

Les sols truffiers

Synthèse des actions menées au cours des 11^e et 12^e Contrats de plan Etat-Région

Rapporteur principal Pierre SOURZAT,
Station trufficole du Montat,
avec la participation de Pierre TABOURET,
CRPF
Septembre 2008

Introduction

Ce bilan met en lumière l'essentiel des résultats, observations, informations, analyses que les équipes ou structures citées ci-dessous ont produit. Des ouvrages présentés dans la bibliographie complètent les informations livrées dans cette synthèse ou valorisent une partie des résultats exposés.

Les travaux qui avaient pour objectif de préciser les limites des critères agronomiques dans l'analyse de terre en trufficulture ont été réalisés par l'équipe de la Station trufficole¹ de Cahors-Le Montat avec le concours des techniciens de la région PACA² et de l'Aude, ainsi que l'aide du Laboratoire Centre Atlantique³. Ceux portant sur l'analyse de terre de type biologique ou compartimentale ont été acquis, avec l'appui de G. Callot (Inra Montpellier), X. Salducci (Alma Terra devenu Celesta), principalement par la Station trufficole du Montat. Le référentiel pédologique des sols truffiers en Dordogne a été établi dans le cadre de l'Union régionale des trufficulteurs d'Aquitaine⁴ avec le concours de Bruno Weiller de la Société Promé-Terre. La cartographie des sols truffiers a été conduite par le CRPF en PACA et le Syndicat des trufficulteurs du Gard. Le rappel sur la pédologie des sols truffiers de *Tuber melanosporum* découle des conseils de G. Callot pendant la formation supérieure de trufficulture.

Ces travaux ont bénéficié des concours financiers directs ou indirects de VINIFLHOR (ONIFLHOR), les Régions, l'Europe, le Ministère de l'agriculture et de la Pêche, le CRPF, les collectivités départementales (Conseil général du Lot).

Pierre Tabouret, technicien CRPF dans la Drôme, a réalisé un document préliminaire. Pierre Sourzat, Station trufficole du Montat, a rédigé et mis en page le bilan définitif avec des synthèses traitées pour un usage pédagogique, notamment dans le cadre de l'information ou de la formation des trufficulteurs.

Le Montat, le 19 juin 2007

Pierre SOURZAT
Rédacteur de la synthèse finale.

¹ BOUYSSIERES Didier (de 1990 à 1996), BRUNET-RUAMPS Emma (à partir de 2002), CHAUMEIL François (de 2002 à 2006), DUBIAU Jean-Marc (de 1998 à 2001), MICHELS Catherine (de 1996 à 2004), GENOLA Laurent (à partir de 2001), SAENZ William (à partir de 2006), SANCHEZ Albert (de 1996 à 2002), SOURZAT Pierre (depuis le début en 1980 à la Station trufficole du Montat)

² ROUX Jean-Jacques

³ JACQUES Denis

⁴ L'équipe technique de l'URTA comprenait LASSIMOUILLAS Michel, MARQUES Marie et REJOU Patrick.

Sommaire

Page titre	1
Introduction	2
Sommaire	3
Résumé	4
1. Résultats des travaux à partir de l'analyse de terre classique	5
1.1. Les critères retenus par l'analyse de terre en trufficulture et leurs valeurs	5
1.2. L'analyse physique	5
1.3. L'analyse chimique	8
1.4. Quelques sols remarquables	14
1.5. Synthèse et discussion	16
Exemple de résultats d'analyses de terre classique	17
2. Résultats de l'analyse de terre de type biologique ou compartimentale	19
2.1. Caractérisation du site d'exploration	19
2.2. Définitions et méthodes employées pour l'analyse de terre de type biologique	20
2.3. Résultats et conclusions des analyses de terre exprimés par G. Callot	21
2.4. Etude de la dynamique du milieu truffier et impacts sur le sol par Pierre Sourzat	24
Rapports d'analyse de terre de type biologique	28
3. Résultats des travaux de définition d'un référentiel pédologique des sols truffiers	34
3.1. Référentiel pédologique, 1 ^{ère} tranche, août 2000	34
3.2. Référentiel pédologique, 2 ^{ème} tranche, août 2002	35
3.3. Référentiel pédologique, 3 ^{ème} tranche, février 2004	35
3.4. Guide d'aide à la décision des plantations d'arbres mycorhizés	36
4. Résultats des travaux sur la cartographie des sols truffiers	37
5. Rappel sur les sols truffiers du <i>Tuber melanosporum</i>	37
6. Conclusions	39
Bibliographie	40

Résumé

Les analyses de terre réalisées sur les départements du Sud-Ouest et du Sud-Est de la France ont permis d'affiner les valeurs favorables à la plantation truffière. Elles ont montré que, dans les truffières naturelles, ces valeurs pouvaient largement varier en raison d'une biodiversité capable de compenser des faiblesses ou carences en certains éléments. Ces données illustrent la complexité de l'écosystème truffier et sa dépendance vis-à-vis de la faune et de la flore.

Les travaux sur les analyses compartimentales et biologiques mettent en évidence que l'activité microbienne baisse dans les sites à production *Tuber melanosporum* par rapport à ceux à *Tuber brumale*. La biomasse microbienne est moins élevée là où *Tuber melanosporum* est présent par rapport à *Tuber brumale*. Au cours du temps et selon le mode de gestion, le sol se transforme et peut présenter une phase à *T. brumale* lorsque le stock organique et la masse microbienne sont élevés, et une phase à *T. melanosporum* lorsque ces éléments diminuent. Toutefois, la virulence du *Tuber melanosporum* agissant sur son environnement et la présence d'un cortège fongique dans le système truffier participent à la répartition des qualités de matière organique, ainsi qu'à des variations dans la structure du sol. Le phénomène du brûlé a des incidences sur l'activité microbienne.

Les travaux conduits par l'URTA et Bruno Weiller, principalement en Dordogne, pour la constitution d'un référentiel pédologique à partir de nombreuses parcelles truffières, ont mis en lumière les caractères des bons sols truffiers analysés notamment par la méthode Hérody. Cette méthode permet de prendre en compte la relation existant entre les alcalino-terreux (calcaire, magnésium), la capacité de fixation des argiles, le pouvoir de construction des humus du sol en présence de fer et de calcaire. Un guide d'aide à la décision des plantations d'arbres mycorhizés a été mis en place en distinguant les sols rouges (avec fer) et les sols gris ou blanc (sur Crétacé) plus sensibles à l'excès d'eau.

La cartographie des sols truffiers, réalisée en Provence Alpes Côte d'Azur, en Rhône-Alpes et en Languedoc-Roussillon sur des zones limitées, montre qu'il est possible, avec des méthodes expérimentées, de mettre en place une stratégie de développement des plantations truffières à moindres risques.

Enfin, les caractéristiques pédologiques des sols truffiers définies par Gaby Callot ont fait l'objet de nombreuses observations sur le terrain, donnant la possibilité aux techniciens sensibilisés à ces données de formuler des avis autorisés auprès des trufficulteurs souhaitant un diagnostic à partir de fosses pédologiques.

Diverses publications ont suivi ces travaux et vulgarisent les résultats recueillis en de nombreuses régions de France.

1. Résultats des travaux à partir de l'analyse de terre classique

Ces travaux avaient pour objectif de préciser les limites des critères agronomiques dans l'analyse de terre en trufficulture. En effet, dans le cadre d'un diagnostic du potentiel truffier ou pour l'installation d'une plantation truffière, la description habituelle réservée au sol ne peut être suffisante sans un minimum de références agronomiques en liaison avec le milieu⁵.

Les résultats de l'analyse de nombreux échantillons de terre, prélevés principalement sur des truffières naturelles des départements du Lot, du Var, des Alpes maritimes et de l'Aude, ont permis de préciser les limites des valeurs des critères agronomiques habituellement utilisés en établissant de nouvelles correspondances avec le biotope et aussi les espèces de truffes *Tuber melanosporum*, *Tuber brumale*, *Tuber aestivum*. Les données obtenues ne remettent pas fondamentalement en cause les travaux antérieurs mais apportent des éclairages nouveaux sur la capacité de la truffe *Tuber melanosporum* à s'adapter à des valeurs extrêmes dans des conditions particulières de biotope. Elles montrent que, si la truffe a un pouvoir d'adaptation apparemment exceptionnel en truffière naturelle, il faut savoir lui réserver en culture des conditions qui privilégient une certaine qualité de son environnement (aération, association végétale, activité biologique).

1.1. Les critères retenus par l'analyse de terre en trufficulture et leurs valeurs

Les laboratoires d'analyses de terre pour la trufficulture mesurent la valeur des différents critères agronomiques à partir des échantillons qui leur sont envoyés par les trufficulteurs. L'analyse physique porte principalement sur la texture du sol avec sa granulométrie et la capacité de rétention en eau. L'analyse chimique s'intéresse généralement aux éléments suivants : calcaire total, pH eau, matière organique, azote, C/N, phosphore total, potasse, magnésium, calcium. Les valeurs favorables pour la production truffière ont été définies dans les années 1970-80 à la suite des travaux de la Station de recherches sur les champignons (INRA) de Bordeaux grâce notamment à Nicole Poitou. A partir de 1994, nous avons conduit dans le département du Lot et d'autres (le Var, les Alpes maritimes, l'Aude) avec des collaborateurs⁶ et le concours du Laboratoire Centre Atlantique plusieurs campagnes de prélèvements d'échantillons de terre sur des truffières plantées ou naturelles en production. Il s'agissait d'affiner les intervalles de valeurs des critères agronomiques retenus pour l'analyse de terre et de mieux connaître leurs relations avec l'environnement des sites producteurs. Les principaux facteurs agronomiques portés habituellement dans les bulletins de résultats sont ici examinés.

1.2. L'analyse physique

La pierrosité

Elle est généralement prise en compte avec difficulté ou réserve pour des raisons pratiques liées à l'expédition des échantillons. Toutefois, elle est considérée lors de la caractérisation du biotope et discutée ici aux chapitres de l'argile et du rapport C/N.

⁵ Certes l'analyse du profil pédologique est importante pour préciser le fonctionnement du sol, notamment en termes de drainage, aération, activité biologique. Cette étude a cependant limité son champ d'investigation aux critères de l'analyse de terre régulièrement utilisés.

⁶ Il convient de remercier tout particulièrement les personnes suivantes qui ont participé dans le travail de collecte et d'analyse des échantillons et des biotopes. Il s'agit de : Denis Jacques, ingénieur au L.C.A. ; Jean-Jacques Roux, technicien « truffe » de P.A.C.A. ; Christian Costes, ingénieur responsable du programme trufficulture de l'Aude ; Michel Santinelli, ingénieur responsable du programme trufficulture des Alpes Maritimes ; Thierry Ménétrier, trufficulteur du Lot.

La texture

Elle est obtenue par l'analyse granulométrique qui classe les éléments plus ou moins fins selon leur grosseur. Cinq classes granulométriques exprimées en pourcentages de la terre fine sont obtenues :

- les argiles : particules inférieures à deux microns,
- les limons fins : particules comprises entre 2 et 20 microns,
- les limons grossiers : particules comprises entre 20 et 50 microns,
- les sables fins : particules comprises entre 50 microns et 200 microns,
- les sables grossiers : particules comprises entre 200 microns et 2 millimètres.

Sols lourds ou argileux

Les sols lourds ou argileux qui présentent plus de 40 % d'argile sont habituellement déconseillés pour la trufficulture.

Parmi les analyses effectuées, il a été observé un dépassement très net de cette valeur dans une truffière naturelle du Lot située dans une clairière colonisée par le brome érigé (*Bromus erectus* Huds.) et la fétuque ovine (*Festuca ovina* L.). La production en année bonne est de 1,5 kg dans un rendosol superficiel et caillouteux. La présentation des 4 échantillons ci-dessous tient compte de la localisation par rapport au brûlé.

Echantillons	Argile	Mat. org.	C/N	Localisation par rapport au brûlé.
001 / Cours 46	48,2 %	59,7 ‰	11,5	Au cœur du brûlé en production.
003 / Cours 46	48,9 %	64,4 ‰	11,5	Dans une partie du brûlé récemment formée.
002 / Cours 46	46,3 %	84 ‰	13,8	En limite du brûlé parmi l'herbe qui meurt et où sont récoltées quelques truffes.
004 / Cours 46	48,8 %	68,3 ‰	13,2	Hors du brûlé producteur dans l'herbe avec brome érigé et fétuque ovine.

Tableau 1 - Teneur en argile et matière organique dans une truffière naturelle

Une forte teneur en argile peut être compensée par une activité biologique qui se traduit par une variation de la teneur et de la qualité (C/N) de la matière organique sensible selon que l'on se situe à l'intérieur, en limite ou à l'extérieur du brûlé.

La pierrosité est aussi fortement compensatrice de la teneur en argile élevée (37 à 42 %) de certains sols truffiers du Sud-Ouest sur calcaires durs jurassiques et caractérisés par un cailloutis abondant.

A noter que la notion d'argile est équivoque dans l'analyse de terre car il s'agit en fait de particules dont la taille est inférieure ou égale à 2 μ . Or, parmi ces particules il existe des argiles vraies (silicates d'alumine hydratés) et des éléments très fins correspondant notamment à du calcaire (carbonate de calcium). Une décarbonatation des éléments fins pourrait être entreprise de même que l'identification de la nature de l'argile. Selon les types, les argiles n'ont pas toutes les mêmes propriétés. A ce jour, peu d'expériences ont été conduites sur la valeur de tel ou tel type d'argile en trufficulture.

Sols légers ou sableux

Parmi les départements prospectés, c'est dans l'Aude que le plus grand nombre de sols très sableux a pu être observé dans des conditions écologiques diverses. A ces textures très sableuses correspondent généralement des teneurs en matière organique faibles sauf pour un échantillon (A11). Cette exception peut s'expliquer par un prélèvement au milieu de la litière des feuilles coriaces de chênes kermès poussant en touffes dénommées « garouilles ». Le C/N élevé (14) témoigne du caractère ligneux de la matière organique et de sa faible évolution dans ce site pourtant naturellement producteur. A l'inverse, l'échantillon A13 prélevé dans une plantation cultivée présente une teneur très faible en matière organique (0,54 %) illustrant à l'excès la raréfaction et l'évolution rapide de la matière organique dans les sols très sableux (cultivés) sous climat méditerranéen. Ces sols sableux sont généralement bien pourvus en calcaire (20 à 30 % de calcaire total).

Echantillons	Sable	Mat. org.	C/N	Biotope
A4 / Aude	74,1 %	29,2 ‰	10,8	Sous chêne vert en truffière naturelle
A7 / Aude	69,1 %	21,3 ‰	8,6	Sous tilleul en truffière naturelle
A11 / Aude	68,3 %	71,1 ‰	14	Dans une « Garouille » en truffière naturelle
A12 / Aude	70,9 %	16,7 ‰	8,6	Dans vigne avec truffière naturelle de bordure
A13 / Aude	70,9 %	5,4 ‰	7,9	Sous chêne vert en plantation (Pech Loubat)
A17 / Aude	71,4 %	30,0 ‰	11,6	Sous pin d'Alep en truffière naturelle

Tableau 2 - Les sols sableux de l'Aude

D'autres truffières remarquables pour le caractère sableux de leur sol ont pu aussi être remarquées dans les Alpes de Haute Provence et le Lot. Le premier échantillon illustre les truffières de « safre » dans les Alpes de Haute Provence (AHP120 /04). Les trois autres proviennent de sols faiblement calcaires en limite de bois à châtaigniers dans le Lot. Toutes ces truffières naturelles produisent *Tuber melanosporum*.

Echantillons	Sable	Mat. org.	CaCO ₃	C/N	Biotope
AHP120 /04	74,5 %	36,3 ‰	15,5 %	14,2	truf. naturelle dans un « safre » à Pierrerie (04)
018 / Lot (Ma)	75,5 %	19,6 ‰	0 %	11	Truf. nat. de ch. v. et ch. pub. à Payrignac (Lot)
020 / Lot (Bl.)	82,4 %	15 ‰	2,5 %	10,6	Truffière naturelle sous ch. vert à Payrignac (Lot)
021 / Lot (Mil)	85,5 %	23,1 ‰	2,1 %	14,9	Truf. nat. sous châtaigniers à Milhac (Lot)

Tableau 3 - Sols sableux typiques

Sols limoneux

L'examen des résultats d'analyses de terres des nombreux échantillons ayant fait l'objet de cette étude montre que les sols sont habituellement caractérisés limoneux par défaut de sable ou d'argile. En effet, le problème limitant dans l'approche trufficole de l'analyse de terre semble davantage être un excès de particules très fines (dimension de l'argile = < 2 µ) qu'un excès de limons qui, en milieu calcaire, peut trouver un rééquilibrage grâce à une teneur correcte à forte en matière organique. Quand celle-ci fait relativement défaut, ce sont les conditions d'activité biologique et la flore avec ces différentes particularités (enracinement, exsudats, etc.) qui vont jouer un rôle compensateur.

Capacité de rétention en eau

Elle est traduite par l'humidité équivalente pour 1000 grammes de terre et est exprimée en pour mille. Cette valeur donne une idée de la réserve en eau du sol qui est aussi fonction de l'épaisseur de l'horizon arable.

L'utilité de ce critère est délicate en trufficulture dans la mesure où le champignon est adapté à la sécheresse. Dans le cas de l'irrigation des plantations truffières, il peut trouver sa place au niveau du raisonnement technique. Des valeurs très faibles en sols sableux ont été enregistrées dans le département de l'Aude sur des truffières naturelles avec un potentiel de production satisfaisant A4 (79 ‰), A 16 (119 ‰), A17 (129 ‰). C'est le cas aussi dans le Var où des trufficulteurs ont observé que dans les sols sableux, la truffe résistait plus longtemps à la sécheresse que dans les sols argileux.

La réalisation d'une fosse pédologique mettant en évidence la dynamique de l'eau doit être complémentaire de l'analyse de la capacité de rétention en eau du sol truffier. La fosse pédologique permet de mieux cerner les mouvements de l'eau notamment à partir des traces de l'activité biologique comme souligné par G. Callot.

1.3. L'analyse chimique

Calcaire total

La grande majorité des sols truffiers est calcaire. A défaut, un sol truffier peut être calcique, c'est-à-dire que le cation Ca⁺⁺ est largement dominant dans le sol. La teneur en calcaire total dans un sol calcaire varie entre 1 et 70 %. Un sol calcique ne produit pas d'effervescence à l'acide chlorhydrique.

La mesure du calcaire actif n'a pas lieu d'être en trufficulture. Il s'agit du calcaire le plus fin mesuré par la méthode Drouineau utilisant l'Oxalate d'ammonium. Si sa valeur est intéressante pour la viticulture, on préfère mesurer le calcium échangeable en trufficulture.

L'examen de la teneur en calcaire des nombreux échantillons de l'étude montre que l'intervalle de 1 à 70 % est toujours respecté sans qu'il puisse être porté de jugement de valeur sur l'intérêt d'un sol à teneur forte ou faible.

Une observation intéressante a pu être faite à propos du calcaire sur la commune de Milhac dans le département du Lot. Les 4 échantillons ci-dessous ont été prélevés à quelques mètres de distance, en bordure d'une route traversant un bois de châtaigniers.

Echantillons	Calcaire total	CaO éch.	pH	Mat.Org.	Biotope
021 / Lot	2,5 %	5,1 ‰	8,06	23,1 ‰	Bord du chemin empierré sous châtaignier / truffière spontanée.
023 / Lot	4 %	7,1 ‰	8,01	28,3 ‰	Fossé du chemin empierré sous châtaigniers / truffière spontanée.
022 / Lot	0 %	0,1 ‰	4,93	15,7 ‰	Sol dans le bois à châtaigniers.
024 / Lot	0 %	0,2 ‰	5,89	4,2 ‰	Sous-sol dans le bois à châtaigniers.

Tableau 4 - Le calcaire des sols truffiers

Les échantillons 021 et 023 ont été prélevés dans des sites de production de *Tuber melanosporum*. Les ascocarpes sont récoltés dans la terre sableuse, ont une forme sphérique et un poids variant entre 10 et 30 grammes.

Ces résultats montrent que l'empierrement calcaire du chemin suffit à enrichir le milieu naturellement propice aux châtaigniers (pH voisin de 5) et dépourvu en calcaire pour satisfaire

les exigences biologiques du *Tuber melanosporum*. On peut imaginer à partir de cette observation la plantation d'arbres truffiers dans des sites aux sols non calcaires pour peu qu'un amendement conséquent soit réalisé. C'est le cas de plantations truffières réalisées en Australie et en Nouvelle-Zélande sur des sols légers à pH 6 où ont été apportées des dizaines de tonnes de calcaire broyé la première année ainsi que, dans certains cas, les années suivantes. En Californie, une opération analogue a été réalisée avec des apports de calcaire et de matière organique sur une petite plantation qui était en production en 1995 à 150 km au nord-ouest de San-Francisco (Hatch, 1995).

Calcium échangeable

Le calcium échangeable est exprimé en CaO échangeable qui renseigne sur la richesse de la terre en calcium sous forme de cations Ca^{++} (ion calcium), soit fixés sur le complexe argilo-humique, soit dans la solution du sol.

L'intervalle de valeurs de 4 à 16 pour mille servant de référence en la matière a été dépassé par défaut dans une seule truffière naturelle du Lot.

Echantillons	Calcaire total	CaO éch.	pH	Mat.Org.	Biotope
018/ Lot	0 %	3,8 ‰	7,0	19,6 ‰	Friche sur sol sableux issu de la désagrégation de grès coniacien (Crétacé) à Nadaillac de Payrignac.

Tableau 5 - Calcaire et calcium

L'auteur est affirmatif quant à la valeur de l'échantillon qu'il a lui-même prélevé en un endroit où il a récolté des truffes *Tuber melanosporum*. Précisons qu'en cet endroit particulier les ascocarpes formés dans un sol sableux sont de forme arrondie et en contact avec les racines de fétuque ovine. Le sous-sol à 30 cm de profondeur est calcaire (grès coniacien). Il est probable que le travail de brassage des éléments du sol par les vers de terre suffit à remonter les débris de roche calcaire nécessaires à la truffe.

pH eau

Les sols truffiers ont un pH alcalin, c'est-à-dire entre 7,7 et 8,3. Cependant, un sol qui présente un pH favorable n'est pas forcément satisfaisant pour la truffe. Un sol très riche en magnésium (dolomitique) peut présenter un pH de 8 et être totalement dépourvu de calcaire.

La série des pH eau obtenus lors des différentes prospections varie dans l'intervalle de valeurs défini ci-dessus même si parfois des pH 8,5 sont observés en sols très calcaires. Dans le tableau ci-dessous sont présentés des pH très exceptionnels en sols truffiers. La nature du premier échantillon a été exposée dans le chapitre sur le calcium échangeable. Le deuxième provient des gorges du Cyan (Alpes maritimes). L'arbre hôte est un châtaignier (qui ne souffre pas de chlorose) sous lequel sont récoltées des truffes *Tuber melanosporum*. Le stockage du calcaire est localisé à quinze centimètres de profondeur sous forme de calcite (carbonate de calcium cristallisé) dans les micro-fissures de plaques de pélite (roche détritique argileuse). Ces pélite rouges ont été fissurées par le soulèvement alpin (tectonisation). Les eaux de ruissellement chargées de carbonate de calcium ont produit le dépôt de calcite dans les fentes de la roche.

Echantillons	Calcaire total	CaO éch.	pH	Mat.Org.	Biotope
018/ Lot	0 %	3,8 ‰	7,0	19,6 ‰	Friche sur sol sableux issu de la désagrégation de grès coniacien (Crétacé) à Nadaillac de Payrignac.
Cyan / 04	3 %	6,2 ‰	7,45	17,3 ‰	Truffière naturelle sous châtaignier dans colluvion sur roche mère constituée de pélite tectonisée avec calcite dans micro fissures.

Tableau 6 : pH et calcaire

Il ne faut pas recommander ces types de sols aux trufficulteurs. De plus, on ne peut que les encourager à être prudents par rapport aux mesures qui peuvent être faites sur le terrain avec des moyens rudimentaires d'analyse. Il est également bon d'insister sur le fait qu'un sol très riche en magnésium (dolomitique) ou potasse peut leurrer la personne qui, souhaitant réaliser une plantation truffière, considère uniquement la valeur d'un pH eau alcalin voisin de 8.

Matière organique

La matière organique regroupe l'ensemble des substances carbonées provenant des débris végétaux, des déjections et des cadavres d'animaux. L'humus ne constitue qu'une fraction de la matière organique, c'est-à-dire la partie colloïdale résultant de l'activité microbienne et de processus physico-chimiques à partir de la matière organique végétale. Le dosage de la matière organique est obtenu par oxydation sulfochromique (Méthode Anne). La teneur en matière organique est obtenue en multipliant la quantité de carbone organique par 1,72. Dans les sols truffiers du Sud-Ouest, la teneur en matière organique varie généralement dans un intervalle de 4 à 8 % comme en témoignent les résultats ci-dessous obtenus tous en truffières très productives. Dans la truffière naturelle de Maxou 3 (Lot), le niveau de matière organique dépasse l'intervalle de valeur admis communément.

Echantillons	Matière organique	C/N	Biotope
Cours1-001 (Lot)	59,7 ‰	11,5	Truffière naturelle sur rendzine dans clairière.
Maxou3 - 010 (Lot)	97 ‰	10,8	Truffière naturelle sur rendzine dans friche.
Pézuls (Dordogne)	64,2 ‰	11,4	Truffière plantée en noisetiers mycorhizés.

Tableau 7 - La teneur en matière organique dans le Sud-Ouest

En revanche dans les sols du Sud-Est cette valeur varie généralement entre 1,5 et 4 %.

Echantillons	Matière organique	C/N	Biotope
Richerenches (84)	36,6 ‰	10,3	Truffière plantée en chênes verts et pédonculés.
Carpentras (84)	21,6 ‰	11,1	Truffière plantée en chênes verts et pédonculés.
Bauduen (Var)	21,2 ‰	12	Truffière plantée en chênes verts et pédonculés.

Tableau 8 - La teneur en matière organique dans le Sud-Est

Avec les sols sableux viticoles de l'Aude, on a pu observer que l'intervalle des valeurs était dépassé en raison d'un déficit en matière organique sans dommage pour la production de truffes. Le brûlé de la truffe est très puissant et détruit les ceps de vigne près desquels sont récoltées les truffes.



Photo 1 : truffière naturelle formée dans une bordure de vigne (les ceps meurent) à Aragon (11) avec un sol présentant une teneur en matière organique de 0,7 % (échantillons A6).

Echantillons	Matière organique	C/N	Sable	Biotope
A5 (Aude)	9,8 ‰	7	54,8 %	Truffière naturelle dans une bordure de vigne.
A6 (Aude)	7,2 ‰	7,3	51,3 %	Truffière naturelle dans une bordure de vigne.
A12 (Aude)	16,7 ‰	8,6	70,9 %	Truffière naturelle dans une bordure de vigne

Tableau 9 - Faibles teneurs en matière organique dans des sols viticoles de l'Aude

Les deux échantillons suivants sont intéressants dans la mesure où les biotopes ont des caractères très différents.

Echantillons	Matière organique	C/N	Sable	Biotope
N208 (Alpes maritimes)	10,4 ‰	6,2	Sable : 27,2 %, Argile : 33,2 %.	Truffière naturelle avec un potentiel de production de 5 kg les bonnes années.
A13 (Aude)	5,4 ‰	7,9	70,9 %	Sous chêne vert producteur dans une plantation.

Tableau 10 - Faibles teneurs en matière organique et production

La truffière naturelle des Alpes maritimes en sol argileux très pauvre en matière organique s'est formée dans une prairie artificielle de luzerne et de dactyle en bordure de bois. Il est probable que sans cette flore détruite par le brûlé au fur et à mesure de son extension, la truffière n'existerait pas. La même observation peut être faite à propos de l'échantillon 018 / Lot présenté au chapitre sur le calcium échangeable. La truffière de l'Aude illustre bien les valeurs basses de la teneur en matière organique dans lesquelles la truffe peut fructifier.



Photo 2 : truffière naturelle à haute production en bordure de bois et dans une prairie avec luzerne et dactyle dans les Alpes maritimes (échantillon N208, matière organique : 1,08 %, C/N : 6,2). La qualité du milieu (enherbement, mésofaune) compense les défauts de la matière organique.

Azote

Facteur de rendement végétal en agriculture, l'azote organique est mesuré par la méthode Kjeldahl. Une teneur normale en trufficulture et en agriculture varie entre 1 et 3 pour mille.

Les plantations truffières et les truffières naturelles ne bénéficiant pas de fertilisation azotée, l'azote que renferme leur sol provient essentiellement de la minéralisation de la matière organique. On est donc tenu de faire le lien entre la teneur en matière organique et en azote ainsi qu'avec le rapport C/N.

Les échantillons regroupés dans le tableau ci-dessous ont été prélevés dans des truffières naturelles en production dans le département des Alpes maritimes. Ils correspondent à des sols marginaux pour les 3 caractères sélectionnés sur les lignes.

	Pauvres en matière organique		Riches en matière organique		
	Ech. 202	Ech. 208	Ech. 211	Ech. 214	Ech. 216
Matière organique (pour mille)	10,6	10,1	78,5	72,1	102
Azote (pour mille)	1,04	0,94	3,8	3,5	8
C/N	5,9	6,2	11,9	12	7,5
Appréciation générale	Sol lourd calcaire 22 %	Sol lourd calcaire 33 %	Sol lourd pauvre en calcaire 1 %	Sol lourd pauvre en calcaire 1,5 %	Sol très limoneux pauvre en calcaire 0,5 %

Tableau 11 - Teneurs en matière organique, azote et calcaire

Nous observons avec le tableau ci-dessus une relation évidente entre la richesse en calcaire et la pauvreté en matière organique dans des truffières naturelles. Celle-ci peut s'expliquer par le fait que le calcaire stimule l'activité microbienne des sols et subséquemment l'évolution de la matière organique.

L'analyse compartimentale de la matière organique devrait pouvoir fournir, par des analyses en routine, une approche de l'activité biologique des sols truffiers dans le futur.

Rapport carbone sur azote : C/N

Le C/N, qui précise l'état d'évolution de la matière organique, donne une indication de l'activité biologique. Il varie en général entre 8 et 12 dans les sols truffiers.

Les C/N particulièrement bas correspondent à des sols très sableux qui minéralisent la matière organique comme il a été vu avec les sols de l'Aude au chapitre de la matière organique. Toutefois, avec les sols des Alpes maritimes très pauvres en matière organique et riches en calcaire présentés dans le chapitre sur l'azote, les C/N atteignent des valeurs de 5,9 et 6,2.

Les C/N élevés d'échantillons de l'Aude (A11 : 14 et A17 : 13,7) correspondent à des biotopes qui soit accumulent la matière organique ligneuse (« garouilles » de chênes kermès), soit sont en voie de fermeture (aiguilles de pin d'Alep et feuilles de chênes verts et kermès). On peut retrouver ces C/N très élevés dans les « safres » de Haute Provence (C/N 14,2) avec des teneurs en matière organique de 3,63 % pour celle en sable qui atteint 74,5 %.

C'est aussi le cas des truffières naturelles localisées dans des pierriers (tas de pierres) qui présentent très peu de terre fine proportionnellement au volume de sol (comprenant les pierres et les vides entre elles). La terre fine noire est très calcaire (40 à 60 %), bien pourvue en matière organique (6 à 10 %) avec des C/N élevés. Dans ces pierriers, la production est sensible à la sécheresse mais, les bonnes années, les truffes peuvent être de belle taille (50 à 100 g).

Dans chacun des cas présentés ci-dessus, le milieu est très aéré de sorte que la matière organique doit évoluer par une voie différente de celle des sols truffiers classiques.

Echantillons	Sable	Mat. org.	C/N	Biotope
A11 / Aude	68,3 %	71,1 ‰	14	Dans une « Garouille » en truffière naturelle.
A17 / Aude	71,4 %	30,0 ‰	13,7	Sous pin d'Alep en truffière naturelle.
V102 / Var	63,9 %	37,7 %	13,3	Truffière naturelle dans un bois à Taverne.
AHP120 /04	74,5 %	36,3 %	14,2	Truffière naturelle dans un « safre » à Pierrerue (04)

Tableau 12 - C/N élevés

Les remarques faites au chapitre sur l'argile sont intéressantes à noter au niveau de l'étude du C/N.

Phosphore total

La truffe possède la propriété de puiser dans les formes rétrogradées de phosphore (phosphates bi et tricalciques). C'est pour cette raison que l'on préfère prendre en compte la teneur en phosphore total (normale entre 1 et 3 pour mille) plutôt que celle en phosphore assimilable.

La teneur en phosphore total des sols analysés reste dans l'intervalle normal des valeurs.

Avec la méthode Jorêt-Hébert, presque tous ces sols apparaissent pauvres en phosphore, ce qui dans l'état actuel des connaissances est sans incidence sur la production de truffes.

Potasse échangeable

La teneur normale en potasse échangeable des sols truffiers varie entre 0,10 et 0,30 pour mille.

Les sols truffiers producteurs analysés ne présentent pas de défaut dans cet élément et, si la valeur sort de l'intervalle admis, ce n'est que dans une faible mesure.

Magnésie ou MgO échangeable

La teneur normale en MgO échangeable des sols truffiers varie entre 0,10 et 0,30 pour mille.

L'intervalle des valeurs admises a cependant connu des dépassements avec les sols de l'Aude :

- par défaut : A5 (0,09 ‰), A10 (0,09 ‰), A10 (0,09 ‰), A 13 (0,08 ‰) dont la teneur est faible,
- par excès : A22 (0,75 ‰) et A24 (0,75 ‰).

Faiblesse ou excès en magnésie par rapport à la norme ne semblent pas affecter la production de ces truffières naturelles (l'échantillon A13 provient d'une truffière plantée).

1.4. Quelques sols remarquables

Un certain nombre d'observations et de relations ont déjà été faites sur ce sujet. Toutefois, on peut revenir sur quelques-uns de ces sols dont les caractéristiques donnent du relief à cette étude.

Les sols à valeurs agronomiques extrêmes

Ces sols repoussent les limites des intervalles de valeurs agronomiques au-delà desquelles on considèrerait qu'il n'était pas possible de produire de la truffe. Ils laissent à penser que certains facteurs connus ou inconnus à ce jour peuvent jouer un rôle compensateur dans le cas d'un ou plusieurs facteurs défectueux. Il est bon de souligner que la plupart de ces sols à valeurs marginales proviennent de truffières naturelles où les facteurs mis en jeu sont dans un équilibre (l'écosystème) certainement plus complexe que celui d'une plantation truffière dont les méthodes de culture actuelles ont tendance à appauvrir l'écosystème.

Si la teneur en matière organique des sols truffiers variait normalement jusqu'alors pour le Sud-Est dans un intervalle de valeurs de 1,5 à 4 %, nous avons découvert que des teneurs inférieures à 1 % existaient en truffières naturelles et plantées dans des sols très sableux. Le minimum connu est de 0,54 % dans une plantation de l'Aude en production.

La texture sableuse des sols truffiers audois est telle que pour certains échantillons (5 sur 26) la teneur en sable total est de l'ordre de 70 %.

Les sols viticoles de l'Aude

Les trois échantillons A5, A6, A12 proviennent de sols viticoles de l'Aude se caractérisant par une texture sableuse et une teneur faible en matière organique, inférieure à 1 % pour 2 échantillons.

Comme autrefois dans de nombreuses régions de France, la vigne accueille des truffières naturelles qui se forment à partir des arbres de bordure (principalement des chênes). Lorsque la truffière est très active et productive, les cepes de vigne meurent et c'est contre ou à proximité des souches de vigne mortes que sont récoltées les plus belles truffes. Cette

virulence du *Tuber melanosporum* n'existe plus dans certains vignobles aujourd'hui où il semblerait que l'usage de biocides ait altéré la qualité du milieu.

Le témoignage d'un viticulteur et trufficulteur à Villeneuve de Minervois (Aude) conforte et complète les données classiques. « *Quand les vignes sont arrachées, les truffières de bordure cessent de produire. La vigne est une bonne compagne pour la truffe. C'est au pied des souches de vigne que se situent généralement les plus belles truffes. La vigne peut être détruite au chisel, à la sous-soleuse, arrachée à la fourche hydraulique ou sciée. Le brûlé persiste quelques années mais la production disparaît.* »

Ces observations sont lourdes de conséquences sur l'utilité de la vigne et, par extension, le rôle de la flore dans de nombreuses truffières naturelles. On a vu qu'il était possible de récolter le *Tuber melanosporum* dans des sols à teneur en argile proche de 50 %. La biodiversité est un élément important dans le fonctionnement de l'écosystème truffier.

La nature du sol ne détermine pas nécessairement l'espèce de truffe

Dans une plantation truffière de l'Aude à Combelongue, commune de Saint-André de Roquelong, des arbres plantés à vocation truffière de taille et morphologie analogues produisent différentes espèces de truffes sur un sol en apparence homogène. Nous avons prélevé des échantillons sous trois chênes verts produisant respectivement : *Tuber melanosporum*, *Tuber brumale*, *Tuber aestivum*.

Echantillons	Calcaire total	Ca0 éch.	pH	Mat.Org.	Biotope
A20	62 %	12.2 ‰	8.31	31.8 ‰	Chêne vert planté prod. de <i>T. melanosporum</i> .
A19	58 %	12.5 ‰	8.31	30 ‰	Chêne vert planté prod. de <i>T. brumale</i> .
A18	63 %	13.1 ‰	8.46	21,5 ‰	Chêne vert planté prod. de <i>T. aestivum</i> .

Tableau 13 - Espèces de truffe et sols calcaires

L'analyse de terre de ces 3 sols n'a pas permis d'observer de différences discriminantes sur la présence de telle ou telle espèce de truffe.

Nous savons que l'amplitude écologique des *Tuber brumale* et *aestivum* est beaucoup plus large que celle du *Tuber melanosporum* et leur permet de prospérer et fructifier dans les biotopes et sols de cette dernière espèce. Ce qui n'est pas forcément le cas à l'inverse.

Les exportations de la truffe

Nous avons essayé également d'observer des différences de valeurs au niveau de la teneur en macro- et oligo-éléments entre des truffières en production, stériles, ou ayant cessé de produire à l'échelle d'une parcelle au sol homogène. Les travaux de G. Callot (1998) ont certes montré que les sols trufficoles n'étaient homogènes qu'en apparence. Cependant, la simple expression numérique des valeurs ne fait ressortir aucune différence pour les critères courants. Bien qu'il ne faille pas sous-estimer les influences du sol et du sous-sol, il est très probable que la compétition que se livrent les champignons entre eux soit plus explicative de l'absence ou de la fin d'une production. Ajoutons que la virulence du *Tuber melanosporum* mise en évidence à partir de 2003 tend à réguler, à l'intérieure du cortège fongique, la présence d'une espèce par rapport à une autre. Enfin, les exportations que la truffe peut réaliser sont dérisoires par rapport à celle d'un maïs ou d'un tournesol.

1.5. Synthèse et discussion

Ce travail mené sur le terrain dans le Sud-Ouest et dans le Sud-Est montre que si la truffe a ce pouvoir d'adaptation apparemment exceptionnel en truffière naturelle, il faut savoir lui réserver en culture des conditions qui privilégient une certaine qualité de son environnement (aération, association végétale, activité biologique). Au cours des prélèvements d'échantillons, nous nous sommes rendus compte que le potentiel truffier du sol s'accompagne de qualités au-delà même des caractères agronomiques (ou pédologiques) communément admises.

Une certaine variété floristique des sols calcaires, fréquemment observée dans les bonnes truffières naturelles et cultivées, n'est pas à négliger dans un itinéraire cultural maîtrisé. Cette flore observée dans les lieux de production du Sud-Ouest comprend notamment la vigne, le genévrier, l'églatier, l'épine noire, la fêtuque ovine, le brome érigé. Dans le Sud-Est, sous climat méditerranéen plus marqué, les plantes sont les suivantes : le thym, le thym serpolet, le romarin, le brachypode rameux, le genévrier cade, le genévrier sabine, le ciste cotonneux, le genêt d'Espagne, le genêt scorpion, la lavande.

De la même façon que pour la flore, l'activité biologique a pu être remarquée aux niveaux des traces laissées par les vers de terre comme par la présence de fourmis et d'autres insectes (Callot, 1997). Les trufficulteurs se posent déjà la question de savoir comment faut-il faire pour augmenter la présence de ces précieux auxiliaires et leur activité dans le sol. Des laboratoires proposent l'analyse en routine de cette activité biologique et recommandent l'apport de compost pour améliorer la qualité des sols.

Les résultats de cette étude montrent que dans les truffières naturelles, certaines des corrections que peuvent recommander quelques laboratoires en termes d'amendements, de fumures ou de fertilisations, s'opèrent presque naturellement. Avant l'invention des engrais, les paysans pratiquaient la jachère qui, en laissant la terre « se reposer », lui permettait de reconquérir sa fertilité. Les corrections modernes ne sont pas sans intérêt mais peuvent être secondaires dans le cas de la truffe si nous savons trouver pour la trufficulture sa dimension de culture écologique. Les très hauts rendements sur quelques m² sans l'intervention humaine, ni en préalable ni pendant la production, permettent de penser que cela est possible.



La Rochelle, le 26 septembre 2006

**RESULTATS D'ANALYSES DE TERRE
BULLETIN TRUFFICULTURE**

IDENTIFICATION DE L'ECHANTIL
N° LABO: 3944
Date d'arrivée de l'échantil 28/08/06
V/Réf.: 2.SARRION,SAN AUGUST
Lieu: ()
Profondeur du Sol 0 à 20 cm

DEMANDEUR	INTERMEDIAIRE
	STATION TRUFFICOLE SOURZAT Lacoste 46090 LE MONTAT

RESULTATS DE L'ANALYSE PHYSIQUE
OBSERVATION DE L'ECHANTILLON

Couleur
Structure

Grumeleuse

RESULTATS ANALYTIQUES

- ANALYSES GRANULOMETRIQUES (Texture)

Argile p.1000	207
Limons fins p.1000	67
Limons grossiers p.1000	74
Sables fins p.1000	376
Sables grossiers p.1000	265

- CAPACITE DE RETENTION EN EAU

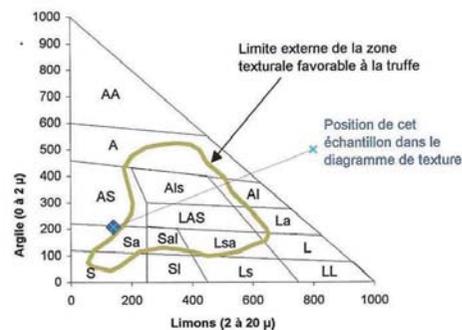
Humidité équivalente à 1000 g p.1000	88
--------------------------------------	-----------

Le potentiel truffier d'un sol est déterminé par un grand nombre de facteurs, parmi ceux-ci, les caractéristiques physiques de la terre fine sont très importantes. En particulier:

- la structure doit être grumeleuse ou aérée pour permettre une bonne aération et faciliter la circulation de l'eau et de l'air dans la porosité,
- la texture doit être équilibrée, c'est à dire que sables, limons et argiles doivent être répartis en de bonnes proportions, et s'inscrire dans un diagramme bien précis du triangle de texture pour que la truffe puisse se développer.

INTERPRETATION PHYSIQUE

Le sol ici analysé présente une texture équilibrée (ci-contre), s'inscrivant parmi les textures favorables à la truffe.



Siège Social: 1, rue Champlain - Z.I. Chef de Balé - 17074 LA ROCHELLE CEDEX 9 - Tél: 05 46 43 45 45 - Fax 05 46 67 56 80
e-mail: info17@laboratoirelca.com



Projet: **Création de truffière**

RESULTATS DE L'ANALYSE CHIMIQUE N° LABO: 3944 //Réf.: 2.SARRION,SAN AUGUST

Calcaire total	Appréciations	Insuffisant	Faiblement calcaire	assez calcaire	Très calcaire
p.1000	Valeurs seuils	inférieur à 10	de 10 à 50	de 50 à 500	supérieur à 500
	Résultats	Sol		25	

pH eau	Appréciations	Mauvais	Assez Bien	Bien	Très Bien
	Valeurs seuils	inférieur à 7.0	7.0 à 7.4	7.4 à 7.9 & 8.3 à 8.6	7.9 à 8.3
	Résultats	Sol		8,64	

Matière Organique (t) p.1000	Appréciations	Pauvre	Assez Bien	Bien	Très Bien
	Valeurs seuils	inférieur à 15	15 à 25	25 à 80	supérieur à 80
	Résultats	Sol	10,6		

Azote (N) p.1000	Appréciations	Pauvre	Assez Bien	Bien	Très Bien
	Valeurs seuils	inférieur à 1	1 à 2	2 à 3	supérieur à 3
	Résultats	Sol	0,69		

C/N	Appréciations	Faible	Bien	Très Bien	Bien	Mauvais
	Valeurs seuils	inférieur à 8	8 à 9.5	9.5 à 10.5	10.5 à 11.5	supérieur à 11.5
	Résultats	Sol	8,9			

Phosphore P ₂ O ₅ (2) p.1000	Appréciations	Pauvre	Assez Bien	Bien	Excessif
	Valeurs seuils	inférieur à 1	1 à 2	2 à 3	supérieur à 3
	Résultats	Sol	0,4		

Potasse K ₂ O p.1000	Appréciations	Pauvre	Assez Bien	Bien	Elevé
	Valeurs seuils	inférieur à 0.1	0.1 à 0.2	0.2 à 0.7	supérieur à 0.7
	Résultats	Sol		0,22	

Magnésie MgO p.1000	Appréciations	Pauvre	Assez Bien	Bien	Très Riche
	Valeurs seuils	inférieur à 0.1	0.1 à 0.2	0.2 à 0.3	supérieur à 0.3
	Résultats	Sol	0,09		

Chaux CaO p.1000	Appréciations	Pauvre	Assez Bien	Bien	Très Bien
	Valeurs seuils	inférieur à 5	5 à 7	7 à 9	supérieur à 9
	Résultats	Sol		7,45	

Résultats complémentaires: P2O5 (Joret Hébe) **0,020** p.1000
Na₂O **0,014** ppm CEC (Metson) **6,33** cmol+/100g

(1) Carbone organique *1.72; (2) Acide phosphorique total; (3) Éléments échangeables

L'ingénieur

D. JACQUES

Siège Social: 1, rue Champlain - Z.I. Chef de Balé - 17074 LA ROCHELLE CEDEX 9 - Tél: 05 46 43 45 45 - Fax 05 46 67 56 80 - e-mail: info17@lca-web.net

2. Résultats des travaux à partir de l'analyse de terre de type biologique

Ces analyses de terre ont été utilisées principalement dans le cadre de la problématique *brumale*. G. Callot a pensé qu'il était possible de caractériser le statut organique et biologique des sols truffiers pour comprendre la présence importante du *Tuber brumale* dans le milieu naturel, mais surtout dans les plantations où cette espèce était et reste excessivement présente.

A l'occasion de la formation supérieure de trufficulture en 2001 et 2002, la Station trufficole du Montat a proposé de conduire une série d'analyses de ce type sur un site où cohabitaient les biotopes du *Tuber melanosporum* et du *Tuber brumale*. Gabriel Callot a conduit un travail d'analyse des sols caractéristiques à l'une et l'autre espèce tandis que Pierre Sourzat a mené une étude de la dynamique de l'écosystème en situant l'une et l'autre espèce dans l'évolution du milieu. Les prélèvements de terre ont été effectués entre 5 et 15 cm de profondeur dans la couche de surface. Les résultats qui en découlent sont présentés ainsi que les rapports d'analyse de terre qui illustrent la nouvelle méthode.

2.1. Caractérisation du site d'exploration

Il correspond à une dépression, en amont d'une vallée sèche, dans des calcaires lacustres tendres de l'Oligocène (tertiaire). Les sols sur le plateau sont des rendosols superficiels avec des colluviosols plus ou moins profonds dans la pente et des calcosols dans le bas fond. Ces sols sont riches en cailloutis calcaires contribuant à leur aération.

La chênaie en coteau bordant la combe à l'ouest comporte principalement les essences arborescentes suivantes : chêne pubescent, érable de Montpellier, cerisier Sainte-Lucie. Dans les parties les plus éclairées, la végétation arbustive comporte le genévrier et l'épine noire, surtout en bordure de la parcelle (phase de colonisation). Des brûlés stériles (A.D., basidiomycètes) sont observés çà et là où les arbres sont peu denses. Pendant l'été ou à l'automne, à la suite de pluies importantes suivies de conditions chaudes, on peut y observer la pousse de la russule sans lait (*Russula delica*).

La pelouse du fond de la combe comprend principalement les espèces herbacées suivantes dans la zone brûlée dont les contours ne sont pas stables avec un recul de plusieurs années d'observation : la fétuque ovine (*Festuca ovina* L.), l'origan vulgaire (*Origanum vulgare* L.), le sédum à pétales droits (*Sedum anopetalum* D.C.), la carline vulgaire (*Carlina vulgaris* L.), le millepertuis perforé (*Hypericum perforatum* L.), la germandrée botryde (*Teucrium botrys* L.) Le point de prélèvement de l'échantillon de référence du *Tuber brumale* se situe en limite de cette pelouse, sur une zone de récolte de cette espèce, à quelques mètres des premiers chênes de lisières, à un mètre d'un brûlé en couronne formé par *Tuber aestivum*. Cette dernière espèce a été identifiée en abondance à l'intérieur du brûlé sous forme de mycorhizes sans toutefois avoir été récoltée sous forme d'ascocarpes.

La parcelle au fond de la combe est bordée à l'est par une haie naturelle de plantes arbustives parmi lesquelles on notera la présence des espèces suivantes : le cornouiller sanguin, le cerisier Sainte-Lucie, l'épine noire, l'églaïtier. Le cornouiller sanguin tend à gagner du terrain vers l'intérieur de la combe malgré la présence du brûlé à *Tuber melanosporum*. Cette plante arbustive pionnière est généralement à l'origine de la fermeture du milieu sur le causse et de la disparition de la production truffière. Le point de prélèvement de l'échantillon de référence du *Tuber melanosporum* se situe dans cette combe à 1 mètre d'un petit genévrier, à l'endroit où des truffes ont été récoltées lors de la saison précédente. Cet endroit est marqué par une

zone brûlée très productive en 2000-2001, devenue peu favorable à la suite de l'été caniculaire de 2003.

La pelouse à brome érigé (*Bromus erectus* Huds) dans la pente au nord-ouest et sur le plateau correspond à une ancienne prairie fauchée en principe une fois par an. On y observe quelques églaïtiers et des plantes herbacées telles que la fétuque ovine, le gaillet molugine (*Gallium mollugo* L.), la vipérine vulgaire (*Echium vulgare* L.). C'est dans la partie en pente de cette pelouse que se situe le point de prélèvement témoin (pas de truffe).

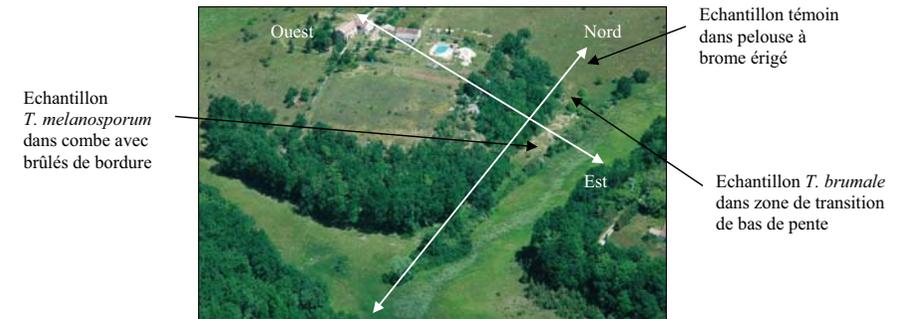


Photo 3 : présentation du site d'étude

Les sites de production naturelle du *Tuber melanosporum* sont principalement exposés à l'est ou au sud. Toutefois, en 2006-2007, à la suite d'un été très chaud en juillet, ce sont les brûlés exposés au nord et à l'ouest qui ont principalement produit, voire même des zones où *Tuber brumale* était dominant.

2.2. Définitions et méthodes⁷ employées pour l'analyse de terre de type biologique

Ce nouveau type d'analyse s'appuie sur le statut hétérotrophe des champignons et leur dépendance fondamentale vis à vis des matières organiques pour se nourrir. Il tend à définir de nouvelles valeurs relatives aux caractéristiques suivantes :

- les matières organiques du sol : libre à évolution rapide ; liée à évolution très lente,
- la taille du compartiment biomasse microbienne et la quantité d'éléments minéraux stockés dans cette biomasse,
- l'activité microbienne du sol.

Les matières organiques sont réparties en deux fractions :

- la matière organique libre ayant des dimensions supérieures à 50 µm, à C/N élevé de 12 à 30, et qui constituent la fraction facilement et rapidement minéralisable,
- la matière organique liée ayant des dimensions inférieures à 50 µm, à C/N faible, inférieur à 10, et qui constitue la fraction stable, à minéralisation lente.

Le fractionnement physique granulométrique de la matière organique est effectué selon la méthode de Gavinelli et al., 1995, Commun. Soil Sci. Plant Anal., 26 : 1749-1760). Le carbone est ensuite dosé selon la méthode de Anne et l'azote total selon Kjeldhal.

⁷ Les méthodes employées ont été formulées par G. Callot, Inra, et X. Salducci, Alma-Terra devenu Celesta.

La biomasse microbienne (BM) représente la quantité de carbone « vivant » contenue dans les microbes du sol, essentiellement les bactéries et les champignons. Elle se développe dans des sols moyennement pourvus en matière organique et notamment en matière organique libre. La réalisation du rapport Biomasse Microbienne / Carbone Organique du sol permet de mesurer le fonctionnement du sol. Ce paramètre définit la qualité nutritionnelle de la matière organique ainsi que la qualité de l'environnement chimique et physique de la biomasse microbienne. La biomasse microbienne est déterminée selon la technique de fumigation au chloroforme - extraction et dosage du carbone microbien soluble (Wu et al., 1990, Soil. Biol. Biochem. 8 :1167-1169) . Les résultats sont exprimés en mg C biomasse / kg de terre sèche. La quantité de biomasse est exprimée également en fonction du C total du sol (% C org.).

La biomasse microbienne représente la quantité de carbone « vivant » contenue dans les microbes du sol, essentiellement les bactéries et les champignons. Elle se développe dans des sols moyennement pourvus en matière organique et notamment en M.O. libre. La réalisation du rapport Biomasse Microbienne / Carbone organique du sol permet de mesurer le fonctionnement du sol. Ce paramètre définirait la qualité nutritionnelle de la matière organique ainsi que la qualité de l'environnement chimique et physique de la biomasse microbienne.

L'activité microbienne du sol est un indicateur rapide et simple de l'activité totale de la microflore hétérotrophe dans un sol. Une activité microbienne relativement faible traduit des conditions plutôt propices à la fructification du *Tuber melanosporum*. La mesure s'effectue grâce à partir de l'activité Fluorescine Di Acétate Hydrolase, colorant vital des champignons, bactéries et protistes. L'activité Fluorescine Di Acétate hydrolase (FDA) est mesurée en incubation standard, par colorimétrie (Schnürer et Rosswall, 1982, Appl. Environ. Microbiol., 43 : 1256-1261). Les résultats sont exprimés en : A490 / h / g de terre sèche.

Les activités minéralisatrices de carbone et d'azote (Cm28, Nm28) sont suivies lors d'incubation en conditions standardisées (28°C, 28 jours, teneur en eau ajustée à l'humidité équivalente) (Chaussod et al., 1986, Science du sol, 2 : 213-226). Le carbone minéralisé (C-CO2) est piégé et dosé régulièrement par titration. L'azote minéralisé, sous forme de N03 et NH4, est extrait et dosé par colorimétrie. Les résultats sont exprimés en mg C-CO2 ou mg N-minéral (N03 + NH4) / kg de terre sèche et également en % C total sol ou % N total sol, respectivement.

2.3. Résultats et conclusions des analyses de terre exprimés par G. Callot

2.3.1. Analyses physico-chimiques

Les sols des 3 sites présentent une terre fine de texture limono-sablo-argileuse, assez comparable avec 20% d'argile environ. Le pH du sol est de 7,6 et 7,7 dans les sites enherbés (*T. brumale* et Témoin) et légèrement plus élevé (pH 8) dans le brûlé du site à *T. mel.* suite aux recarbonatations de la terre fine de surface par la bioturbation. La teneur en matière organique est naturellement élevée (9,1 % et 8,5 %) dans les sites enherbés et plus faible (4,8 %) dans le brûlé du site à *T. melanosporum*. Cette diminution de teneur en matière organique explique la couleur plus claire du sol dans le brûlé : on pourrait dire que la matière organique a été brûlée par oxydation et passage en CO2.

Pas de différence notable dans l'évolution du rapport C/N qui reste très légèrement inférieur dans le site à *Tuber melanosporum*. Teneur en azote élevée dans les trois cas.

2.3.2. Caractérisation des matières organiques du sol

Le fractionnement des matières organiques permet de différencier la matière organique stable qui correspond à la matière organique liée à la fraction argileuse et contenue dans la fraction inférieure à 50 µ. Elle exprime une matière organique très évoluée, structurante, à évolution lente, fortement polymérisée; contrairement à la matière organique libre qui présente une évolution plus rapide sous l'action bactérienne.

Il est important de constater que c'est le site du brûlé à *Tuber melanosporum* qui contient le moins de matière organique libre. Si toutefois le C/N de cette matière organique reste relativement élevé (voisin de 15), c'est qu'il exprime que les restitutions sont plus faibles.

2.3.3. Biomasse microbienne

Elle exprime l'importance du stock de bactéries et de champignons (mycélium) présents dans le milieu. C'est à la fois le compartiment de stockage des éléments minéraux et des agents de transformation qui détermine la fertilité du sol. Sa valeur est exprimée en mg C / kg de terre. Dans les trois sites cette valeur est très élevée puisqu'elle dépasse 700 mg C / kg de terre. Il est bon de rappeler que dans la plupart des terres de vigne du Midi, cette biomasse est très faible et comprise entre 50 et 100 mg C / kg de terre ! On comprend bien l'intérêt de laisser un peu les sols au repos pour leur redonner une fertilité naturelle. Dans le site à *T. melanosporum*, cette biomasse microbienne est proportionnellement moins élevée (750 mg C / kg de terre), alors qu'elle est de 1750 mg C / kg de terre dans le site à *Tuber brumale*.

2.3.4. Activité microbienne

Si la biomasse microbienne est un facteur important de la fertilité des sols, les activités enzymatiques des microorganismes expriment les possibilités de minéralisation du carbone, de l'azote, du phosphore et des autres oligo-éléments. Cet indice d'activité est assez faible dans l'ensemble et très faible dans le site à *Tuber melanosporum*. Dans nos études antérieures (voir La truffe, la terre, la vie , 1999) nous avons fixé un seuil de 0,2 pour distinguer les sites à *Tuber melanosporum* des sites à *Tuber brumale*. Cette valeur devrait être encore ramenée en dessous de 0,1 dans le cas des truffières sauvages. Dans ces truffières, la présence de *Tuber brumale* est constatée avec un indice de 0,11 et celle de *Tuber melanosporum* à 0,05. Des précisions devront être apportées dans ce domaine, car cet indice semble aussi très dépendant des périodes de prélèvements qui sont en relation avec les activités saisonnières des microorganismes.

Cette faible activité microbienne dans le site à *Tuber melanosporum* se traduit par une faible minéralisation du carbone en CO2.

2.3.5. Conclusions

Les analyses de terre des sites présentés nous montrent bien que l'évolution de la composition floristique dans un système donné traduit un changement de fonctionnement organique et biologique du sol. On constate, comme nous l'avons souligné dans nos études antérieures, que *Tuber brumale* se développe de manière préférentielle dans des milieux plus organiques,

présentant une plus forte activité microbienne (sols plus riches et fertiles), alors que *Tuber melanosporum* affectionne des milieux avec peu de matière organique fraîche (libre) et une faible activité microbienne.

Au cours du temps et selon le mode de gestion, le sol se transforme et peut présenter des phases favorables à *Tuber brumale* lorsque son stock organique et sa biomasse microbienne sont élevés et des phases favorables à *Tuber melanosporum* lorsque les teneurs en matière organiques et les biomasses microbiennes diminuent.

Dans les systèmes cultivés, le stock de carbone et les biomasses microbiennes diminuent lorsque les exportations sont fortes et les retours organiques faibles. Dans les systèmes naturels, la diminution du stock de carbone se constate dans les brûlés où les restitutions du carbone⁸ ne se font pas, avec absence de couverture herbacée et de litière.

La teneur en matière organique d'un sol augmente avec l'importance de la couverture herbacée, de la litière et de la nécromasse racinaire. On comprend ainsi qu'un sol compacté, argileux et humide favorise le développement de l'herbe, de même qu'un arbre vigoureux, avec beaucoup de parties aériennes fournit beaucoup de litière et de nécromasse racinaire : ces deux facteurs favorisent l'apparition du *Tuber brumale*.

2.4. Etude de la dynamique du milieu truffier et impacts sur le sol par Pierre Sourzat

Les résultats et conclusions ci-dessus présentent une cohérence avec les observations sur la virulence du *Tuber melanosporum*, le fonctionnement du brûlé et le cortège fongique ; cet ensemble d'éléments contribuant à modifier les caractéristiques organiques du sol.

2.4.1. La virulence et son action sur le sol



Photo 4 : expression de la virulence d'un brûlé particulièrement débordant par rapport à la frondaison de l'arbre. A noter les tâches rouges représentées par les coquelicots en fleur au pied de l'arbre (photo du 18 juin 2007).

La virulence de la truffe *Tuber melanosporum* se traduit par des brûlés très agressifs qui progressent de 15 à 25 cm par an, détruisant la flore herbacée de l'espace de conquête. Cette agressivité, lorsqu'elle est optimum, peut conduire jusqu'à détruire un tapis dense de fétuque ovine ensemencée. La vigne même ne résiste pas à l'agression de ce brûlé, comme en

⁸ En complément du carbone, il convient également d'ajouter l'azote organique qui contribue à faire pousser les arbres et la végétation.

témoignent certaines pratiques du 19^{ème} siècle qui consistaient à creuser des fossés entre les lisières de chênes et les parcelles de viticoles.

Au fur et à mesure que le brûlé avance, le système racinaire de l'arbre est dégradé au même titre que la végétation de surface est détruite. Si dans les systèmes naturels, la diminution du stock de carbone se constate dans les brûlés où les restitutions du carbone ne se font pas, avec absence de couverture herbacée et de litière (souligné par G. Callot), il est probable que cela soit une conséquence de la virulence du *Tuber melanosporum*. Il semble donc que la nature de la matière organique ainsi que de la biomasse microbienne (qui chute en l'absence de matière organique fraîche à consommer) dépend de la virulence du *Tuber melanosporum*. On peut même envisager que la vie microbienne soit affectée par l'agressivité du brûlé au même titre que les plantes et l'arbre hôte.

2.4.2. Le brûlé qui assèche le sol

Les brûlés naturels à *Tuber melanosporum* se forment généralement dans le *Mesobromion* par régression de la végétation dominée notamment par le Bromé érigé (*Bromus erectus* Huds.) et évolution vers le *Xerobromion* caractérisé par la présence d'un tapis clairsemé de fétuque ovine. A son tour le *Xerobromion* régresse pour laisser place au *Thero-brachipodion*⁹ avec le sédum élevé (*Sedum altissimum*) comme plante indicatrice. Le sédum élevé est accompagné parfois par le pâturin raide (*Scleropoa stricta*) et de nombreuses plantes thérophytes (*Cerastium*, *Cardamina*, *Arabis hirsuta*, *Draba verna*, *Thlaspi perfoliatum*, *arenaria serpillifolia*). Ce stade *Thero-brachipodion* est le plus favorable à la fructification du *Tuber melanosporum*. La succession est à l'inverse lorsque le brûlé disparaît.

Stade de la pelouse	Epaisseur réelle couche humifère	Epaisseur apparente de la couche humifère	Etat de la fructification
Pelouse à brome érigé (<i>Mesobromion</i>)	15 à 20 cm	15 à 20 cm	<i>Tuber brumale</i> , <i>T. rufum</i> <i>Scleroderma</i> sp. <i>Hebeloma</i> sp.
Pelouse dégarnie (brûlée) à fétuque ovine (<i>Xerobromion</i>)	15 à 20 cm	5 à 10 cm	
Brûlé à sédum élevé et thérophytes (<i>Thero-Brachipodion</i>)	15 à 20 cm	1 à 5 cm	<i>Tuber melanosporum</i>
Pelouse dégarnie (brûlée) à fétuque ovine (<i>Xerobromion</i>)	15 à 20 cm	5 à 10 cm	
Pelouse à brome érigé (<i>Mesobromion</i>) et fruticée ou végétation de sous-bois (<i>Rubia peregrina</i>) en plantation.	15 à 20 cm	15 à 20 cm	<i>Tuber brumale</i> , <i>Tuber aestivum</i> , <i>Hebeloma</i> sp. Basidiomycètes forestiers

Tableau de la dynamique des espèces dans le *Mesobromion*

Cette succession crée une illusion sur la nature du sol dans lequel a lieu la fructification de la truffe. En effet, tout se passe comme si le sol s'asséchait ou perdait de son épaisseur avec pour conséquence la diminution de sa réserve en eau. Plus forte est la virulence du *Tuber*

⁹ Le *Thero-brachipodion* est un groupement présent sur sols squelettiques calcaires, pauvres en terre fine, très perméables.

melanosporum, plus le phénomène est net. Ces évènements ont évidemment des conséquences sur la matière organique (C/N) et la structure du sol. Le tableau 1 sur la teneur en argile et la matière organique dans une truffière naturelle dans l'approche classique montre cette variation en fonction de la position du prélèvement par rapport au brûlé.



Photo 5 : état d'un coquelicot prêt à fleurir sur un brûlé truffier (18 juin 2007)

La photo 5 du coquelicot nanifié avec son bouton floral illustre parfaitement la réduction de la plante par défaut de la ressource en eau qui peut s'accompagner également d'un effet biocide de la part du brûlé. Ce coquelicot a été photographié dans un brûlé après un printemps particulièrement pluvieux où aucune sécheresse ne pouvait être constatée. La photo 4, prise le même jour sur le même site, montre les coquelicots en fleur et de taille normale au pied de l'arbre truffier, dans la zone où le brûlé a perdu de son intensité.

Le phénomène de sécheresse constaté à l'intérieur du brûlé a évidemment pour corollaire une transformation de l'état organique et microbien du sol. Si l'activité microbienne baisse à l'intérieur du brûlé producteur, il est probable que le phénomène est une conséquence de l'activité fongique, ou tout au moins de la manifestation du brûlé.

2.4.3. Le cortège fongique ou les espèces qui cohabitent avec le *Tuber melanosporum*

L'analyse du statut mycorhizien de nombreux brûlés producteurs de *Tuber melanosporum* en milieu naturel ou en plantation a révélé l'organisation des espèces fongiques à condition que le travail du sol linéaire (outils à dents tractés) ne vienne pas perturber cette répartition, en particulier dans les sols superficiels.

L'exemple de la situation de la photo 6 ci-dessous montre que nécessairement, si l'on récolte *Tuber brumale* sous la frondaison de ce vieux chêne truffier, c'est-à-dire à sa place de champignon appréciant le couvert végétal, elle sera forcément dans un sol riche en matière organique fraîche présentant une biomasse microbienne importante. A l'inverse, dans la zone brûlée, sur la couronne extérieure à la frondaison, les conditions de sol seront différentes. Dans ces circonstances, il est très probable que la présence du *Tuber brumale*, se développant de manière préférentielle dans des milieux plus organiques (souligné par G. Callot), soit la conséquence d'une organisation fongique naturelle. L'existence de phases à *Tuber brumale*, lorsque le stock organique et la biomasse microbienne sont élevés, et de phases favorables à *Tuber melanosporum* lorsque les teneurs en matière organique et les biomasses microbiennes diminuent (souligné par G. Callot), est concomitante avec l'évolution du cortège fongique.

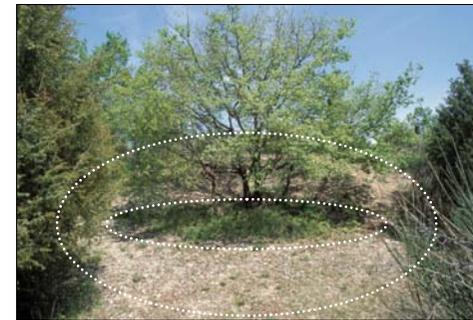
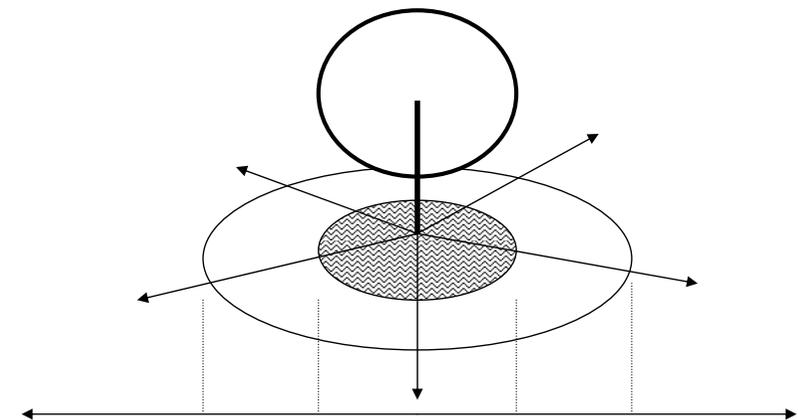


Photo 6 : truffière naturelle à Saint-Beauzil (Tarn) avec brûlé en couronne (remontant vers un talus) dont le centre est occupé par une végétation de broussaille et de petits chênes mycorhizés A.D. et âgés d'un à trois ans.

Cette cohérence dans l'analyse de la situation incite à se poser la question du mécanisme qui fait que *Tuber melanosporum* « consomme » la matière organique lorsque le brûlé avance, faisant chuter le stock organique. A défaut de réponse, on observe que lorsque le brûlé manque de puissance, la production ne se manifeste pas.



<i>T. aestivum</i> Basidiomycètes	<i>T. mel.</i>	<i>Tuber brumale</i> , <i>Hebeloma</i> sp. Basidiomycètes	<i>T. mel.</i>	<i>T. aestivum</i> Basidiomycètes
<i>T. aestivum</i> en « sommeil »	Espèce "réveillée"	Espèces plus ou moins « réveillées »	Espèce "réveillée"	<i>T. aestivum</i> en « sommeil »

Schéma illustrant la position des truffes par rapport au brûlé dans les truffières non cultivées ou naturelles

Toutefois, si *Tuber brumale* peut être appréciée comme une truffe forestière, elle présente aussi une grande plasticité écologique. Lorsque les conditions de culture du *Tuber*

melanosporum sont perturbées par un travail du sol excessif, notamment lorsque celui-ci est superficiel, *Tuber brumale* vient occuper la place du *Tuber melanosporum*. Les perturbations occasionnées par un travail du sol excessif ont pour conséquence une baisse de la biodiversité floristique et faunistique. De même, cette baisse de la biodiversité est occasionnée par un usage inconsidéré du glyphosate pour l'entretien des truffières. Dans ces deux cas, on constate une plus grande force du *Tuber brumale* qui parvient à se substituer au *Tuber melanosporum*. Il convient toutefois de se demander s'il s'agit de la force du *Tuber brumale* ou de la défaillance du *Tuber melanosporum* par défaut de certains éléments de la biodiversité ou d'altérations de son écosystème.

2.4.4. Conclusions

L'analyse de terre de type biologique a permis d'affiner les modifications intervenant dans le milieu au fur et à mesure que le *Tuber melanosporum* manifeste ses effets. En l'occurrence, le phénomène de la virulence peut être mieux expliqué par ses résultats. Il est très possible que l'agressivité de la truffe se manifeste, certes sur la flore y compris sur l'arbre hôte, mais également sur la vie microbienne du sol dont l'activité chute à l'endroit où sa manifestation est la plus évidente.

Cette analyse de terre de type biologique complète également l'analyse classique et explique certains échecs. Mais les références sont à ce jour peu nombreuses, avec un recul insuffisant. Le coût de ces analyses demeure encore élevé.

Rapport d'analyse de terre de type biologique sur truffière naturelle du *Tuber melanosporum* (page 1)

RAPPORT D'ANALYSE DE TERRE



N° de Laboratoire :	0142-01
Référence :	CALLOT / CAHORS
Commune :	MELANO
Parcelle :	
Horizon :	
Intermédiaire :	
Date réception :	15/10/01

INRA
Science du Sol
M. Gabriel CALLOT
2 Place Viala
34060 MONTPELLIER CEDEX 01

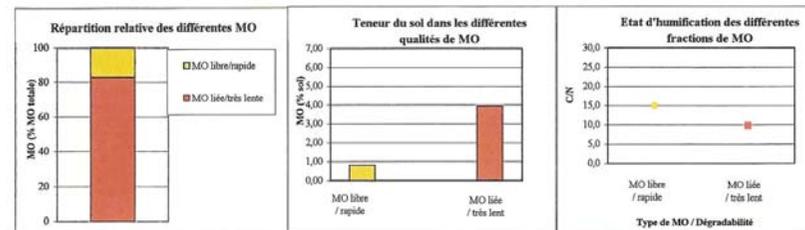
1) CARACTERISATION PHYSICO-CHIMIQUE

Granulométrie en % de terre fine			
Argile	20,8		LAS Limono-Argilo-Sableuse
Limons	41,2		
Sables	38,0		
Analyse physique			
Matières organiques	%	4,8	
Carbone	g/kg	27,6	
pH eau		8,0	
C/N		10,4	
Calcaire total	%		
Calcaire actif	%		
CEC	Cmol+/kg		

Analyse chimique						
Azote total (Kjeldhal)	g/kg	2,661	Optimum	Très faible	Faible	Satisfaisant
Anhydride Phosphorique JH	g/kg		1,0 à 1,5			
Bases échangeables (g/kg)	(%CEC)					
Oxyde de Potassium - K ₂ O						
Oxyde de Magnésium - MgO						
Oxyde de Calcium - CaO						
Oxyde de Sodium - NaO						
Rapports K/Mg						
Rapport Ca/Mg						

2) CARACTERISATION DES MATIERES ORGANIQUES DU SOL

FRACTION	Granulométrie %	mg/g fraction	CARBONE mg/g sol	%Ctotal	MO %	mg/g fraction	mg/g sol	AZOTE %N total	C/N
/ Dégradabilité									
MO libre / Rapide	38,0	12,5	4,7	17,2	0,82	0,834	0,317	11,9	15,0
MO liée / Très lent	62,0	36,9	22,9	82,8	3,94	3,781	2,344	88,1	9,8
Sol Non fractionné	100,0		27,6		4,75		2,661		10,4

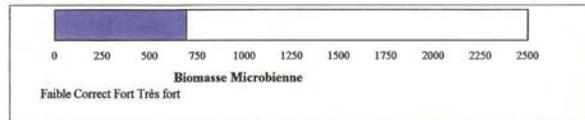


Rapport d'analyse de terre de type biologique
sur truffière naturelle du *Tuber melanosporum* (page 2)

Rapport d'analyse de terre de type biologique
sur truffière naturelle du *Tuber brumale* (page 1)

3) TAILLE DU COMPARTIMENT BIOMASSE MICROBIENNE ET QUANTITE D'ELEMENTS MINERAUX STOCKES DANS LA BIOMASSE MICROBIENNE

Carbone g/kg terre	Biomasse Microbienne		Éléments minéraux stockés dans la BM (calculés)				
	mgC/kg terre	en % C	N	P	K	Ca	Mg
27,6 (très fort)	693 (très fort)	2,5 (fort)	312	241	204	29	29

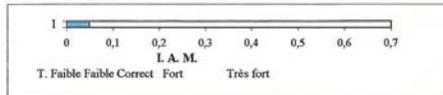


4) VIE MICROBIENNE

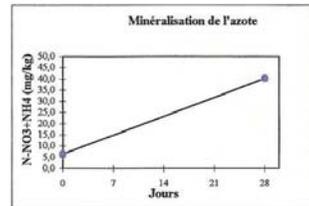
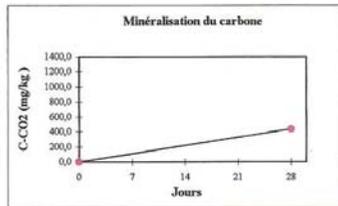
3-1. INDICE D'ACTIVITES MICROBIENNES (IAM):

IAM:

0,049



3-2. ACTIVITES MICROBIOLOGIQUES MINERALISATRICES DE C et N: dégradabilité de la M.O.



BILAN DES ELEMENTS MINERALISES							
Corganique (g/kg TS)	C minéralisé (mg/kg/28j)	Indice de minéralisation %	Cm/BM	Nik (g/kg TS)	N minéralisé (mg/kg/28j)	Indice de minéralisation %	Fourniture annuelle N
27,6 (très fort)	441 (fort)	1,6 (faible)	23 (correct)	2,661 (très fort)	33,7 (très fort)	1,3 (correct)	177

Montpellier, le 18/12/01
Xavier SALDUCCI
Directeur du Laboratoire

ALMA TERRA - La Croix Neuve - 34380 MAS DE LONDRES - Tél : 04 67 59 58 34 - Fax : 04 67 59 47 20
SARL au capital de 100 000 F - RCS Montpellier B 409 206 950 - Siret 409 206 950 00019 - APE 241J

RAPPORT D'ANALYSE DE TERRE



N° de Laboratoire : 0142-02
Référence : CALLOT / CAHORS
Commune :
Parcelle : BRUMALE
Horizon :
Intermédiaire :
Date réception : 15/10/01

INRA
Science du Sol
M. Gabriel CALLOT
2 Place Viala
34060 MONTPELLIER CEDEX 01

1) CARACTERISATION PHYSICO-CHIMIQUE

Granulométrie en % de terre fine		Sables	Argiles	Limon	Lsa
Argile	18,7				
Limons	51,1				
Sables	30,2				

Analyse physique	
Matières organiques	% 8,5
Carbone	g/kg 49,1
pH eau	7,7
C/N	10,6
Calcaire total	%
Calcaire actif	%
CEC	Cmol+/kg

Analyse chimique	Optimum	Très faible	Faible	Satisfaisant	Elevé	Très élevé
Azote total (Kjeldhal) g/kg	4,635					
Anhydride Phosphorique JH g/kg	1,0 à 1,5					
Bases échangeables (g/kg) (%CEC)						
Oxyde de Potassium - K ₂ O						
Oxyde de Magnésium - MgO						
Oxyde de Calcium - CaO						
Oxyde de Sodium - NaO						
Rapports K/Mg						
Rapport Ca/Mg						

2) CARACTERISATION DES MATIERES ORGANIQUES DU SOL

FRACTION / Dégradabilité	Granulométrie %	mg/g fraction	CARBONE mg/g sol %Ctotal	MO %	mg/g fraction	AZOTE mg/g sol %N total	C/N
MO libre / Rapide	30,2	47,9	14,5 29,5	2,49	3,354	1,013 21,9	14,3
MO liée / Très lent	69,8	49,6	34,7 70,5	5,96	5,189	3,622 78,1	9,6
Sol Non fractionné	100,0		49,1	8,45		4,635	10,6

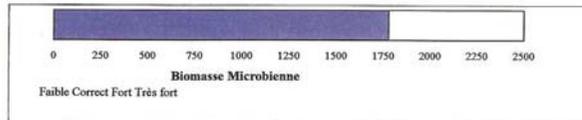


ALMA TERRA - La Croix Neuve - 34380 MAS DE LONDRES - Tél : 04 67 59 58 34 - Fax : 04 67 59 47 20
SARL au capital de 100 000 F - RCS Montpellier B 409 206 950 - Siret 409 206 950 00019 - APE 241J

Rapport d'analyse de terre de type biologique
sur truffière naturelle du *Tuber brumale* (page 2)

3) TAILLE DU COMPARTIMENT BIOMASSE MICROBIENNE ET QUANTITE D'ELEMENTS MINERAUX
STOCKES DANS LA BIOMASSE MICROBIENNE

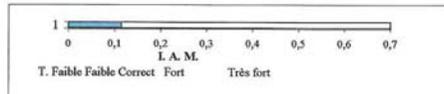
Carbone	Biomasse Microbienne		Eléments minéraux stockés dans la BM (calculés)				
	g/kg terre	mgC/kg terre en % C	N	P	K	Ca	Mg
49,1 (très fort)	1777 (très fort)	3,6 (très fort)	800	618	522	75	75



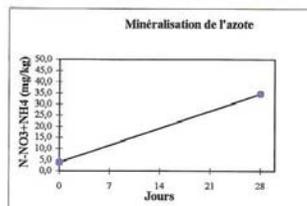
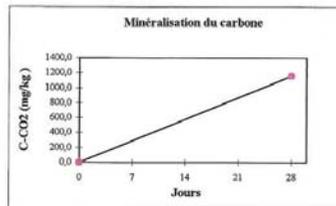
4) VIE MICROBIENNE

3-1. INDICE D'ACTIVITES MICROBIENNES (IAM) :

IAM: 0,114



3-2. ACTIVITES MICROBIOLOGIQUES MINERALISATRICES DE C et N : dégradabilité de la M.O.



BILAN DES ELEMENTS MINERALISES							
C organique (g/kg TS)	C minéralisé (mg/kg/28)	Indice de minéralisation %	Cn/BM	Nik (g/kg TS)	N minéralisé (mg/kg/28)	Indice de minéralisation %	Fourniture annuelle N
49,1 (très fort)	1161 (très fort)	2,4 (correct)	23 (correct)	4,635 (très fort)	30,7 (très fort)	0,7 (faible)	161

Montpellier, le 18/12/01
Xavier SALDUCCI
Directeur du Laboratoire

ALMA TERRA - La Croix Neuve - 34380 MAS DE LONDRES - Tél : 04 67 59 58 34 - Fax : 04 67 59 47 20
SARL au capital de 100 000 F - RCS Montpellier B 409 206 950 - Siret 409 206 950 00019 - APE 241J

Rapport d'analyse de terre de type biologique
sur pelouse témoin (*Mesobromion*) du site des truffières naturelles (page 1)

RAPPORT D'ANALYSE DE TERRE



N° de Laboratoire : 0142-03
Référence : CALLOT / CAHORS
Commune :
Parcelle : NON TRUFFE
Horizon :
Intermédiaire :
Date réception : 15/10/01

INRA
Science du Sol
M. Gabriel CALLOT
2 Place Viala
34060 MONTPELLIER CEDEX 01

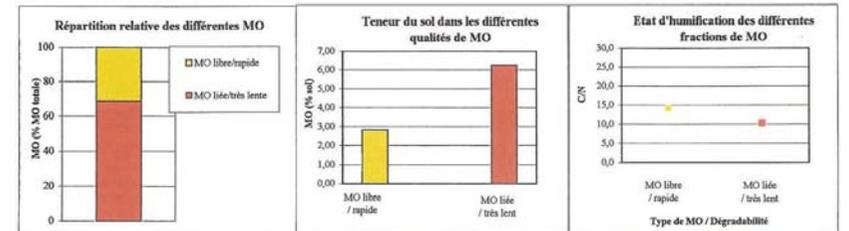
1) CARACTERISATION PHYSICO-CHEMIQUE

Granulométrie en % de terre fine		Sables	Argiles	Limons	LAS
Argile	20,8				
Limons	52,1				
Sables	27,0				Limono-Argilo-Sableux
Analyse physique					
Matières organiques	%	9,1			
Carbone	g/kg	52,9			
pH eau		7,6			
C/N		11,2			
Calcaire total	%				
Calcaire actif	%				
CEC	Cmol+/kg				

Analyse chimique		Optimum	Très faible	Faible	Satisfaisant	Elevé	Très élevé
Azote total (Kjeldhal)	g/kg	4,722	1,0 à 1,5				
Anhydride Phosphorique JH	g/kg						
Bases échangeables	(%CEC)						
Oxyde de Potassium - K ₂ O							
Oxyde de Magnésium - MgO							
Oxyde de Calcium - CaO							
Oxyde de Sodium - NaO							
Rapports K/Mg							
Rapport Ca/Mg							

2) CARACTERISATION DES MATIERES ORGANIQUES DU SOL

FRACTION / Dégradabilité	Granulométrie %	mg/g fraction	CARBONE mg/g sol	%Ctotal	MO %	mg/g fraction	AZOTE mg/g sol	%N total	C/N
MO libre / Rapide	27,0	61,0	16,5	31,2	2,84	4,306	1,164	24,6	14,2
MO liée / Très lent	73,0	49,9	36,4	68,8	6,27	4,876	3,558	75,4	10,2
Sol Non fractionné	100,0		52,9		9,10		4,722		11,2

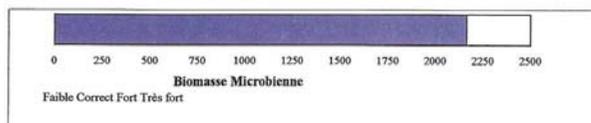


ALMA TERRA - La Croix Neuve - 34380 MAS DE LONDRES - Tél : 04 67 59 58 34 - Fax : 04 67 59 47 20
SARL au capital de 100 000 F - RCS Montpellier B 409 206 950 - Siret 409 206 950 00019 - APE 241J

Rapport d'analyse de terre de type biologique
sur pelouse témoin (*Mesobromion*) du site des truffières naturelles (page 2)

3) TAILLE DU COMPARTIMENT BIOMASSE MICROBIENNE ET QUANTITE D'ELEMENTS MINERAUX
STOCKES DANS LA BIOMASSE MICROBIENNE

Carbone g/kg terre	Biomasse Microbienne		Éléments minéraux stockés dans la BM (calculés) (kg/25 cm / ha)				
	mgC/kg terre	en % C	N	P	K	Ca	Mg
52,9 (très fort)	2164 (très fort)	4,1 (très fort)	974	753	636	91	91

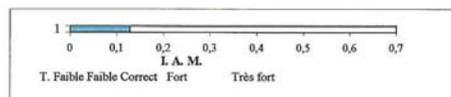


4) VIE MICROBIENNE

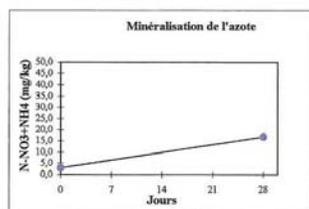
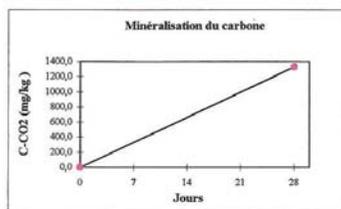
3-1. INDICE D'ACTIVITES MICROBIENNES (IAM):

IAM:

0,128



3-2. ACTIVITES MICROBIOLOGIQUES MINERALISATRICES DE C et N : dégradabilité de la M.O.



BILAN DES ELEMENTS MINERALISES							
Corganique (g/kg TS)	C minéralisé (mg/kg/28j)	Indice de minéralisation %	Cm/BM	Nik (g/kg TS)	N minéralisé (mg/kg/28j)	Indice de minéralisation %	Fourniture annuelle N
52,9 (très fort)	1333 (très fort)	2,5 (correct)	22 (correct)	4,722 (très fort)	13,9 (correct)	0,3 (très faible)	73

Montpellier, le 18/12/01
Xavier SALDUCCI
Directeur du Laboratoire

ALMA TERRA - La Croix Neuve - 34380 MAS DE LONDRES - Tél : 04 67 59 58 34 - Fax : 04 67 59 47 20
SARL au capital de 100 000 F - RCS Montpellier B 409 206 950 - Siret 409 206 950 00019 - APE 241J

3. Résultats des travaux pour la définition d'un guide d'aide à la décision de plantations d'arbres mycorhizés.

L'Union régionale des trufficulteurs d'Aquitaine (URTA) a conduit des travaux ayant abouti à la création d'un référentiel pédologique par Bruno Weiller, Société Promé-terre, en trois tranches successives (2000, 2002, 2004). Celui-ci, en tant que chargé de la réalisation technique des travaux, a mené des observations de terrain et des analyses au laboratoire, sur la base d'une méthode dite globale nommée du nom de son inventeur Hérody. Les résultats ne sont pas facilement accessibles pour des personnes familières des méthodes agronomiques conventionnelles et requièrent des explications qui accompagnent ce texte.

A la suite des opérations sur le référentiel pédologique, l'URTA et le Centre Technique Trufficole (CET) ont confié à Bruno Weiller la rédaction d'un « Guide d'aide à la décision des plantations d'arbres mycorhizés ». La couverture de ce document porte une question explicite sur son utilité : « Votre terrain est-il propice à la culture de truffes ? ». Ce guide s'adresse aux trufficulteurs de la zone d'étude située principalement en Dordogne.

La synthèse des travaux produits par l'URTA, le CET et Bruno Weiller est déclinée ci-dessous en soulignant les points clés des résultats. Tous ces travaux ont été soutenus par les partenaires financiers suivants : l'Europe, la Région Aquitaine, l'Oniflor et la Chambre d'agriculture de la Dordogne.

3.1. Référentiel pédologique, 1^{ère} tranche, août 2000.

Les qualités des sols truffiers analysés sur 45 situations sont les suivantes :

- ils sont situés dans des stations drainantes, la pente ayant un rôle à jouer dans ce drainage ;
- ils n'ont pas besoin d'être très calcaires : leur teneur en cet élément peut être très variable sans dépasser les 25 % de calcaire actif ;
- leur charge en cailloux calcaires est d'au moins 10 % en volume de l'horizon de surface ;
- ils doivent être légers mais la part de « fines », c'est-à-dire de particules à comportement argileux (plastique) est parfois assez élevée (jusqu'à 23 %) ;
- ils sont généralement peu épais et issus de calcaires faillés ; les sols de moins de 20 cm d'épaisseur seraient peu aptes à porter la truffe *Tuber melanosporum* ;
- ils sont riches en matière organique humifiée : ils sont colorés, riches en humus calcaire avec des sites ou micro-sites de décarbonatation.

Quelques précisions relatives à la méthode Hérody sont apportées concernant la définition d'un bon sol truffier :

- il comporte moins de 24 % de calcaire actif ou présente un rapport A.T./C.F.< 6,
- il peut être en voie de décarbonatation avec un niveau de calcaire de l'horizon de surface supérieur à celui du fond si A.T.>2, ou bien un horizon superficiel moins calcaire que celui du fond si A.T.<2, non issu de défriche récente.

Les A.T. ou alcalino-terreux sont représentés par le calcium et le magnésium. Ils sont mesurés par la méthode Morgan modifiée B.R.D.A. Leurs valeurs dans les sols truffiers analysés ont évolué entre 1,1 et 12, 5 (valeur correspondant à 0 à 30 % de calcaire actif) sur une échelle de 0 à 14.

La C.F. ou capacité de fixation exprime la qualité et la quantité des argiles : elle varie sur une échelle de 1 à 7. Les argiles vraies et les limons très fins, qui forment des particules

dénommées « fines » avec des tailles inférieures à 2 microns, conditionnent le comportement physique du sol. Grâce à leur structure en feuillets, les argiles vraies ont la capacité de fixer les éléments fertilisants : calcium, magnésium, fer, potassium.

C.F./A.T. est un rapport qui exprime la valeur du C.F. par unité d'alcalino-terreux.

Les sols où sont récoltés *Tuber brumale*, proches des bons sols truffiers, ont été caractérisés lors des travaux. Ils sont généralement trop peu épais, séchant sur forte pente, situés en fond de vallon, mal structurés (structure polyédrique ou grumeleuse très liée), trop calcaires (A.T.>12 ou A.T./CF> 6), avec un niveau de calcaire plus élevé en surface qu'en profondeur si A.T.>2, n'ont pas assez de cailloux calcaires si A.T.<2, sont placés sur défriche de bois, présentent un sous-sol massif.

3.2. Référentiel pédologique, 2^{ème} tranche, août 2002.

Les qualités des sols truffiers sur calcaires blancs du Crétacé, analysées sur 42 situations, sont les suivantes :

- ils sont situés dans des stations drainantes à lessivantes ; les stations les moins pentues comportent des plantations où s'expriment *Tuber melanosporum* et *Tuber brumale*, parfois même uniquement *Tuber brumale* ;
- ils sont calcaires avec des niveaux très variables, comportant entre 15 % et 22 % de calcaire actif ;
- leur charge en cailloux est faible (très peu de cailloux en surface) ;
- ils sont limoneux, peu argileux : la proportion en « fines » ne dépasse pas 28 % dans les sites producteur du *Tuber melanosporum* ;
- ils sont généralement peu épais et issus de calcaires faillés ; les sols de moins de 20 cm d'épaisseur semblent peu aptes à porter la truffe *Tuber melanosporum* ;
- leur humus calcaire (dit géochimique) est peu actif, c'est-à-dire avec un taux de matière organique facilement minéralisable faible, généralement inférieur à 17 %.

Un note apporte des précisions concernant les humus. La matière organique totale du sol correspond à la matière organique brute, plus la matière organique facilement minéralisable, plus la matière organique stockée. Lorsque l'apport de matière organique dépasse le pouvoir de construction du sol en humus, la partie non utilisée coagule pour former une troisième fraction stockée (ou immobilisée par un excès de fer ou d'aluminium). Le pouvoir de construction des humus du sol est limité par le C.F. ou capacité de fixation ainsi que par les liens. En terres rouges, les liens entre les argiles et les humus, à la base de la stabilité structurale et de la fertilité, sont assurés par le fer, lequel se répartit en fer de liaison (structurant) et en fer amorphe (instable) pouvant évoluer en oxydes de fer.

3.3. Référentiel pédologique, 3^{ème} tranche, février 2004.

Ce document complète les informations livrées dans les deux premiers. Il confirme la valeur de critères précédemment étudiés pour caractériser les bons sols truffiers. Il apporte des informations complémentaires sur la qualité des humus en liaison avec la présence du *Tuber melanosporum*.

Les travaux ont montré que la teneur en matière organique (mesurée selon la méthode Malaprade modifié B.R.D.A.) varie entre 1,4 % et 8,5 % (sur calcaire Jurassique avec un C.F. de 1). Il n'existerait pas de lien entre ce taux de matière organique et la présence du *Tuber melanosporum*. Les taux de matière organique facilement minéralisable sont également

variables en condition de production truffière. Les résultats de la campagne 2003-2004 ont montré qu'il n'est pas possible d'établir une corrélation entre les niveaux de matières organiques : brute, fraîche, stockée ; et la production truffière, qu'elle soit du *Tuber melanosporum* ou du *Tuber brumale*.

3.4. Guide d'aide à la décision des plantations d'arbres mycorhizés

Ce guide est établi à partir des éléments du référentiel pédologique et du travail d'observation de 37 plantations truffières situées dans le département de la Dordogne. Son usage est limité à des situations semblables à celles des plantations truffières périgourdines. Illustré de photos particulièrement pédagogiques, il est conçu sur la base de questions successives dont les réponses conduisent vers une solution à la préoccupation de savoir si un terrain donné est propice ou non à la culture de la truffe. Ces questions portent essentiellement sur la nature du sol.

L'organisation des questions est dichotomique avec des commentaires qui résultent des résultats issus du référentiel pédologique.

Mes sols sont-ils rouges ou gris ? Les sols blancs ou gris sont traités dans une autre succession de questions (il s'agit des sols sur calcaires blancs du Crétacé).

Ci-dessous les questions relatives aux sols rouges et leurs commentaires ou réponses

- Quelle est la pente du sol où se situe la parcelle ? En cas de forte pente, seuls les sols en position d'anciennes terrasses ou de replats naturels sont très favorables.
- Quelle est l'épaisseur du sol ? Il doit faire au moins 20 cm d'épaisseur.
- La roche (sous la couche meuble) est-elle faillée ou massive ? Si celle-ci est massive, la situation est défavorable pour la truffe.
- Le sol est-il bien structuré ? Une structure massive polyédrique est défavorable à la truffe.
- Le sol est-il limoneux ou calcaire ? Une analyse de terre est requise sur deux horizons : entre 0 et 10 cm puis entre 15 et 25 cm. A partir de la méthode Hérody préconisée par l'auteur, on appréciera la valeur du sol truffier en fonction du C.F., du rapport A.T./C.F., et du A.T. (voir les éléments ci-dessus relatifs au référentiel pédologique).

Ci-dessous les questions relatives aux sols blancs ou gris et leurs commentaires ou réponses

- Quelle est la pente du sol où se situe la parcelle ? Seuls les sols en pente sont favorables.
- Quelle est l'épaisseur du sol ? Il doit faire au moins 25 cm d'épaisseur.
- Le sol est-il issu d'une roche faillée ? Si oui, la situation est favorable pour la truffe.
- Le sol est-il bien structuré ? De petits agrégats grumeleux et peu adhérents sont favorables à la truffe contrairement à de gros agrégats anguleux très adhérents.
- Le sol est-il limoneux ou calcaire avec un humus peu actif ? Une analyse de terre est requise sur deux horizons : entre 0 et 10 cm puis entre 15 et 25 cm. A partir de la méthode Hérody préconisée par l'auteur, on appréciera la valeur du sol truffier en fonction du C.F. du rapport A.T./C.F. et du A.T. (voir les éléments ci-dessus relatifs au référentiel pédologique). L'humus (dit géochimique) doit être peu actif.

La question des précédents culturels est envisagée très sérieusement. Les friches âgées d'une dizaine d'années sont jugées favorables pour une plantation immédiate. En revanche, il est conseillé d'attendre 4 à 5 années avant de planter sur une terre cultivée jusqu'à ce jour. De même, lorsque le terrain a été déboisé, il vaut mieux différer la plantation de 3 à 4 années. Le

labour n'est pas conseillé (sur une friche) pour ne pas mélanger les couches de sol et respecter la faune et la flore naturellement installée.

4. Travaux sur la cartographie des sols truffiers

En préalable à toute action de relance de la trufficulture, des travaux de cartographie des sols dans certains bassins truffiers ont été entrepris.

La première méthode a été utilisée en région Rhône-Alpes sur la base des Orientations régionales de gestion sylvicole. Elle a consisté à identifier les grandes zones à roche mère calcaire (contrainte édaphique) puis à ôter les secteurs d'altitude supérieure à 1000 m (contrainte climatique). Le résultat a donné l'ensemble des zones calcaires de basse altitude où, potentiellement, une ou plusieurs des 5 espèces de truffes commercialisables en France peuvent être récoltées.

Cette méthode, facile à mettre en œuvre, est peu coûteuse. Elle permet d'éliminer dans le cas de Rhône Alpes environ 50 % des espaces inaptes à la production et donc de concentrer les actions de développement sur des secteurs à potentialité bonne. Toutefois, son degré de précision reste modeste.

La seconde méthode a été mise en œuvre en Languedoc Roussillon, sur le département du Gard. Elle a consisté à cartographier les différents types d'assises géologiques calcaires, puis à estimer si certaines d'entres-elles sont plus favorables à la production. Cette méthode va au-delà de la seule distinction sol calcaire - sol acide. Ensuite, elles permettent de proposer si nécessaire des itinéraires techniques spécifiques à chacune des roches mères.

Son coût est plus élevé, sa précision est plus grande que la première méthode. Toutefois, elle n'autorise pas à faire l'économie de l'étude du sol *in situ*.

Une troisième méthode a été mise au point grâce aux travaux d'une élève ingénieur FIF de Nancy, en collaboration avec le PNR de la Chartreuse (38). Elle fait appel à l'utilisation d'un logiciel dit Système d'Information Géographique (SIG). Ce dernier permet de superposer sur des cartes IGN, par exemple, des informations de natures différentes tels la géologie, la pédologie, de définir à l'intérieur de ces niveaux les paramètres défavorables à la fructification d'une des espèces de truffes et d'obtenir finalement, pour un territoire donné, par éliminations successives, la cartographie des zones potentiellement intéressantes.

Il est ainsi possible d'avoir une idée très précise des surfaces et de la localisation des sites présentant un intérêt particulier pour une espèce de *Tuber* donnée. L'accès aux fichiers cadastraux peut ultérieurement ouvrir des perspectives simples et efficaces pour entreprendre des actions de développement ciblées.

En Rhône-Alpes, les critères suivants ont été utilisés: la géologie, la pédologie, la topographie, l'altitude, les habitats (couche Corine Land Cover). Cette méthode transposable en tout point du territoire a l'avantage de pouvoir être affinée en permanence et très facilement lorsque les données deviennent plus précises.

5. Rappel sur les sols truffiers du *Tuber melanosporum*

De nombreux travaux ont eu lieu au cours des 11^{ème} et 12^{ème} plan concernant l'utilisation des fosses pédologiques en trufficulture. Gabriel Callot a été l'animateur infatigable de la vulgarisation de ses études conduites dans le cadre de son activité de Directeur de recherches au laboratoire des sols à la Station Inra de Montpellier. Il a contribué à familiariser les techniciens et les trufficulteurs à l'interprétation des fosses pédologiques, à caractériser les sols, et à définir leur histoire.



Photo 7 : observation d'un profil pédologique sous la conduite de G. Callot

Les sols truffiers appartiennent principalement à trois grands types : les rendosols, les calcosols et les calcisols. Mais certains lithosols, colluviosols et fluviosols peuvent aussi être d'excellents supports . La production d'une truffière est très dépendante des caractères de sol et surtout des structures du sous-sol. Les notions que G. Callot a défini, notamment dans le cadre de la formation supérieure de trufficulture en 2001 et 2002, sont résumées ci-dessous.

Les situations les plus productives sont le plus souvent localisées dans des sols profonds et drainants, contrairement à ce que l'on a longtemps cru. Il convient toutefois d'envisager qu'un sol profond, avec une bonne réserve en eau, aura pour conséquence une croissance rapide des arbres dont la gestion en terme d'équilibre avec la truffe et de fermeture du milieu devra être prise en compte.

La présence d'un horizon à forte porosité faunique au contact de la roche mère (horizon Sbio), est un excellent indicateur du bon drainage et d'un milieu favorable. Dans les sols à texture sableuse, la présence d'un horizon K de réprécipitation diffuse de CaCO₃ constitue aussi un indicateur positif s'il se situe à plus de 50-60 cm de profondeur. En revanche, un sous-sol argileux compact est toujours défavorable.

Le mode de nutrition des truffes dépendant des déjections de la pédofaune, la présence d'arthropodes, de mollusques et de vers de terre, est indispensable. Ceux ci jouent aussi un rôle essentiel dans la fertilité, la porosité, le drainage des sols.

Au plan de la structuration des horizons, un sol bon producteur présente généralement :

- des horizons de surface (A) de faible teneur en matière organique, à recarbonatation nette et à forte macroporosité faunique,

- des horizons en profondeur avec un niveau d'accumulation du CaCO₃ non consolidé, un niveau à forte macroporosité faunique, un sous-sol calcaire (C), drainant, présentant des possibilités de stockage de l'eau,
- les couches de surface sont recarbonatées par la faune du sol et le colluvionnement.

6. Conclusion

Les travaux réalisés au cours des 11^{ème} et 12^{ème} plans laissent la possibilité d'envisager le sol selon différentes approches complémentaires. Celles-ci montrent que des avancées positives et importantes facilitent une meilleure appréhension de la réalité du fonctionnement du *Tuber melanosporum*.

Les limites des critères agronomiques dans l'analyse de terre en trufficulture ont été repoussées et ont montré que la production du *Tuber melanosporum* et du *Tuber brumale* était dépendante de conditions de biodiversité dans lesquelles la faune et la flore devaient jouer un rôle important.

L'analyse de terre classique est une condition nécessaire mais non suffisante à l'installation d'une plantation truffière. Ce constat a conduit à l'apparition de nouveaux indicateurs qui permettent d'affiner les conditions de la production d'une espèce de *Tuber* par rapport à une autre.

L'analyse de terre de type biologique a apporté un nouvel éclairage sur les modifications intervenant dans le milieu au fur et à mesure que le *Tuber melanosporum* manifeste ses effets. En l'occurrence, le phénomène de la virulence, les conséquences du brûlé sur son milieu, la dynamique des espèces accompagnant le *Tuber melanosporum* sont mieux compris. Cette analyse complète également l'analyse classique et explique certains échecs. Mais les références sont à ce jour peu nombreuses, avec un recul insuffisant et un coût qui demeure élevé.

En tant qu'outil de diagnostic sur un terrain, où la virulence du *Tuber melanosporum* ne s'est pas encore exprimé, la valeur de ces nouveaux indicateurs est parfois discutable au même titre que les critères de l'analyse de terre classique. En effet, le *Tuber melanosporum* apparaît comme dépendant d'un écosystème dynamique dont le sol est une composante au même titre que le champignon, la faune, la flore et le climat.

En combinant l'analyse et l'observation, les travaux réalisés pour la création d'un référentiel pédologique dans le cadre des actions de l'URTA ont été à l'origine d'un « guide d'aide à la décision des plantations d'arbres mycorhizés ». Sa mise en œuvre dans les autres grands bassins de production pourrait constituer un bon outil pour les trufficulteurs. Des nouvelles données ont été formulées sur la base de la méthode Hérody : elles constituent des outils nouveaux pour mieux saisir les caractéristiques des sites truffiers.

La cartographie des sols truffiers réalisées en Provence Alpes Côte d'Azur, en Rhône-Alpes et en Languedoc-Roussillon sur des zones limitées est un test de deux méthodes originale de travail. Les résultats montrent qu'il est possible ainsi de mettre en place une stratégie de développement des plantations truffières en diminuant les risques d'échec.

Les caractéristiques pédologiques des sols truffiers définies par Gaby Callot ont donné lieu à de nombreuses observations sur le terrain. Un résumé indique les points majeurs auxquels les

techniciens peuvent s'attacher lorsqu'un trufficulteur sollicite un avis après avoir réalisé une ou plusieurs fosses sur son terrain.

Toutes ces actions ont visé à mieux appréhender les conditions de fructification du *Tuber melanosporum*, une espèce dont la culture constitue un enjeu important compte tenu des moyens humains et financiers engagés et disponibles. Mais quatre autres espèces de truffes peuvent présenter aussi un intérêt économique ou social : *Tuber brumale*, *Tuber uncinatum*, *Tuber aestivum* et *Tuber mesentericum*.

Eléments de bibliographie

- CALLOT G. et coll., 1999 - La truffe, la terre, la vie – Editions INRA
- DELMAS J., 1976, - La truffe et sa culture, Etude n° 60 – S.E.I.
- OLIVIER J.-M., SAVIGNAC J.-Ch., SOURZAT P. 1997, 2002,- Truffe et Trufficulture – Editions FANLAC, Périgueux.
- RICARD J.-M., 2003 – La truffe, guide technique – Ed. Ctifl.
- SOURZAT P. et coll., Janvier 2001 – Résultats techniques d'expérimentations à l'usage pratique des trufficulteurs – Lycée professionnel agricole de Cahors-Le Montat.
- SOURZAT P., juillet 1989, 1995, 2002 - Guide pratique de trufficulture. Station d'expérimentation sur la truffe, L.P.A., 46090 LE MONTAT.
- SOURZAT P. et coll. 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006 – Compte rendus des actions d'expérimentation sur la truffe (selon le programme validé par l'ONIFLHOR et la Région Midi-Pyrénées) - Station d'expérimentation sur la truffe, L.P.A., 46090 LE MONTAT.
- SOURZAT P. et coll. 2004 – Questions d'écologie appliquées à la trufficulture - Station d'expérimentation sur la truffe, L.P.A., 46090 LE MONTAT.
- WEILLER Bruno et coll. 2001, 2002 – Référentiel pédologique – Union régionale des trufficulteurs d'Aquitaine.

Crédits photographiques : sauf mention particulière, les photos sont de Pierre SOURZAT