

Les pièges à truffes, une pratique traditionnelle... pas si empirique que ça !

Retour sur une expérimentation construite pour comprendre « l'effet piège »

Montan GAUTIER¹, Elisa TASCHEN², Gabriel CALLOT³, Patrick SAVARY⁴, Mathieu SAUVE¹, Yasmine PENUÉLAS-SAMANIEGO⁵, François ROUSSET⁶, Xavier PARLADE⁷, Marc-André SELOSSE^{8,9}, Franck RICHARD¹

Des pièges pour assister la production

Pour les trufficulteurs, comme pour les scientifiques, comprendre les mécanismes impliqués dans le succès des pratiques culturales empiriques est un véritable défi, mais aussi un enjeu majeur pour réinventer la culture de nombreuses productions agricoles [1, 2]. Désormais cultivée avec succès dans de nombreuses régions du monde, la truffe noire (*Tuber melanosporum*) n'échappe pas à cette règle, car sa culture est à la fois nourrie par les apports de la science, tels que l'usage de plants inoculés, et par des techniques innovantes élaborées et transmises par les trufficulteurs, à partir d'observations réalisées dans les écosystèmes naturels, ce que l'on appelle l'empirisme, sorte de génie du bon sens, derrière lequel se cachent de nombreuses intuitions gagnantes [3, 4].

L'une de ses pratiques empiriques, et peut-être la plus répandue, consiste à disperser des fragments broyés de fructifications, à même le sol, au moment de la plantation, puis de répéter cette opération régulièrement au cours de la vie d'une truffière. Cette pratique est considérée comme une manière efficace d'assister la dispersion naturelle des spores, en imitant l'action des mammifères consommateurs de truffes.

La dispersion des fragments de truffes, à la volée ou en-

fouies dans le sol des brûlés, est une pratique si ancienne qu'il est difficile d'apposer une date et un nom derrière son invention, dont les premières traces écrites nous ramènent en 1564 [5] ! De nos jours répandue dans la majeure partie de l'aire de répartition naturelle de *T. melanosporum*, la dispersion de fragments de truffe consiste généralement à introduire quelques grammes d'inoculum (essentiellement constitué de spores issues d'ascocarpes mûres préalablement séchés et réduits en poudre) dans des petites excavations ou des sillons peu profonds creusés immédiatement sous les arbres truffiers. Les modalités de ces « pièges à spores », « trous catalans » [6], « nids de truffes » [7] ou « pièges à truffes » varient de manière considérable selon les trufficulteurs, qui adaptent à leurs contraintes et à leur expérience, les dimensions des excavations, le substrat de remplissage, la quantité de

matériel fongique ajoutée, et le niveau de préservation du système racinaire de l'arbre hôte [6, 8]. Par contre, les différentes déclinaisons s'appuient toutes sur l'incorporation dans le sol de quelques grammes d'inoculum (par exemple [9, 10] ; voir [11] pour une revue récente), afin d'intensifier la production des fructifications. Récemment, des études ont démontré que ces pièges peuvent améliorer la rotondité des fructifications, limiter les dommages causés par certains coléoptères mycophages comme les liodes [7], mais aussi concentrer spatialement la production des fructifications [6, 7]. Cependant, les mécanismes biologiques et écologiques impliqués dans cet « effet ensemencement » restent peu connus.

Pour produire une truffe, deux individus sont nécessaires

La truffe noire est une espèce dont la biologie est de mieux

en mieux comprise [12–14]. En effet, il a été montré que sa reproduction s'appuie sur la rencontre de deux mycéliums de type sexuel complémentaire. Ces types sexuels (1-1 et 1-2-1) ne définissent pas le rôle (maternel/femelle ou paternel/mâle), mais conditionnent la compatibilité pour la fécondation créant ainsi la fructification.. Dans chaque truffe, les asques sont le siège de la mise en commun des génomes parentaux : les noyaux des deux parents y fusionnent, pour produire un descendant éphémère, qui se divise immédiatement pour donner 1 à 8 spores capables à leur tour de germer [13, 15–18].

Il reste encore des zones d'ombre sur la sexualité de cette espèce, notamment concernant la temporalité de la rencontre, mais aussi la nature des signaux impliqués dans la reconnaissance des individus sexuellement compatibles. Il apparaît de



LABORATOIRE
Teyssier
ANALYSES AGRICOLES

*Plantation
et suivi de truffières*

*Nos analyses et conseils seront pour vous
de vrais outils d'aide à la décision.*

ANALYSER
INTERPRÉTER
CONSEILLER

LABORATOIRE TEYSSIER - Route des Junchas - 26460 BOURDEAUX - Tél. 04 75 53 31 43 - info@laboratoire-teyssier.com - www.laboratoire-teyssier.com

plus en plus vraisemblable que l'individu maternel est le seul du couple présent dans le sol de manière pérenne, établi en lien étroit avec les racines de l'hôte végétal. Cette connexion physique avec la plante lui permet de jouer un rôle nourricier vis-à-vis de l'ascocarpe. En effet, la truffe noire est une espèce de champignon ectomycorhizien, qui a besoin de s'associer aux racines de diverses espèces de végétaux ligneux (arbres, et arbustes ; [19]) afin de se procurer les hydrates de carbone nécessaires au développement de son appareil végétatif (le mycélium) et, plus épisodiquement, à l'édification de son appareil reproducteur [20, 21].

Dans un déséquilibre entre les sexes qui rappelle la biologie de certains animaux, les individus ayant joué un rôle paternel dans les truffes récoltées semblent être réduits à des germinations fugaces, n'ayant jamais l'opportunité de s'établir végétativement dans le sol [22, 23, 24]. Ces « pères de passage » sont très probablement recrutés par le mycélium des individus maternels à partir de la banque de spores du sol [18, 22, 25]. Cette anisogamie a joué des tours aux premiers généticiens ayant exploré la biologie de la truffe noire, car elle se traduit par la place disproportionnée qu'occupe l'individu maternel dans les tissus de l'ascocarpe. Ainsi, dans les truffes, les tissus stériles de la gléba et le péridium sont constitués exclusivement de cellules appartenant à cet individu (Fig. 1a), alors que le second partenaire, considéré comme paternel car non nourricier, n'est présent qu'à travers ses gènes, cédés à sa profuse descendance, les spores contenues dans les asques (Fig. 1b ; [18]) ! Comme dit précédemment, et c'est la beauté de l'histoire, le rôle de ces descendants n'est pas déterminé

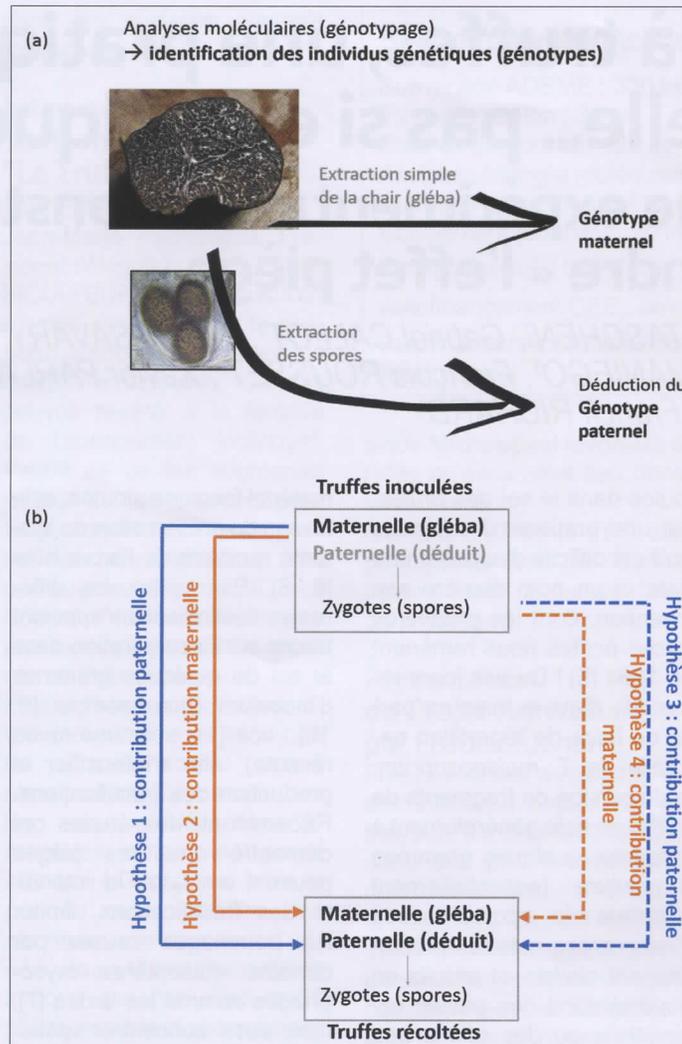


Figure 1
a) Identification par outils moléculaires des génotypes contribuant à la formation d'une fructification. Nous avons analysé chaque échantillon (gléba, spores) sur 12 petites portions du génome (marqueurs microsatellites) afin de pouvoir les comparer et distinguer les individus génétiques, c'est-à-dire, les génotypes
b) Présentation des scénarios et hypothèses liées au rôle de l'inoculum dans la production des pièges à truffes. Les hypothèses 1 et 2 concernent la contribution potentielle de la gléba contenue dans l'inoculum (lignes continues) : le mycélium de la gléba de l'inoculum peut féconder un génotype déjà installé sur les racines de l'hôte (rôle paternel, H1) ou ce mycélium peut coloniser l'arbre hôte en formant des ectomycorhizes et pouvoir jouer le rôle nourricier maternel (H2). De la même façon, les hypothèses 3 et 4 concernent la contribution potentielle des spores contenues dans l'inoculum (lignes en pointillés) : le mycélium de ces spores qui germent va féconder des génotypes déjà installés (rôle paternel, H3), ou bien coloniser les racines de l'arbre hôte et se faire féconder par la suite... (rôle maternel, H4).

génétiquement : lors de sa germination, chaque spore de *T. melanosporum* pourra jouer un rôle maternel ou paternel, selon que se présente à elle l'opportunité de s'établir sur les racines d'un hôte à proximité (son mycélium pourra alors jouer le rôle

nourricier, comme futur individu maternel), ou qu'elle soit irréversiblement recrutée par le mycélium d'individu déjà établi, de type sexuel opposé (elle donnera alors ses gènes à sa descendance, comme individu paternel à venir ; [13, 16, 18, 22, 26]).

Une expérience collaborative pour comprendre l'effet piège

La dispersion de broyats de truffe est régulièrement évoquée dans la littérature ancienne, aussi bien par les botanistes [9,28], les forestiers [29], les médecins [30,31] et les agronomes [8], parfois avec un certain scepticisme [8,32]. Ces réserves ne sont pas infondées. En effet, cette pratique, qui s'est fortement développée au cours des deux dernières décennies, semble produire des résultats parfois spectaculaires, mais aussi inégaux selon les contextes, les années considérées et les modalités de réalisation. En d'autres termes, et à dire de trufficulteur, la dispersion de broyats est réputée peu répliquable au sein d'une même truffière, et peu transférable entre truffières, obligeant les praticiens à d'incessantes mises au point de leur protocole.

Malgré ces limites, les pièges à truffe sont utilisés dans de nombreux contextes afin de réduire le temps nécessaire à l'entrée en production des truffières, actuellement entre 8 et 15 ans [27], dans le but de le ramener de 5 à 6 ans [11]. Par ailleurs, la mise en œuvre de cette technique est censée permettre une intensification de la production, par la récolte de nombreux ascocarpes au sein même des pièges, généralement deux ans après leur mise en place [6, 8, 11]. Si le succès des pièges pour concentrer la production de truffes est attesté [6, 7], les raisons de ces échecs sont mal comprises, et les mécanismes impliqués lors des essais concluants restent obscurs. Est-ce que les spores contenues dans les broyats contribuent à la production des fructifications en jouant le rôle d'individus paternels ? Est-ce que ces mêmes spores s'établissent pour jouer un rôle maternel dans la reproduction ? La perturbation du sol occasion-

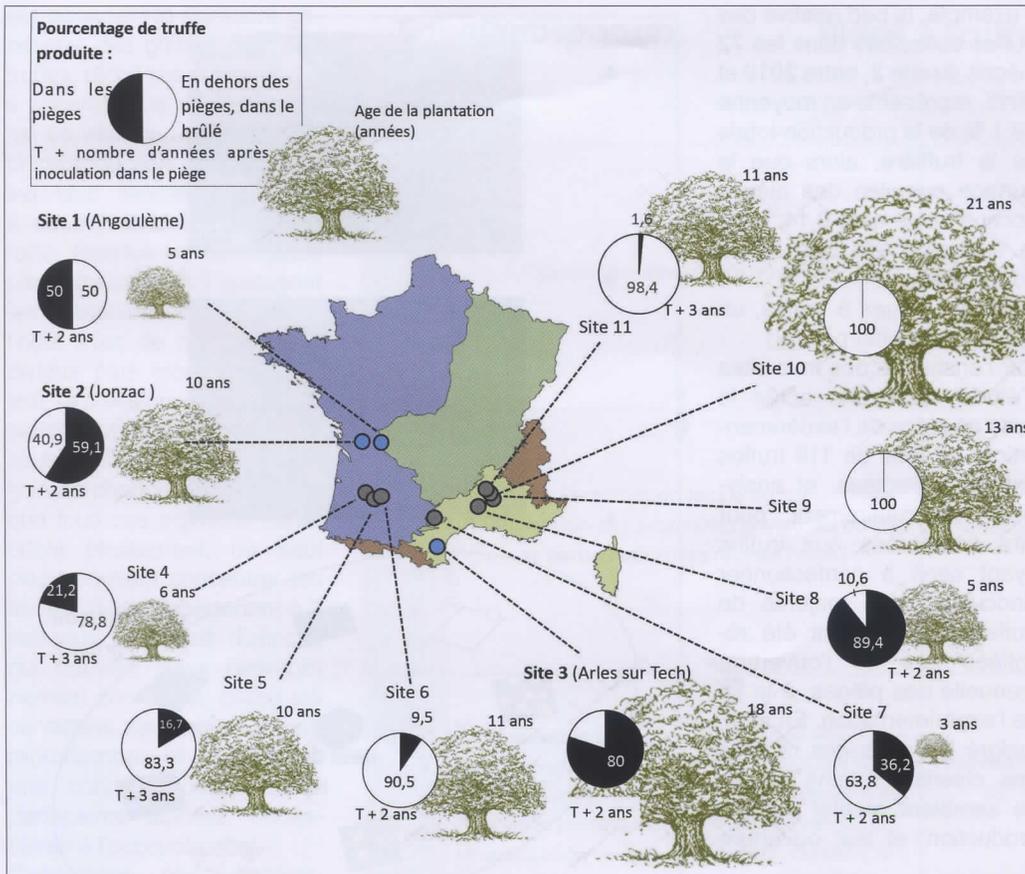


Figure 2

Distribution géographique des sites d'études, avec l'indication de la proportion des biomasses/nombre de truffes récoltées dans les pièges à truffes (en noir) exprimées en pourcentage. Le nombre au-dessus de l'arbre indique l'âge de la plantation, et le nombre au-dessous indique le nombre d'années nécessaire pour récolter les premières fructifications dans les pièges à truffes. Les couleurs de la carte indiquent les différents domaines climatiques de la France, comme suit : jaune : Méditerranéen, bleu : Océanique, vert : Continental, marron : Montagnard. La carte est accessible librement à <https://inpn.mnhn.fr>.

née par la mise en œuvre du piège contribue-t-elle à stimuler la reproduction d'individus déjà établis (Figure 1, b) ?

Afin de tester ces différents scénarios, une étude impliquant onze trufficulteurs établis dans le sud de la France a été conduite entre 2015 et 2017. Tout d'abord, une synthèse des récoltes effectuées au sein de 9924 pièges à truffes installés sous 1080 chênes a été réalisée. Parmi les 11 truffières analysées, trois d'entre elles ont été sélectionnées pour explorer les mécanismes à l'œuvre de « l'effet piège à truffes ». À l'aide d'un dispositif expérimental permettant de comparer des pièges réalisés avec ou sans ajout de broyats

de truffes, ce travail a tout d'abord permis de distinguer les effets relatifs à la perturbation, de ceux liés à l'ajout d'inoculum, sur le développement végétatif du mycélium de *T. melanosporum* et la production d'ascocarpes. Dans ces mêmes pièges, un génotypage systématique de l'inoculum et des récoltes effectuées a été réalisé, afin d'étudier les liens de parenté entre le matériel biologique introduit et les truffes récoltées deux ans plus tard. Pour réaliser ce travail et tester chaque scénario (hypothèses H1 à H4 dans la figure 1b), la signature génétique des spores et de la gléba de chaque truffe utilisée pour inoculer les pièges a été comparée à la signature génétique des spores et de la

gléba issues de chaque truffe récoltée dans les pièges.

Les archives témoignent : la production n'est pas toujours au rendez-vous dans les pièges !

L'analyse des récoltes réalisées entre 2004 et 2016 dans 9 924 pièges installés sous 1080 chênes révèle de fortes disparités entre les 11 trufficulteurs impliqués dans l'étude. Comme attendue, la récolte des truffes est constatée dans la plupart des cas deux ans après la mise en place des pièges, et plus rarement (dans trois truffières) trois ans après l'inoculation (Figure 2). D'une truffière à l'autre, la part de production assurée par les pièges oscille entre 0 (Sites 9 et 10) et 89,4 % (Site 8, Figure 2). Dans le détail, la contribution des pièges à truffes à la production totale des truffières s'est avérée nulle dans deux cas, faible (c'est-à-dire moins de 10 %) dans deux autres, minoritaire (c'est-à-dire entre 10 et 50 %) dans trois autres, et enfin majoritaire dans les quatre derniers (Figure 2).

Les raisons de ces différences sont multiples, et l'analyse de ces données d'archive permet uniquement de les lister sans



ÉLEVAGE PROFESSIONNEL DE CHIENS D'EAU ROMAGNOL & ÉDUCATION CANINE






- › Dressage de chiens truffiers
- › Pension canine et féline
- › Vente de croquettes Caniplex (livraison)
- › Vente d'accessoires pour animaux de compagnie
- › Service de cavage chez les particuliers

ALBIN ROUDAYRE
SARL DES PERLES DU QUERCY

☎ 06 88 46 50 03
🌐 www.desperlesduquercy.fr
📍 2085, route des Ramonets - 46000 CAHORS



les hiérarchiser, comme autant de facteurs confondants qui peuvent participer aux différences observées. Ainsi, chaque dispositif mis en place s'avère unique, lorsque l'on considère les modalités de mise en œuvre des pièges (position, profondeur, surface, traitement des racines de l'hôte), la temporalité de la pratique, les matériaux utilisés (terreau, inoculum), les caractéristiques des arbres (âge, historique de taille), les pratiques (travail du sol, apports d'inoculum précédents, irrigation) et bien sûr les caractéristiques des parcelles (texture du sol, fertilité, profondeur).

Lorsque l'on considère la surface cumulée que représentent les pièges, cette analyse permet de confirmer dans certains cas l'effet concentrateur de production de cette technique, déjà signalé dans la littérature [6, 7]. À titre

d'exemple, la part relative des truffes collectées dans les 72 pièges du site 2, entre 2010 et 2015, représente en moyenne 59,1 % de la production totale de la truffière, alors que la surface cumulée des pièges occupe seulement 0,14 % de la surface totale des brûlés sur ce site.

Dans les pièges à truffes, un éphémère « effet père » ! Sur l'ensemble des trois sites d'étude, deux ans après la mise en place de l'expérimentation, un total de 119 truffes ont été collectées, et analysées moléculairement, pour être comparées aux truffes ayant servi à confectionner l'inoculum. Une majorité de truffes (68,4 %) ont été récoltées lors de l'ouverture manuelle des pièges, à la fin de l'expérimentation. En effet, malgré les passages répétés des chiens, certains pièges ne semblant receler aucune production, et leur ouverture

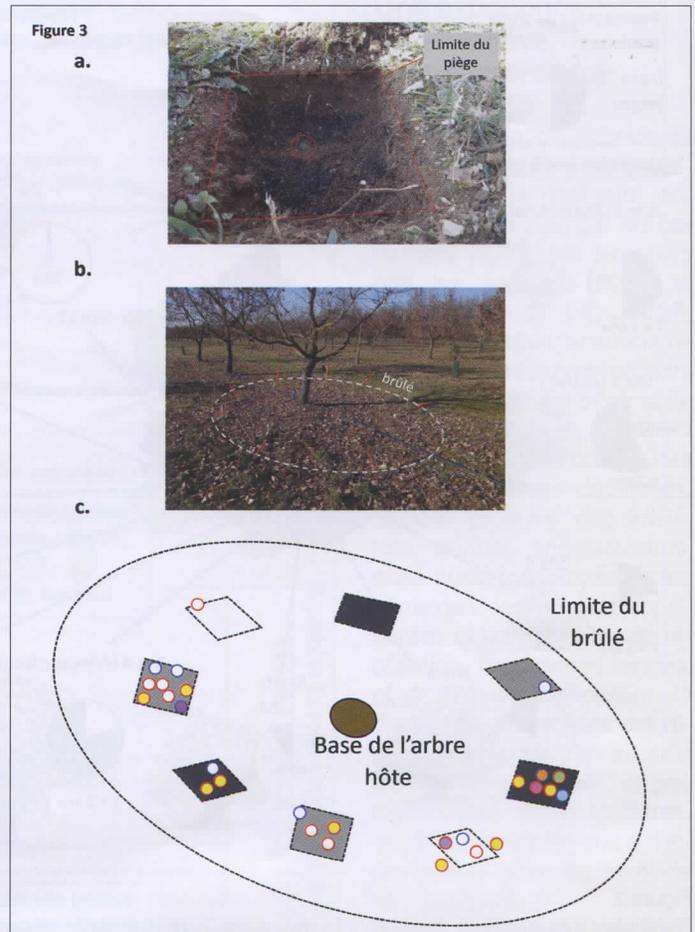


Figure 3
(a) Vue d'un piège à truffe au moment de la collecte, avec l'indication des limites du piège (ligne blanche en pointillés) et la position de la fructification (cercle rouge). Crédit photo F. Richard.
(b) Vue du dispositif expérimental après deux ans, et avant la collecte des fructifications, avec la position des pièges expérimentaux (flèches rouges) autour de l'arbre hôte dans le brûlé. Crédit photo F. Richard
(c) Représentation d'un brûlé du site 2 (Jonzac), localisant les fructifications récoltées (cercles) à l'intérieur ou à l'extérieur des pièges non inoculés (blanc), et des pièges inoculés avec une gléba d'un sexuel (gris clair) ou deux types sexuels (gris foncé). Les différents génotypes maternels sont différenciés par la couleur à l'intérieur de chaque cercle (le blanc indique des individus non identifiés) et le type sexuel de la gléba est indiqué par la couleur du contour du cercle (le Mat 1-1 entouré en bleu et Mat 1-2-1 en rouge). Tous les génotypes paternels identifiés étaient différents et ne sont pas représentés pour la facilité de lecture.

systématique a permis d'y collecter de nombreuses truffes « oubliées », parmi lesquelles de nombreux ascocarpes de petite taille (à partir de 2,7 g), dont la masse oscillait entre 3 et 10 g, mais aussi des truffes immatures de tailles variable, et quelques truffes de belle taille (jusqu'à 76 g), décomposées, dont la présence avait échappé au flair des chiens. L'analyse génétique des truffes récoltées dans ces 72 pièges conçus de manière

standardisée (mêmes dimensions, nature du substrat utilisé, quantité et origine de l'inoculum, temporalité et localisation de l'implantation et traitement des systèmes racinaires) visait dans un premier temps à comprendre la diversité et les liens de parenté entre les différents individus constituant les populations de truffes accueillies par les brûlés inclus dans l'étude. Lorsque l'on considère les individus maternels tout d'abord

Froment

RotoFrom



Scarificateur déporté
 Fraise rotative à dents piocheuses
 Système breveté

Permet de pénétrer dans le sol, et aérer sans arracher les racines.



Vibroculteur déporté



Faucheuse intégrale



Bras d'arrosage Ensemencement



Matériel et prestation pour la Trufficulture

Tél. 06.81.18.13.64 - nfroment@free.fr

www.fabrication-mecano-soudure.fr

(en analysant la signature génétique des glébas dans les truffes récoltées ; Figure 1), il apparaît que chaque brûlé est un espace commun pour la reproduction de multiples individus féconds, dont un à deux individus de grande taille, étendus sur la majeure partie du brûlé, qui partagent les ressources du sol et de l'hôte avec de nombreux individus plus modestes dans leur expression, où leur présence est attestée par une seule truffe (Figure 3). L'analyse de chaque piège montre que tous ces individus cohabitent étroitement, un seul piège pouvant concentrer les fructifications appartenant à 7 individus maternels distincts, qui trouvent dans l'environnement confiné du piège les conditions favorables à leur reproduction, et notamment une bonne disponibilité en partenaires sexuels nécessaires à l'accouplement. Concernant ces derniers, justement, et en poussant l'enquête un peu plus loin à l'aide de l'outil génétique, que pouvons-nous dire de leur origine ? La comparaison de la signature génétique des spores contenues dans les truffes produites avec la signature des truffes utilisées comme source d'inoculum deux ans plus tôt nous éclaire sur ce point. L'analyse des liens de parenté entre le matériel introduit et les récoltes a en effet permis de mettre en évidence deux résultats majeurs. Tout d'abord, chaque truffe analysée s'est révélée unique sous l'angle de l'identité du « père », même lorsqu'il s'agissait de truffes produites côte à côte dans un même piège, comme cela se produit souvent à la limite entre le substrat du piège et le sol non perturbé. D'où provenaient ces pères, tous différents génétiquement ? Les estimations de parenté sont peu équivoques sur ce point, et permettent de rejeter un rôle de la gléba des truffes introduites, qui ne sert ni de partenaire sexuel, ni d'individu

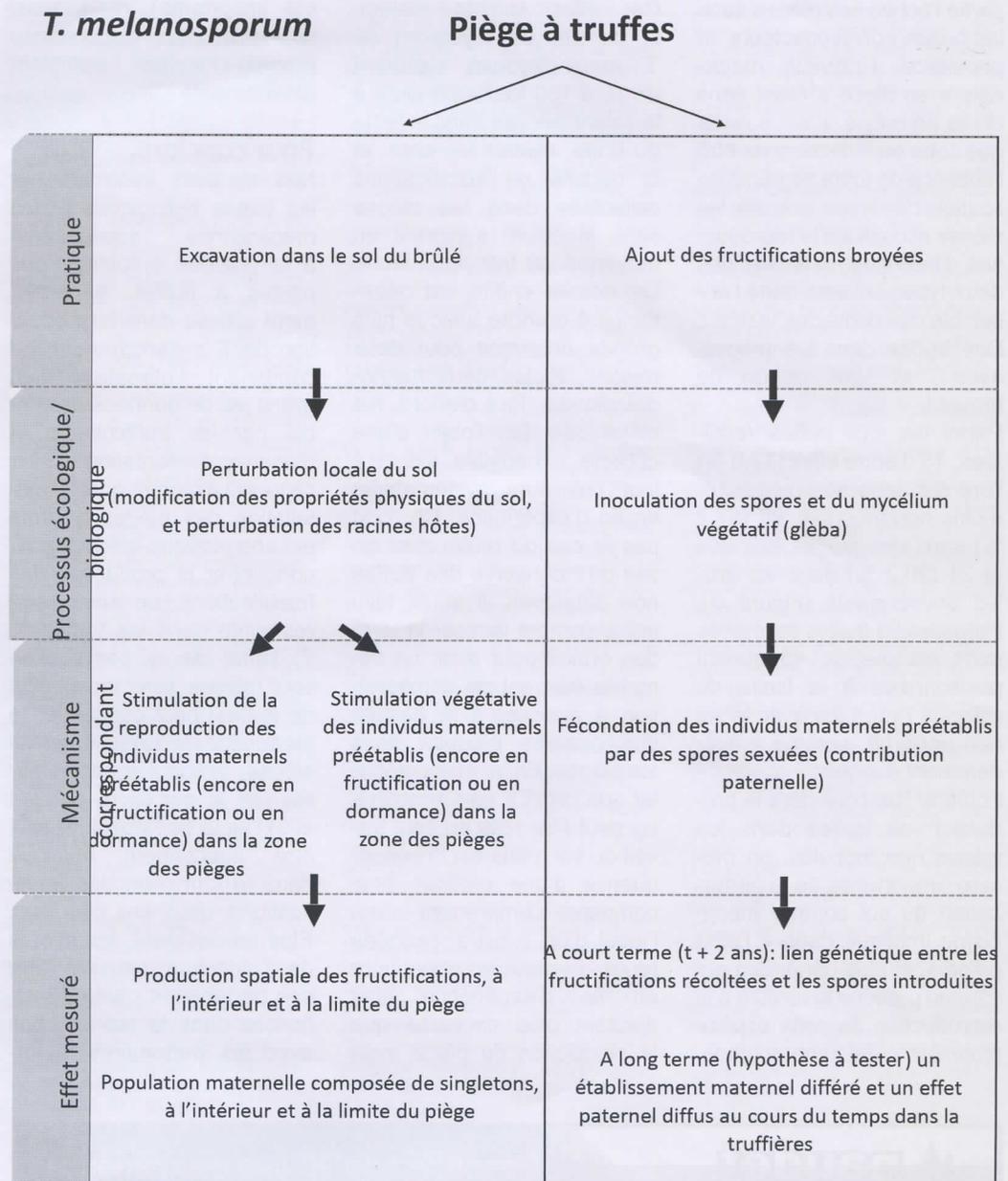


Figure 4
Mécanismes impliqués dans « l'effet piège à truffes ».

nourricier (maternel donc, [Figure 1b ; Hypothèses 1 et 2 : non validées]) dans les truffes récoltées. Les spores apportées dans l'inoculum n'ont pas été observées formant la gléba des truffes produites dans le piège [Figure 1b, Hypothèse 4 : non validées]. En revanche, ces mêmes analyses valident l'hypothèse d'un lien de parenté entre les spores contenues dans les truffes récoltées, et les spores enfouies dans les pièges deux ans plus tôt [Figure 1b, Hy-

pothèse 3 : validée sur 1 des 3 sites étudiés]. Ce lien est apparu d'autant plus fort dans le site n'ayant pas fait l'objet d'apport de spores avant l'expérience, et plus dilué dans les sites ayant déjà bénéficié d'apports réguliers. Ce dernier résultat suggère un effet plus durable que les seules deux années de l'expérience, la banque de spores du sol pouvant sans doute être mobilisée pendant une période s'étendant au-delà des deux années classiques de suivi

des pièges (Figure 2). Ainsi, la génétique lève le voile sur l'un des mécanismes se cachant derrière l'empirisme des pièges à truffes : ces excavations sont le théâtre de multiples événements de fécondation d'individus maternels issus de la truffière, sans doute déjà en place et connecté aux racines des hôtes au moment de la mise en place du piège, par des spores introduites par l'homme (Figure 4). Ce mécanisme explique sans doute en grande

partie l'échec des pièges dans les brûlés non producteurs, la population d'individus maternels « en place » étant sans doute en cause. Il est à noter que cette expérience a montré l'absence de toute ségrégation spatiale des types sexuels, les pièges accueillant la reproduction d'individus maternels des deux types sexuels dans l'ensemble des contextes testés. Des truffes dans les pièges, avec... et sans apport de broyat !

Parmi les 119 truffes récoltées, 15 d'entre elles (12,8 %) l'ont été dans des pièges témoins non inoculés, 80 (67,2 %) dans des pièges inoculés et 24 (20,2 %) dans les brûlés environnants (Figure 3). Parmi les 95 truffes collectées dans les pièges, 45 étaient positionnées à la limite du piège, à l'interface avec le sol non perturbé, comme précédemment évoqué.

Lorsque l'on considère la production de truffes dans les pièges non inoculés, on mesure l'importance de la perturbation du sol comme mécanisme impliqué dans « l'effet piège », et plus généralement comme pratique favorable à la reproduction de cette espèce pionnière de champignon.

Cet effet semble majeur, la densité de mycélium de *T. melanosporum* s'avérant de 10 à 150 fois supérieure à la valeur relevée dans le reste du brûlé, suivant les sites, et la densité de fructifications collectées dans les pièges sans inoculum s'avérant en moyenne 48 fois supérieure. Ce dernier chiffre est néanmoins à prendre avec la plus grande prudence pour deux raisons, toutes deux méthodologiques. Tout d'abord, les pièges ont fait l'objet d'une collecte exhaustive grâce à leur ouverture systématique en fin d'expérience. Ce n'est pas le cas du brûlé, dont on sait qu'il conserve des truffes non détectées. Il aurait fallu intégralement tamiser la terre des brûlés pour avoir un véritable élément de comparaison à opposer à la densité d'ascocarpes produits dans les pièges. Enfin, il faut rappeler que l'effet « perturbation » ne peut être relié au seul travail du sol, mais est la conséquence d'une pratique plus complexe comprenant aussi l'ajout d'un substrat exogène (dont la teneur en phosphore en fin d'expérience était d'autant plus diminuée que la production du piège avait

été importante), mais aussi la création d'une discontinuité physico-chimique semblant déterminante.

Pour conclure

Nos résultats informent sur les bases biologiques et les mécanismes sous-jacents à la pratique empirique des pièges à truffes, généralement utilisée dans la production de *T. melanosporum*. En combinant l'utilisation d'un grand jeu de données assemblé par les trufficulteurs et d'une expérimentation in situ, ce travail a montré que 1) l'installation des pièges à truffe est une pratique efficace pour concentrer la production des fructifications en une zone restreinte dans les truffières, 2) l'effet de la perturbation seul (pièges sans inoculation de truffes) peut concentrer la production de truffes dans les pièges, probablement stimulée par le mycélium présent et 3) l'ajout de l'inoculum peut être directement impliqué dans la formation des fructifications, deux ans plus tard. Plus précisément, les spores de l'inoculum peuvent être des partenaires paternels efficaces dans la reproduction avec les partenaires mater-

nels déjà établis sur les racines de l'arbre hôte.

Un résultat remarquable de cette étude est le grand nombre de génotypes maternels qui produisent seulement une fructification. Sur ces 30 « singletons », 29 ont fructifié dans les pièges à truffes et/ou à la limite de celui-ci, et jamais dans le brûlé autour des pièges. Un échantillonnage exhaustif des truffes (ouverture systématique des pièges, et récolte des truffes non détectées par les chiens) peut avoir révélé cette structure de la population de *T. melanosporum*. Ces résultats peuvent aussi suggérer que le troisième effet des pièges à truffes pourrait consister en une activation du cycle de reproduction d'individus végétatifs en dormance pour la reproduction, bien qu'établis en cooccurrence avec de grands individus dans le sol du brûlé. La perturbation pourrait permettre à de tels individus, jusqu'alors dominés, de pouvoir se développer jusqu'à pouvoir faire des fructifications dans un mécanisme rappelant « La belle au bois dormant ». Cette tendance ayant été observée dans les pièges à truffes sans inoculum, la perturbation du sol pourrait jouer un rôle central dans cette stimulation des génotypes maternels dormants.

L'ensemble des résultats de cette étude appellent quelques remarques finales, sur le plan opérationnel. Tout d'abord, le rôle exclusif des spores dans l'effet piège suggère de bannir de l'inoculum les truffes immatures. L'unicité de chaque truffe produite sur le plan paternel suggère aussi que cette pratique est gourmande en spore, et légitime un entretien de la banque de spores du sol, dont l'effet semble durable dans le temps. Par ailleurs, le rôle central des individus maternels préalablement établis suggère de privilégier cette pratique pour des arbres producteurs, afin de garantir


Bénéficiez de 30 ans d'expérience

Plants truffiers
Mycorhizés et Contrôlés

- *Tuber uncinatum*
- *Tuber melanosporum*
- *Tuber mesentericum*

Rendez-vous sur :
www.pepinieres-naudet.com



Flashez-moi

Sous
contrôle
Ctifi

89600 CHEU
Tél. 03 86 43 89 30
londonnois@pepinieres-naudet.com

21290 LEUGLAY
Tél. 03 80 81 87 82
leuglay@pepinieres-naudet.com

13410 LAMBESC
Tel : 04 42 92 95 94
luberon@pepinieres-naudet.com

le meilleur taux possible de pièges producteurs. Bien entendu, de nombreuses questions restent posées, parmi lesquelles les raisons d'une latence de 2 à 3 ans avant de produire les premières truffes dans les pièges (Figure 2). Ce délai pourrait refléter le temps nécessaire aux individus maternels pour réinvestir le volume des pièges, et/ou une nécessaire levée de dormance des spores avant de pouvoir germer. D'autres expérimentations, par exemple à l'image des travaux consacrés aux espèces du genre *Rhizopogon* [33], permettraient de mieux comprendre la biologie de *T. melanosporum* et notamment les conditions nécessaires à la germination de ses spores.

Pour aller plus loin : pour obtenir le détail des méthodes utilisées, mais aussi des données analysées et des résultats, se reporter à la référence suivante : Taschen, E., Callot, G., Savary, P., Sauve, M., Penuelas-Samaniego, Y., Rousset, F., Parladé, J., Selosse, M.-A. & Richard, F. (2022). Efficiency of the traditional practice of traps to stimulate black truffle production, and its ecological mechanisms. *Scientific Reports*, 12(1), 16201. ●

Références

1. Diamond, J. Evolution, conséquences and future of plant and animal domestication. *Nature* 418(6898), 700-707 (2002).
2. Xie, J. et al. Ecological mechanisms underlying the sustainability of the agricultural heritage rice-fish coculture system. *PNAS* 108(50), E1381-E1387 (2011).
3. Callot, G. *La truffe, la terre, la vie* (Quae, 1999).
4. Chevalier, G. & Pargney, J. C. Empirical or rational truffle cultivation? It is time to choose. *For. Syst.* 23(2), 378-384 (2014).
5. Dupont, J. et al. Fungi as a Source of Food. *The Fungal Kingdom* 1063-1085 (2017).
6. Murat, C. et al. Trapping truffle production in holes: a promising technique for improving production and unravelling truffle life cycle. *Ital. J. Mycol.* 45(1), 47-53 (2016).
7. Garcia-Barreda, S., Marco, P., Martín-Santafé, M., Tejedor-Calvo, E., & Sánchez, S. Edaphic and temporal patterns of *Tuber melanosporum* fruitbody traits and effect of localised peat-based amendment. *Sci. Rep.* 10(1), 1-9 (2020).
8. Chevalier G. *La truffe, osons une culture raisonnée* (Mise en page, 2014).
9. Fabre, J.-H. Note sur le mode de reproduction des truffes. Extrait du Procès-verbal de la Séance du 6 avril 1857. *Bull. Soc. Agr. Hort. Vaucluse* (1857).
10. Condamy, A. *Étude sur l'histoire naturelle de la truffe* (Impr. Charentaise de G. Chasseignac, 1976).
11. Ribes R. *Les secrets d'un rabassier catalan* (Grapho 12, 2019).
12. Le Tacon, F. et al. Certainties and uncertainties about the life cycle of the Périgord black truffle (*Tuber melanosporum* Vittad.). *Ann. For. Sci.* 73(1), 105-117 (2016).
13. Selosse, M. A., Schneider-Maunoury, L., Taschen, E., Rousset, F., & Richard, F. Black Truffle, a hermaphrodite with forced unisexual behaviour. *Trends Microbiol.* 25(10), 784-787 (2017).
14. Selosse M.-A., 2020. What is a truffle? *Curr. Biol.* 30: R382-R383.
15. Riccioni, C. et al. *Tuber melanosporum* outcrosses: analysis of the genetic diversity within and among its natural populations under this new scenario. *New Phytol.* 180(2), 466-478 (2008).
16. Rubini, A. et al. Isolation and characterization of MAT genes in the symbiotic ascomycete *Tuber melanosporum*. *New Phytol.* 189, 710-722 (2011).
17. Rubini, A. et al. *Tuber melanosporum*: mating type distribution in a natural plantation and dynamics of strains of different mating types on the roots of nursery inoculated host plants. *New Phytol.* 189(3), 723-735 (2011).
18. Taschen, E. et al. How the truffle got its mate: insights from genetic structure in spontaneous and planted Mediterranean populations of *Tuber melanosporum*. *Mol. Ecol.* 25(22), 5611-5627 (2016).
19. Taschen, E. et al. Whose truffle is this? Distribution patterns of ectomycorrhizal fungal diversity in *Tuber melanosporum* brûlés developed in multi-host Mediterranean plant communities. *Environ. Microbiol.* 17(8), 2747-2761 (2015).
20. Smith, S. E., & Read, D. J. *Mycorrhizal symbiosis* (Academic press, 2010).
21. Zeller, B., Bréchet, C., Maurice, J. P., & Le Tacon, F. Saprotrophic versus symbiotic strategy during truffle ascocarp development under holm oak. A response based on 13C and 15N natural abundance. *Ann. For. Sci.* 65(6), 607-607 (2008).
22. De la Varga, H. et al. Five years investigation of female and male genotypes in périgord black truffle (*Tuber melanosporum* Vittad.) revealed contrasted reproduction strategies. *Environ. Microbiol.* 19(7), 2604-2615 (2017).
23. Schneider-Maunoury, L. et al. Is *Tuber melanosporum* colonizing the roots of herbaceous, non-ectomycorrhizal plants? *Fungal Eco.* 31, 59-68 (2018).
24. Schneider-Maunoury, L. et al. Two ectomycorrhizal truffles, *Tuber melanosporum* and *T. aestivum*, endophytically colonise roots of non-ectomycorrhizal plants in natural environments. *New Phytol.* 225(6), 2542-2556 (2020).
25. Selosse M.-A., Taschen, E., & Giraud, T. Do black truffles avoid sexual harassment by linking mating type and vegetative incompatibility? *New Phytol.* 199, 10-13 (2013).
26. Rubini, A., Riccioni, C., Belfiori, B., & Paolucci, F. Impact of the competition between mating types on the cultivation of *Tuber melanosporum*: Romeo and Juliet and the matter of space and time. *Mycorrhiza* 24(1), 19-27 (2014).
27. Byé, P. Truffle cultivation, 1860-1960: The limits of domestication. *Food and Foodways* 9(1), 1-20 (2000).
28. Bradley, R. *New Improvements of Planting and Gardening: Both Philosophical and Practical: In three parts.* (London, UK: Printed for W. Mears 1726).
29. Kieffer Ch. *Étude sur la génération et la culture de la truffe et procédé pratique pour obtenir des champignons dits de Paris.* (Uzès : Imprimerie H. Malige. 36, 1879).
30. Buffon, G., Sonnini, C.S., & Latreille, P. *Histoire Naturelle Des Plantes. Tome Troisième. Plantes Cryptogames, Des Champignons.* In *Histoire Naturelle Générale et Particulière Avec La Description Du Cabinet Du Roi (1749 à 1789).* (Paris, France : Imprimerie Royale 1749).
31. Pradel, L. *Manuel de trufficulture, guide pratique* (Librairie Baillyère et fils, 1914).
32. Chatin, M. A. Sur Les Arbres Et Arbustes Truffiers. *Bull. Soc. Bot. France* 16(1), 19-26 (1869).
33. Bruns, T. D. et al. Inoculum potential of *Rhizopogon* spores increases with time over the first 4 yr of a 99-yr spore burial experiment. *New Phytol.* 181(2), 463-470 (2009).

1 CEFE UMR 5175, CNRS - Université de Montpellier - Université Paul-Valéry Montpellier – EPHE, 1919 route de Mende, 34293 Montpellier, France.

2 ECO&SOLS UMR 210, INRA - IRD - Montpellier SupAgro – Cirad, 2 place Viala, 34060 Montpellier Cedex 2, France.

3 26 chemin des olivettes, 34980 Montferrier sur Lez, France.

4 rue des champs, La Remisière, 17480 Le Château d'Oléron, France.

5 CEFE UMR 5175, CNRS - Université de Montpellier - Université Paul-Valéry Montpellier – EPHE, 1919 route de Mende, 34293 Montpellier, France.

6 Institut des Sciences de l'Évolution, Université de Montpellier, CNRS, IRD, EPHE CC 065, Place Eugène Bataillon, Montpellier 34095, France.

7 Mycorrhizas-Sustainable Plant Protection, IRTA, Ctra. de Cabrils, E-08348 Cabrils (Barcelona), Spain.

8 Muséum national d'Histoire naturelle, Département Systématique et Evolution (UMR 7205 ISYEB), CP 50, 45 rue Buffon, 75005 Paris, France.

9 Department of Plant Taxonomy and Nature Conservation, University of Gdansk, Wita Stwosza 59, 80-308 Gdansk, Poland.

Le CULTITRUF®

- Outil de travail du sol conçu pour la trufficulture.
- Adapté sur minipelle, il permet le travail des brûlés toujours à la même profondeur garantissant ainsi le développement des racines mycorrhisées, et des truffes d'excellente qualité.
- Adaptable sur tout type de minipelle.



Présentation vidéo et plus d'informations sur :

www.domaine-de-peyret.fr

Contact :

06.74.04.90.48

thierry.gauche11@gmail.com