

Dynamiques post-culturelles différentes dans les châtaigneraies et les taillis abandonnés

Marco Conedera¹, Pietro Stanga¹, Bernhard Oester² et Peter Bachmann³

¹ WSL Institut fédéral suisse de recherches sur la forêt, la neige et le paysage, sous-station alpine méridionale, CH-6504 Bellinzzone, Suisse. conedera@wsl.ch

² WSL Institut fédéral suisse de recherches sur la forêt, la neige et le paysage, CH-8903 Birmensdorf, Suisse

³ École polytechnique fédérale de Zurich, CH-8092 Zurich, Suisse

Abstrait

L'homme a disséminé le châtaignier (*Castanea sativa* Miller) en Europe, masquant ainsi l'aire de répartition originelle de l'espèce. Il a été cultivé en monoculture, principalement selon deux modes de gestion : le taillis et le verger. En l'absence de gestion, les châtaigniers ont tendance à être envahis par d'autres essences, donnant lieu à une dynamique évolutive post-culturelle. La comparaison de photographies aériennes de 1959/60 et 1995 révèle une nette tendance générale vers des forêts mixtes et ombragées, ainsi que l'existence de schémas évolutifs distincts entre les vergers et les taillis.

Mots-clés : *Castanea sativa*, évolution post-culturelle, abandon, Suisse méridionale

1 Introduction

La répartition du châtaignier (*Castanea sativa* Miller) en Europe a toujours été étroitement liée aux activités humaines (PITTE 1986). Sa diffusion et sa gestion active ont masqué l'aire de répartition originelle de l'espèce, entraînant sa présence dans des zones aux limites de ses possibilités écologiques (BERNETTI 1995). L'homme, notamment en régions montagneuses, a appris à gérer le châtaignier de manière extrêmement avantageuse et diversifiée. Les forêts d'altitude jouent un rôle limité dans la châtaignerie traditionnelle (BERNETTI 1995). Il existe en effet deux principaux modes de gestion des châtaigneraies : – le taillis : châtaigneraies pures régénérées à partir de bourgeons adventifs ou dormants. Le principal produit est le bois (poteaux et bois de chauffage) ; – le verger : châtaigniers greffés en peuplements ouverts.

Le principal produit est le fruit.

Les produits sont des pâturages ou du fourrage, de la litière et du bois.

Les vergers et taillis de châtaigniers sont maintenus artificiellement en monocultures. Cependant, en l'absence de gestion, ils ont tendance à être envahis par d'autres espèces d'arbres, donnant lieu à une dynamique évolutive vers des forêts climaciques, comme observé dans de nombreuses régions européennes au cours des dernières décennies (PACI 1992, ARNAUD et al. 1997).

PACI et al. (2000) ont identifié différentes tendances évolutives, qui dépendent du climat, du sol, de la végétation potentielle, du régime sylvicole, de la densité du peuplement, des pathogènes et du temps écoulé depuis l'abandon. Les vergers à structure ouverte sont plus susceptibles d'être envahis par d'autres espèces d'arbres que les taillis (ROMANE et al. 1995, CONEDERA et al. 2000, PACI et al. 2000).

Dans cette étude, nous avons utilisé des photographies aériennes pour analyser la dynamique naturelle post-culturelle des châtaigniers du sud de la Suisse afin de donner une estimation quantitative de l'évolution en cours et de détecter les principaux facteurs régulant les différentes dynamiques dans les vergers et les taillis.

2 Matériel et méthodes

Zone d'étude :

Le climat des régions vallonnées du sud de la Suisse est tempéré chaud et pluvieux (insubrique), avec une pluviométrie annuelle moyenne de 1 600 à 2 000 mm (dont 800 mm pendant la période de végétation) et une température annuelle moyenne de 12 °C. Les sols sont généralement classés comme podzols hapliques (cryptopodzols) sur substrat rocheux cristallin. Le châtaignier a été introduit par les Romains il y a près de 2 000 ans (Tinner et al., 1999). Du fait de l'activité humaine, les châtaigneraies sont devenues les forêts dominantes sur les sols acides. La ceinture de châtaigniers s'étend sur plus de 20 000 ha, entre 200 et 700-1 000 m d'altitude.

L'importance de la châtaigneraie dépend de l'exposition. L'abandon de la culture du châtaignier dans le sud de la Suisse a eu lieu dans la seconde moitié du XXe siècle, en raison du chancre du châtaignier et dans le cadre de l'exode rural (CONEDERA 1996). Des études paléoécologiques et phytosociologiques récentes ont suggéré que *Fagus sylvatica*, *Tilia* spp., *Abies alba* et *Quercus* spp. jouent un rôle central dans la végétation potentielle de la région (TINNER et al. 1999, DIONEA 2001).

Analyse diachronique de photographies aériennes.

Durant la floraison, les châtaigniers se distinguent aisément des autres essences sur les photographies aériennes (STANGA 1997). L'évolution historique des châtaigniers a été évaluée à une échelle intermédiaire par comparaison de photographies aériennes de deux périodes différentes (1959/60 et 1995). Des photographies en noir et blanc (échelle 1/20 000 environ) prises en 1959/60 (IFRF 1959) ont été comparées à des photographies aériennes en couleur (échelle 1/10 000) prises en 1995. Dix zones d'échantillonnage, couvrant une superficie totale d'environ 600 ha et comprenant 1 125 peuplements, ont été sélectionnées. Les principales caractéristiques suivantes ont été analysées (pour plus de détails, voir STANGA 1997) :

– type de peuplement de châtaigniers (verger, taillis, forêt dense).

Superficie minimale du peuplement : 0,2 ha ; – degré de mixité (couverture de la cime des châtaigniers par rapport aux autres essences, par classes de 20 %). Les peuplements contenant moins de 20 % de châtaigniers en 1959/60 n'ont pas été pris en compte. Les peuplements contenant moins de 20 % de châtaigniers en 1995 ont été

classés dans la catégorie « autres espèces » ; –

degré de couverture (pourcentage de couverture des cimes de toutes les espèces d'arbres du peuplement, par tranches de 20 %).

Pour chaque peuplement, des caractéristiques descriptives supplémentaires ont été

enregistrées : – les conditions du site (mauvaises, moyennes, bonnes) d'après les cartes nationales au 1/25 000 et en utilisant la clé de détermination.

sites sur roches cristallines proposés par KELLER (1979) ;

– Incendies survenus entre 1959/60 et 1995 (0, 1–2, >2) ; identifiés dans la base de données sur les feux de forêt (CONEDERA et al. 1993) ;

– présence d'autres espèces dans le peuplement : aucune autre espèce, espèces pionnières (bouleau) et autres espèces à large dissémination (frêne, tilleul, etc.), ou espèces climaciques à graines lourdes (hêtre, chêne) ; – espèces dominantes dans les peuplements voisins en 1959/60 : châtaigniers ou autres espèces (degré de mélange de châtaigniers < 20 %).

Analyse statistique :

L'ensemble élargi de variables explicatives a permis d'étudier les facteurs ayant une influence majeure sur la dynamique observée. L'évolution du degré de mélange ($Y = 1$ lorsque la proportion de châtaignier diminue, $Y = 2$ lorsqu'elle reste inchangée ou augmente) a été définie comme une variable de réponse binaire. Afin de réduire les degrés de liberté du modèle, les classes de certaines variables explicatives ont été regroupées en deux : c'est le cas pour le degré de mélange (« pur » si > 80 % ; « mixte » si entre 20 et 80 %) et le couvert (« fermé » si > 0,8 ; « ouvert » si entre 0,2 et 0,8). Pour l'analyse statistique, un modèle décrivant la probabilité que la variable de réponse prenne la valeur 1 (diminution de la proportion de châtaignier) a été utilisé, où $P(Y_i = 1)$ est une fonction des variables explicatives x_{i1} , x_{i2} , x_{i3} , ..., x_{im} . La probabilité a été transformée logarithmiquement pour éviter les valeurs supérieures à 1, de sorte que le modèle de régression logistique suivant a été obtenu :

$$\text{journal} \frac{P(Y_i = 1)}{1 - P(Y_i = 1)} = h(x_i(1), \dots, x_i(m)) = \alpha + \beta_1 x_i(1) + \beta_2 x_i(2) + \dots + \beta_m x_i(m)$$

L'analyse a été réalisée à l'aide du module CATMOD (CATegorical data MOdeling) du logiciel statistique SAS.

3 Résultats

Dans les 10 zones, 1125 peuplements forestiers, totalisant 606,3 ha, ont été analysés. En 1959/60, cette superficie était de 575,2 ha. 94,9 % des parcelles étaient classées comme châtaigneraies, et 3,4 ha (0,6 %) comme peuplements d'autres espèces (châtaigniers). La présence de <20 %) et 27,7 ha (4,5 %) en espaces ouverts. Le tableau 1 montre qu'en 1995, 121,4 ha 20 % des châtaigniers ont disparu. Seuls 0,5 ha de nouvelles châtaigneraies ont été créées.

On a observé une superficie de 8,3 ha dans les anciennes zones mixtes et de 8,3 ha dans les anciennes zones ouvertes. Pour une analyse plus approfondie, veuillez consulter les données ci-dessous.

Les taillis et les forêts hautes étaient combinés.

Les deux types de peuplements de châtaigniers tendent à s'ombrager, comme le montre l'augmentation du degré de la couverture (Fig. 1).

Afin de déterminer les facteurs qui ont eu une influence majeure sur la dynamique actuelle des forêts et Pour les vergers, nous avons établi deux modèles distincts. Le tableau 2 présente les sources qui donnent le meilleur ajustement pour les deux modèles, tandis que dans le tableau 3 les estimations de vraisemblance maximale des sources du modèle sont signalé.

L'interprétation écologique et sylvicole des modèles peut se résumer ainsi : les vergers purs (présence de châtaigniers > 80 %) présentent une plus grande probabilité de diminution dans le degré de mélange que les vergers mixtes ; les taillis purs, en revanche, sont moins susceptibles d'être envahis par d'autres espèces. Dans le cas des vergers 100 % purs, les peuplements ouverts sont colonisées plus rapidement par d'autres espèces que les peuplements fermés. En revanche, les peuplements fermés Les peuplements de vergers sont plus sensibles à l'évolution vers des peuplements mixtes si d'autres espèces sont présentes. Les peuplements de vergers sont plus sensibles à l'évolution vers des peuplements mixtes si d'autres espèces sont présentes. Les peuplements de vergers sont plus sensibles à l'évolution vers des peuplements mixtes si d'autres espèces sont présentes. Ces facteurs ne sont pas significatifs pour les taillis et les forêts hautes. Le type de Les espèces colonisatrices jouent un rôle important dans l'évolution des vergers. Leur développement est plus lent lorsque... Les espèces initiales présentent un caractère climax. Dans les taillis, les conditions du site semblent jouer un rôle important. rôle important : les taillis sont moins susceptibles d'être envahis par d'autres espèces lorsqu'ils sont situés sur des sites de qualité moyenne. Mais elles ont tendance à être envahies lorsqu'elles sont situées sur des sites de bonne qualité ou Les sites de mauvaise qualité. Cette tendance est particulièrement marquée pour les peuplements purs.

Tableau 1. Évolution des types de forêts.

1960	1995											
	vergers				taillis de châtaigniers		hautes forêts		autres espèces		ouvrir zones	
châtaigne de	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
type forestier												
vergers	122,1	100,0	88,8	72,7	8,0	6,6	0,0	0,0	23,5	19,2	1,8	1,5
taillis,	441,7	100,0	0,9	0,2	345,4	78,2	4,6	1,0	85,2	19,3	1,6	14,0
forêts hautes,	11,4	100,0	0,0	0,0	4,5	39,5	5,3	46,5			0,0	0,0
autres espèces,	3,4	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	14,7	2,9	85,3	0,0	0,0
espaces ouverts	27,7	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,3	29,3	8,0	28,9	11,4	41,2

 Nouvelles châtaigneraies (8,8 ha)

 Anciennes forêts de châtaigniers (121,4 ha)

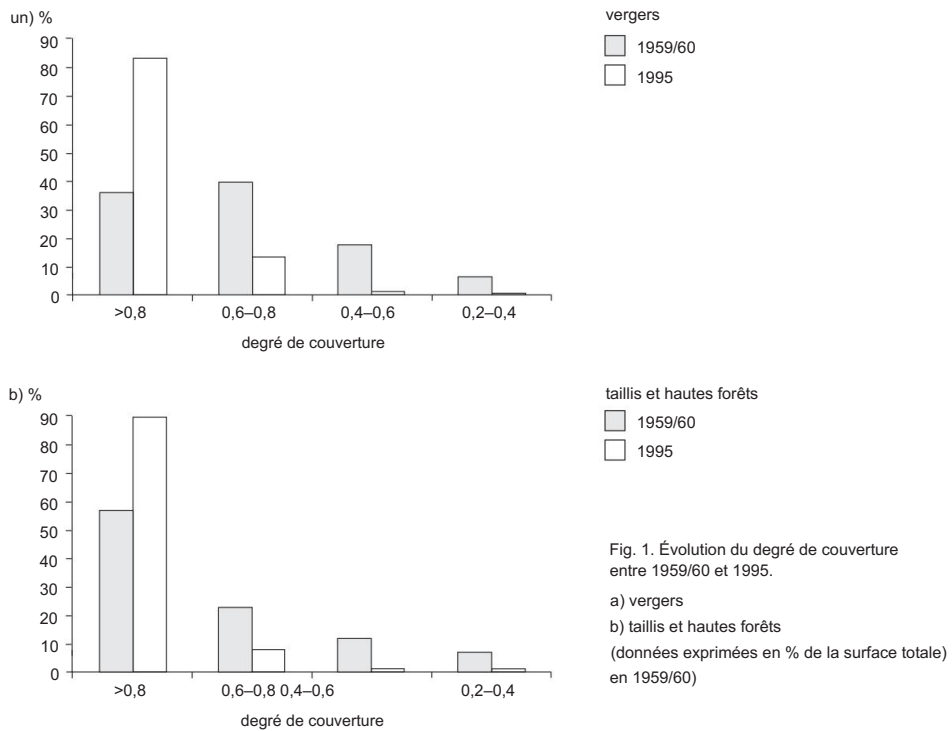


Tableau 2. Analyse de variance par maximum de vraisemblance.

Symbole	Source	Cours	Chi-carré	DF	Pobs
Vergers					
	Intercepter		1	39,91	<0,0001
MX	Mélange initial	1 = pur (>80 %) 2 = mixte (20-80 %)	1	19,25	<0,0001
TOI	Présence d'autres espèces : 1 = aucune ; 2 = espèces pionnières et autres espèces. 3 = espèces climax		2	34,15	<0,0001
CO(OS)	Couverture en fonction de la présence d'autres espèces 2 = ouvert (0,2-0,8)	1 = proche (>0,8)	3	17,32	0,006
	rapport de vraisemblance		5	8,82	0,1164
taillis et hautes forêts					
	Intercepter		1	87,33	<0,0001
MX	Mélange initial	1 = pur (>80 %) 2 = mixte (20-80 %)	1	47,45	<0,0001
ST(MX)	État du site (fonction 1) = bon du mélange initial	2 = moyen 3 = pauvre	4	99,16	<0,0001
	Couverture de CO(MX) en fonction du mélange initial	1 = fermé (>0,8) 2 = ouvert (0,2-0,8)	2	4,10	0,1290
	rapport de vraisemblance		4	-2,09	0,7186

Tableau 3. Analyse des estimations du maximum de vraisemblance.

Effet	Paramètre	Estimation	Erreur standard du chi carré		Pobs
vergers					
Intercepter		0,9072	0,1436	39,91	<0,0001
MX	1	1,0577	0,2411	19,25	<0,0001
TOI	1	-1,8033	0,3309	29,70	<0,0001
	2	1,0868	0,2242	23,50	<0,0001
CO(OS) 1 lorsque OS = 1		-0,5245	0,1384	14,37	0,0002
	1 lorsque OS = 2	0,0628	0,1531	0,17	0,6817
	1 lorsque OS = 3	0,5726	0,3435	2,78	0,0955
taillis et hautes forêts					
Intercepter		0,6060	0,0648	87,33	<0,0001
MX	1	-0,4467	0,0648	47,45	<0,0001
ST(MX) 1 lorsque MX = 1		0,3149	0,1416	4,94	0,0262
	2 lorsque MX = 1	-1,0326	0,1093	89,28	<0,0001
	2 lorsque MX = 2	0,2955	0,1083	7,45	0,0064
	2 lorsque MX = 2	-0,0599	0,0978	0,37	0,5405
CO(MX) 1 lorsque MX = 1		0,1181	0,0724	2,66	0,1027
	1 lorsque MX = 2	0,0871	0,0728	1,43	0,2314

4 Discussion

Dans notre étude, nous avons montré que les châtaigneraies ont tendance à se disperser dans le l'absence d'apports culturels, comme l'ont également montré des études antérieures (PACI et al. 2000, MALTONI et PACI 2001). Le processus est rapide. En 35 ans, un net changement s'est opéré en faveur d'une approche mixte.

Les principaux facteurs de cette évolution sont les suivants :

peut-être les structures artificielles des peuplements et leur biomasse initiale réduite (GUIDI et al. 1994), combinée à la faible capacité de régénération générale du châtaignier (BACILIERI et al. 1993).

Comme le suggèrent PACI et al. (2000), le régime sylvicole joue un rôle prépondérant dans la régulation de l'évolution post-culturelle des châtaigniers. Les vergers sont plus sensibles aux invasions.

par d'autres espèces en raison de leur structure ouverte et de leur biomasse réduite. Les principaux facteurs

Outre le degré initial de mélange et de couverture du peuplement, des facteurs externes tels que les propriétés écologiques de la végétation peuvent réguler la rapidité de la colonisation par d'autres espèces.

l'espèce présente (espèce climax, pionnière ou autre). Le mélange initial joue également un rôle.

rôle important dans les taillis, mais dans le sens inverse : en raison de la plus grande importance générale

La densité des taillis étant plus élevée, les peuplements purs ont tendance à être plus résistants à la colonisation par d'autres espèces.

espèces. Il convient de noter qu'une fois que les arbres colonisateurs se sont établis (châtaignier).

<80%), les vieux arbres fruitiers présentent une meilleure résistance que les souches de taillis, qui ont tendance à deviennent envahissantes plus rapidement.

Pour les taillis, les conditions du site constituent le deuxième facteur le plus important qui régule les

L'évolution naturelle, probablement comme expression indirecte du type d'espèces susceptibles de coloniser le peuplement,

a été observée. Les sites de densité moyenne étaient généralement les moins susceptibles d'être envahis.

probablement en raison de l'absence d'espèces naturelles très compétitives, tandis que les espèces pionnières sur

Les sites pauvres et les espèces à feuilles larges de valeur présentes sur les bons sites sont plus compétitifs que

taillis de châtaigniers.

Pour les deux régimes sylvicoles, l'introduction de la variable explicative « dominante »

L'ajout d'espèces dans les peuplements voisins n'a pas amélioré le modèle. Cela pourrait être une conséquence de

l'effet plus marqué des espèces déjà présentes dans les peuplements en 1959/60 ou de l'effet assez

Les grandes catégories ont été prises en compte. Avec les données disponibles, il n'a pas été possible d'analyser le rôle de

arbres mères voisins, comme recommandé par GUIDI et al. (1994), ou les effets de la forêt

les incendies, bien que DELARZE et al. (1992) aient montré que le feu tend à arrêter l'évolution naturelle.

En conclusion, nos résultats montrent clairement que les vergers et les taillis présentent des schémas d'évolution différents. Une meilleure compréhension de ces processus en cours devrait contribuer à l'élaboration d'une approche plus efficace pour une gestion paysagère plus durable.

Remerciements

Nous exprimons nos remerciements à Martin Hägeli et Carmen Frank de la section de traitement de l'information spatiale du WSL à Birmensdorf pour leur soutien technique, au Dr Daniel Mandallaz de la chaire d'inventaire et de planification forestiers de l'École polytechnique fédérale de Zurich pour ses conseils en matière de statistiques et au Fonds national suisse de la recherche scientifique pour son soutien financier (subvention n° 31-39323.93).

5 Références

- ARNAUD, MT; CHASSANY, JP; DEJEAN, R.; RIBART, J.; QUENO, L., 1997 : Conséquences économiques et écologiques de la disparition des pratiques traditionnelles liées aux châtaigneraies. *J. Environ. Manage.* 49: 373–391.
- BACILIERI, R.; BOUCHET, MA; MARQUE,.; GRANDJANNY, M.; MAISTRE, M.; PERRET, P.; ROMANE, F., 1993 : Mécanismes de germination et de régénération dans les forêts dégénérées méditerranéennes. *J. Veg. Sci.* 4 : 241–246.
- BERNETTI, G., 1995 : *Foresterie spéciale*. Turin, UTET.
- CONEDERA, M., 1996 : Le châtaignier : l'arbre à pain. *Bündnerwald* 49, 6 : 28–46.
- CONEDERA, M.; MARCOZZI, M.; JUD, B., 1993: Banque de données sur les incendies de forêt au Sud des Alpes suisses. Proceedings of the Symposium "Contribution of European Engineers to Reduction of Natural Disasters", Lausanne, 29–30 Sept. 1993. 165–171.
- CONEDERA, M.; STANGA, P.; LISCHER, C.; STÖCKLI, V., 2000 : Compétition et dynamique dans les châtaigniers abandonnés du sud de la Suisse. *Ecol. Mediterr.* 26, 1/2 : 101–112.
- DELARZE, R.; CALDELARI, D.; HAINARD, P., 1992 : Effets du feu sur la dynamique forestière dans le sud Suisse. *J. Veg. Sci.* 3 : 55–60.
- DIONEA, SA, 2001 : Typologies forestières de la ceinture de châtaigniers du Tessin et leurs tendances évolutives. Locarno, Rapport final.
- GUIDI, M.; PIUSSI, P.; LASEN, C., 1994 : Lignes directrices pour la typologie forestière du territoire préalpin Frioül. *Annales de l'Académie italienne des sciences forestières* 43 : 221–285.
- IFRF (Institut fédéral de recherche forestière) 1959 : Carte de répartition du châtaignier. Birmensdorf, Institut fédéral suisse de recherches sur la forêt, la neige et le paysage.
- KELLER, W., 1979 : Une clé de fertilité auxométrique simple pour les peuplements forestiers des régions situées au sud des Alpes. *Gant. Eidgenöss. Forsch.anst. Wald Schnee Landsch.* 55, 2 : 181-232.
- MALTONI, A.; PACI, M., 2001 : Structures spatiales dans les châtaigneraies abandonnées en Toscane : relations avec la dynamique de la végétation. *Monti boschi* 52, 6 : 14–20.
- PACI, M., 1992 : Notes sur l'écologie du châtaignier. *Economia Montana* 24, 6 : 15–17.
- PACI, M.; MALTONI, A.; TANI, A., 2000 : Châtaigniers abandonnés en Toscane : dynamisme et propositions de gestion. Dans : BUCCI, G.; MINOTTA, G.; BORGHETTI, M. (dir.) Applications et perspectives pour la recherche forestière italienne. Actes du 2^e Congrès de la Société italienne de sylviculture et d'écologie forestière, Bologne, 20-23 octobre 1999, p. 9-16.
- PITTE, J.R., 1986: *Terres de castanide. Hommes et paysages du châtaignier de l'Antiquité à nos jours*. Paris, Librairie Arthème Fayard.
- ROMANE, F., HAUTER, S. et VALERINO, L., 1995 : Facteurs influençant la biodiversité des écosystèmes de châtaigniers (*Castanea sativa* Mill.) le long d'un gradient allant du taillis au verger dans les Cévennes (Sud de la France). Dans : ROMANE, F. (éd.) : *Durabilité des écosystèmes méditerranéens. Étude de cas de la châtaigneraie*. Rapport de recherche sur les écosystèmes 19, EUR 15727 EN, p. 103-109.
- STANGA, P., 1997 : Utilisation de photographies aériennes pour l'analyse de la dynamique évolutive dans la zone de châtaignier des Alpes du Sud. Thèse. ETH Zurich.
- TINNER, W.; HUBSCHMID, P.; WEHRLI, M.; AMMANN, B.; CONEDERA, M., 1999 : Écologie et dynamique à long terme des feux de forêt dans le sud de la Suisse. *J. Ecol.* 87 : 273–289.