

## La truffe d'Europe (*Tuber aestivum*) : limites géographiques, écologie et culture

## The Truffle of Europe (*Tuber aestivum*): geographic limits, ecology and possibility of cultivation

GERARD CHEVALIER

Institut National de la Recherche Agronomique (I.N.R.A.),

U.M.R. G.D.E.C., 234 avenue du Brézé

F-63100 Clermont-Ferrand, France

Email : gchevali@valmont.clermont.inra.fr

Acceptée 1. 4. 2010

**Key words:** *Tuber aestivum*, *T. uncinatum*, truffle. – Ecology, host trees, climate, soil, cultivation. – Mycota of Europe.

**Abstract:** *Tuber aestivum* (morphotype *T. uncinatum*) is the most widespread edible truffle species in Europe. It is likely that it is native in 26 of the 27 countries of the European Union (except Finland).

Its very wide distribution can be explained by different factors. First: its potential hosts are present in the whole of Europe. Second: *T. aestivum* is able to grow in soils exhibiting the most variable physico-chemical characteristics but a minimum of calcium in the soil is required. Third: *T. aestivum* can tolerate different climates, from sub-Mediterranean to oceanic, semi-continental and continental climates, provided that rain is sufficient in summer and autumn and that temperatures are not too low in autumn. Fourth: the intraspecific genetic variability of *T. aestivum* is high, allowing this species to adapt to various ecosystems and climates.

In France *T. aestivum* has been cultivated since 1979. Actually it is cultivated in various countries such as Italy, Spain, and more recently Austria, Hungary, Slovakia, and Sweden. The cultivation of *T. aestivum* differs in some respects from that of *T. melanosporum*, a higher plantation density is necessary, pruning of the trees must be less intense and irrigation is more important. The techniques of soil management still have to be improved.

The most important limiting factor for the development of *T. aestivum* cultivation in Europe is the climate. In the Northern countries the production may be limited to the summer period with truffles of medium quality (morphotype *T. aestivum* in the sense of Frenchmen and Italians) instead of the autumnal truffles characterised by a dark gleba and a stronger aroma.

**Résumé :** *Tuber aestivum* (morphotype *T. uncinatum*) est la truffe comestible la plus commune en Europe. Il est probable qu'elle est indigène dans 26 des 27 pays de l'Union Européenne (excepté la Finlande).

Sa très large distribution géographique peut s'expliquer par différents facteurs. Primo : ses arbréhotes potentiels sont présents dans toute l'Europe. Secondo : du point de vue édaphique, cette truffe est capable de se développer dans des sols aux propriétés physico-chimiques les plus variées, mais la présence d'un minimum de calcium dans le sol est indispensable. Tertio : d'un point de vue climatique, *T. aestivum* prospère sous les climats les plus divers : de subméditerranéens à océaniques, semi-continents ou continentaux, avec suffisamment de pluie en été et en automne, et des températures pas trop basses en automne. Quarto : la variabilité intraspécifique chez *T. aestivum* est importante, ce qui permet à cette espèce de s'adapter à des écosystèmes et des climats variés.

*T. aestivum* est cultivé en France depuis l'automne 1979. Sa culture s'est développée dans de nombreux autres pays : Italie, Espagne, et plus récemment Autriche, Hongrie, Slovaquie, Suède. La culture diffère de celle de *T. melanosporum* ; en particulier *T. aestivum* demande une densité de plan-

tation plus importante, une taille des arbres plus légère, une irrigation plus importante. Les techniques d'entretien du sol doivent être améliorées.

Le facteur limitant le plus important pour le développement de la culture de *T. aestivum* en Europe est le climat. Dans les pays les plus nordiques, la production pourra être limitée à la période estivale (morphotype *T. aestivum* au sens des Français et des Italiens) au détriment de la production automnale qui donne cependant des corps fructifères de meilleure qualité gustative.

**Zusammenfassung:** *Tuber aestivum* (Morphotyp *T. uncinatum*) ist die am weitesten verbreitete essbare Trüffelart Europas. Es ist wahrscheinlich, dass sie in 26 der 27 Staaten der EU (mit Ausnahme Finnlands) natürlich vorkommt. Diese weite Verbreitung kann durch mehrere Faktoren erklärt werden: 1. Potentielle Wirtsbäume sind in ganz Europa verbreitet. 2. *Tuber aestivum* kann in Böden mit sehr unterschiedlichen physikalisch-chemischen Eigenschaften gedeihen, solange ein Minimum an Kalzium vorhanden ist. 3. *Tuber aestivum* kann in sehr unterschiedlichen Klimazonen wachsen, von submediterranean und ozeanischem bis zu subkontinentalem oder kontinentalem Klima, vorausgesetzt, dass die Niederschläge im Sommer und Herbst ausreichen, und die Herbsttemperaturen nicht zu niedrig sind. 4. Die intraspezifische genetische Variabilität von *T. aestivum* ist hoch und erlaubt die Anpassung an unterschiedliche Lebensräume.

In Frankreich wird *T. aestivum* seit 1979 kultiviert. Gegenwärtig wird die Art auch in Italien, Spanien und, in jüngerer Zeit, auch in Österreich, Ungarn, der Slowakei und Schweden kultiviert. Die Kultur von *Tuber aestivum* unterscheidet sich in wesentlichen Punkten vom Anbau von *Tuber melanosporum*: Es ist eine höhere Pflanzdichte erforderlich, die Bäume sollten weniger stark geschnitten werden und die Bewässerung ist noch wichtiger. Die Methoden der Bodenbearbeitung müssen noch verbessert werden.

Der wichtigste begrenzende Faktor für den Anbau von *T. aestivum* in Europa ist das Klima. In den Ländern Nordeuropas könnte es der Fall sein, dass die Trüffelproduktion sich auf die Sommermonate beschränken wird, und daher auf Trüffel mit mäßigem Marktwert (Morphotyp *T. aestivum* im Sinne französischer und italienischer Autoren), anstelle der herbstlichen Ernte, die sich durch eine dunklere Gleba und kräftigeres Aroma auszeichnet.

*Tuber aestivum* VITT. (morphotyp *T. uncinatum* CHATIN), appelé « Truffe de Bourgogne » en France, ou encore « Truffe de Lorraine », « Truffe de Champagne », « Truffe de Franche-Comté », « Truffe d'Auvergne », et « Truffe de Fragno » en Italie, est la truffe de bonne qualité gastronomique la plus commune en Europe. Il est probable qu'elle est indigène dans 26 des 27 pays d'Europe (excepté la Finlande). Elle est également indigène, en Pologne (LAWRYNOWICZ 1992, 2010), en Biélorussie (COLLECTIF 2005), Ukraine, Géorgie, Arménie (ZAMBONELLI & al. 2010), Turquie, au Maroc (MALENÇON 1938), en Chine (trouvée dans des lots de *Tuber indicum* COOKE & MASSEE importés de Chine). En Europe et en Afrique du Nord, elle est connue entre approximativement le 33<sup>ème</sup> degré de latitude Nord (Maroc) et le 58<sup>ème</sup> (Suède) et entre le 10<sup>ème</sup> degré de longitude Ouest (Irlande) et le 37<sup>ème</sup> de longitude Est (Crimée), voire plus à l'Est pratiquement jusqu'au 50<sup>ème</sup> degré de longitude Est (Azerbaïdjan). Sa très large distribution géographique peut s'expliquer par différents facteurs : large distribution géographique des arbres-hôtes, sols très variés, nombreuses zones climatiques favorables, variabilité génétique du champignon importante, lui permettant de s'adapter à des conditions pédo-climatiques très diverses.

## Essences-hôtes

*T. aestivum* (morphotyp *T. uncinatum*) est capable de s'associer à toutes les essences ectomycorhiziennes. Ses hôtes potentiels sont présents dans toute l'Europe. Ce sont, soit des feuillus, soit des résineux (BENCIVENGA & VIGNOZZI 1989, CHEVALIER & al. 1979 b, CHEVALIER & FROCHOT 1997, GRANETTI & al. 2005, GREGORI 1991,

MILENKOVIC & MARJANOVIC 2001, SAEZ GARCIA-FALCES & al. 2008, VEZZOLA 2004, WEDEN & DANELL 1998, ZAMBONELLI & DI MUNNO 1991).

Les arbres-hôtes du champignon appartiennent à différentes familles : Bétulacées : bouleaux, *Betula* spp. ; aulnes, *Alnus* spp., *Alnus cordata* (LOISEL.) LOISEL. ; Corylacées : noisetier commun, *Corylus avellana* L., noisetier de Byzance, *C. colurna* L. ; charmes commun, *Carpinus betulus* L., charme houblon, *Ostrya carpinifolia* SCOP. ; Fagacées : châtaignier, *Castanea sativa* MILL. ; chênes : pédonculé, *Quercus robur* L. ; sessile, *Q. petraea* (MATT.) LIEBL. ; pubescent, *Q. pubescens* WILLD.; chevelu, *Q. cerris* L. ; vert, *Q. ilex* L. ; kermès, *Q. coccifera* L. ; hêtres, *Fagus sylvatica* L. ; Salicacées : peupliers, *Populus* spp. ; saules, *Salix* spp. ; Tiliacées : tilleuls, *Tilia* spp. ; Pinacées : sapins, *Abies* spp., *Abies cephalonica* LOUD. ; épicéas, *Picea* spp., *Picea abies* (L.) KARST. ; pins, *Pinus* spp., *P. nigra* ARN. subsp. *nigra*, *P. halepensis* MILLER ; cèdres, *Cedrus* spp., *Cedrus atlantica* MANETTI ex CARRIERE. La liste n'est pas exhaustive.

## Sols

Les sols constituent la partie superficielle, meuble, de l'écorce terrestre, résultant de la transformation, au contact de l'atmosphère, de la couche (roche-mère) sous-jacente, et soumise à l'érosion et à l'action de l'Homme. La nature de la roche-mère conditionne donc les propriétés physico-chimiques du sol.

En Europe, *T. aestivum* se développe dans des sols issus des roches-mères les plus variées, formées à différentes aires géologiques, allant de l'ère primaire aux ères secondaire, tertiaire et quaternaire. La truffe est capable de se développer sur les alluvions quaternaires, mais également sur des alluvions plus récentes.

Les roches-mères sont très différentes suivant les pays d'Europe. Dans les pays de l'Europe la plus méridionale (Chypre, Espagne, Grèce, Italie, Malte, Portugal, ex-Yougoslavie), comme en France, les terrains sédimentaires qui prédominent sont secondaires et tertiaires. Les terrains primaires et quaternaires sont moins fréquents.

Dans ceux d'Europe centrale et de l'est, l'importance des terrains primaires, secondaires et tertiaires, diminue au profit des terrains quaternaires (plaine de Hongrie ; sud de la Roumanie, entre Alpes de Transylvanie et Danube, et est des Carpates orientales).

En Bulgarie, les terrains secondaires, tertiaires et quaternaires dominent au nord du pays, approximativement au nord d'une ligne Balkan Occidental-Grand Balkan-Petit Balkan, mais ils existent également au sud de cette ligne. Dans la moitié sud de la Bulgarie, la majorité des terrains sont sur roches éruptives et métamorphiques, donc impropres à la truffe.

Le relief des pays d'Europe centrale est dominé par la chaîne des Carpates qui forme un croissant s'étendant de la Slovaquie à l'Ukraine (Ruthénie) et la Roumanie. Il comprend de nombreux terrains secondaires et tertiaires. Le principal facteur limitant pour la truffe est l'altitude. Les plaines de Hongrie et de Roumanie se sont formées sur des alluvions quaternaires ou plus récentes, dont certaines peuvent être favorables à la truffe.

En Autriche, les terrains secondaires et tertiaires sont limités au nord d'une ligne Salzbourg-Wiener Neustadt.

En Slovaquie, les terrains sont essentiellement tertiaires et quaternaires (plaine de Nitra). Il existe quelques lentilles secondaires.

Les terrains favorables à la truffe sont beaucoup plus rares en Tchéquie, puisque, au sud d'une ligne Karlovy-Vary-Prague-Kolin, la plupart sont archéens. Au nord de cette ligne, ils sont sur roche-mère du Crétacé ou sur alluvions quaternaires, dans la vallée de l'Elbe.

En Suisse, les terrains secondaires et tertiaires sont abondants dans la partie nord-ouest du pays. Le facteur limitant pour la truffe est l'altitude.

Au Luxembourg, de nombreux terrains sont favorables à la truffe, sur Trias et Jurassique.

En Belgique, les terrains favorables sont, du sud-est au nord-ouest : primaires, secondaires, tertiaires et quaternaires.

Aux Pays-bas, les terrains sont formés exclusivement sur alluvions quaternaires et récentes. La limite de la glaciation maximum passe par le milieu de la Hollande.

En Allemagne, la truffe se développe dans tout le pays et sur les terrains les plus variés : primaires (Sarre), secondaires (Jura souabe), tertiaires (plateau bavarois), quaternaires (nord du pays, au nord d'une ligne Osnabrück-Brunswick-Dresde, correspondant approximativement à la limite sud de la glaciation maximum. La truffe est présente sur le site enchanteur des îles Rügen, sur la Baltique.

Au Danemark, les terrains sont le prolongement des terrains quaternaires d'Allemagne du nord. Quelques terrains secondaires sont présents, au nord du pays.

En Pologne, les sols sont essentiellement sur alluvions quaternaires et récentes. Leur limite sud correspond à celle de la glaciation maximum. Les terrains secondaires (Jurassique, Crétacé) sont situés dans une zone entre Czestochowa et Cracovie et une zone au sud-est de Lublin, à cheval sur le fleuve Wieprz.

En Grande-Bretagne, une partie importante des terrains du sud-est de l'île est d'origine secondaire et tertiaire. C'est le prolongement des couches sédimentaires du Jurassique et du Crétacé du nord de la France. Le nord est primaire (nord d'une ligne Liverpool-Middlesbrough) ou archéen. Ces terrains primaires produisent des truffes.

Il en est de même en Irlande, où la majorité des terrains sont d'origine primaire et certains produisent des truffes.

En Europe du nord, les surfaces de terrain favorables à la truffe sont plus limitées. La connaissance de la géologie des pays nordiques est primordiale pour juger des potentialités truffières. Les pays nordiques (Finlande, Républiques baltes, Suède) sont situés sur le bouclier Baltique ou à son pourtour. Le bouclier Baltique, ou encore bouclier Finno-Scandinave, désigne l'aire continentale primitive, formée de roches métamorphiques très anciennes, plissées et arasées, qui affleure tout autour de la Baltique (MORET 1958). Vers l'ouest, le sud et l'est, cette aire disparaît sous des terrains horizontaux Cambro-Siluriens. Autour du bouclier Baltique, le Cambrien se montre horizontal sur l'Antécambrien plissé sur tout le pourtour de cette aire continentale. Le Silurien en bordure du bouclier Baltique (Scandinavie et Pays baltes) présente beaucoup d'analogie avec celui de l'Angleterre, sauf qu'il n'est pas plissé. L'Ordovicien est en grande partie formé par des faciès néritiques et calcaires, dans le Sud de la Suède, et par des faciès schisteux à Graptolithes en Scanie (extrême sud de la Suède). Ce dernier faciès se poursuit en Scanie pendant le Gotlandien (nombreuses zones à Graptolithes, Coelentérés fossiles formant des récifs coralliens) et envahit même les régions néritiques de la Suède méridionale à cette époque. En Estonie, au contraire, les calcaires francs continuent, de même qu'à Gotland, localité célèbre par ses faciès récifaux et qui a servi à dénommer l'étag. La truffe est naturelle en Suède (îles de Gotland et

d'Öland) (WEDEN & DANELL 1998, WEDEN & al. 2004 a). En Lithuanie, si les terrains du tiers nord du pays sont primaires, ceux du sud sont tertiaires et quaternaires. Il n'est donc pas exclus que la truffe soit naturelle aussi en Estonie, Lettonie et Lituanie, s'il existe des terrains calciques, mais elle n'a, à notre connaissance, jamais été signalée. Par contre, il est très peu probable qu'elle soit indigène en Finlande, où la totalité des terrains sont archéens.

*Tuber aestivum* (morphotype *T. uncinatum*) est capable de se développer dans des sols aux propriétés physico-chimiques les plus variées (CHEVALIER & FROCHOT 1997 ; WEDEN & al. 2004 a) : de textures sableuses (sols « légers », en Suède et Hongrie), à argileuses (sols « lourds », jusque 65% d'argile) ou limoneuses (sols « battants », jusque 70% de limons), dans les pays d'Europe de l'ouest et du sud ; composition chimique non différente de celle des sols cultivés (même riches en azote, phosphore, potassium) ; aptitude à se développer dans des sols très riches en matières organiques (jusque 21 %), à C/N très élevé (jusque 21). Le point clé est la présence d'un minimum de calcium dans le sol, à des niveaux variables selon la texture du sol (limite inférieure connue : 2,7 pour mille en sol sableux, en France). La présence de calcaire (carbonate de calcium) n'est pas obligatoire. *Tuber aestivum* est donc calcicole (et non calcaricole).

## Climat

Quelques travaux, trop peu nombreux, ont été consacrés à l'étude de l'influence du climat sur la production de truffes : BEUCAMP (2001), BENCIVENGA (2008), BENCIVENGA & VIGNOZZI (1989), BRATEK (2008 b), CHEVALIER & FROCHOT (1997), CHEVALIER & WEHRLÉN (2008), FRENCH (2008 b), GREBENC & MARJANOVIC (2008), GREGORI (2008), URBAN & PLA (2008 b), WEDEN & al. (2004 a), ZAMBONELLI & DI MUNNO (1991).

Il en ressort que *T. aestivum* (morphotype *T. uncinatum*) prospère sous des climats très variés, de subméditerranéens à océaniques, semi-continentaux ou continentaux. Les conditions nécessaires à la fructification et au développement complet des corps fructifères sont : suffisamment de pluie en été et à l'automne et des températures pas trop basses en automne. *Tuber aestivum* (morphotype *T. uncinatum*) est beaucoup plus exigeant en eau que *T. melanosporum* VITT. (truffe noire, truffe dite de Périgord, truffe de Norcia et de Spoleto). En zone méditerranéenne, la latitude peut être compensée par l'altitude (plus de 1200 mètres en France).

## Ecologie comparée de *Tuber aestivum* et *T. melanosporum*

L'écologie de *T. aestivum* été très étudiée, mais cependant moins que celle de *T. melanosporum*, espèce de meilleure réputation gastronomique : BENCIVENGA & VIGNOZZI (1989), BENCIVENGA & al. (1995), BRATEK & al. (2001), CHEVALIER & al. (1979 b), CHEVALIER & FROCHOT (1997), FRENCH (2008 b), GAZO & MIKO (2008), GRANETTI & al. (2005), GREBENC & al. (2010), GREGORI (1991), GROUX & KELLER (2008), MILENKOVIC & al. (1992), PILTAVER & KATOSA (2010), TIBILETTI & ZAMBONELLI (1999), URBAN & MADER (2003), VEZZOLA (2004), WEDEN (2008), WEDEN & DANELL (1998), WEDEN & al. (2004 a), ZAMBONELLI & DI MUNNO (1991). Il en ressort que les écologies de *T. aestivum* (morphotype *T. uncinatum*) et *T. melanosporum* diffèrent

fortement.

*Tuber melanosporum* est une espèce xéro-thermophile qui se développe dans des endroits ensoleillés (tendance héliophile). Elle est relativement tolérante à la sécheresse si elle n'est pas trop prolongée (tendance mésophile).

*Tuber melanosporum* craint les sols « lourds » (argileux) ; son développement dépend de la présence de calcium dans le sol (calcaricole, voire calcicole).

Les truffières sont situées sous des arbres isolés, des rangées d'arbres, dans des friches, des bois clairs. Le champignon est associé essentiellement aux chênes, plus rarement à d'autres essences : noisetiers, charmes, tilleuls, châtaigniers, pins d'Alep.

*Tuber aestivum* est beaucoup moins thermophile, ce qui explique sa large distribution dans toute l'Europe, de l'Espagne à la Suède et de l'Irlande à l'Ukraine, la Biélorussie, la Géorgie, l'Arménie, aussi bien qu'en altitude. Elle craint les endroits exposés aux rayons directs du soleil (tendance sciaphile). Elle est plus exigeante en eau que *T. melanosporum*. *Tuber aestivum* tolère des sols beaucoup plus « lourds » que *T. melanosporum*, moins riches en calcium, plus riches en matières organiques.

*Tuber aestivum* se développe dans des situations très variées : arbres isolés, rangées d'arbres, friches, bois. Les principales espèces productrices de truffes sauvages sont : les chênes, les charmes, les noisetiers, les pins (sylvestre, noir d'Autriche).

### La variabilité génétique

La variabilité morphologique dans le complexe *T. aestivum* / *uncinatum* est importante (CHEVALIER & al. 1979 a, 1994). La variabilité génétique l'est également. L'étude des relations phylogénétiques entre 11 taxons de *Tuber* par analyse du polymorphisme des acides nucléiques, effectuée par GANDEBOEUF & al. (1997) a permis la différenciation de groupes rassemblant des individus aux caractéristiques génomiques voisines. Certains groupent reflètent parfaitement les caractéristiques morphologiques des ascoms correspondants, d'autres moins. Les premiers correspondent à *T. melanosporum*, *T. brumale* VITT., *T. magnatum* PICO. La correspondance entre les groupes génomiques et les morphotypes est moins bonne pour *T. excavatum* VITT., *T. rufum* PICO et *T. borchii* VITT. Dans le cas de *T. mesentericum* VITT., *T. aestivum*, *T. uncinatum* et *T. macrosporum* VITT., les échantillons correspondant à chaque type morphologique sont regroupés, mais les pourcentages de regroupement sont faibles (52% ou souvent moins). La majorité des taxons étudiés (*T. rufum*, *T. borchii*, *T. aestivum*, *T. uncinatum*, *T. macrosporum*, *T. excavatum*, *T. mesentericum*, *T. indicum*) montrent un polymorphisme intraspécifique variable, mais toujours supérieur à celui de *T. melanosporum*, *T. brumale* et *T. magnatum*.

Pour les taxa *T. aestivum* / *T. uncinatum*, où les analyses statistiques des profils enzymatiques ainsi que les profils d'amplification RAPD se sont révélés peu discriminants (indiquant que ces taxa doivent être proches génétiquement), il pourrait s'agir d'« espèces » vicariantes, c'est-à-dire représentant deux formes écologiques de la même espèce, séparées géographiquement (CHEVALIER & al. 2000).

Les travaux de MELLO & al. (2002), PAOLOCCI & al. (2004), WEDEN & al. (2004 b, 2010) confirment cette forte variabilité intraspécifique qui peut constituer l'un des facteurs-clés expliquant l'adaptation de *T. aestivum* à des écosystèmes et des climats variés.

## La culture

La culture de *T. aestivum* (morphotype *T. uncinatum*) a commencé, en France, dès l'apparition des premiers plants mycorhizés sur le marché (Société AgriTruffe, 33490 Saint-Maixant). Les premières truffes ont été récoltées sous noisetiers, dans l'Est de la France (Lorraine) à l'automne 1979, soit cinq ans et demi ans après la plantation (CHEVALIER 1983). Depuis, de nombreuses plantations ont été effectuées, surtout dans l'Est et le Centre de la France, avec différentes essences forestières. Les rendements à l'hectare ont été plus importants qu'avec *T. melanosporum*, en partie à cause des densités de plantation supérieures (X 3) : jusque 350 kg de truffes à 15 ans de plantation, en Auvergne.

*Tuber aestivum* est également cultivé depuis de nombreuses années, en Italie : BACIARELLI-FALINI (2010), BENCIVENGA (2008), BENCIVENGA & al. (2010), GREGORI (2008), Espagne : DE MIGUEL & al. (2008), REYNA DOMENECH (2007), REYNA & al. (2001), SAEZ GARCIA-FALCES & al. (2008) et plus récemment en Suède, en novembre 2005 (WEDEN & DANELL 2008), Autriche, en octobre 2008 (URBAN & al. 2010), Hongrie, en septembre 2009 (BRATEK, com. pers.), Slovaquie, en novembre 2009 (BRATEK, com. pers.). Des plantations ont été effectuées en Grande-Bretagne (FRENCH 2008 a), Finlande (SHAMEK & al. 2009), Pologne (LAWRYNOWICZ 2010), Slovaquie (GAZO en 2010), Slovénie (GREBENC & al. 2008), Serbie (MARJANOVIC 2008, MILENKOVIC & MIKO en 2001).

La culture de *T. aestivum* a pris un certain retard par rapport à celle de *T. melanosporum*. D'une part cette espèce est moins cotée en gastronomie. D'autre part, dans les années 70, les expérimentateurs ont commis l'erreur d'appliquer à ce *Tuber* les méthodes culturales propres à *T. melanosporum*. A part le livre de base de CHEVALIER & FROCHOT (1997), les publications de FROCHOT & al. (2001) et TANFULLI & al. (2001), les publications sur le sujet sont relativement récentes : BENCIVENGA (2008), CHEVALIER (2007), CHEVALIER & PALENZONA (2010), GREGORI (2008), POUSSE & al. (2010), REYNA DOMENECH (2007), SALERNI & al. (2010), URBAN & PLA (2008 a), WEDEN & DANELL (2008), WEHRLÉN (2007, 2009).

Certains points des méthodes de culture sont différents de celles de *T. melanosporum*, en particulier la densité de plantation (très importante, triple de celle de *T. melanosporum*), la taille des arbres (moins sévère), l'irrigation (plus importante). Les techniques d'entretien des truffières doivent encore être améliorées, en particulier le travail du sol, à l'aide d'outils adaptés, en aménageant les techniques propres à *T. melanosporum* (CHEVALIER 2010, DESSOLAS & al. 2007, WEHRLÉN 2009). Il faut, en particulier, éliminer la poussée estivale qui donne des truffes de qualité médiocre (morphotype *T. aestivum* au sens des Français et des Italiens) au profit de la poussée automnale, donnant des truffes présentant une gléba plus sombre et un arôme plus prononcé (morphotype *T. uncinatum*).

Enfin, de nouvelles techniques de trufficulture-sylviculture commencent à donner de bons résultats (CHEVALIER & al. 2009, WEHRLÉN 2007). Elles visent en particulier à reconstituer le plus rapidement possible l'ambiance forestière la plus favorable à *T. aestivum* (morphotype *T. uncinatum*) par différentes méthodes : densités de plantation plus fortes ; plantation, entre les plants mycorhizés par la truffe, d'essences endomycorhiziennes, soit de feuillus forestiers précieux, soit d'espèces d'accompagnement, soit d'arbres fruitiers ; plantation, avant celle des plants mycorhizés, d'essences fores-

tières à ectomycorhizes (pins) ou non, qui serviront d'abris aux plants mycorhizés ; plantation des plants mycorhizés dans des bandes préalablement défrichées de largeur variable, en forêt (CHEVALIER & al. 2009).

En France, les arbres qui ont donné les résultats de production en plantation sont: les noisetiers (commun et de Byzance), les charmes (commun et houblon), les chênes (sessile, pédonculé, pubescent, chevelu), les pins (pin noir d'Autriche), les cèdres (cèdre de l'Atlas). Avec le réchauffement climatique, en année sèche et chaude, les résineux sont plus productifs que les feuillus les plus souvent utilisés parce qu'ils sont plus économes en eau.

Le facteur le plus important susceptible de limiter le développement de la culture de *T. aestivum* en Europe est le climat. Dans les pays les plus nordiques, la production peut être limitée à l'été, sachant cependant que les truffes récoltées à cette époque sont de qualité inférieure à celles récoltées en automne, où les conditions climatiques sont mieux adaptées à une bonne maturation.

Les surfaces potentielles de culture de *T. aestivum* en Europe sont immenses, puisque les sols renfermant du calcium échangeable occupent de grandes surfaces, mais également parce qu'il est maintenant possible de cultiver *T. aestivum* dans des sols au départ défavorables (même très acides), par apport d'amendements calcaires, comme cela se fait déjà pour *T. melanosporum*. *Tuber aestivum* a ainsi été introduite dans le Limousin, en sols formés sur schistes acides, en 2002 (CHEVALIER 2003). L'arôme des corps fructifères était aussi puissant que celui de truffes récoltées en zones calcaires typiques.

## Conclusion

Bien que la truffe, *T. aestivum* ne soit pas limitée à l'Europe, puisqu'on peut la trouver, en Turquie et plus rarement au Maroc et en Chine, cette espèce est commune et abondante dans notre pays. Elle constitue un lien culturel et gastronomique entre Européens et fait partie de notre culture européenne et de nos traditions. Si certains pays récoltent cette truffe en quantité importante (France, Espagne, Italie, Hongrie, Roumanie ex-Yougoslavie) ou même la cultivent (France, Espagne, Italie, Suède), elle est moins connue dans d'autres pays, comme la Grande-Bretagne et l'Allemagne. Paradoxalement, en Allemagne où elle est abondante, elle est ignorée et figure sur la liste rouge des espèces dont la récolte est interdite. Il en est de même en Serbie.

Pour toutes ces raisons, la culture de cette espèce dont la demande est très supérieure à l'offre est à promouvoir. Récemment, de nouveaux pays se sont ajoutés à la liste des trois pays les plus anciens à la cultiver : la Suède, en 2005, l'Autriche, en 2008, la Hongrie et la Slovaquie, en 2009. Le centre de gravité de la culture se déplace de l'Europe du sud à l'Europe centrale. Plus à l'est, la Biélorussie et l'Ukraine possèdent aussi des zones favorables. Il reste à cultiver la truffe en Europe du nord, opération qui devrait être grandement facilitée par le réchauffement climatique et l'utilisation d'amendements calcaires.

## Bibliographie

- BACIARELLI-FALINI, L., 2010 : Truffle cultivation and production in a 5-year old *Tuber aestivum* VITT. plantation. – Actes 3<sup>ème</sup> Congrès International de Spoleto sur la Truffe « Tuber 2008 », Spoleto, 25-28 novembre 2008 (sous presse).



- BEAUCAMP, B., 2001 : Etude des corrélations entre la production de truffes (*Tuber uncinatum* CHATIN) et les précipitations dans trois truffières naturelles de Bourgogne. – In FFT (Ed.) : Science et Culture de la Truffe, pp. 188-190. – Paris.
- BENCIVENGA, M., 2008 : La coltivazione dei tartufi in Italia. – In CHEVALIER, G., (Ed.) : La culture de la truffe dans le monde, pp. 125-134. – Actes du colloque, Brive-La-Gaillarde, France, 2 Février 2007. Le Causse Corrèzien.
- VIGNOZZI, G., 1989 : I Tartufi in Toscana. – Firenze: Il Vantaggio.
- DI MASSIMO, G., DONNINA, D., TANFULLI, M., 1995 : Confronto tra la vegetazione delle tartufoie di *Tuber aestivum* VITT., *T. magnatum* PICO e *T. melanosporum* nell'Italia centrale. – Micol. Ital. **24**: 87-95.
- BACIARELLI-FALINI, L., DI MASSIMO, D., DONNINI, D., 2010 : Truffle cultivation: joy and pain. – Actes 3ème Congrès International de Spoleto sur la Truffe «Tuber 2008 », Spoleto, 25-28 novembre 2008 (sous presse).
- BRATEK, Z., 2008 a : Truffles et plantations à vocation truffière en Hongrie. – In CHEVALIER, G., (Ed.) : La culture de la truffe dans le monde, pp. 95-109. – Actes du colloque, Brive-La-Gaillarde, France, 2 Février 2007. Le Causse Corrèzien.
- 2008 b : Les effets du changement climatique sur les champignons hypogés et sur le genre *Tuber* en Hongrie. – In : L'avenir de la truffe face au réchauffement climatique. La truffe européenne est-elle en danger ?, pp. 109-110. – Paris : Albin Michel.
- BAGI, I., PARADI, I., VIKOR., J., 2001 : Differentiation among truffle species based on habitat preferences. – In FFT (Ed.) : Science et Culture de la Truffe, pp. 193-195. – Paris.
- CHEVALIER, G., 1983 : Production de truffes à partir de plants mycorhizés selon le procédé I.N.R.A. : premiers résultats. – Bull. Féd. Nat. Producteurs Truffes **6** : 33-50.
- 2003 : Aquitaine : des truffes dans le Limousin ! – LeTrufficulteur français **43** : 9.
- 2007 : I progressi scientifici sulla tartuficoltura francese. – In INTEGRA (Ed.) : Aspetti e problematiche della Tartuficoltura del Piceno, pp. 111-115. – Ascoli Piceno.
- 2010 : La M.R.T. (méthode raisonnée de trufficulture). – Actes Fête Internationale de la Truffe, Sarlat-en-Périgord, 16-17 janvier 2009, pp. 55-67.
- DESMAS, C., FROCHOT, H., RIOUSSET, L., 1979 a : L 'espèce *Tuber aestivum* VITT. : définition. – Mushroom Science **10**(1) : 957-975.
- — — — 1979 b : L 'espèce *Tuber aestivum* VITT. : écologie. – Mushroom Science **10**(1) : 977-993.
- FROCHOT, H., 1997 : La Truffe de Bourgogne (*Tuber uncinatum* CH.) : histoire, biologie, écologie, culture, récolte, gastronomie. – Levallois-Perret : Pétrarque.
- GANDEBOEUF, D., MASCLAUX, F., DUPRE, C., 2000 : Application des méthodes biochimiques et moléculaires à la taxonomie et la systématique des *Tuber*. – Bull. Fed. Assoc. Mycol. Médit., n. s. **18** : 57-68.
- PALENZONA, M., 2010 : Les implications de 40 années de recherche sur les truffes : perspectives d'avenir. – Actes 3ème Congrès International de Spoleto sur la Truffe «Tuber 2008 », Spoleto, 25-28 novembre 2008 (sous presse).
- RIOUSSET, L., RIOUSSET, G., DUPRE, C., GANDEBOEUF, D., 1994 : *Tuber uncinatum* CHAT. et *T. aestivum* VITT., espèces différentes ou simples variétés de la même espèce ? – Doc. Mycol. **24**(95) : 17-21.
- WEHRLÉN, L., 2008 : Quelques principes de lutte intégrée contre le réchauffement climatique en trufficulture. – In : L'avenir de la truffe face au réchauffement climatique. La truffe européenne est-elle en danger ? pp. 49-64 – Paris : Albin Michel.
- — — — BESANÇON, G., FROCHOT, H., 2009 : Truffle cultivation-forestry : A new strategy to produce the Burgundy Truffle (*Tuber uncinatum* CHATIN). – Acta Bot. Yunnanica **31**, suppl. 16 : 97-99.
- COLLECTIF, 2005 : Les espèces sauvages et rares menacées de disparition. Le livre rouge de la République de Biélorussie. – Minsk : Encyclopédie biélorusse « Petrus brovka » (en russe).
- DE MIGUEL, A. M., REYNA, S., SAEZ, R., PALAZON, C., 2008 : La trufficulture en Espagne. – In CHEVALIER, G., (Ed.) : La culture de la truffe dans le monde, pp. 45-58. – Actes du colloque, Brive-La-Gaillarde, France, 2 Février 2007. Le Causse Corrèzien.
- DESSOLAS, H., CHEVALIER, G., PARGNEY, J. C., 2007 : Nouveau manuel de trufficulture. – Périgieux : Miseenpage.
- FRENCH, M. A., 2008 a : Le développement du marché truffier en Grande-Bretagne. – In CHEVALIER, G., (Ed.) : La culture de la truffe dans le monde, pp. 79-93. – Actes du colloque, Brive-La-Gail-

- larde, France, 2 Février 2007. Le Causse Corrèzien.
- 2008 b : Sommaire d'observations personnelles sur les truffières, principalement sur pelouse en Grande-Bretagne, et leur système écologique (2003-2007). – In : L'avenir de la truffe face au réchauffement climatique. La truffe européenne est-elle en danger ? pp. 117-124. – Paris : Albin Michel.
- FROCHOT, H., CHEVALIER, G., BARBOTIN, P., BEAUCAMP, F., FERRAND, J. C., GRILLON, J., JALADE, M., MENU, C., PERON, P., WEHRLÉN, L., 2001 : Avancées sur la culture de la truffe de Bourgogne (*Tuber uncinatum* CH.). – In FFT (Ed.) : Science et Culture de la Truffe, pp. 387-392. – Paris.
- GANDEBOEUF, D., DUPRE, C., ROECKEL-DREVET, P., NICOLAS, P., CHEVALIER, G., 1997 : Grouping and identification of *Tuber* species using RAPD markers. – *Canad. J. Microbiol.* **75** : 36-45.
- GAZO, J., MIKO, M., 2008 : History and perspectives of economical use of Burgundy truffles (*Tuber aestivum* VITT.) in Slovak Republic. – In CHEVALIER, G., (Ed.) : La culture de la truffe dans le monde, pp. 173-182. – Actes du colloque, Brive-La-Gaillarde, France, 2 Février 2007. Le Causse Corrèzien.
- GRANETTI, B., DE ANGELIS, A., MATEROZZI, G., 2005 : Umbria terra dei tartufi. – Terni: Regione Umbria.
- GREBENC, T., MARJANOVIC, Z., 2008 : L'influence potentielle du changement de climat sur la production de truffes dans les Balkans occidentaux. – In : L'avenir de la truffe face au réchauffement climatique. La truffe européenne est-elle en danger ? pp. 105-108. – Paris : Albin Michel.
- MARTIN, M. P., PILTAVER, A., RATOSA, I., 2008 : Research and cultivation of truffles in Slovenia : current status. – In CHEVALIER, G., (Ed.) : La culture de la truffe dans le monde, pp. 183-191. – Actes du colloque, Brive-La-Gaillarde, France, 2 Février 2007. Le Causse Corrèzien.
- RATOSA, I., PILTAVER, A., MARTIN, M. P., KRAIGHER, H., MILENKOVIC, M., GLISIC, A., MARJANOVIC, Z., 2010 : Diversity of the genus *Tuber* from the Balkan areas using molecular characterisation. – Actes 3ème Congrès International de Spoleto sur la Truffe « Tuber 2008 », Spoleto, 25-28 novembre 2008 (sous presse).
- GREGORI, G., 1991 : Tartufi e tartuficoltura nel Veneto. – Padova : Regione del Veneto. Assessorato Agricoltura e Foreste, Dipartimento Foreste.
- 2008 : Trufficulture en Italie : expériences, problèmes et évolutions possibles. – In : L'avenir de la truffe face au réchauffement climatique. La truffe européenne est-elle en danger ? pp. 65-76. – Paris : Albin Michel.
- GROUX, M., KELLER, J., 2008 : Les truffes en Suisse. – In CHEVALIER, G., (Ed.) : La culture de la truffe dans le monde, pp. 209-217. – Actes du colloque, Brive-La-Gaillarde, France, 2 Février 2007. Le Causse Corrèzien.
- LAWRYNOWICZ, M., 1992 : Distributional limits of truffles in the northern Europe. – *Micol. Veget. Mediterranea* **7** : 31-38.
- 2010 : Hypogeous fungi in the anthropogenic sites in Poland. – Actes 3ème Congrès International de Spoleto sur la Truffe « Tuber 2008 », Spoleto, 25-28 novembre 2008 (sous presse).
- MALENÇON, M. G., 1938 : Les truffes européennes. Historique, morphogénie, organographie, classification, culture. – *Rev. Mycol.*, n.s., **3**, hors-série 1.
- MARJANOVIC, Z., 2008 : Truffles and possibilities for their cultivation in Serbia : current situation. – In CHEVALIER, G., (Ed.) : La culture de la truffe dans le monde, pp. 163-172. – Actes du colloque, Brive-La-Gaillarde, France, 2 Février 2007. Le Causse Corrèzien.
- MELLO, A., CANTISANI, A., VIZZAZINI, A., BONFANTE, P., 2002 : Genetic variability of *Tuber uncinatum* and its relatedness to other black truffles. – *Environ. Microbiol.* **4**(10) : 584-594.
- MILENKOVIC, M., GLAMOCLJICA, J., VELJKOVIC, V., VUKOJEVIC, J., 1992 : Record of two *Tuber* (*T. aestivum* and *T. melanosporum*) species in Serbia. – *Arch. Biol. Sci.* **44** : 223-228.
- MARJANOVIC, Z., 2001 : Current results on *Tuber* spp. research in Yugoslavia. – In FFT (Ed.) : Science et Culture de la Truffe, pp. 218-222. – Paris.
- MORET, L., 1958 : Précis de géologie. – Paris : Masson.
- PAOLOCCI, F., RUBINI, A., RICCIONI, C., TOPINI, F., ARCIONI, S., 2004 : *Tuber aestivum* and *Tuber uncinatum* : two morphotypes or two species ? – *FEMS Microbiol. Letters* **235** : 109-115.
- PILTAVER, A., KATOSA, I., 2010 : Hypogeous fungi from Slovenia. – Actes 3ème Congrès International de Spoleto sur la Truffe «Tuber 2008 », Spoleto, 25-28 novembre 2008 (sous presse).
- POUSSE, J. S., ROBIN, C., WEHRLÉN, L., FROCHOT, H., 2010 : Plantation density of hazeltrees (*Corylus avellana*) influences the precocity and kinetics of Burgundy truffle (*Tuber aestivum*) production. –

Actes 3ème Congrès International de Spoleto sur la Truffe « Tuber 2008 », Spoleto, 25-28 novembre 2008 (sous presse).

- REYNA DOMENECH, S., 2007 : Truficoltura. Fundamentos y técnicas. – Madrid, Barcelona : Mundi-Prensa.
- REYNA, S., DE MIGUEL, A. M., HERNANDEZ, A., ESTEBAN, H., 2001 : Historia y perspectivas de la truficoltura en Espana. – In FFT (Ed.) : Science et Culture de la Truffe, pp. 33-39. – Paris.
- SAEZ GARCIA-FALCES, R., DE MIGUEL VELASCO, A. M., 2008 : La Trufa. Guia de truficoltura. – Villava (Navara) : ITG Agrícola.
- SALERNI, E., BAGLIONI, F., MAZZEI, T., PERINI, C., 2010 : Relationship between the management of forest vegetation and the production of *Tuber aestivum* VITT. in a natural truffle ground on Monte Amiata (Tuscany, Italy) : preliminary results. – Actes 3ème Congrès International de Spoleto sur la Truffe « Tuber 2008 », Spoleto, 25-28 novembre 2008 (sous presse).
- SHAMEK, S., TURUNEN, O., LEISOLA, M., 2009 : *Tuber aestivum* orchards in Finland. – First Conference on the “European” Truffle *Tuber aestivum/uncinatum* 6.-8. 11. 2009, Faculty Centre of Biodiversity, University of Vienna. Abstracts.
- TANFULLI, M., GIOVAGNOTTI, E., DONNINI, D., BACIARELLI FALINI, L., 2001 : Analisi della micorizzazione in tartufaie coltivate di *Tuber aestivum* VITT. e *T. borchii* VITT. impiantate da oltre 12 anni in ambienti pedoclimatici diversi. – In FFT (Ed.) : Science et Culture de la Truffe, pp. 480-484. – Paris.
- TIBILETTI, E., ZAMBONELLI, A., 1999 : I Tartufi della provincia di Forli-Cesena. – Bologna : Pàtron.
- URBAN, A., MADER, A., 2003 : Über Trüffelvorkommen (*Tuber aestivum*) im südlichen Niederösterreich: Einfluss des Niederschlags auf die Fundmenge. – Austrian J. Mycol. **12** : 193-204.
- PLA, T., 2008 a : Truffles and truffle cultivation in Austria. – In CHEVALIER, G., (Ed.) : La culture de la truffe dans le monde, pp.19-34. – Actes du colloque, Brive-La-Gaillarde, France, 2 Février 2007. Le Causse Corrèzien.
- — 2008 b : Trufficulture et changement climatique : comment gérer l’incertitude ? – In : L’avenir de la truffe face au réchauffement climatique. La truffe européenne est-elle en danger ? pp. 131-136. – Paris : Albin Michel.
- — SCHICKMANN, S., KRÄUTLER, K., NOPP-MAYER, U., KRISAI-GREILHUBER, I., HACKLÄNDER, K., 2010 : Research on hypogeous fungi and first harvest of a cultivated truffle in Austria. – Actes 3ème Congrès International de Spoleto sur la Truffe « Tuber 2008 », Spoleto, 25-28 novembre 2008 (sous presse).
- VEZZOLA, G. V., 2004 : Tartufi e tartuficoltura della provincia di Brescia. – Roccafranca (Brescia) : Masetti Rodella.
- WEDEN, C., 2008 : Tryffel mat för gudar, gutar & svin. – Stockholm: Infotain & Infobooks, Sweden.
- BAI, G., GÖRANSSON, U., BORG-KARLSON, A. K., BACKLUND, A., 2010 : The Swedish population of *Tuber aestivum*. – Actes 3ème Congrès International de Spoleto sur la Truffe « Tuber 2008 », Spoleto, 25-28 novembre 2008 (sous presse).
- CHEVALIER, G., DANELL, E., 2004 a : *Tuber aestivum* (syn. *T. uncinatum*) biotopes and their history on Gotland, Sweden. – Mycol. Res. **108** (3) : 304-310.
- DANELL, E., 1998 : *Tuber aestivum* and other truffles in Sweden. – Svensk Bot. Tidsk. **92** : 65-80.
- — 2008 : Truffle cultivation in Sweden. – In CHEVALIER, G., (Ed.) : La culture de la truffe dans le monde, pp. 193-207. – Actes du colloque, Brive-La-Gaillarde, France, 2 Février 2007. Le Causse Corrèzien.
- — CAMACHO, F. J., BACKLUND, A., 2004 b : The population of the hypogeous fungus *Tuber aestivum* syn. *T. uncinatum* on the island of Gotland. – Mycorrhiza **14** : 19-23.
- WEHRLÉN, L., 2007 : La sylviculture-trufficulture et la truffe de Bourgogne : un nouveau pari qui concerne les forestiers. – RDV Techniques **22** : 68-72.
- 2009 : Mieux planter ! La technique « 3 B » élimine la végétation et décompacte le sol en une seule opération. – RDV techniques **25** : 7-12.
- ZAMBONELLI, A., DI MUNNO, R., 1991 : Indagini sulla possibilità di diffusione dei rimboschimenti con specie tartufigene : aspetti tecnico-culturali ed economici. – Città di Castello: Ecoplaning.
- BADALYAN, S., IOTTI, M., 2010 : Ecology and distribution of hypogeous fungi in Armenia. – Actes 3ème Congrès International de Spoleto sur la Truffe « Tuber 2008 », Spoleto, 25-28 novembre 2008 (sous presse).