore de Spa* du Dr. Lejeune une troisième partie entièrement consacrée aux plantes cryptogamiques. En 1828, elle avait observé, dans les environs de Malmédy, plus de 3 000 espèces de cryptogames parmi lesquelles des genres nouveaux pour la science. On la disait dotée d'un esprit d'observation, d'un jugement sain et clair, d'un coup d'œil rapide et sûr mis au service d'une nature à la fois forte et active. De Candolle disait d'elle :

« M. Lejeune a été puissamment secondé par Mlle Libert de Malmédy qui, dans un séjour si éloigné de toute instruction, s'est livrée à l'étude naturelle de son pays avec un zèle et un talent d'autant plus dignes d'éloges que ses succès n'ont aucunement altéré la modestie et la naïveté de son esprit. »

Ses rapports scientifiques étaient empreints de la plus exquise courtoisie, ce qui seyait parfaitement à son caractère réservé et timide. Ceci ne l'empêcha point de se fâcher dans une lettre adressée le 16 décembre 1829 à son collègue le Dr. Lejeune, qui s'était chargé de l'édition de son travail sur les cryptogames des Ardennes et qui avait commis à cette occasion un prospectus apparemment assez maladroit, que Mlle Libert commente comme suit.

« Permettez que je vous parle maintenant de quelques passages de votre notice. J'avais toujours pensé qu'un prospectus ne devait avoir pour objet que de révéler le mérite et les beautés de l'ouvrage pour lequel on le fait, et de rappeler les talents et les connaissances par lesquels un auteur se recommande ; j'étais donc dans l'erreur, car ici vous me ravez jusqu'à la simplicité la plus naïve, vous déclarez "que le grand éloignement des capitales et le peu de correspondance que j'ai entretenue m'exposeront peut-être à présenter quelquefois comme nouveau ce qui aura été déjà dénommé par d'autres cryptogamistes, mais les sujets variés, la beauté des échantillons et leur rareté compenseront bien ce léger désagrément". Je le demande à tout homme sensé, pourrait-on parler d'un auteur que l'on veut mépriser sur un ton plus ironique. Pour comble de calamité, vous parlez avec une certaine complaisance des insectes phytophages dont les ouvrages de ce genre deviennent trop souvent la proie, ce qui

peut dégoûter ceux qui auraient envie de les acheter. »

Mycologue autodidacte, Marie-Anne Libert fut célèbre de par le monde entier par la richesse et la qualité de ses collections de cryptogames. Cependant, bien que des genres nouveaux et nombre d'espèces cryptogamiques lui aient été dédiés, elle publia peu et, à la fin de sa vie, ses herbiers furent dispersés et confiés pour l'étude à des mycologues belges et étrangers. Si son nom apparaît ici, c'est parce qu'elle fut la première à avoir donné un nom botanique (*Botrytis vastatrix* Lib.) à l'agent de la maladie des pommes de terre dans un article paru le 19 août 1845 [7] dans le *Journal de Liège*. Nom que la science n'aura pas retenu parce que publié en dehors des canons de la botanique, dans une gazette « politique » peu susceptible d'être conservée dans les bibliothèques publiques (figure 6), tout en étant assorti d'une synonymie erronée.

Camille Montagne : un botaniste de tradition

Le mycologue français Jean-Pierre François Camille Montagne naquit en 1784 et décéda en 1866. Médecin militaire de 1815 à 1830, il devint ensuite un homme de science indépendant à Paris. Montagne est le type même du botaniste classique que ses qualités, reconnues par ses pairs, avait placé au centre d'un réseau international de relations. Ce fut le 18 août 1845 qu'il fit connaissance avec la maladie des pommes de terre en examinant un échantillon qui lui avait été transmis par M. Vernois, de Viroflay près de Paris.

Le 30 août suivant, alors qu'il ignorait la description faite par Marie-Anne Libert, il présentait devant les membres de la Société philomatique de Paris la diagnose latine du *Botrytis infestans* (figure 7), laquelle parut dans la revue *L'Institut* du 3 septembre 1845 [8] ; ce nom d'espèce fut retenu par la science pour désigner l'agent du mildiou.

Dans le cadre de sa présentation, Montagne avait répercuté les vues du professeur Morren de Liège, affirmant la nature parasitaire de l'affection. « Si ce savant eût pris la peine de nommer et de décrire le végétal microscopique qui cause tous ces

ravages, il ne nous serait absolument rien resté à ajouter à tout ce qu'il nous a déjà dit. »

Mais, à l'issue de sa communication, il fut vertement pris à partie par deux auditeurs, dont J. Decaisne, qui lui reprochèrent de propager l'idée de la cause parasitaire. Il battit alors en retraite, regrettant d'avoir été mal compris, alors que son seul objectif avait été de nommer le champignon, que ce dernier ait été la cause ou la conséquence de l'affection.

Ultimeusement, Montagne, qui brigua un fauteuil à l'Académie des Sciences, où l'on était formellement opposé à la cause fongique, se rangea parmi les adversaires modérés de la théorie de la contagion. Il ne concrétisa pas l'annonce faite en séance de faire paraître à ce sujet un article avec illustration dans les *Annales des sciences naturelles*, confiant le soin d'une telle publication à son ami anglais le Révérend Berkeley, à la demande de ce dernier [9].

Ceci explique comment les dessins et les notes autographes de Montagne demeurèrent inédits jusqu'à leur découverte, en 1982, en compagnie des échantillons originaux de pommes de terre de 1845, dans son herbier soigneusement conservé au Muséum d'histoire naturelle de Paris [10] (figure 8).

Cet herbier comporte, notamment, une note manuscrite de Montagne de six pages reprenant, à quelques variantes près, l'intégralité de la communication faite le 30 août 1845 à la Société philomatique. Il contient, par ailleurs, une note manuscrite d'une écriture qui n'est pas celle de Montagne, sans référence d'origine ou de date, mais qui est manifestement de M. Vernois. Correspondant à cette note un dessin de Montagne daté du 18 août 1845 et un échantillon abondant dans une grande enveloppe contenant une étiquette « sur les fanes de pommes de terre – 18 août 1845 M. Vernois » (figure 9). Avec des collègues du Muséum, nous avons proposé que cet échantillon constitue le type botanique de *Botrytis infestans* Mont. [10].

Charles Morren : un précurseur de la phytopathologie

Charles-François-Antoine Morren naquit à Gand en 1807. Il étudia à l'université

Botrytis infestans Montagn.
(Caract. bus laesi, effusis albis)
...
hab. in pagina inferiori foliorum Solani tuberosi
...
observata mense auguste 1845
...
C'este repulsa...
quasi a largitate...
...
18 août 1845

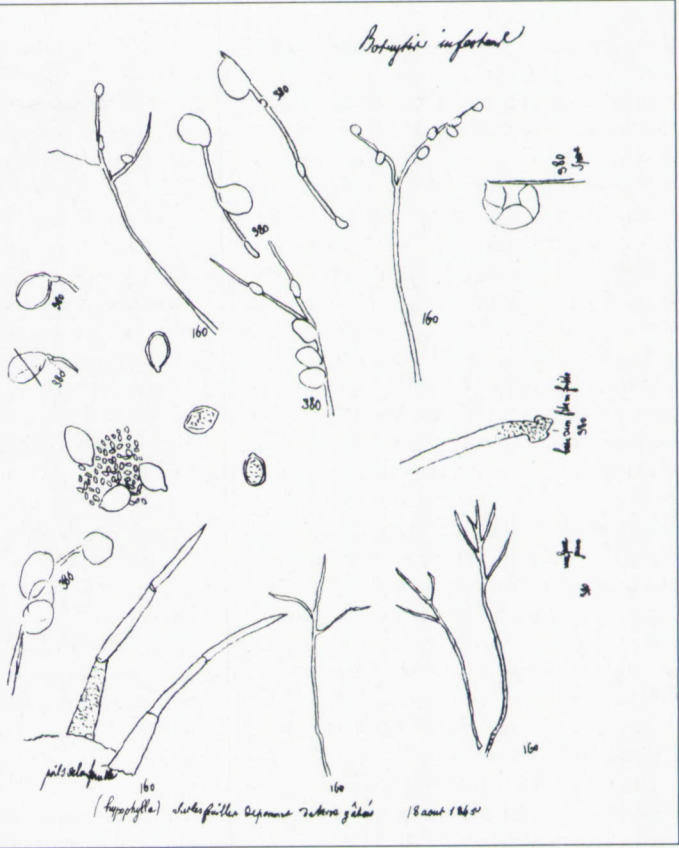


Figure 7. Manuscrit de la diagnose latine du *Botrytis infestans* par Camille Montagne (d'après J. Semal et al. [10]).

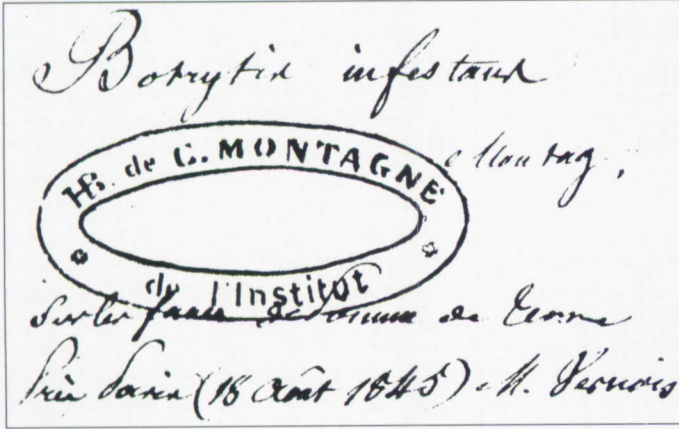
Figure 8. Dessin original de Camille Montagne relatif au type botanique de *Botrytis infestans* Montagne (d'après J. Semal et al. [10]).

Figure 7. Latin manuscript of Montagne's diagnosis of *Botrytis infestans*.

Figure 8. Montagne's original drawing of the *Botrytis infestans* Montagne botanical type specimen.

Figure 9. Étiquette de l'enveloppe contenant le type de *Botrytis infestans* Montagne (d'après J. Semal et al. [10]).

Figure 9. Label of the envelope containing the *Botrytis infestans* Montagne type specimen.



de cette ville puis partit pour Paris en 1829 dans le cadre d'une bourse d'études. Revenu à Gand après 1830, il enseigna la physique dans une école secondaire jusqu'en 1835. Il devint, en 1842, professeur de botanique, d'agriculture et d'économie forestière à l'université de Liège et directeur de son Jardin botanique jusqu'en 1856. Il décéda le 17 décembre 1858, à l'âge de 51 ans, après une longue maladie.

Il était à ce moment membre de l'Académie royale des Sciences et Belles Lettres de Bruxelles et professeur émérite de botanique à l'Université de Liège, ce qui suggère qu'il avait dû interrompre sa carrière professorale pour raison de santé.

Charles Morren avait donc 38 ans lorsque la maladie des pommes de terre frappa l'Europe et, immédiatement, il s'affirma comme la figure de proue des partisans du caractère contagieux de l'affection ainsi que du rôle joué par le

Botrytis dans son étiologie. Les articles qu'il écrivit sur ce sujet se répandirent dans l'Europe entière et le texte en fut reproduit dans maintes publications, notamment l'officiel *Journal des Débats* de Paris. Morren fut le premier à préciser que non seulement les dégâts du feuillage, mais également ceux des tubercules étaient causés par le champignon. Il fut aussi le seul, pendant une longue période, à avoir réussi une transmission de la maladie par inoculation du *Botrytis* à des pommes de terre saines.

Morren proposa plusieurs techniques permettant de combattre cette affection, notamment le fauchage des fanes et leur incinération, le traitement des tubercules et du sol de la plantation avec de la chaux et du sulfate de cuivre, la plantation hors saison, précoce ou tardive, le choix des variétés, etc.

Son don d'observation extraordinaire s'illustre particulièrement dans une communication qu'il fit, le 8 novembre 1845, à l'Académie des Sciences et des Belles Lettres de Bruxelles, où on peut lire ce qui suit.

« Je ferai ici une dernière réflexion ; et elle n'est pas la moins importante ; je la livre à la sereine méditation des agronomes et des personnes qui ne se laissent pas entraîner par l'esprit de système. Toutes les récoltes de pommes de terre faites autour des usines de zinc, à Angleur, à Saint-Léonard, à la Vieille-Montagne, dans le cercle d'action des substances volatiles qui s'échappent autour de ces usines et qui font tant de ravages pour quelques espèces d'arbres, ont été excellentes et à l'abri complet du fléau. L'honorable M. Charles de Brouckère, dont la philanthropie éclairée est aujourd'hui si utile et si dignement appréciée dans notre province industrielle, peut garantir ce fait comme moi, et ce fait est de la plus haute importance, car il ne peut s'expliquer que par l'action d'une substance métallique comme matière de chaulage sur la végétation. Le parasitisme seul est apte à répondre sur de tels problèmes, mais, après tout, qu'importe ? Si les faits, l'expérience nous livrent des conséquences semblables, il est rationnel et sage de les faire servir à la pratique, à la culture de 1846, si pas avant. Je me réserve de discuter ces faits et beaucoup d'autres dans un mémoire spécial ; mais, habitué à travailler dans le calme nécessaire aux études de la nature, je ne puis pas assigner une date très prochaine à cette publication. »

Cet homme de science orienté vers la pratique avait, avant tout, le souci de servir ses compatriotes dans la détresse.

C'était aussi un poète et, s'agissant de Marie-Anne Libert, on lui doit un texte intitulé « Des femmes et des fleurs ».

Morren avait par ailleurs un caractère ombrageux et on peut lire ce qui suit dans l'introduction d'un opuscule qu'il rédigea et répandit abondamment : « *Il n'y a pas quinze jours, on écrivait gravement ceci : "Le soleil enlèvera bientôt les champignons de M. Morren et fera justice de toutes ces fictions microscopiques." À mon tour de répondre aujourd'hui : il n'y a de microscopique ici que la portée de vue de certaines gens et si le soleil, qui nous a laissé les Botrytis et le fléau, a enlevé quelque chose, c'est l'inanité des étourdis. À chacun son lot. »*

Charles Morren se présente à nous comme le modèle du professeur d'université passionné des choses de la terre et de la société paysanne. On peut le considérer, avec Tillet et Prévost, comme l'un des premiers grands agro-botanistes qui, bien que largement incompris par leurs contemporains, allaient fonder les rudiments d'une science aboutissant aux découvertes fondamentales dans le domaine phytopathologique.

On notera aussi son action de popularisation des sciences agricoles par l'organisation de cours publics destinés aux propriétaires terriens. Il aimait les aspects techniques de la science et éditait, dans ce domaine, des opuscules qui étaient souvent sujets de controverses. Il se faisait par ailleurs une fierté de revoir chaque année le contenu de ses enseignements universitaires. Bien que ses thèses fussent contredites avec vigueur par la plus grande partie du monde savant de l'époque, il maintint ses positions et aujourd'hui encore, sa clairvoyance et sa compréhension des phénomènes de 1845 étonnent et émerveillent.

Joseph Decaisne : le refus obstiné de la contagion

Le chef de file des « anti-parasitaires » fut sans conteste J. Decaisne, aide naturaliste au Muséum d'histoire naturelle de Paris, qui multiplia les interventions dans la presse belge et française pour combattre la thèse de l'infection défendue par Morren.

Par une extraordinaire coïncidence, Decaisne et Morren se connaissaient depuis l'enfance. L'un et l'autre étaient orphelins de père et leurs mères habitaient le même quartier de Schaerbeek, un faubourg de Bruxelles, de sorte qu'ils avaient été condisciples dans la même école. Leurs voies avaient ensuite divergé jusqu'à ce que le destin les amène à s'affronter en tant qu'adversaires dans la controverse du mildiou [4].

Dans un imposant ouvrage de 127 pages comprenant plus de 50 références [11], Decaisne expose les arguments qui illustrent son point de vue.

« M. Morren a inoculé les spores du Botrytis de manière à déterminer ainsi la production du champignon sur des feuilles saines. Cette expérience de contagion ne m'a pas réussi. Du reste, il est difficile d'admettre l'introduction des spores à travers les stomates, car l'ouverture de ces derniers est de beaucoup plus étroite que le volume des spores elles-mêmes. On comprendra plus difficilement encore la modification de la sève par le transport de ces séminules jusque aux tubercules à travers les méats intercellulaires et les vaisseaux. L'anatomie botanique a fait, à l'aide du microscope, d'immenses progrès depuis un quart de siècle, et dans la question qui nous occupe, j'ai tâché de mettre à profit toutes ses découvertes ; mais la pathologie des végétaux est encore enveloppée dans une profonde obscurité, sans toutefois qu'on ait le droit d'accuser le zèle des botanistes, puisque les deux points capitaux de la question, c'est-à-dire la non-contagion de la maladie et la conservation du principe amylicé, ont été démontrés par eux. »

Pour moi, le désir d'être utile m'a soutenu dans un travail où j'ai éprouvé le chagrin d'être en dissension avec quelques savants que je respecte à de si justes titres ; mais je me trouverai amplement récompensé de mes efforts si je parviens à faire comprendre aux cultivateurs que toutes les sciences qui ont pour objet l'étude de la nature se tiennent pour ainsi dire par la main, et ne peuvent se passer les unes des autres, et que l'agriculture, cette base de la prospérité publique, deviendra une véritable science quand ceux qui la pratiquent sauront éclairer leur expérience des lumières de l'anatomie et de la physiologie. Toutes les expériences entreprises pour démontrer l'action des mucédinées peuvent sembler bien concluantes à des personnes étrangères à la botanique : elles sont ingénieuses et peuvent plaire à l'imagination des personnes disposées à tout expliquer, mais la science ne peut s'en contenter. Et si

je ne me trompe, si mes observations sont exactes, le Botrytis serait complètement étranger à l'altération des tubercules. Ce fait capital et décisif, je ne suis pas le seul, tant s'en faut, qui l'ait remarqué.

Nous avons vainement, et à deux reprises, M. le docteur Leveillé et moi, examiné avec une scrupuleuse attention des champs entiers de pommes de terre ravagés, sans pouvoir y découvrir les plus légères traces de cette mucédinée. Et si des observateurs aussi distingués et aussi habiles que MM. Léveillé, Thuret, Duchartre et Pouchet, et je puis ajouter M. Ad Brongniart, arrivent au même résultat négatif et reconnaissent que, dans l'immense majorité des cas, les tiges ont été détruites sans montrer la moindre trace de champignon, si le Botrytis ne se montre jamais sur les tubercules, si le système vasculaire est intact, s'il est bien démontré que l'altération s'avance de la circonférence au centre sans altérer les tissus, si enfin on rencontre des tubercules sains au pied de tiges détruites et des tubercules malades à la base des tiges en parfait état de végétation, il faudra bien de toute nécessité admettre une autre cause que la présence du Botrytis pour expliquer les ravages qu'on remarque si généralement.

Dans ma conviction, on a été beaucoup au-delà de la réalité, et on a alarmé sans fondement les populations agricoles. En exagérant les pertes qu'elles doivent éprouver, en leur faisant redouter l'action d'une végétation cryptogamique spéciale, on leur a fait abandonner sur les champs, au moment de la récolte, une masse énorme de produits qu'elles auraient pu utiliser sans le moindre danger. »

On peut se demander comment un botaniste, par ailleurs très expérimenté sur le plan technique, a pu se tromper à ce point dans l'interprétation de ses observations, se vantant même d'avoir été le premier à proclamer ce qui allait se révéler inexact.

Certes, Decaisne était conforté dans son point de vue par l'avis conforme de tant de savants appréciés et respectables. Par ailleurs, il se refusait d'alarmer inconsidérément les populations, ce qui eût été le cas en admettant indûment une nouvelle maladie infectieuse qui aurait pu se perpétuer au cours des années ultérieures.

Sur le plan proprement anatomique, son erreur vient apparemment de ce qu'il interprète ses observations en vertu de prémisses fausses, à savoir que le champignon pénètre dans la feuille par les stomates et gagne le tubercule *via* la tige, alors que la pénétration dans la feuille se

fait au travers de l'épiderme tandis que l'infection du tubercule est réalisée par le mycélium issu de spores tombées sur le sol.

Il y a enfin la très grande complexité des situations et de leurs corrélations avec des paramètres climatiques, physiologiques ou génétiques, ce qui allait rendre particulièrement difficile la distinction entre la cause et la conséquence dans l'étude de la maladie des pommes de terre.

Philippe Bourson : la sagesse collective

Plusieurs commissions officielles furent mises sur pied dans les différents pays concernés par la maladie des pommes de terre.

Dans son rapport au gouvernement belge en date du 17 août 1845, la Commission médicale de la province d'Anvers estime que la maladie est causée par un cryptogame, favorisé par les circonstances climatiques du printemps et du début de l'été, et considère que le vent, les insectes ou les oiseaux entraînent au loin les corpuscules reproducteurs de la « byssoïdée » (nom donné à l'époque aux champignons colonisant les plantes) qui colonise le feuillage atteint. Au Pays-Bas, la Commission de la province de Groningue est, pour sa part, plus ambiguë. Sans nier le rôle d'un champignon en tant qu'agent des nécroses, elle considère que les plantes avaient été soumises préalablement à l'impact d'un brouillard caustique répandant une « mauvaise odeur », après quoi le parasite se serait développé. Le secrétaire de la Commission du ministère belge de l'Intérieur, qui analysa les différentes théories relative à « la maladie » dans le *Moniteur belge* du 17 novembre 1845, voit quant à lui dans cette explication un exemple de sophisme : *post hoc, ergo propter hoc*. Il cite à cet égard le mot de Montaigne : « Quand les vignes gèlent dans mon village, mon prestre en argumente l'ire de Dieu sur la race humaine et juge que la pépie en tienne déjà les cannibales. »

Ce secrétaire, nommé Philippe Bourson [12], s'avéra être par ailleurs un remarquable inventeur de néologismes : parlant de ceux qui rejettent toutes les explications proposées et prétendent que la cause de la maladie est et restera inconnue, il conclut dans le *Moniteur*

belge du 18 novembre 1845 : « Ceux qui déclarent que la cause nous reste inconnue compareraient volontiers la maladie épiphytique (que l'on me passe cette expression) qui a régné parmi les pommes de terre aux grandes maladies épidémiques dont la race humaine a si souvent souffert et dont la cause n'a pu être dévoilée. » On appréciera la prescience de l'auteur du rapport : 133 ans plus tard, une polémique se développait dans une revue spécialisée américaine : convenait-il de considérer les maladies contagieuses des végétaux comme des épiphyties ou des épidémies ?

Dans un premier temps, à la demande même des autorités, la Commission belge évite de se prononcer sur le fond et axe son analyse sur les moyens de limiter les pertes, de conserver au mieux les tubercules ou d'employer les lots partiellement atteints à des usages appropriés, notamment en les soumettant à une dessiccation rapide après triage.

Dans un deuxième temps, elle envisage l'avenir et s'interroge sur les moyens de remédier à la situation créée par la nouvelle maladie. Son rapport fourmille de propositions généralement judicieuses, fondées sur des analyses fouillées et pertinentes.

Dans le troisième rapport, relatif aux causes possibles de la maladie, la Commission, devant les divergences des points de vue entendus et la diversité des hypothèses, toutes appuyées par des autorités également respectables et par des faits consciencieusement observés, se refusa de trancher, fût-ce par la loi du nombre, et préféra livrer au public l'exposé analytique des diverses opinions présentées (*Moniteur belge* des 15, 16, 17 et 18 novembre 1845). Elle y distingue les hypothèses suivantes : la « dégénérescence », les « circonstances atmosphériques ou climatiques », la « surabondance des engrais et l'état meuble du sol », le « parasitisme » et la « cause inconnue ». Merveilleuse époque où l'on pouvait humblement admettre que l'on ne sut point déterminer, sur le champ, l'origine d'un événement aussi spectaculaire.

La Commission, par ailleurs, se refusa à trancher entre les différentes hypothèses, « considérant que l'on ne pouvait espérer que, dans une question aussi controversée, il y aurait unanimité parmi ses membres. Et lors même que l'on eût obtenu cette unanimité, la question n'aurait pas été pour autant résolue, car, en pareille matière, les opinions sont indépendantes du nombre : la science ne se soumet pas plus

au principe du pouvoir des majorités qu'elle n'admet l'expédient de la transaction ». C'est le *Moniteur belge* de 1845 qui l'affirme, mais je pense que ceux qui, de nos jours, feuilletent cette publication, auraient sans doute quelque peine à y rencontrer des locutions latines, des textes de Montaigne, sans parler de considérations pertinentes ou impertinentes sur la philosophie des sciences.

Cette sage conclusion de la Commission est toujours d'application aujourd'hui et plaide pour une nécessaire diversification des voies de recherche, pour une libre interprétation des données obtenues, pour une ouverture suffisante à la discussion et à la communication des résultats. Souhaitons, en tout état de cause, que les commissions contemporaines chargées d'étudier les conséquences socio-économiques de problèmes scientifiques, puissent faire preuve de la même sagesse, de la même prudence, de la même efficacité et de la même indépendance d'esprit que celle qui, en 1845, eut à faire face au défi du *Botrytis infestans*.

Sur le plan proprement scientifique, il faudra attendre quinze ans encore pour que, en 1860, de Bary, qui avait dans un premier temps récusé la thèse de l'épidémie fongique, réalise les expériences qui allaient prouver de façon irréfutable le caractère infectieux et contagieux du *Phytophthora infestans* Mont. de Bary.

1845-1980 : retour à la case départ

Depuis le début des années 1980, des anomalies de comportement se sont manifestées dans le déroulement des épidémies de mildiou de la pomme de terre de par le monde [2].

Une première raison fut évoquée en Europe pour rendre compte de cette situation, à savoir la sélection d'une nouvelle souche de *P. infestans*, résistante vis-à-vis d'un fongicide systémique devenu rapidement en vogue à l'époque, le métalaxyl, dont les effets miraculeux s'étaient brusquement effondrés, notamment en Hollande, en 1980 et 1981. Corrélativement, au printemps de 1981, des infections précoces des sommets et des jeunes tiges de pommes de terre (symptômes déjà décrits en 1845) furent observées à grande échelle et la radio

belge fit même écho à une rumeur selon laquelle il se serait agi d'une forme particulièrement agressive du champignon.

Malgré l'incrédulité ambiante, la possibilité d'introduction de souches nouvelles de *P. infestans* fut bientôt concrétisée par l'identification, en Grande-Bretagne, du type de compatibilité sexuelle A2, qui n'avait jamais encore été observé en Europe.

P. infestans comporte en effet deux formes de compatibilité sexuelle, la forme A1 et la forme A2, dont la rencontre est indispensable pour l'obtention de la reproduction sexuée du champignon sous forme d'oospores. Ces oospores sexuées, aux parois épaisses, sont très résistantes aux facteurs du milieu et sont capables de persister dans les sols au cours de l'hiver, contrairement aux formes de reproduction par des spores non sexuées aux parois minces et à la persistance limitée (figure 10). En outre, via les recombinaisons génétiques liées à la sexualité, la formation d'oospore risquait de diversifier considérablement les génotypes de *P. infestans*, propagés jusque-là par multiplication clonale du type A1.

Ceci explique que la découverte du type A2, caractérisé de façon certaine en Grande-Bretagne en 1984 et identifié ensuite dans la plupart des pays d'Europe du Nord et du bassin méditerranéen (figure 11) sonna comme un avertissement, car cette introduction risquait de modifier la génétique et l'épidémiologie du parasite.

En effet, en 1845, seule la forme A1 de *P. infestans* avait été introduite en Europe et s'était répandue dans le reste du monde via le commerce des semences de pommes de terre. Jusqu'à une époque récente, cette forme A1 s'était propagée par la seule voie asexuée, la forme A2 étant, quant à elle, confinée dans la région centrale du Mexique, notamment dans la vallée de Toluca, où la reproduction sexuée et la présence de souches de *P. infestans* extrêmement diverses sur le plan génétique avaient été mises en évidence de longue date.

En revanche, les *P. infestans* A1 isolés jusqu'en 1976 dans les différentes zones géographiques, à l'exception du Mexique, présentaient une assez grande homogénéité génétique et biochimique, sur base de marqueurs moléculaires (isoenzymes ou fragments de ADN analysés après digestion par des enzymes de restriction). Ceci suggère que, pendant 135 ans, le champignon semble avoir

connu un développement exclusivement clonal depuis son introduction à partir du Mexique, aux États-Unis (1843), puis en Europe (1845) et, de là, à partir de 1850, dans le monde entier (Asie, Afrique, Amérique du Sud) (figure 12).

À la fin des années 1970, le type A2 aurait donc migré à partir du Mexique, probablement via des tubercules infectés. Mais la surprise fut grande de constater que, corrélativement à cette expansion du type A2, on observait la disparition rapide en Europe des anciennes souches clonales A1 (qui ont pratiquement disparu aujourd'hui sur l'ensemble de la planète) et leur remplacement par des souches A1 nouvelles, caractérisées sur base de leurs marqueurs biochimiques particuliers. La rapidité de ce remplacement suggère, de la part des nouvelles souches A1, un potentiel énorme de migration et d'occupation de nouveaux territoires, ainsi qu'une très forte compétitivité sélective vis-à-vis des souches A1 qui avaient perduré depuis 1845 (figure 12).

Il semble donc que les nouvelles introductions de *P. infestans* qui se sont produites au cours des années 1970 en Europe ont comporté à la fois des nouvelles souches A1 à très fort pouvoir compétitif (qui ont éliminé les anciennes souches A1) et des souches A2 à moindre capacité d'expansion, mais susceptibles de copuler avec les souches A1. La sécheresse dévastatrice de l'été 1976 en Europe semble avoir joué un rôle en la matière. Il y eut, en conséquence du déficit de production, des importations massives de tubercules (250 000 tonnes), notamment en provenance du Mexique, ce qui pourrait avoir été à l'origine de la deuxième invasion planétaire du mildiou de la pomme de terre. D'aucuns évoquent aussi la possibilité que des souches préexistantes, mais peu représentées, aient pu se répandre à l'occasion des conditions météorologiques particulières de cette année.

En Bretagne, les travaux d'Andriveau (Inra, Rennes) ont montré que les anciennes souches A1 y avaient également été remplacées, entre 1988 et 1992, par de nouvelles souches A1 ; toutefois, jusqu'en 1995, aucune souche A2 ne semble avoir été caractérisée sur le territoire français, ce qui montrerait le caractère indépendant de l'extension épidémique des deux types sexuels [13, 14]. L'introduction en Europe de nouvelles souches de *P. infestans* et leur propagation massive, avec élimination des

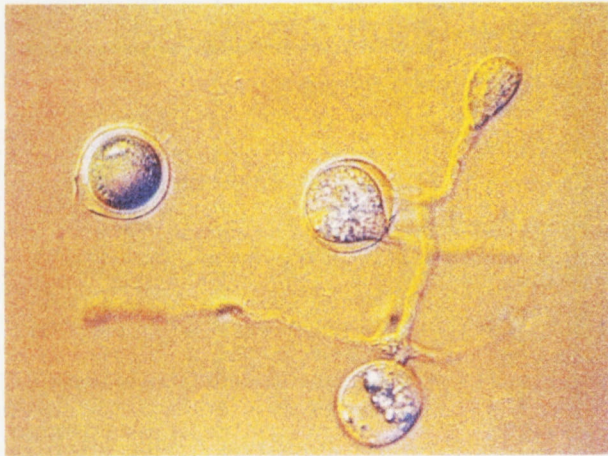
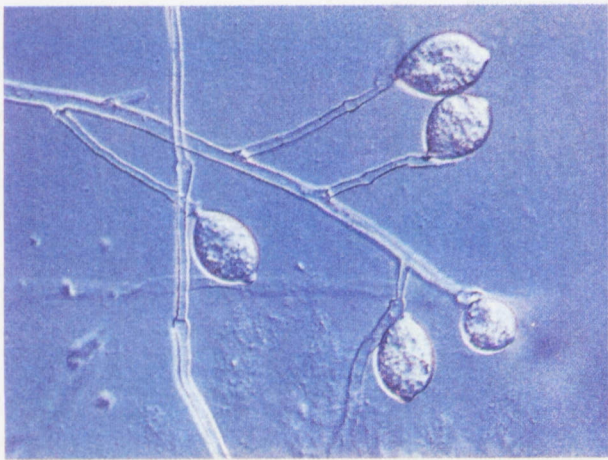


Figure 10. Spores asexuées (haut) et sexuées (bas) de *Phytophthora infestans* Mont. de Bary (d'après Shattock et James [2]).

Figure 10. Asexual (above) and sexual (below) spores of *Phytophthora infestans* Mont. de Bary.

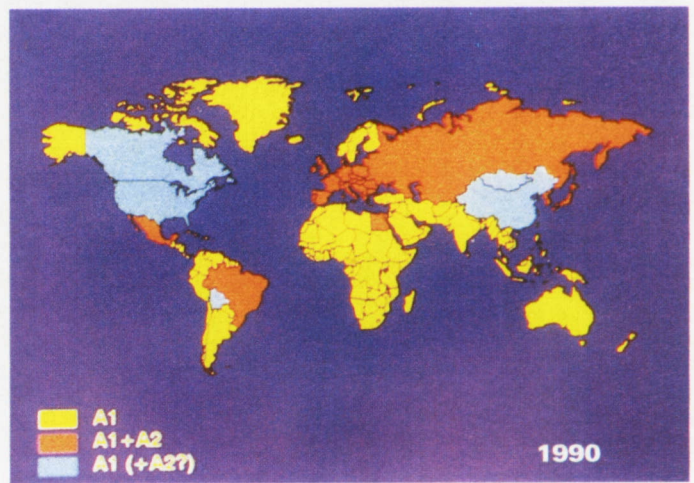
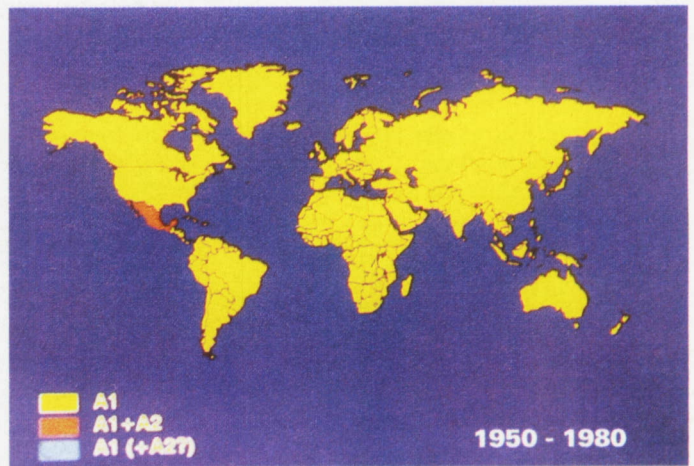
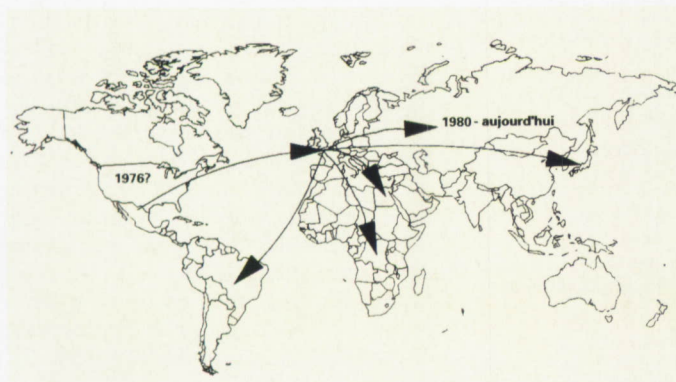
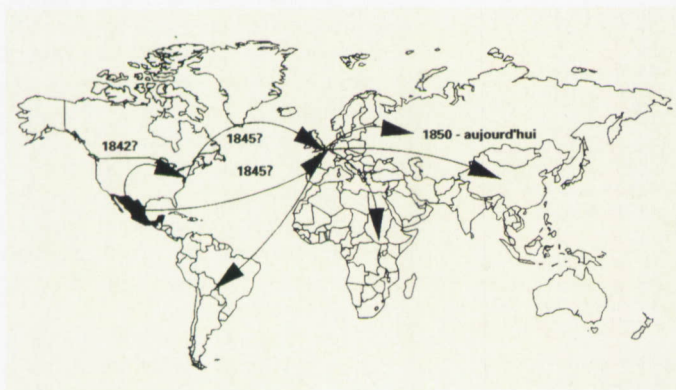


Figure 11. Distribution mondiale des types sexuels A1 et A2 de *Phytophthora infestans* Mont. de Bary en 1950-1970 et en 1990 (d'après Fry et al. [2]).

Figure 11. World distribution of A1 and A2 mating types of *Phytophthora infestans* Mont. de Bary in 1950-1970 and 1990.

Figure 12. Migrations probables des anciennes souches A1 de *Phytophthora infestans* Mont. de Bary au XIX^e siècle (haut) et des nouvelles souches A1 et A2 depuis 1976 (bas) (d'après Fry et al. [2]).

Figure 12. Probable migrations of the former A1 strains of *Phytophthora infestans* Mont. de Bary in the 19th century (above), and of the new A1 and A2 strains since 1976 (below).

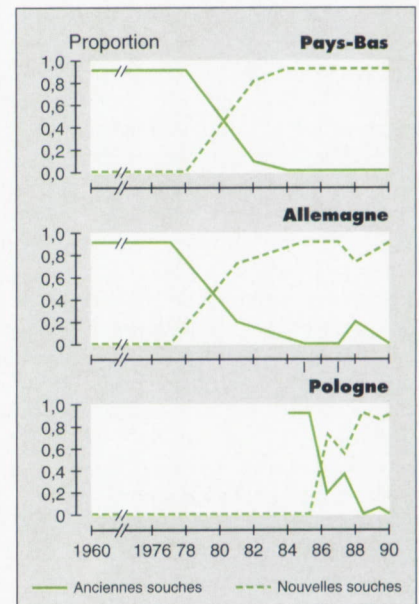


Figure 13. Remplacement des anciennes souches A1 de *Phytophthora infestans* Mont. de Bary par de nouvelles souches A1 dans trois pays européens (d'après Fry et al. [2]).

Figure 13. Replacement of the former A1 strains of *Phytophthora infestans* Mont. de Bary by new A1 strains in three European countries.

anciennes souches (figure 13), pose plusieurs types de problèmes. S'agissant du type A1, par quel processus ont-elles pu éliminer complètement celles qui avaient perduré depuis 1845 ? Ont-elles un potentiel compétitif à ce point supérieur à celui des souches antérieures ? Sont-elles plus pathogènes que ces dernières ?

Pour ce qui est des souches A2, même si, pour des raisons encore mal comprises (moindre sporulation, moindre pouvoir pathogène, moins bonne adaptation au climat), elles ne semblent pas avoir jusqu'ici manifesté un grand potentiel de propagation, comment vont-elles, avec le temps, affecter la dynamique des épidémies, eu égard à la formation d'oospores résistantes à l'hiver et dont les descendants seraient susceptibles d'amplifier la variabilité génétique de l'espèce, *via* les recombinaisons chromosomiques ?

Les données sur les migrations récentes de nouvelles souches A1 de *P. infestans* ont été rendues possibles grâce aux progrès de la biologie moléculaire. En effet, faute de marqueurs évidents de type morphologique, physiologique, phytopathologique ou génétique, ce processus serait demeuré inaperçu, malgré son ampleur mondiale et sa rapidité inattendue, en l'absence de marqueurs biochimiques.

Deux techniques complémentaires ont permis d'éclairer le problème : d'une part, l'analyse des isoenzymes (enzymes ayant une même fonction mais portées par des ADN différents) et, d'autre part, le typage de l'ADN, permettant de distinguer avec une grande finesse les différents génotypes du champignon et d'établir leurs parentés moléculaires.

Ces avancées techniques placent dans une perspective nouvelle le problème des règles de quarantaine, basées autrefois sur la présence ou l'absence d'une espèce parasitaire déterminée. Aujourd'hui, la précision et la rapidité des manipulations biochimiques permettent de s'intéresser aux génotypes particuliers au sein d'une même espèce. En 1976, prévenir l'introduction de *P. infestans* en Europe n'était pas une priorité, puisque l'agent y était présent depuis 1845. Et pourtant...

Certes, beaucoup de questions demeurent actuellement sans réponse claire. Ce qui apparaît cependant, en tout état de cause, c'est que, en dehors de toute prévision, une situation phytopathologique plus que séculaire a été bouleversée de fond en comble en quelques années, selon des mécanismes mal compris qui ouvrent la voie à bien des incertitudes.

Mutatis mutandis, nous voici ramenés peu ou prou aux interrogations de 1845 ! Décidément, le *Botrytis infestans* Montagne de 1845 ne s'est pas assagi en devenant le *Phytophthora infestans* de Bary ■

Remerciements

L'auteur remercie pour la reproduction de figures les revues *Annales de Gembloux* (figures 3, 4 et 5), *Bulletin de Recherches agronomiques de Gembloux* (figures 6, 7, 8 et 9) et *Plant Disease* (figures 1, 10, 11, 12 et 13), ainsi que le Muséum d'histoire naturelle de Paris.

Références

1. Chevaugnon J. *Phytophthora infestans*, un exemple d'intervention de l'homme sur la structure d'une espèce parasitaire. *Bull Soc Bot France* 1979 ; 126 : 21-44.
2. Fry W, Goodwin S, Dyer A, Matuszak J, Drenth A, et al. Historical and recent migrations of *Phytophthora infestans*: chronology, pathways and implications. *Plant Disease* 1993 ; 77 : 653-61.
3. Bourke A. Emergence of potato blight, 1843-46. *Nature* 1964 ; 203 : 805-8.
4. Bourke A. « The visitation of God » ? The potato and the great Irish famine. Dublin: The Lilliput Press, 1993 ; 230 p.
5. Lepoivre P, Semal J. *Traité de phytopathologie*. Presses agronomiques de Gembloux (à paraître).
6. Semal J, Joly P, Lamy D. L'épidémie de « maladie des pommes de terre » causée en Europe en 1845 par le *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary: les faits et les auteurs. *Ann Gembloux* 1983 ; 89 : 79-99.
7. Semal J. Note sur l'emploi de la dénomination *Botrytis vastatrix* Lib. pour désigner l'agent du mildiou de la pomme de terre. *Bull Rech Agron Gembloux* 1984 ; 19 : 111-4.
8. Montagne C. Sur la maladie qui ravage les pommes de terre. *L'Institut (Journal universel des Sciences et Sociétés savantes françaises et étrangères, 1^{re} sect. Sciences mathématiques, physiques et naturelles)* 1845 ; 13 : 312-4.
9. Berkeley C. Observation, botanical and physiological, on the potato murain. *J Horticult Soc London* 1846 ; 1 : 9-34.
10. Semal J, Joly P, Lamy D. Étude de l'herbier de Camille Montagne relatif au *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary (*Botrytis infestans* Mont.). *Bull Rech Agron Gembloux* 1982 ; 17 : 295-306.
11. Decaisne J. *Histoire de la maladie des pommes de terre en 1845*. Paris : Librairie agricole du Dusacq, 1846 ; 127 p.
12. Bourson P. Rapport adressé à M. le ministre de l'Intérieur par la Commission chargée de l'examen des questions relatives à la maladie

des pommes de terre. *Moniteur belge*, 11 et 22 octobre et 15, 16, 17, 18 novembre 1845.

13. Andrivon D. Race structure and dynamics in populations of *Phytophthora infestans*. *Can J Bot* 1994 ; 72 : 1681-7.

14. Andrivon D, Beasse C, Laurent C. Races of *Phytophthora infestans* in France, 1991-1993. *Potato Research* 1994 ; 37 : 279-86.

Résumé

À partir de 1843 aux États-Unis et 1845 en Europe, les cultures de pommes de terre ont été victimes d'une maladie jusque là inconnue, attaquant le feuillage et les tubercules et provoquant des dégâts considérables. Dans la recherche de la cause de ce phénomène, qui eut des conséquences sociales désastreuses notamment en Irlande, le monde scientifique se déchira pour former deux clans opposés. Il y eut, d'une part, les tenants très minoritaires de l'origine parasitaire et de la nature contagieuse de l'affection, affirmant qu'elle était due au développement d'un champignon microscopique et, d'autre part, la quasi-totalité du monde savant qui récusait l'idée que ce champignon puisse être à l'origine des dégâts observés.

L'agent parasitaire en cause fut ultérieurement reconnu comme étant bien le responsable de la maladie et fut dénommé *Phytophthora infestans*, Mont. de Bary, tandis que l'affection qu'il provoquait fut appelée mildiou de la pomme de terre.

Après plus d'un siècle de stabilité dans le déroulement des épidémies de mildiou dans le monde, de nouvelles souches de *P. infestans*, probablement originaires du Mexique, ont envahi la planète à partir de 1976 et, en quelques années, ont pratiquement éliminé les souches antérieures qui avaient survécu depuis 1843-1845.

Ces événements mettent en évidence les énormes potentialités évolutives des populations de *P. infestans*, qui créent des incertitudes quant à l'évolution future des épidémies de mildiou de la pomme de terre et au rôle de l'homme dans la dissémination des parasites.