

GABRIEL CALLOT, coord.

La truffe



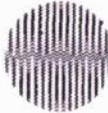
la terre

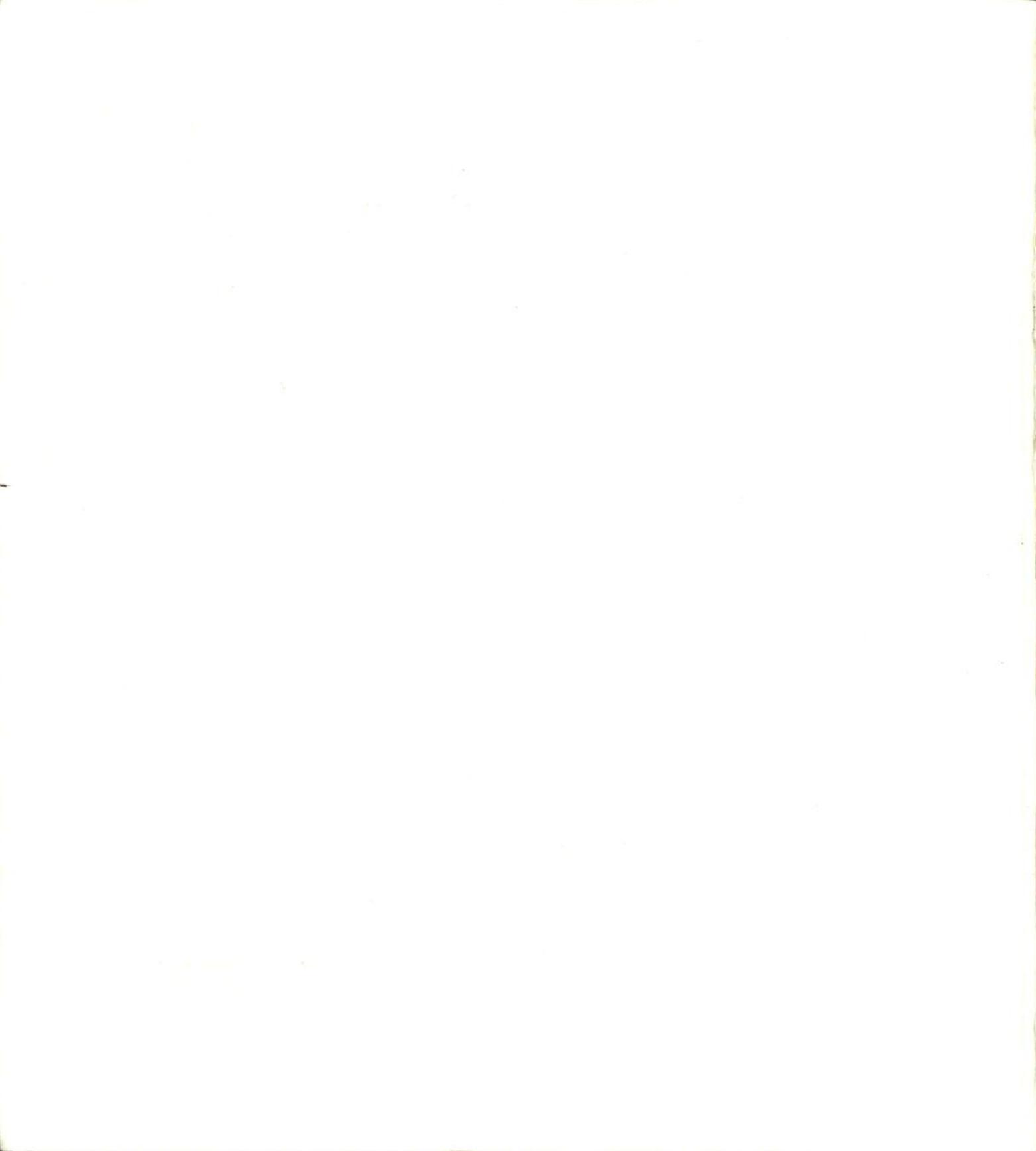


la vie



DU LABO AU TERRAIN

 **INRA**
EDITIONS



La truffe

la terre

la vie

GABRIEL CALLOT, coord.

avec la collaboration de
Pascal Byé, Michel Raymond, Diana Fernandez,
Jean-Claude Pargney, Agnès Parguey-Leduc,
Marie-Claude Janex-Favre,
Roger Moussa et Loïc Pagès

du labo au terrain

ouvrages parus dans la même collection

**Combattre les ravageurs
des cultures :
enjeux et perspectives**

G. Riba, C. Silvy
1989, 230 p.

Le canard de Barbarie

B. Sauveur, H. De Carville, éd.
1990, 182 p.

L'escargot *Helix aspersa*

Biologie - élevage
J.-C. Bonnet, P. Aupinel,
J.-L. Vrillon
1990, 124 p.

**Les herbicides :
mode d'action et principes
d'utilisation**

R. Scalla, éd.
1991, 464 p.

**Les maladies des plantes
maraîchères**

3^e édition
C. M. Messiaen, D. Blancard,
F. Rouxel, R. Lafon
1991, 552 p.

**Nutrition et alimentation
des volailles**

M. Larbier, B. Leclercq
1992, 244 p.

**Les *Allium* alimentaires
reproduits par voie végétative**

C.-M. Messiaen, J. Cohat,
J.-P. Leroux, M. Pichon,
A. Beyries
1993, 244 p.

**Agrométéorologie
des cultures multiples
en régions chaudes**

C. Baldy, C.-J. Stigter
1993, 250 p.

Écopathologie animale

Méthodologie, application
en milieu tropical
B. Faye, P.-C. Lefevre,
R. Lancelot, R. Quirin
1994, 120 p.

**Ravageurs des végétaux
d'ornement**

Arbres - Arbustes - Fleurs
D. V. Alford
Version française :
M.-F. Commeau, R. Coutin,
A. Fraval
1994, 464 p.

**Efficacité et sélectivité
des herbicides**

C. Gauvrit
1996, 158 p.

**Écotoxicologie :
théorie et applications**

V. E. Forbes, T. L. Forbes
Traduit par J.-L. Rivière
1997, 256 p.

**Les Deutéromycètes.
Classification et clés
d'identification générique**

E. Kiffer, M. Morelet
1997, 306 p.

**Maladies à virus
des plantes ornementales**

J. Albouy, J.-C. Devergne
1998, 492 p.

Structure des plantes

Atlas en couleur
B. G. Bowes
Version française
de L. Gauthier
1998, 192 p.

**Nutrition
et alimentation
des poissons
et crustacés**

J. Guillaume, S. Kaushik,
P. Bergot, R. Métailler
1999, 490 p.

A mes parents,

à Marie-Jo, ma femme toujours fidèle,

à Christine et Richard,

à Fanny et Thomas

La truffe, trait d'union entre quatre générations

La truffe

la terre

la vie

Remerciements

À tous les trufficulteurs qui m'ont apporté leurs informations sans lesquelles cet ouvrage n'aurait pu être réalisé.

Jean-Louis Bastide, compagnon de l'« Université des Garrigues » m'a initié aux secrets de la truffe ; dans les truffières sauvages et sur la terrasse le soir, souvent tard dans la nuit, il m'a fait redécouvrir le goût du terroir. *Jean-Pierre Braye* et *Gilbert Sérane* ont été aussi les premiers trufficulteurs à me guider dans les truffières artificielles et me faire part de leurs observations et des sites très précis de récolte. *André Jourdan*, *Jean-Jacques Bonniol*, *Pierre-Vincent Nivet*, *Jean-Paul Vincens*, *Jean Favier*, *François* et *Bertrand Beauamps*, *Didier Grellety* nous ont fourni des renseignements sur le suivi des récoltes et sur leurs truffières.

Jacques Martin, *Jean-François Puigségur*, *Alain* et *Yannick Monnier*, *Raymond Pallier*, *Etienne Pascal*, *Georges Stengel*, *René Fachin*, *Pierre Sourzat* nous ont fait part de leurs expériences en trufficulture avec beaucoup de sincérité, d'amitié, toujours prêts à répondre aux questions indiscrètes des chercheurs.

À tous les trufficulteurs de France et d'Italie qui nous ont aimablement procuré des truffes pour les études de biologie moléculaire.

Je remercie aussi mes collègues de laboratoire et amis qui m'ont apporté leurs compétences scientifiques : d'abord *Benoît*

Jaillard et *Philippe Hinsinger* compagnons de la Rhizosphère, mais aussi *Jean-Claude Arvieu*, *Claude Plassard*, *Marc Voltz*, *Patrick Andrieux*, *Robert Bouzigues*, *Patrick Hermann*, *Jean-Marc Robbez-Masson*, *Michel Gratier* et *Jean-Paul Quinche*, *Claude* et *Lydia Bourguignon*, *Xavier Salducci*. Je n'oublie pas non plus les aides techniques : *André Guyon*, *Lucien Roger*, *Gwenne Trotoux*, *Olivier Huttel*, *Gérard Souche*, *Jean-Louis Aznard*, *Jean Cornet* et *François Mazzella*, *Jeannette Salze* et *Isabelle Escamilla* ; les amis et collègues qui ont eu la patience de relire le manuscrit : *Jean Téna*, *Jean Barciet*, *Agnès Parguey-Leduc* et *Marie-Claude Janex-Favre*.

La publication de cet ouvrage a été réalisée grâce à la compétence et à l'amicale collaboration de *Marie-José Péguet*, *Dominique Bollot* et *Raymonde Bouldard* du Service INRA Éditions.

Les résultats originaux présentés ont été obtenus grâce aux programmes DADP-INRA- Région Languedoc-Roussillon, suite à la demande de la Chambre d'Agriculture de l'Hérault (*Jean Barciet*), du Président du Syndicat trufficole de l'Hérault (*Maurice Cazaux*) et de la Fédération Régionale des Trufficulteurs du Languedoc-Roussillon (*Jean Brunel*). De nombreux échanges ont également été entretenus au cours de stages de formation en Languedoc-Roussillon et dans d'autres régions trufficoles (Bouches-du-Rhône, Lot, Poitou-Charentes, Indre-et-Loire, Vienne, Bugey, Var, Drôme, Isère).

Préface

Il est des livres qui font avancer la connaissance parce qu'ils touchent l'essentiel. « **La truffe, la terre, la vie** » de Gabriel Callot fait partie de ceux-là. Ayant, comme l'auteur, la volonté de voir renaître la production de *Tuber melanosporum*, la Fédération Française des Trufficulteurs salue dans cet ouvrage une contribution importante pour la relance de notre production de truffes.

Les liens de Gabriel Callot avec les trufficulteurs sont anciens et profonds. Fidèle de leurs journées professionnelles, il y est accueilli et écouté avec attention par tous les producteurs de truffes. Homme de terrain et de dialogue, toujours prêt à répondre aux interrogations des trufficulteurs impatients, observateur perspicace des pratiques anciennes, lorsque la production truffière était abondante, l'auteur a épousé la cause qui scandalise les producteurs, celle de lutter contre la régression de la production, malgré tant d'efforts déployés, lorsque malgré toutes les précautions prises quant à la qualité des plants, à leur entretien méticuleux, il ne se passe rien.

Pédagogue, Gabriel Callot a l'art de répondre aux questions de ses auditoires avec franchise, mais aussi en obligeant le questionneur à s'interroger lui-même, à refaire le chemin du scientifique pour parvenir au point où celui-ci, quelque temps auparavant, avait abouti.

Ses amis le savent, les lecteurs vont le découvrir : Gabriel Callot est tout entier dans « **La truffe, la terre, la vie** », un livre fondamental, au sens premier du terme, un ouvrage qui est à la fois un aboutissement et un nouveau départ pour la réflexion scientifique sur la trufficulture.

Champignon vivant, la truffe demeure encore empreinte de mystère. Pour en percer les secrets, l'auteur a choisi comme angle d'attaque le sol, les racines et le micro-environnement de la truffe. Après une dizaine d'années de recherche, il nous livre aujourd'hui ses conclusions en soulignant le rôle primordial de la faune du sol dans le fonctionnement de l'écosystème truffier.

Mais il prend aussi parti sur toutes les autres préoccupations essentielles des trufficulteurs. Sur la naissance de l'ascocarpe, sur son développement, sur les structures d'échange avec le micro-environnement et sur son mode de nutrition, sur le cycle biologique de la truffe, l'auteur rend compte des investigations étonnantes qu'il a menées pendant des années et qui lui permettent d'avancer des conclusions essentielles. Evitant les interrogations stériles, il dégage clairement l'aboutissement de ses observations pour que le lecteur puisse y trouver matière à une mise en pratique.

« **La truffe, la terre, la vie** », est un livre positif, tourné vers l'action ; il s'inscrit dans la ligne des ouvrages qui devraient faire progresser la trufficulture. Parce qu'il est tourné vers l'avenir et porteur d'espérance, « **La truffe, la terre, la vie** » constitue un encouragement pour l'avenir de la trufficulture, qui passera par une meilleure coordination des efforts de la recherche fondamentale en Europe.

Jean-Charles SAVIGNAC

Président de la Fédération Française des Trufficulteurs

Michel SEBILLOTTE

Professeur d'Agronomie et Directeur Scientifique à l'INRA

Avant-propos

La science et la passion

« Mes amis, n'oubliez jamais ceci : ces merveilleuses pierres de feu appartiennent à la terre. Nous ne pouvons pas les lui prendre sans lui donner quelque chose en retour » dit dans un conte Justine la petite souris, avant que l'histoire de ce petit livre pour enfant ne nous dise « à partir de là, l'histoire peut bien ou mal tourner », et chacun choisit sa voie⁽¹⁾.

Pour nous les truffes ne sont-elles pas ces « merveilleuses pierres de feu » que l'on récolte dans les « brûlés » ? On sait leurs qualités culinaires mais aussi médicales, peut-être même aphrodisiaques, ce qui pourrait expliquer le fait que les anciens dédiaient la truffe à la déesse Aphrodite ! Mais, quelle voie de l'histoire de Justine avons-nous choisie puisque, comme nous le montre Gabriel Callot, l'homme ne produit plus autant qu'il y a 100 ans ? Notre science, nos pratiques de trufficulture n'ont-elles pas su « donner quelque chose en retour » à la terre ou d'autres raisons ont-elles joué ? Le livre de G. Callot tente, à partir de sa longue et patiente quête personnelle et des nombreuses collaborations qu'il a su susciter, d'apporter des réponses à ces questions.

Ces truffes sont les fructifications souterraines, les ascocarpes, de champignons de l'embranchement des Ascomycètes. De l'Europe à la Chine et à l'Amérique du Nord, le genre botanique *Tuber* comporte de nombreuses espèces. Ainsi en France, l'une des plus connues est la truffe noire du Périgord, *Tuber melanosporum*, dont les arômes varient avec les terroirs ; mais il y a aussi les truffes jaunes et grises de Bourgogne, la truffe musquée, la truffe blanche d'été... Nombreuses, toutes les truffes n'ont pas cependant les mêmes qualités odorantes ! Ce champignon, qui affectionne tout particulièrement les sols calcaires en climats tempérés et méditerranéens et dont on découvre qu'il a besoin des racines de l'arbre, chênes mais aussi noisetiers, pour une vie symbiotique au début de son cycle, a des exigences écologiques assez strictes. C'est l'un des mérites de ce livre de nous emmener sur le terrain, pour des excursions que l'agronome ne renierait point. Il reste tant à apprendre, en particulier sur les besoins de ce champignon en matière d'alimentation hydrique, sur les relations de son mycélium avec les racines d'arbres...

Mais saviez-vous, lecteur, que l'histoire de la truffe est toute récente, moins de 200 ans ! Elle ne commence vraiment que vers 1810 quand Talon eut l'idée de semer dans ses terres du Vaucluse des glands provenant de chênes truffiers et qu'il récolta des années plus tard des truffes à leur pied. Auparavant le champignon était connu, apprécié et consommé, mais avec Talon on passe de la cueillette à l'idée de culture, pas décisif pour une véritable innovation qui émerge ainsi du flou du passé. Pourquoi là et à cette date, nous n'en saurons rien, comme pour toutes les domestications de plantes et de champignons, il n'y a pas d'inventeur clairement identifiable jusqu'à ce qu'émerge un nom à qui l'on attribue probablement trop, mais qui permet de satisfaire à notre besoin de fixer un commencement à toute chose !

Domestiquer la truffe, c'est apprendre à la reproduire et à en obtenir ensuite une production. C'est le début d'une saga mais combien courte en regard de celle de la domestication du blé et combien différente dans ses résultats puisque des 1 000 tonnes produites en France dans les années 1880 on aboutit à une centaine aujourd'hui.

G. Callot emprunte à Pascal Byé⁽²⁾, tout en le complétant, le récit passionnant de cette aventure et je ne résiste pas au plaisir de vous la résumer. Quatre modèles culturaux, disons quatre phases de l'innovation, vont émerger successivement au gré de circonstances très variées. Venus de la forêt, c'est d'abord le savoir des caveurs (ramasseurs de truffes) et donc leurs observations qui guident l'élaboration des pratiques culturales à partir d'un semis de glands provenant de chênes au pied desquels on récoltait des truffes, dans des terrains déjà ouverts à la culture. Un négociant en truffe de Carpentras donne une impulsion déterminante à la culture de la truffe en obtenant, à l'exposition universelle de Paris en 1855, une récompense pour ses lots de truffes ainsi produites.

La crise du phylloxéra sera le deuxième grand événement qui portera la production de truffes à son apogée. Cette crise, en provoquant l'arrachage des vignobles, libère des espaces qui vont être colonisés par cette nouvelle culture. La truffe s'accorde étonnamment bien de ces terres, de leur « fertilité »

(1) Pfister M., 1997. *Justine ou la pierre de feu*. Editions Nord-Sud, France

(2) Byé P., 1998. Construction et dilution des techniques truffières (1860-1960) - 67-82 - In *Domestiquer le Végétal*. Inra - Ctesi-Montpellier - INRA Ed. Voir également le chapitre I de ce livre pages 23 à 50.

et des pratiques viticoles qui vont lui être appliquées ainsi que du passage de petits troupeaux ovins qui évitent l'enherbement excessif et apportent une fumure organique légère, tout en contribuant à l'équilibre de l'économie agricole locale. On est dans le cadre d'une « économie paysanne économe, respectant les dynamiques de milieu favorables à la progression naturelle du champignon » avec une adoption progressive et prudente « de nouveaux codes de cultures, transcrits dans des manuels rédigés fréquemment par des scientifiques » qui apportent les premiers éclaircissements sur le fonctionnement de l'écosystème truffier.

Le troisième grand événement de cette histoire est l'hécatombe de la Grande Guerre : la trufficulture perd ainsi en partie la mémoire de ses savoirs et les trufficulteurs qui en revinrent vont développer une « économie du secret ». Le manque de main d'œuvre entraîne à son tour une simplification des interventions culturales, une fermeture progressive des truffières qui modifie profondément la nature de l'écosystème truffier (acidification du milieu, développement des sangliers ravageurs à la place des perdrix). On retourne à la forêt, mais de manière archaïque ! Alors vient une phase de profonds bouleversements. L'impossibilité de maîtriser la production entraîne la régression de la truffe et l'on voit se développer l'idée que ce sont les terres pauvres qui sont les plus aptes à ce curieux champignon auquel on applique progressivement les techniques culturales de l'arboriculture fruitière avec travail du sol mécanisé et abandon du bigot manuel. « L'accent est alors mis sur la sélection du matériel végétal qui apparaît, comme toujours, une alternative et un moyen facile de reconstruire, sur de nouvelles bases scientifiques, un modèle technique en pleine dégradation » nous dit G. Callot.

Enfin, et depuis une vingtaine d'années, se développe le *modèle scientifique* qui correspond à l'introduction des techniques de mycorhization des plants truffiers. Ces techniques sont portées par les trufficulteurs « modernistes », car elles ont pour atout une entrée en production beaucoup plus rapide et s'accompagnent de l'adoption de toutes les techniques culturales de la grande culture, y compris la taille et les traitements phytosanitaires des arbres et l'irrigation. Mais ces variétés sélectionnées sont bien incapables de s'adapter à la diversité des milieux écologiques trufficoles.

Cette analyse ne serait pas reniée par les spécialistes de la vision moderne de l'innovation. On y voit l'impact des

événements socio-politiques, des guerres aux mutations de l'agriculture, mais aussi le rôle des conditions d'élaboration des pratiques culturales, ce que j'ai appelé ailleurs le « modèle pour l'action » des agriculteurs⁽¹⁾. J'entends par là l'ensemble des manières de produire d'un agriculteur et des règles qu'il se donne pour faire face aux aléas climatiques et culturaux. Au vu de son expérience, ces règles lui permettent de conduire sa culture en pouvant espérer, en moyenne et au fil des années, le meilleur résultat dans sa situation. Ce modèle pour l'action se construit progressivement, année après année, les résultats de l'année « n » servant à modifier les manières de faire pour l'année « n + 1 ». Résultat des essais et erreurs de l'agriculteur, ce modèle fait une large place à l'observation et à la mise en relation, parfois induite, des actes techniques, des opérations culturales, et des résultats constatés, les rendements principalement, le tout confronté aux informations qui lui proviennent de son réseau de relations, au sein duquel, aux côtés des autres agriculteurs, se trouvent aussi les techniciens et les scientifiques.

La culture de la truffe n'échappe pas à cette nécessité d'accumulation des savoirs et savoir-faire. Et c'est l'intérêt de l'historique précédent de nous montrer que depuis plusieurs décennies il y a crise dans les conditions d'accumulation et d'évolution des savoirs et savoir-faire en matière de trufficulture. Même dans sa dernière phase, on ne semble pas s'émouvoir du fait que l'on renverse en grande partie l'ordre historique « habituel » de la domestication des végétaux cultivés. En effet, celui-ci comporte d'abord une lente maîtrise des états du milieu écologique ; comme je l'ai dit il fallait obtenir que « ça pousse » ! Que l'on relise donc les conseils d'un Olivier de Serres⁽²⁾ qui consacre tout le premier lieu de son ouvrage au « devoir du mesnager, c'est-à-dire de bien cognoistre et choisir les terres, pour les acquérir et employer selon leur naturel... » et le choix des semences pour les terres à grains ne vient qu'au chapitre IV du second lieu, après qu'il eût traité de la préparation de la terre pour le labourage, du labourage lui-même et des fumiers. Pour une culture aussi nouvelle que la truffe, on applique sans suffisamment réfléchir les leçons d'expériences acquises sur d'autres végétaux et qui conviennent mal ici, oubliant de surcroît qu'il ne s'agit pas d'une plante ordinaire mais d'un champignon.

Aujourd'hui, il s'agit bel et bien de construire de nouveaux modèles pour l'action en combinant ce qui reste de l'héritage du passé et les nouveautés techniques et scientifiques, et ceci

(1) Sebillotte M., Soler L.G., 1990. Les processus de décision des agriculteurs : I. Acquis et questions vives. In *Modélisation systémique et système agraire. Décision et organisation*. Ed. Brossier, Vissac, Le Moigne. INRA, Paris, 93-101.

(2) Serres O. de, 1635. *Le théâtre d'agriculture et mesnage des champs*. La Maison Rustique, à Rouen, chez Jean de la Mare, au haut des degrez du Palais.

nous ne savons guère le faire sans, à nouveau, « essayer de nombreux plâtres », d'autant plus qu'il s'agit d'un champignon très sensible aux conditions de milieu et dont le cycle cultural s'étend sur plusieurs années ! N'oublions pas que celui que l'on cultive le plus largement avec succès, le « champignon de Paris », fut domestiqué dans des grottes aux microclimats très stables et sur des substrats progressivement mis au point qui homogénéisaient le milieu et permettaient d'utiliser sans grand risque les corrélations observées entre opérations culturales et résultats. La tâche du trufficulteur est extrêmement difficile, si l'on y réfléchit, du fait des multiples interactions qui agissent, sa situation étant encore aggravée à cause de la longueur du cycle cultural et donc du faible nombre de cycles culturaux que le même cultivateur observera dans sa vie ! L'ambiance de secret qui entoure cette culture ne fait qu'ajouter à la difficulté.

Cette idée de l'amélioration génétique comme mère de tout progrès agricole est très répandue, en particulier dans les milieux scientifiques. Elle traduit, probablement, la vision anthropomorphique du progrès qui habite plus ou moins les scientifiques. Lointains souvenirs de Prométhée, qui vola aux dieux le feu et enseigna aux hommes à dominer la nature comme nous le dit Hésiode, peut-être l'un des premiers agronomes⁽¹⁾. Mais, c'est trop oublier les interactions génotypes - milieu - techniques culturales et que la variété cultivée n'est qu'une des composantes de l'écosystème cultivé, lui-même sous la dépendance du système de production qui caractérise chaque exploitation agricole. Ainsi pour le blé, on a pu montrer que l'amélioration génétique et les évolutions des techniques culturales étaient responsables chacune pour moitié des accroissements de production depuis un siècle environ⁽²⁾.

Ne peut-on craindre, aujourd'hui, que les espoirs mis dans la transgénèse, largement justifiés pour de nombreux problèmes, nous ramènent cependant « en arrière », à force de nous faire rêver à une capacité « mythique » d'adaptation à toutes les caractéristiques du milieu écologique^{(3)?}

Après le « tout chimique » viendrait le « tout génétique » ! Décidément l'homme a bien du mal à se défaire d'une perpétuelle attente de miracle comme nos démarches scientifiques ont toujours bien du mal à faire une place à la complexité⁽⁴⁾ !

Mais apprendre à cultiver en respectant des cahiers des charges multicritères dans un milieu écologique (et humain) !

mal connu et mal maîtrisé est ardu et trop souvent jugé « moins noble » dans les milieux de la recherche. Il n'y a pas de prix Nobel en Agronomie⁽⁵⁾.

Il est ainsi beaucoup plus facile de disserter *a posteriori* de l'innovation que de la « construire », malgré les travaux qui se multiplient dans ce domaine⁽⁶⁾. Cultiver est radicalement différent d'appliquer des résultats de laboratoire, voire de stations expérimentales. Les techniques sont de l'ordre de la science, ce sont des « actes théoriques », les opérations culturales (ce que fait (ou doit faire) concrètement l'agriculteur) sont de l'ordre de la pratique⁽⁷⁾.

Ce milieu écologique de la truffe, G. Callot s'est attaché durant de nombreuses années à mieux le connaître. Homme de science et de laboratoire, il utilise les méthodes les plus sophistiquées. Mais en ceci point d'originalité, c'est un savant de plus ! Son originalité est d'être simultanément homme de terrain et d'associer en permanence les deux démarches. On ne peut pas espérer connaître les écosystèmes truffiers autrement, soyons-en convaincus.

Comme homme de terrain il associe les métiers d'agronome et de pédologue. Ainsi, le rôle de la cartographie dans ses résultats est éminent. C'est en étudiant les alignements d'arbres particulièrement productifs qu'il précisera clairement certains aspects du rôle du sous-sol. Car cette truffe est autant dépendante du sous-sol que du sol, ce qui complique singulièrement son étude ! Ainsi, aux nombreuses variations de la surface du sol (regardez certaines de ses photographies) se rajoutent les variations de la profondeur et la découverte fut grande de noter de telles différences dans des parcelles de un à quelques hectares et d'en vérifier les répercussions sur la production. Les arbres, pourtant mycorhizés, peuvent ne rien produire alors que leurs voisins immédiats sont productifs, sans oublier que ces influences du milieu se traduisent aussi par des moments d'entrée en production plus ou moins tardifs après leur plantation (de 2 à 8-10 ans, parfois plus !). Limites de la génétique !

Ici, je ne puis m'empêcher de vous conter l'histoire suivante. En 1963, un grand céréalier du Berry expliquait, devant un groupe d'étudiants, qu'il avait, lui, divisé son exploitation de 600 hectares en quatre parcelles soumises à la même rotation de culture quadriennale colza - blé tendre - orge - orge et ceci pour des raisons d'organisation du travail et de gain de

(1) Hésiode. *Les travaux et les jours*. Edition bilingue de l'Association G. Budé, Les Belles Lettres, Paris, 1928. Voir aussi la belle traduction de L. Dallinges, Edition de l'Aire, Paris, 1979.

(2) Austin R. B., Bingham J., Blackwell R.D., Evans L. T., Ford M. A., Morgan C. L., Taylor M., 1980. Genetic improvement in winter wheat yields since 1900 and associated physiological changes. *J. Agric. Sci. Camb.*, 94, 675-689.

(3) Comme le laissent trop croire les publicités assez tapageuses des grands groupes internationaux vantant telle ou telle variété OGM.

(4) « Un "même" monde et un monde irréductiblement multiple : c'est une idée qui habite notre culture, mais qui restait étrangère aux sciences, prises dans une oscillation stérile entre l'unification, réductionniste ou visionnaire, et l'émission autarcique des disciplines », disent Ilya Prigogine et Isabelle Stengers (*Entre le temps et l'éternité*. Collection Champs, Flammarion, Paris, 1992, page 67).

(5) Au sens strict, c'est-à-dire la discipline scientifique qui s'occupe de la compréhension du fonctionnement du champ cultivé et de la conduite de ces champs dans le temps et l'espace au sein d'exploitations agricoles.

(6) Le lecteur curieux de ces questions trouvera d'intéressants développements dans : Terras G. de, Friedberg E. (sous la dir. de), 1996. *Coopération et Conception*. Octarès Editions, Toulouse; et dans Charu-Duboc F. (sous la dir. de), 1995. *Des Savoirs en Action*, l'Harmattan, Paris.

(7) Sebillotte, 1990. Some concepts for analysing farming and cropping systems and for understanding their different effects. *First congress European Society of Agronomy*, Paris 5 th-7 th Dec. Proceedings, Ed. A. Scaife, Conference, 5000, 1-16, repris dans *Systems studies in agricultural and rural development*, Ed. J. Brossier, L. de Bonneval, E. Landais, Editions INRA, 1993.

(1) Popper K., 1973. *La logique de la découverte scientifique*. Payot, Paris. Le livre fut publié pour la première fois en 1934, à Vienne, sous le titre *Logik der Forschung*. Voir aussi Popper K., 1991. *La connaissance objective*. Collection Champs, Flammarion, Paris; traduction de *Objective knowledge*, publié à Oxford, 1979.

(2) Bernard C., 1865. *Introduction à la médecine expérimentale*. Garnier-Flammarion, Paris, 1966. Lisez pour apprécier l'apport de ce grand savant le beau petit livre d'Alain Prochiantz « Claude Bernard. La révolution physiologique », Collection Philosophie, PUF, Paris, 1990.

(3) Quand j'étais agriculteur dans les années 1960, il m'est arrivé plus d'une fois de provoquer la mort de très nombreux vers de terre lorsque l'épandage de certains produits herbicides était suivi d'une forte pluie. Heureusement pour ces vers, les colorants nitrés ne sont plus employés. Et il faut souligner que l'emploi des matières actives phytosanitaires est de plus en plus réglementé (je vous renvoie à la très intéressante Directive 91/414 du Conseil de la CEE du 15 juillet 1991 concernant la mise sur le marché des produits phytopharmaceutiques), entre autres pour des raisons de ce type. Mais en agriculture il n'y a jamais un seul responsable et les tassements du sol liés à l'emploi de matériel lourd, les évolutions dans les pratiques d'entretien organique des sols ont aussi dû jouer sur la diminution du nombre de ces vers!

(4) Ekeland I., 1991. *Au hasard. La chance, la science et le monde*. Seuil, Paris, page 141. Lisez ce livre, beau et stimulant, d'un mathématicien qui maintient que la science fait partie de la culture et a donc des rapports étroits avec elle.

(5) À côté du livre de Mandelbrot cité par G. Callot, lisez aussi Gleick J., 1989. *La théorie du chaos. Vers une nouvelle science*. Albin Michel, Paris; traduction de *Chaos*, 1987, publié à New York.

temps. À la question que je lui posais de la prise en compte des variations de type de sol, il me répondit « c'est du jardinage, monsieur ! ». Et effectivement pendant tout l'après-guerre, tous les efforts ont visé à accroître la vitesse des opérations culturales pour valoriser la taille croissante des parcelles et, du coup, il a bien fallu négliger l'hétérogénéité des parcelles. Pourtant, aujourd'hui, on commence à essayer d'en tenir compte, entre autres sous la pression des contraintes environnementales, en mettant à profit les progrès de l'informatique et du repérage par satellite pour cartographier les parcelles et fabriquer des outils culturaux capables de moduler leurs réglages en lisant ces cartes. C'est ce qu'on nomme de l'agriculture de précision. Mais, avant d'atteindre à la précision que les travaux rapportés dans ce livre sur la truffe exigeraient, il faudra encore beaucoup de temps.

Le terrain est donc pour G. Callot non seulement un lieu de vérification du bien-fondé de ses idées mais c'est surtout un moyen de falsifier ses théories. On sait que K. Popper⁽¹⁾ a défendu tout au long de sa vie d'épistémologue qu'il n'y avait pas de théorie scientifique vraie, mais qu'à une époque de l'histoire une théorie avait, ou non, été réfutée, falsifiée. C'est même à son caractère falsifiable que l'on distingue la qualité d'une théorie scientifique : elle doit pouvoir être soumise à l'épreuve des faits. Certes, l'usage du terrain pour falsifier une théorie n'est pas sans danger car la lecture de ses « réponses » est délicate comme le montre d'ailleurs indirectement G. Callot avec une belle démonstration sur le rôle positif d'un drain dont tout le monde avait perdu de vue l'existence. Mais, ayant déjà découvert au préalable le rôle de failles dans le sous-sol, un alignement d'arbres producteurs dans une zone de terrain non productive ne pouvait que suggérer de creuser la terre et, ainsi, de retrouver ce drain oublié qui fournissait une explication compatible avec les connaissances actuelles. Comme pour l'agriculteur la tentation est toujours grande de confondre corrélation et causalité ou de faire appel à des exceptions qui justifient la règle ! Les agronomes, parce qu'ils sont hommes de terrain, savent bien que leur discipline repose encore beaucoup sur l'analyse de convergences, sur la recherche de syndromes pour lesquels les risques de confusion d'effets ne sont pas nuls. Comme les médecins, ils doivent établir des diagnostics et, du coup, accepter des risques d'erreurs, la réponse n'est pas toute blanche ou toute noire.

Le travail de terrain est ainsi constamment guidé par les connaissances théoriques qui, elles-mêmes, s'améliorent au fil du temps, entre autres grâce à l'apparition de nouveaux outils

d'analyse ou d'investigation, ce livre en apporte de nombreuses illustrations. Il en résulte un usage « normé » de l'observation. Celle-ci est orientée, à la fois par l'apprentissage de l'expérimentateur qui devient progressivement capable d'interpréter ce qu'il examine (allez regarder un profil cultural, vous comprendrez ce que je veux dire tant il vous apparaîtra aussi « nébuleux » que le cliché d'une échographie !), mais également par la théorie qui vous dit ce qu'il faudrait voir ; « pour voir, il faut entrevoir » ai-je enseigné. On ne peut s'empêcher de penser à Claude Bernard⁽²⁾.

Mais il y a aussi tout ce à quoi on ne veut pas donner d'importance parce que la théorie dominante n'en tient pas compte ! C'est le revers de la médaille et dépasser cela est la condition du progrès scientifique. Pour la truffe il a fallu en partie s'échapper du savoir agronomique lié aux grandes cultures de céréales... et donner du poids aux vers de terre et à tous les autres êtres vivants de la faune du sol ! C'est une controverse déjà vieille de savoir si ces « petites bêtes » sont utiles à considérer. Ces travaux nous rappellent leur rôle, clair ici, et par là, nous incitent peut-être à renouveler certaines pratiques agricoles⁽³⁾ et en tout cas à enrichir nos approches scientifiques. « Du vaste univers, nous ne pouvons appréhender qu'une petite partie à la fois, et nous ne savons pas quand ce que nous avons oublié aura plus d'importance que ce que nous voyons »⁽⁴⁾.

Sur un autre plan, on sait le rôle de la modélisation dans les progrès actuels de la connaissance scientifique. Bien sûr on est encore loin dans ce livre d'avoir modélisé l'écosystème truffier, sa complexité recèle encore trop de « trous » de connaissances. Mais il est intéressant de voir utilisé par G. Callot et ses collaborateurs un modèle très général basé sur l'invariance des effets d'échelle (modèle fractal⁽⁵⁾) qui, comme il le dit « aussi surprenant que cela paraisse, à maintes reprises, le monde présente une irrégularité régulière » pour représenter le développement en volume de la truffe. Et son « irrégularité régulière » est très ressemblante à celle des « écailles » qui se forment à la surface du sol lorsqu'il se dessèche, comme vous en avez peut-être vu dans les mares en été. La ressemblance des belles images semble justifier le modèle, mais il restera à voir si, comme le suggère l'auteur, ceci sera bien un moyen de relier la morphologie du tubercule à ses conditions de milieu et par là, de mieux en mener l'étude. Mais pourquoi ne pas reconnaître au chercheur le droit de se faire plaisir avec ces approches fractales si séduisantes par ailleurs, puisque j'éprouve du plaisir à écrire cette préface de mon propre côté ?

Une autre spécificité de ce livre mérite que l'on s'y attarde : G. Callot travaille avec des trufficulteurs qui sont associés à ses recherches. Il a su créer un réseau de co-construction des savoirs nouveaux qui manquent encore à la culture de la truffe. J'ai déjà rappelé que dans ce milieu, le secret est de rigueur. Il lui a donc fallu inspirer et justifier la confiance. La contrepartie est de ne pouvoir tout dire dans ce livre, mais en est-il autrement dans les recherches menées sous contrat de confidentialité avec les groupes industriels ? Ceci permet déjà une première remarque sur l'engagement de la science dans la société : la belle notion de recherche publique qui livre tous les résultats de son travail est soumise à rude épreuve. La montée de la recherche privée est l'un des phénomènes les plus notables de ce siècle finissant, aussi lourde de conséquence que la mondialisation dont on parle tant. Or la recherche publique ne peut faire l'économie de la connaissance (ou renoncer à bénéficier) des résultats acquis dans la recherche privée sous peine de disparaître. La production de connaissances scientifiques devient une production « comme les autres », elle se fait dans un univers de concurrence et suppose des stratégies de recherche qui, à côté de leurs dimensions strictement scientifiques, doivent comporter des dimensions « commerciales » : il faut pouvoir rester compétitif, être incontournable au moins dans certains domaines, créer des monnaies d'échange pour bénéficier de ce que font les autres !

Mais il est une seconde remarque plus spécifique à la recherche agronomique. Elle est finalisée et ses résultats destinés, entre autres, aux nombreux acteurs que sont les agriculteurs plongés dans l'extraordinaire diversité des milieux écologiques. Comme je l'ai déjà dit, ils ne peuvent se contenter de transposer des connaissances. Pour agir ils doivent innover et élaborer leurs pratiques, hétérogènes d'une situation à l'autre dans la mesure même où, s'ils cultivent (ou élèvent des animaux), c'est pour gagner de l'argent et être capables d'entretenir leur système de production. Ils doivent donc adapter ces connaissances à leurs situations (entre autres écologiques) et à leurs objectifs spécifiques. La conséquence de tout cela est de remettre en cause la conception que l'on avait du type de connaissance qu'il était nécessaire de pouvoir fournir aux acteurs⁽¹⁾.

C'est un constat récent que les connaissances utiles pour l'action ne sont pas forcément celles que le scientifique considère comme indispensables à connaître.

Illustrons ceci en revenant à l'amélioration des plantes. Depuis une cinquantaine d'années, les efforts ont été tournés non seulement vers la fabrication de matériels génétiques plus performants mais aussi mieux connus pour qu'un choix rationnel puisse se faire, d'autant plus que le nombre de variétés cultivées s'est considérablement accru car cette activité économique est très profitable. Ceci a amené, en France, à mettre sur pied des réseaux « lourds » de parcelles de comparaison des variétés et à organiser strictement les modalités d'inscription au catalogue officiel, dispositif dont le coût est considéré de plus en plus aujourd'hui par certains comme excessif. Il faut donc pouvoir inventer autre chose d'autant que l'on constate que les agriculteurs n'utilisent qu'une faible fraction des informations recueillies dans ces réseaux, les autres étant, de fait, sans objet dans leurs modalités de prise de décision. Les « savants » et les responsables des gouvernements ont, jusqu'à présent, indûment supposé que les agriculteurs prenaient des décisions rationnelles, au sens de l'économie standard, quand leur rationalité est « limitée » et « procédurale », au sens de Herbert Simon, prix Nobel d'économie⁽²⁾.

On est donc conduit, dans la mesure où l'on souhaite réduire les coûts et toujours mieux tenir compte des besoins réels de ceux pour qui l'on travaille, à repenser les dispositifs. Une des idées devrait être d'une part, de mieux comprendre les « modèles pour l'action » des agriculteurs, et d'autre part, d'examiner comment rendre utilisables leurs propres résultats cultureux pour l'établissement des conseils. Il semble bien, en effet, que l'on entre dans une ère où les acteurs devront de plus en plus participer à la collecte et au traitement de l'information, prenant en charge une partie des risques du transfert de connaissances et valorisant leur expérience.

On rejoint par là les réflexions sur la recherche en partenariat tournée vers l'action, et la démarche de G. Callot peut nous aider à penser les modalités d'animation d'un réseau où chacun a sa place dans la production des savoir-faire. Beau sujet pour de nouvelles recherches.

Mais il faut une bonne dose de passion pour s'impliquer comme cela, établir et entretenir de tels réseaux ; c'est l'un des mérites de l'auteur d'être un scientifique passionné mais quels regrets qu'il n'ait pas consacré un chapitre à la truffe comme objet de dialogue entre les trufficulteurs et quelques chercheurs ! On le sent bien dans ces temps troublés où se développe le doute du citoyen par rapport à la science telle

(1) J'ai dégagé, à cet égard, quatre principes épistémologiques pour des recherches tournées vers l'action. Sebillotte M., 1996. *Les mondes de l'agriculture. Une recherche pour demain*. Collection Sciences en questions, Editions INRA, 432 p.

(2) Simon H.A., 1975. *Administration et processus de décision*. Economica, Paris ; traduction de *Administrative Behavior. A study of Decision-making Processes in Administrative organization*, 3^e éd ; 1^{re} éd. 1945. Voir aussi : March J. G., Simon H. A., 1979. *Les organisations*, Dunod, Paris, 2^e édition ; traduction française de *Organizations*, 1958.

(1) Parce qu'il, le citoyen, a l'impression d'être « trompé » par les instances officielles et scientifiques et qu'il ne sait plus à quel saint se vouer dans les affaires du sang contaminé, du nuage de Tchernobyl arrêté aux frontières ou de la vache folle...

qu'elle se pratique⁽¹⁾, il faut repenser les relations entre science et société. Toujours Ilya Prigogine et Isabelle Stengers écrivent dans l'ouvrage déjà cité (page 194) « il est devenu essentiel que science et démocratie inventent une nouvelle forme de dialogue (...), il faut que se crée un monde dense et multiple d'intérêts partagés. Car c'est l'intérêt qui tout à la fois donne sens aux contraintes, permet de les reconnaître autrement que comme normes arbitraires, et de comprendre, voire

de partager la passion des problèmes qui conditionnent ces contraintes ». Alors, nous pourrions dire à la petite souris Justine que nous n'oublierions pas de donner quelque chose en retour à la terre !

Michel SEBILLOTTE
Professeur d'agronomie
Directeur scientifique à l'INRA

Introduction

Vers 1810, Jean Talon, agriculteur et caveur de truffes dans le Vaucluse planta des glands et récolta des truffes quelques années plus tard. À partir de cette période, la culture de la truffe commença à se développer et la production trufficole eut son apogée au début du XX^e siècle avec des productions estimées à plus de 1 000 tonnes. Mais depuis cette période, la production a continuellement chuté et oscille actuellement entre 10 et 50 tonnes selon les années, et ce malgré les nouvelles plantations installées avec un plan de relance à partir de 1970.

Depuis le début du siècle, le milieu rural a changé : les zones de parcours et taillis se sont refermés, les troupeaux qui fertilisaient les espaces sont de plus en plus rares, les truffières sauvages disparaissent, les vieilles truffières s'embroussaillent et dans les nouvelles plantations où la mécanisation a remplacé le travail à la main, on constate une productivité de plus en plus faible. Et pourtant, localement, des récoltes spectaculaires de truffes sont encore signalées certaines années. L'analyse de cette situation s'imposait.

Comparativement aux autres cultures, la trufficulture est une culture récente et les connaissances scientifiques et techniques sur le développement du champignon restent très fragmentaires. Au cours des 25 dernières années, les recherches ont surtout porté sur les relations symbiotiques entre l'arbre et le champignon (cf. CR. du 2^e Congrès international sur la truffe de Spoleto en 1988). Une rapide enquête dans le milieu trufficole permit de constater que cette culture présentait encore beaucoup d'empirisme et de mystères liés aux méconnaissances du cycle biologique et de l'écologie du champignon. Incompétent en mycologie, je décidai alors, en tant que spécialiste de sciences du sol, d'observer attentivement la truffe dans son environnement, en relation avec les structures du sol, et dans son micro-environnement rhizosphérique.

Pour entreprendre une telle démarche, la difficulté résidait dans l'acquisition de données et d'observations précises et fiables, susceptibles d'être interprétées avec la rigueur scientifique nécessaire. Progressivement j'entrai dans le milieu

très secret de la truffe et gagnai la confiance et, je crois, la sympathie de caveurs et de trufficulteurs avertis, me livrant discrètement leurs secrets ou leurs carnets de récolte. Autour de la truffe et de l'amitié, nous avons aussi passé un contrat entre la connaissance « scientifique » et l'empirisme. Cette étroite collaboration entre trufficulteurs et chercheurs permit une collecte rigoureuse de données sur la géologie des truffes, dans les truffières sauvages comme dans les truffières artificielles cultivées. Ces observations ont constitué les bases de recherches plus fondamentales effectuées en laboratoire. Un aller et retour permanent entre terrain et laboratoire s'est ainsi installé pendant une dizaine d'années. La localisation des centres de recherches INRA et Université de Montpellier, au milieu de zones de productions truffières, a été un élément fondamental qui a motivé et facilité nos travaux.

Des études pédologiques très détaillées effectuées dans des truffières-pilotes, mises en relation avec des suivis précis de récoltes, ont permis de mieux connaître les potentialités truffières des différents milieux. Les recherches ont été menées à différentes échelles d'observation : du micro-environnement de la truffe, à l'aide de microscopes optique et électronique, à l'échelle de la parcelle truffière avec l'aide de la pelle mécanique et de la pioche mais aussi de techniques géophysiques. Une analyse approfondie des structures et ultrastructures des mycorhizes, de l'ascocarpe de truffe et de son micro-environnement a été faite à l'aide de microscopes optique, électronique à balayage et à transmission. Les techniques de modélisation et de simulation numérique nous ont permis de mieux comprendre la croissance et la mise en place de la truffe. Enfin des techniques modernes de traçages isotopiques et de biologie moléculaire ont également été mises à contribution pour préciser le fonctionnement original de cette fructification et la génétique des populations de truffes.

L'analyse de la production truffière, faite en relation avec l'évolution des modes de gestion en trufficulture, est apparue très riche d'informations. Elle nous a fait prendre conscience des importantes modifications des techniques culturales qui se sont succédées depuis le début du siècle et de leurs incidences sur le fonctionnement de l'écosystème truffier.

Depuis la deuxième guerre mondiale, les progrès techniques en agriculture (mécanisation, irrigation, drainage, fertilisation, traitements phytosanitaires, etc.) et l'amélioration génétique des plantes ont considérablement augmenté la production agricole. Cette intensification de la production a modifié considérablement les structures des sols et des sous-sols qui apparaissent de plus en plus compactés, avec une très faible activité biologique. Cette compaction

semble être à l'origine de nombreux dépérissements dans les monocultures de plantes ligneuses, comme la trufficulture. La baisse de productivité des plantations truffières ne serait-elle pas en relation avec les changements de structure du sol ?

La truffe serait-elle un révélateur de la qualité des sols et de notre environnement ?