

# Orpail

synthesis 2008



## ORPAL - synthesis

Revue annuelle  
de Paléoécologie  
n°1 - Année 2008

Directeur de Publication  
Vincent Bonhomme

Editeur  
<sup>1,5</sup>Jean-Frédéric TERRAL

Editeurs associés  
<sup>1</sup>Adam ALLI,  
<sup>1</sup>Laurent BREMOND  
<sup>2</sup>Sandrine CHAUCHARD  
<sup>3</sup>Charly FAVIER  
<sup>4</sup>Serge MULLER

<sup>1</sup>Maître de Conférences (Université Montpellier 2), Centre de Bio-Archéologie et d'Ecologie. <sup>2</sup>Maître de Conférences (Nancy Université – Henri Poincaré). <sup>3</sup>Chargé de Recherches (CNRS), Institut des Sciences de l'Evolution de Montpellier. <sup>4</sup>Maître de Conférences (Université Montpellier 2) - Institut des Sciences de l'Evolution de Montpellier <sup>5</sup>Responsable de PUE ORPAL.

### Auteurs

Albinet Charlotte, Chevallier Clément, Combaz David, Crifo Camilla, Doufils Axelle, Fravallo Aurélien, Freychet Marine, Gigault Vincent, d'Herbès Guillaume, Lecoeuvre Claire, Oris France, Peillon Julien, Saunal Joan, Solier Erwan, Vanel Quentin, Wallon Sophie, Waty Annelore, Zapata Jennifer.

Maquette  
Gaël Alonzo

Une publication de **Plume!**  
série *Acta*

**Plume!**  
Réseau national  
de vulgarisation scientifique

4, rue Barthez  
34000 Montpellier

www.laplume.info  
contact@laplume.info



# ORPAL : Un nouveau-né dans la pédagogie inventive

Placés dans le contexte méthodologique de la recherche fondamentale, le module d'enseignement «ORPAL», initié et coordonné par Jean-Frédéric Terral, propose aux étudiants de l'université de Montpellier II en licence de biologie, d'expérimenter la démarche scientifique par la pratique. C'est à notre connaissance, l'initiative de ce type la plus poussée.

La perfectibilité de ce premier opus, d'ailleurs intrinsèque à toute construction d'ordre scientifique, s'efface devant le bilan méthodologique, scientifique et humain de cette première année. La conduite d'ORPAL a su intégrer les multiples facettes du processus de recherche fondamentale sans en perdre de vue la dimension humaine, tout en apportant une réelle plus-value pédagogique.

**Plume!** encourage pleinement cette belle et profitable initiative. L'édition de la revue annuelle éponyme *ORPAL* sera notre contribution, modeste au regard du travail fourni par les étudiants et l'équipe pédagogique. La petite famille de la pédagogie inventive s'agrandit, ça fait du bien.

Vincent Bonhomme,  
Président de **Plume!**



*La fine équipe d'ORPAL 2008*

*Couverture : Cloître de Saint-Guilhem, par Infinite Jeff @ flickr (CC)*

# ORPAL : module d'enseignement-recherche avec des vrais morceaux d'humain dedans

## ORPAL en bref

OR-PAL est une unité d'enseignement optionnelle proposée en 3<sup>ème</sup> année de Licence Biologie, parcours Biologie des Organismes (Université Montpellier 2, UFR Fac des Sciences, Département d'enseignement Biologie Ecologie).

## Contenu pédagogique

Sur la thématique de la reconstruction des environnements passés, cette unité d'enseignement (UE) est dévolue quasi exclusivement à la pratique et à l'expérimentation. Toute la chaîne opératoire des recherches est considérée : le questionnement, la problématique, la recherche bibliographique, le terrain, le travail en laboratoire, le traitement des résultats, leur interprétation et la diffusion (écrite et orale) de l'information scientifique.

## Déroulement d'ORPAL

### ORPAL 1/4 : Briefing méthodologique

La reconstruction des paléoenvironnements : pourquoi et comment ? Présentation de l'UE, son organisation, de ses objectifs pédagogiques, des outils, des méthodes.

### ORPAL 2/4 : Stage de terrain

Dans une zone bien circonscrite d'un point de vue géographique et écologique, quelques exemples de différentes approches utilisées : carottage sédimentaire pour les milieux lacustres ou palustres, (analyse palynologique, macrofossiles, microcharbons); carottage dendrologique (étude de la croissance et de la démographie des peuplements d'arbres) Le volume de «terrain» total est de 24 heures, réparties sur trois jours consécutifs.

## Déroulement d'ORPAL

Saint-Guilhem-le-Désert (Hérault) a été le cadre des investigations ORPALiennes. Depuis les dernières habitations du village médiéval pittoresque, le long des berges du Verdus, les terrasses abandonnées ou en voie de réhabilitation, à travers le cirque de l'Infernet jusqu'au plateau des Lavagnes, étudiants et enseignants-chercheurs se sont nourris des paysages calcaires et dolomitiques où le fragile Pin de Salzmann caresse l'espoir de ne plus subir les affres d'une nature changeante et de pressions humaines toujours plus vindicatives.

## Apport pour les étudiants

Cette unité d'enseignement est réellement originale et novatrice. Elle répond du mieux possible aux revendications des étudiants : découvrir le monde secret de la recherche, se former par la recherche à travers un stage conventionné par un établissement de l'enseignement supérieur, valider un acquis de l'expérience, ajouter une ligne concrète dans leur CV, découvrir la vie trépidante et tumultueuse d'un laboratoire, etc.

## Constitution de l'équipe

Les étudiants, répartis en binômes ou en trinômes, choisissent un sujet sous la direction d'un enseignant-chercheur ou d'un chercheur de l'équipe pédagogique. Ce dernier sera leur référent chargé de suivre et d'évaluer leur progression tout au long de leur parcours.

### ORPAL 3/4 : Stage en laboratoire

Sous la responsabilité d'un encadrant, temps d'analyse des données, de traitement statistique, de réflexion et d'analyse bibliographique.

### ORPAL 4/4 : Rédaction

Rédaction d'un mémoire synthétique relatif au sujet développé sous la forme d'un article scientifique. Présentation orale et intégration des corrections. Envoi à Plumel pour mise en page.

---

**ORPAL** : *n.m.* 1. Acronyme d'Outils et méthodes pour la Reconstruction des PALéoenvironnements. Unité d'enseignement de l'Université de Montpellier II, lancée en 2008 ;  
2. Revue annuelle de Paléoécologie du même nom.

---



# **ORPAL 2008**

## **St Guilhem-le-Désert,**

### **Hérault - FRANCE.**

- Flore fossile du Travertin du gué des Gours  
et Paléoenvironnement Néolithique** p. 6
- Approche Anthracologique de la dynamique  
Holocène des Communautés ligneuses** p. 12
- Etude de la relation entre la pluie pollinique  
et la Végétation d'Espèces Méditerranéennes** p. 26
- De l'arbre au milieu de dépôt : Taphonomie  
des feuilles avant fossilisation** p. 35
- Dynamique de Recolonisation Post-culturelle** p. 42
- Structure d'âge et dynamique d'une population  
de Pin de Salzmann** p. 52

# PALÉOENVIRONNEMENT AU NÉOLITHIQUE À SAINT GUILHEM-LE-DÉSERT À TRAVERS L'ÉTUDE DE LA FLORE FOSSILE DU TRAVERTIN DU GUÉ DES GOURS.

Lecoivre Claire<sup>1</sup>, Oris France<sup>2</sup>, Wallon Sophie<sup>3</sup>

**Résumé :** Les systèmes travertineux sont étudiés pour leur capacité à reconstituer la flore fossile d'un lieu. Dans la région de Saint Guilhem-le-Désert (Hérault, France), l'analyse de la flore fossile du travertin du Gué des Gours indique un milieu sec il y a 8500 BP tandis que vers 7400 BP le milieu paraît plus humide marqué par la présence d'espèces méso-hygrophiles (*Salix viminalis*, *Salix cinerea*). De nos jours, la végétation est caractérisée par *Quercus ilex* sur le versant sud et *Pinus nigra* ssp. *salsmannii* sur le versant nord, le milieu est sec avec un sol calcaire, spécifique à la garrigue.

**Mots-clés :** Néolithique, flore fossile, travertin, Saint Guilhem-le-Désert.

**Abstract :** Plant imprints analysis in travertine systems enables reconstruction of paleoflora in the considered place. In the region of Saint-Guilhem-le-Désert (Hérault, France), the travertine of "Gué des Gours" shows a dry environment at 8500 BP and an environment wetter at 7400 BP with the presence of meso-hygrophil species (*Salix viminalis*, *Salix cinerea*). Today, the vegetation is dominated by *Quercus ilex* on south facing slopes by *Pinus nigra* subsp. *salsmannii* on north facing slopes. This is the typical environment of garrigue with a limestone soil.

**Key-words :** Neolithic, fossil flora, travertine, Saint Guilhem-le-Désert

**A**u cours du 20ème siècle, de nombreux scientifiques ont médiatisé le problème des changements climatiques. La compréhension des événements passés aide à anticiper l'évolution future des environnements. L'étude des paléoenvironnements permet de suivre l'évolution de la végétation et des milieux au cours du temps. Plusieurs méthodes sont alors utilisées pour étudier les paléoenvironnements, dont l'anthracologie, la dendrochronologie, la palynologie mais aussi l'étude de la paléoflore des travertins. C'est sur cette dernière que notre étude va porter.

Le système de travertinisation se traduit par un cours d'eau se saturant en bicarbonate ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ), amenant à la précipitation de calcite ( $\text{CaCO}_3$ ). L'accumulation d'éléments dans l'eau qui forment des couches de sédiments compacts et permet l'emprisonnement de feuilles transportées par le courant. Les dépôts construits conservent les empreintes foliaires, tandis que les faciès détritiques contiennent des charbons de bois et des macrofaunes (Ali 2003, Ambert et al. 1996). Nous étudions le site de St Guilhem le désert, dans la vallée de

l'Infernet, sur lequel se trouve 2 formations travertineuses (Arrière en aval, Gué des Gours en amont). Nous étudions ici uniquement celui de Gué des Gours. L'étude de la paléoflore du travertin comparé avec l'étude anthracologique des dépôts lacustres associés permet de suivre l'évolution de la végétation de la vallée de St Guilhem depuis 8600 ans. Notre travail s'attachera à déterminer la paléoflore et à la comparer avec la végétation actuelle.

Centre de Bio-Archéologie et Ecologie UMR 5059 CNRS,  
Institut de Botanique, 163 rue A. Broussonet, 34090  
Montpellier. Université Montpellier 2 (Sciences et Techniques  
du Languedoc). Place Eugène Bataillon. 34095 Montpellier,  
France.

<sup>1</sup> yinmoon@hotmail.fr, <sup>2</sup> france.oris@free.fr, <sup>3</sup> sophie.wallon@gmail.com

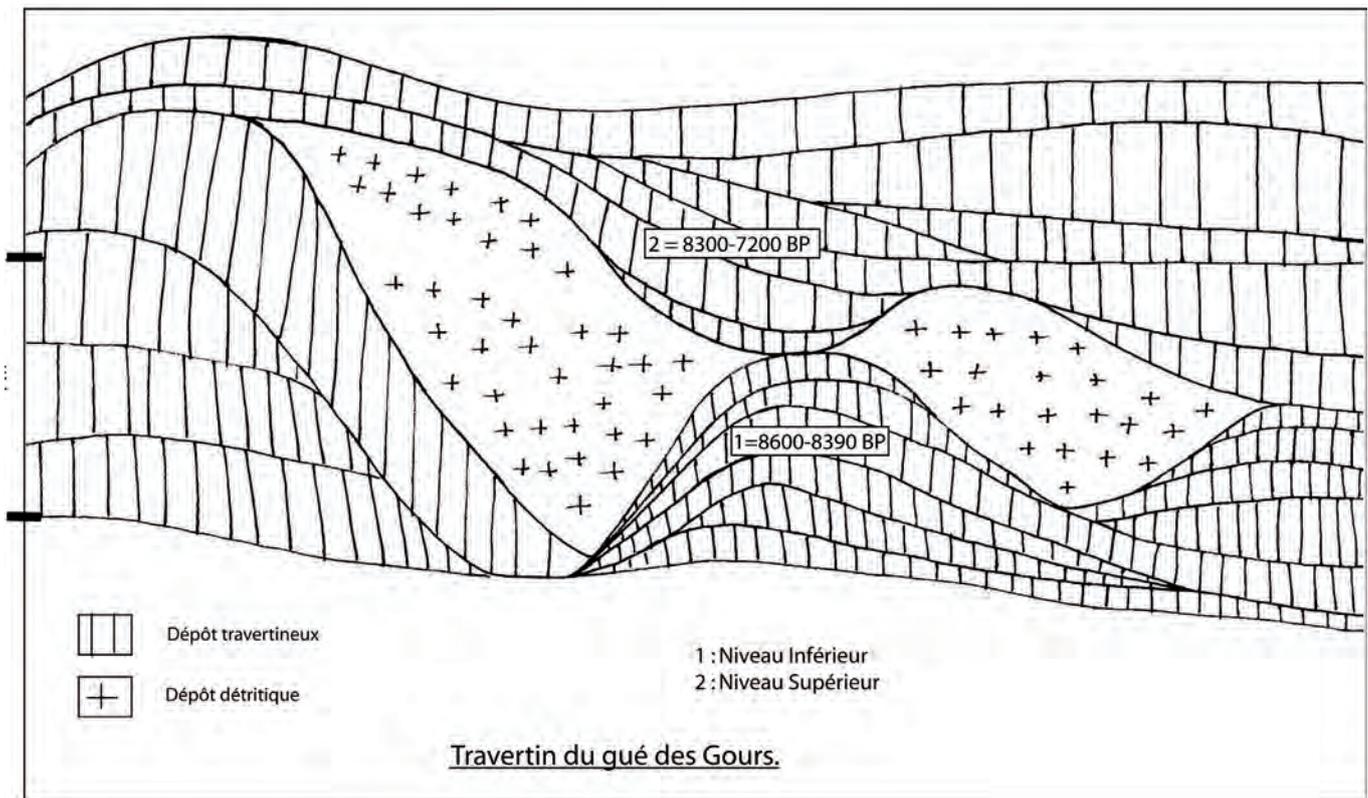


Figure 1 : Le travertin du Gué des Gours sur le site de Saint-Guilhem le Désert

## MATÉRIELS ET MÉTHODES

### **1-Présentation du site**

Le village de Saint Guilhem-le-Désert est situé à 40 km au Nord-Est de Montpellier (43°43' N, E 3°3', Fig. 1), dans le Sud de la France; en rive droite des gorges aval de l'Hérault. Le site d'étude se trouve dans la vallée du Verdus, entourée de hautes falaises calcaires et dolomitiques (Cirque de l'Infernet). Il est soumis à un climat méditerranéen, c'est-à-dire, un été chaud et sec, avec un total des précipitations sur l'année de 800 mm, et une température moyenne annuelle de 11°C (Ali *et al.* 2008).

La végétation actuelle de Saint Guilhem-le-Désert est différente selon le versant et l'altitude, mais elle est surtout fortement anthropisée. Sur le versant sud, vers 200 m d'altitude, *Quercus ilex* L. domine, accompagné de *Juniperus oxycedrus* L., *Pistacia terebinthus* L., *Viburnum tinus* L. et *Spartium junceum* L., au détriment de *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* (Dunal) Franco. qui s'étend davantage sur le versant Nord. Au-delà de 400 m d'altitude, les deux versants abritent *Pinus nigra* subsp. *salzmannii* (Dunal) Franco avec *Buxus sempervirens* L., *Quercus pubescens* L., *Amelanchier ovalis* Medik., *Sorbus aria* L. et *Acer monspessulanum* L. (Ali *et al.* 2008).

### **2-Paléoflore**

Afin d'étudier la flore fossile Néolithique l'échantillonnage s'est effectué au sein du travertin du Gué des Gours, datés par des mesures isotopiques (U/Th et C14), (Ali *et al.* 2008).

Les niveaux inférieurs se sont déposés entre 8600 et 8390 BP et les niveaux supérieurs entre 8300 et 7200 BP. (Fig. 2).

Nous avons prélevé différents blocs de travertin sur le terrain. Ensuite, couteau, fraiseuse, petit burin et marteaux ont été nécessaires pour l'extraction des empreintes foliaires en laboratoire. Ces empreintes ont ensuite été dessinées à la chambre claire à l'aide de lumière rasante pour accentuer le relief.

Enfin, nous avons déterminé les espèces des échantillons à partir de plusieurs flores (Rameau *et al.* 1994, Durand. 2005, Johnson *et More.* 2005), de thèses (Farizier. 1980 ; Ali. 2003), d'articles (Ambert *et al.* 1996, Ali *et al.* 2008), de la collection de feuilles en herbier du CBAE (Centre de BioArchéologie et d'Ecologie) et en se basant sur l'hypothèse que la paléoflore de Saint Guilhem-le-désert est proche de l'actuelle.

La terminologie employée pour la description des empreintes fossiles se rapporte au « Manual of Leaf Architecture » (Ash *et al.* 1999). Les espèces décrites sont classées selon la phylogénie consensuelle des angiospermes (Angiosperm Phylogeny Group 2, Arne A. *et al.* 2003.)

## RÉSULTATS

### Détermination des empreintes foliaires trouvées

#### ANGIOSPERMES EUDICOTYLEDONES BUXACEES

*Buxus sempervirens* L. : Cette espèce a été trouvée dans l'étage inférieur du travertin. Les échantillons ont permis de déterminer une taille moyenne : 1,8 cm de largeur et 3,4 cm de longueur. Le limbe est ovale, avec une marge lisse et possède de nombreuses nervures resserrées et uniformes dont une principale, à nervation pennée. Elle possède une symétrie axiale (Fig. 3 : 2 à 3).

#### OLEACEES

*Phyllirea angustifolia* L. : Nous avons trouvé 3 échantillons appartenant à ce taxon. Les empreintes ont une taille de 3,6 cm de longueur et de 0,8 cm de largeur. Le limbe est lisse avec une symétrie axiale. La nervation est pennée (Fig.4 : 1 à 3).

#### ARALIACEES

*Hedera helix* L. : Nous observons sur deux échantillons la nervation palmée avec des nervures secondaires et tertiaires alternées. Le pétiole prolonge une symétrie axiale (Fig.3 : 8 et Annexe 1 : 7).

#### CAPRIFOLIACEES

*Viburnum tinus* L. : Un seul échantillon, dans l'étage inférieur, a été trouvé pour ce taxon. Sa taille moyenne a été déterminée à 4 cm de longueur et 2 cm de largeur. Cette espèce montre de nombreuses nervures secondaires, un limbe lisse à apex retuse. Enfin, l'échantillon est asymétrique (Fig.3:1).

#### ANACARDIACEES

*Pistacia terebinthus* L. : Seul un échantillon a été trouvé pour cette espèce qui présente une nervation pennée et des nervures secondaires irrégulières, ainsi qu'un limbe lisse (Fig 3 : 7).

#### SALICACEES

*Salix viminalis* L. : De nombreuses feuilles de saule ont été trouvées avec une taille moyenne de 4,2 cm de longueur et de 0,4 cm de largeur. Son limbe est lisse, long et étroit, à symétrie axiale. C'est une feuille à nervation pennée (Fig. 3 : 11 et Annexe 1 : 1 à 5).

*Salix cinerea* L. : Cet échantillon a été trouvé dans l'étage inférieur du travertin.

Sa taille est de 1,2 cm de largeur et de 6 cm de longueur. Sa nervation est pennée avec des nervures secondaires qui ne vont pas jusqu'à la marge et joignent des arches peu proéminentes (brochidodrome léger). Son limbe est lisse et sa forme est oblongue avec le pétiole disposé

marginalement sur celui-ci. La taille plus importante de la largeur permet d'éliminer la possibilité de *Salix viminalis* et de dire que cela correspond bien à *Salix cinerea* (Fig. 3 : 10).

#### ULMACEES

*Ulmus campestris* L. : Plusieurs empreintes foliaires appartenant à cette espèce ont été trouvées dans le niveau supérieur et inférieur du travertin. Les plus complètes ont un limbe denté de 6 cm de largeur et de 7,6 cm de longueur, de forme ovale. Ce sont des feuilles à base asymétrique et à nervation pennée- craspédodrome. Les nervures 3° ont une disposition opposée-alternée. Toutes ces caractéristiques permettent de rapprocher les fossiles des feuilles d'orme actuelles ou de celles du Noisetier. Le nombre de nervures secondaires (supérieur à 8) et la base asymétrique sur certains échantillons ont permis d'affirmer que c'était l'orme, (Fig. 3 : 4 à 6 et Annexe 1 : 8).

#### ROSACEES

*Sorbus sp.* : C'est uniquement dans le niveau inférieur que l'on a trouvé un échantillon, il est reconnaissable par son limbe à dents pointant vers le haut et dont l'angle est mi-arrondi. Sa taille moyenne est de 3,2 cm de longueur et de 1,3 cm de largeur (Fig. 3 : 12 et Annexe 1 : 7).

#### FAGACEES

*Quercus ilex* L. : Un seul petit échantillon de la taille de 1 cm de largeur et de 2 cm de longueur a été trouvé dans l'étage inférieur. Son limbe est bombé, sa nervation est pennée avec des nervures secondaires qui se divisent en deux et qui se terminent dans la marge. Il possède une forme oblongue et une marge lisse. La petite taille ainsi que la courbure de cette empreinte permet de l'apparenter au chêne vert actuel qui possède une très grande hétérophylie.

Toutes les espèces déterminées rassemblées dans le graphique 1 montre une présence importante de saule et d'orme pour l'étage inférieur et de l'orme et de la filaire pour l'étage supérieur.

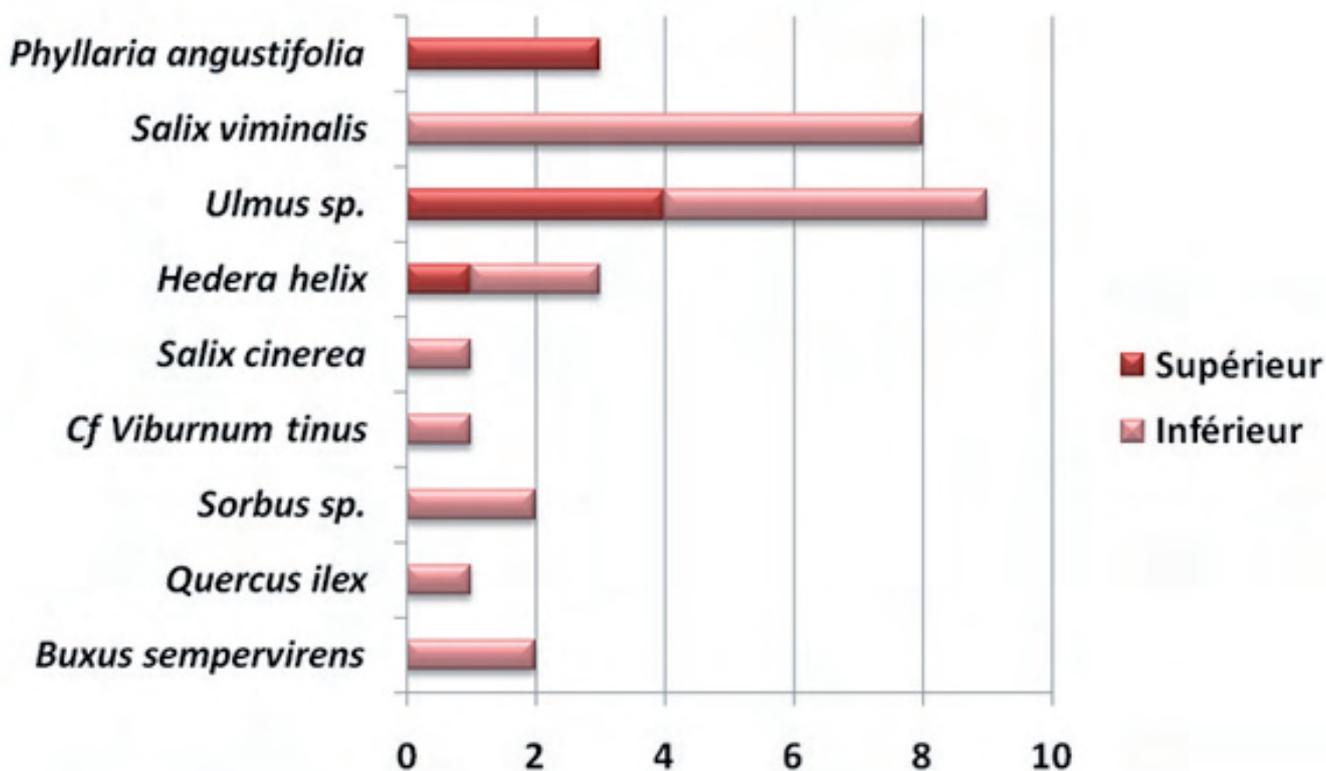
Tout d'abord, la filaire n'a été identifiée que dans le niveau supérieur. Nous en trouvons trois échantillons. Ensuite, l'orme et le lierre ont été trouvés dans les deux niveaux avec pour chaque espèce un plus grand effectif dans le niveau inférieur. Le lierre a été identifié deux fois dans le niveau inférieur contre une fois dans le niveau supérieur. De même, cinq échantillons d'orme ont été trouvés dans le niveau inférieur contre quatre dans le niveau supérieur. Enfin, toutes les autres espèces déterminées n'ont été trouvées que dans le niveau inférieur. Deux espèces de saule, *Salix cinerea* et *Salix*

viminalis, ont été identifiées avec, respectivement, une et huit empreintes. Deux folioles de sorbier et de buis ont aussi été déterminées. Un seul échantillon a été trouvé pour le chêne vert et la viorne tin.

Le comportement écologique de ces espèces n'est pas toujours le même. Elles peuvent être xérophiles, mésohygrophiles ou mésophiles. Les espèces xérophiles vivent dans des milieux secs, pauvres en eau. Ici elles sont représentées par la filaire, le buis et le chêne vert. Les deux espèces de saule sont des espèces mésohygrophiles, c'est-à-dire vivant dans un milieu humide seulement une partie de l'année. Le sorbier, la viorne tin et l'orme qui sont mésophiles, vivent dans un milieu humide.

Il a été aussi trouvé cinq feuilles qui n'ont pu être déterminées (cf. Annexe 1) ayant des caractères intéressants. La feuille 1, de 5 cm de longueur, a une nervation pennée et décalée. La feuille 2, de taille réduite (2 cm), pouvait faire penser à une foliole de buis mais l'aspect bombé et les nervures arrondies (brochidodrome léger) vers la marge infirment cette hypothèse. La feuille 3 a une nervation irrégulière qui fait penser à une filaire, mais la forme et taille dirigent notre identification plutôt vers un saule. Malheureusement la nervation n'est pas arrondie, cela ne paraît donc pas être

un saule. La feuille 5 rappelle l'orme par sa nervation mais l'absence d'autres caractéristiques empêche son identification finale.



GRAPHIQUE I: Graphique des effectifs des espèces déterminées sur les différents niveaux du travertin du Gué des Gours.

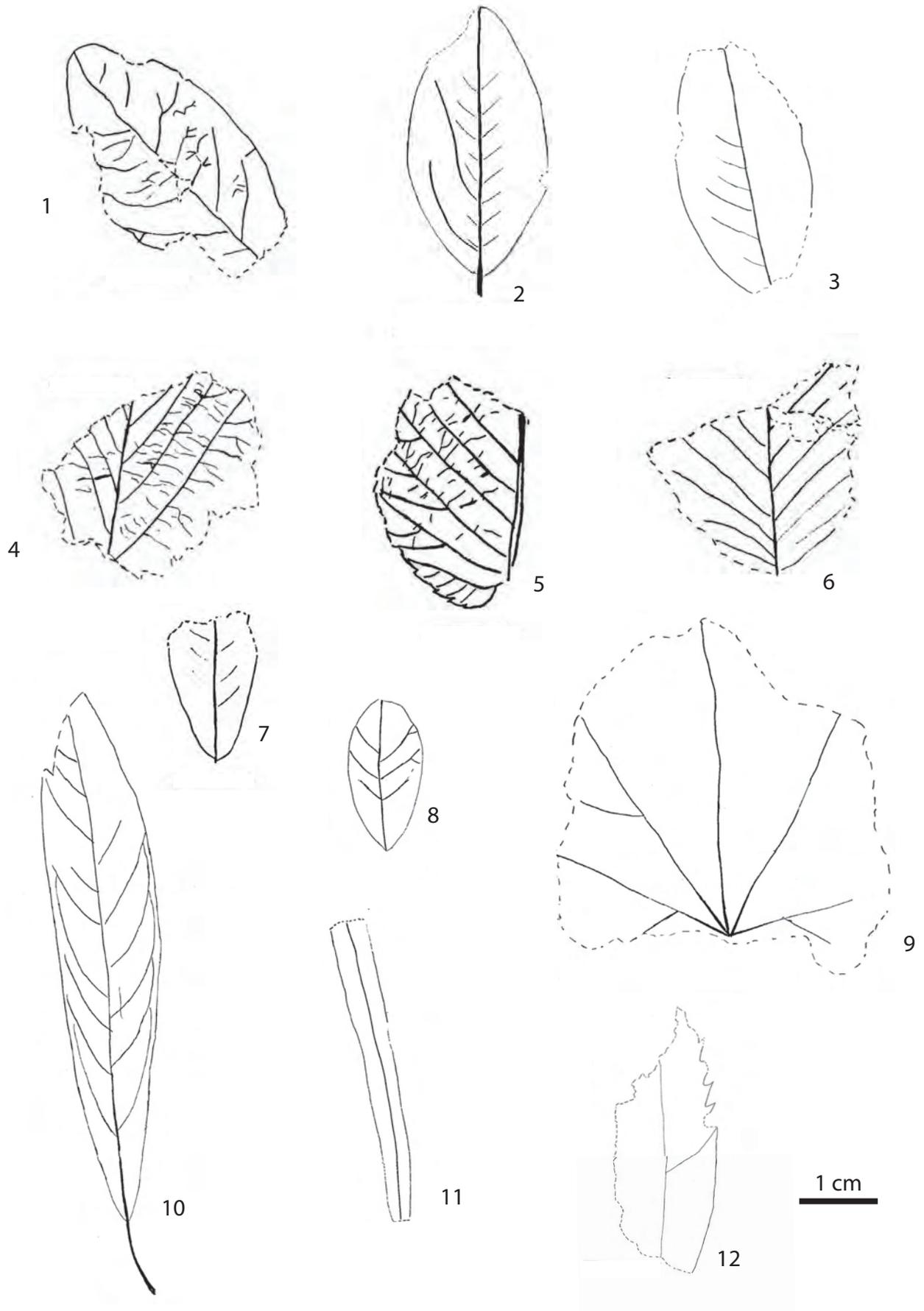


Figure 3 : Empreintes fossiles du niveau inférieur : 1- *Viburnum tinus* L., 2 à 3 - *Buxus sempervirens* L., 4 à 6 - *Ulmus* cf. *campestris* L., 7 - *Pistacia terebinthus* L., 8 - *Quercus ilex* L., 9 - *Hedera helix* L., 10 - *Salix cinerea* L., 11 - *Salix viminalis* L., 12 - *Sorbus* sp.

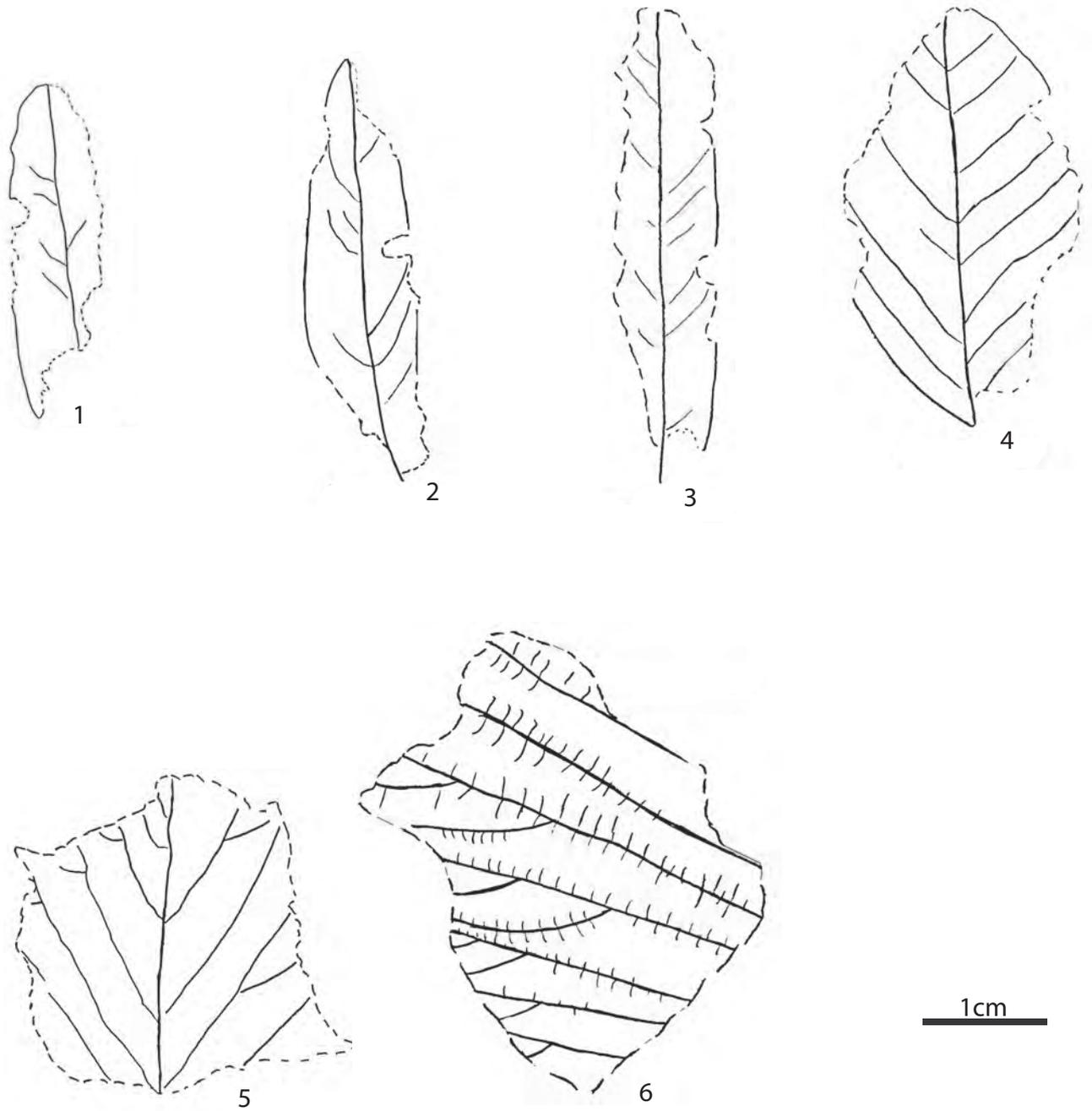


Figure 4 : empreintes fossiles du niveau supérieur : 1 à 3 - *Phyllirea angustifolia* L., 4 - cf. *Viburnum tinus* L., 5 à 6 : *Ulmus* cf. *campestris* L.

## DISCUSSION

Les plantes actuelles définissent un certain type de milieu. La comparaison avec la paléoflore permet de reconstituer l'environnement d'époques passées. Ainsi pour le cirque de l'Infernet de la région de St Guilhem-le-Désert, nous avons une dominance des plantes de milieu humide (18 échantillons sur 22) dans la période de 8600 à 8390 BP. Les 4 échantillons restant représentent trois espèces vivant en milieux secs de type garrigue comme le chêne vert (*Quercus ilex*), la viorne-tin (*Viburnum tinus*) et le buis (*Buxus sempervirens*).

La comparaison avec les multiples plantes trouvées sur le site du gué des Gours dans les études antérieures montre en plus la présence de *Populus alba* et *Populus nigra*, ce qui accentue l'hypothèse d'un milieu semi-humide (Vernet. 1990, Espert. 1993).

De 8300 à 7200 BP, le nombre de plantes vivant dans des milieux secs est de 3 sur 8 échantillons, avec la découverte de la filaire. Deux des espèces mésophiles (l'orme et le lierre) se retrouvent aussi à cette période. La filaire est un arbuste se trouvant de nos jours dans les garrigues à climat chaud et sec, milieu à contraintes hydriques fortes. Ces résultats amènent à penser que cette époque a connu un milieu plus sec qu'avant. Pourtant tout au long de cette période (8600 à 7200 BP) la présence d'un microclimat humide est attestée par la quantité égale, dans les deux niveaux, d'une espèce mésophile (l'orme). De plus, l'histoire hydrographique du Verdus, a enregistré vers 7000 BP, des épisodes torrentiels répertoriés dans le système travertineux qui ont amenés à parler de crues du Verdus. (Ali et al. 2008)

En rappelant que travertinisation est synonyme de courant d'eau régulier et abondant, nous émettons l'hypothèse que le Néolithique (de 8600 à 7200 BP) avait un milieu à tendance humide avec des saisons à paramètres clairement différents (température, précipitations, ensoleillement, etc.). Ces alternances permettraient la coexistence de plantes caractéristiques de microclimats différents.

La travertinisation des gymnospermes et du pin en particulier étant réellement difficile mise à part celle des cônes, seule l'analyse des charbons peut permettre de mettre en évidence la présence de gymnospermes.

Des études anthracologiques réalisées sur le même site (Ambert et al. 1996, Combaz et al. 2008), montrent clairement une dominance du Pin de Salzman sur les autres espèces trouvées. Nous constatons à partir de l'âge de bronze (3870 BP) l'apparition du chêne vert et

sa constante augmentation jusqu'à nos jours. Nous remarquons en moindre mesure, la présence de l'olivier (*Olea europaea*) au moyen-âge (920 à 770 BP). Ce changement pourrait être dû, entre autre, à une forte anthropisation du milieu. Nous estimons l'arrivée de l'Homme dans la région et la mise en culture des terres à 5000 BP avant nos jours. L'augmentation des échantillons de chêne vert s'explique par le fait que c'est une espèce favorisée par la présence de l'Homme. À l'inverse le pin est une espèce pionnière et indigène qui peut facilement prendre le dessus dans des conditions de compétition. Aujourd'hui cela se retrouve sur tout le site de Saint-Guilhem et de ses alentours ; les chênes se sont développés sur le versant Sud, sur l'étage méditerranéen (à température annuelle moyenne de 15°C), lieu d'anthropisation plus importante qu'au versant Nord où les pins de Salzman sont gérés par les différents événements de régénération tels que les incendies.

De plus d'après les résultats d'études actuelles, lors des relevés de Janvier 2008 (Albinet et al. 2008), le pin de Salzman est peu présent du côté du travertin (deux observés dans un rayon de 350 m en amont du travertin) (Annexe 2).

Aujourd'hui, la vallée contient autour du travertin, d'après les études taphonomiques de 2008 (Albinet et al. 2008), une majorité d'espèces xérophiles de type garrigue. On trouve en effet 10 viornes tins, 10 buis et 13 chênes verts. La garrigue présente un climat chaud, sec, d'une température moyenne (dans cette vallée) de 11°C. C'est un type de transition où l'on trouve certaines modifications d'adaptations au climat comme les épines, les feuilles de tailles réduites et des plantes de type biologique dit chaméphyte. Le sol calcaire qui la caractérise est perméable, il ne retient pas efficacement l'eau. Des observations actuelles montrent que le Verdus a un courant faible voire partiellement asséché selon les endroits et la période de l'année.

Si nous considérons les autres espèces actuelles rangées par ordre décroissant, nous avons : *Quercus ilex*, *Rubus fruticosus*, *Buxus sempervirens*, *Viburnum tinus*, *Pistacia terebinthus* et *Hedera helix* (Albinet et al. 2008)

D'après la végétation et nos résultats, nous pouvons formuler l'hypothèse qu'au cours des temps un réchauffement du milieu de Saint-Guilhem le désert a eu lieu.

L'Homme joue un grand rôle dans la modification du milieu de la région avec la mise en terrasse, et par cela l'utilisation de l'eau, l'assèchement des sols, des incendies... Nous pouvons nous demander à quelle échelle

l'anthropisation a pu intervenir et intervient encore de nos jours sur le milieu.

## CONCLUSION

Le travertin du Gué des Gours s'est formé dans un milieu plutôt humide et atteste d'une gamme hétéroclite de plantes dans son passage à travers le temps, jusqu'à nos jours.

Avant que l'Homme n'arrive, le Verdus avait un flot régulier et abondant. Il permettait le développement d'espèces de milieu humide lors des crues et d'espèces plutôt pionnières et de milieu sec suite à des bouleversements ou des changements du milieu. Après l'arrivée de l'Homme, à environ 5000 BP, le milieu devient plus favorable aux espèces favorisées par l'anthropisation et en tirent profit. Après de nombreux mouvements d'aménagement puis d'abandons successifs des terrasses, le cirque de l'Infernet à aujourd'hui tendance à être un milieu plutôt sec. Par là même, le Verdus est relativement faible et est à sec selon les endroits et durant les périodes de sécheresse. Il s'y trouve des plantes de types garrigues en grande quantité, ainsi que des plantes jusqu'alors cultivées comme la vigne (*bb.*) et l'olivier. L'étude de la paléoflore permet d'avoir une idée de la végétation composant le milieu de la période Néolithique, cependant elle n'est pas suffisante. La reconstitution nécessite divers travaux abordant différents thèmes, tels que l'anthracologie, la taphonomie, la palynologie, l'évolution agricole et l'ethnologie de la région.

A petite échelle, nous observons un assèchement du milieu, nous pouvons nous demander ce qu'il en est à plus grande échelle, notamment dans les régions où l'anthropisation est plus ancienne.

## BIBLIOGRAPHIE

Albinet, C., D'Herbès, G., Fravallo, A., Vanel, Q., (2008). Taphonomie et végétation de la vallée de Saint Guilhem du Désert (Hérault). *OR-PAL Synthesis 1*.

Ali, A., Roiron, P., Chabal, L., Ambert, P., Gasco, J., André, J., Terral, JF., (2008). Holocene hydrological and vegetation changes in southern France inferred by the study of alluvial travertine system (Saint Guilhem le Désert, Hérault). Elsevier Masson SAS on behalf of Académie des sciences. 11p.

Ali, A., 12 Novembre 2003. Les systèmes travertineux Holocènes et la caractérisation des paléopaysages méditerranéens et subalpins (France) : une approche

géobotanique séquentielle à haute résolution spatiale. Académie de Montpellier, Université Montpellier II, 39p.

Ambert, P., André, J., Gasco, J., Roiron, P., Chabal, L., Octobre (1996). Milieux et anthropisation sur la bordure méridionale des grands causses : la séquence holocène de l'Infernet (Saint Guilhem le Désert, Hérault). 5p.

Ash, A., Ellis, B., Hickey, I.J., Johnson, K., Wilf, P., Wing, S., (1999). *Manual of Leaf Architecture*. Smithsonian Institution, 45 p.

Combaz, D., Gigault, V., Saunal, J., 2008 Etude anthracologie de travertin à Saint Guilhem du désert. Université Montpellier II.

Durand, R., Mai 2005. *Les arbres*. Solar, Guide Vert, 381p.

Espert, G., Etude de la macroflore de tufs holocènes de St Guilhem le Desert.

Farizier, M., 25 Juin 1980. Recherches sur les macroflore des tufs quaternaires du sud de la France. 326p.

Johnson, O., More, D., (2005). *Guide Delachaux des arbres d'Europe : 1500 espèces décrites et illustrées*. 2005. Delachaux & Niestlé, Collection Les guides du naturaliste. 464p.

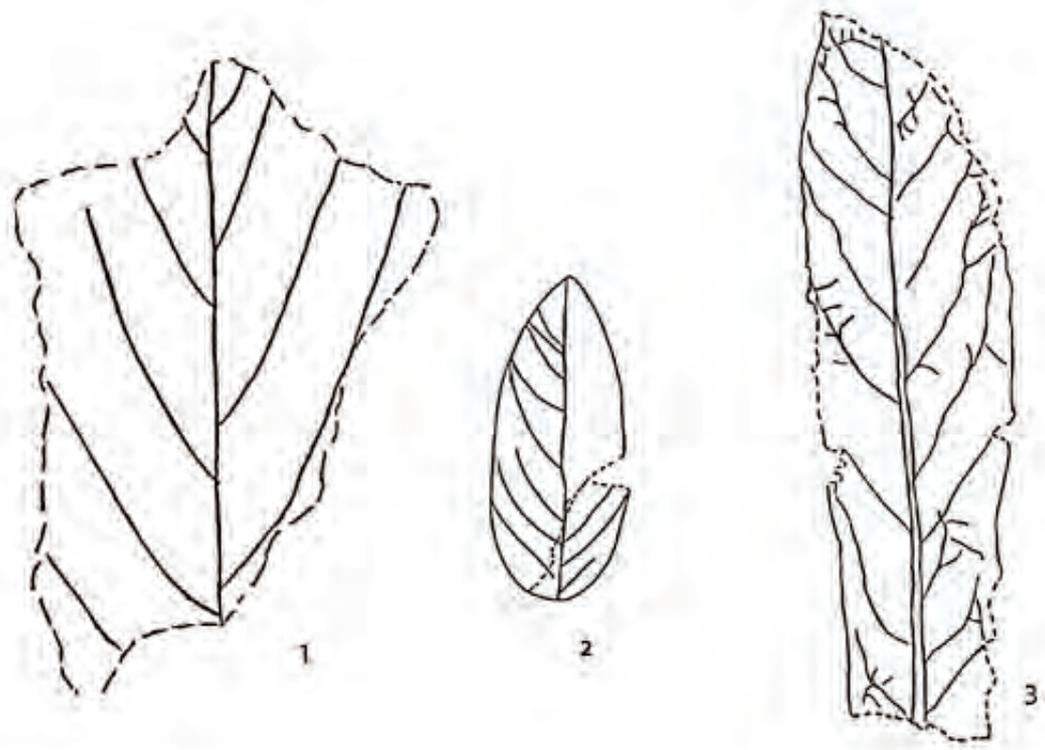
Munoz, F., 2008. Cours ULBI603 Evolution des angiospermes. Université Montpellier II.

Rameau, J.C., Mansion, D., Dumé, G., (1994). *Flore forestière française Tome 1 : plaine et colline*. Institut pour le développement forestier. 1785 p.

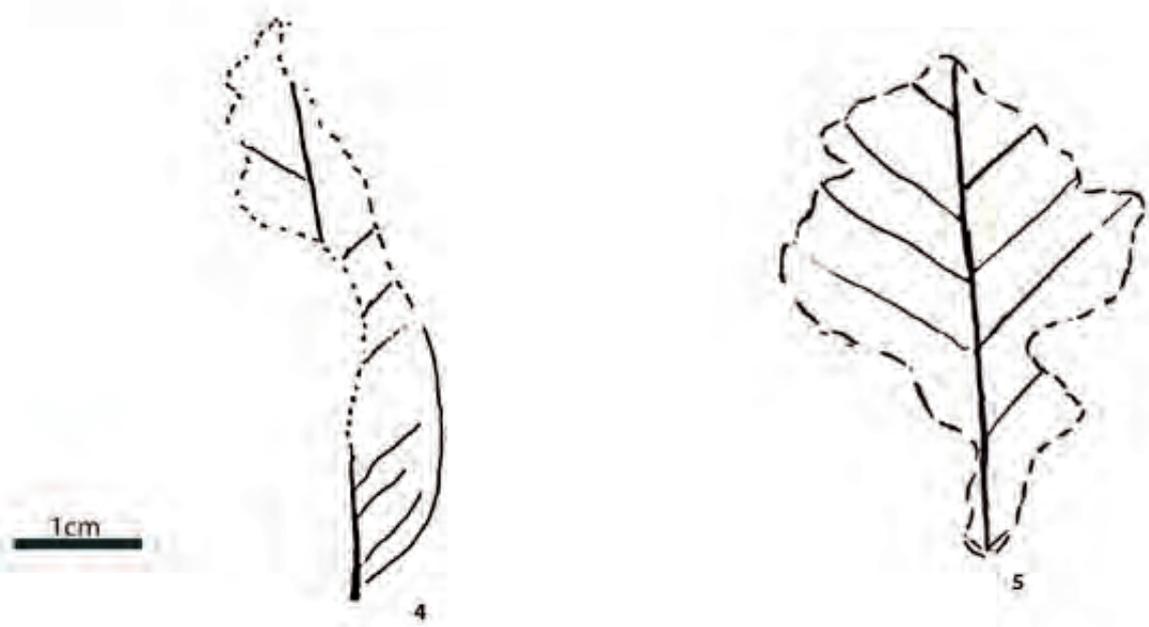
Vernet, J.L., Analyses paleobotaniques du travertin et du paleolac de l'Infernet (St Guilhem le Désert, Hérault)



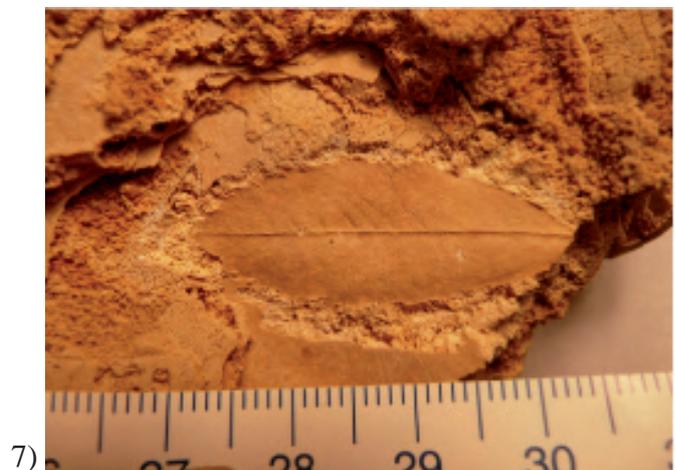
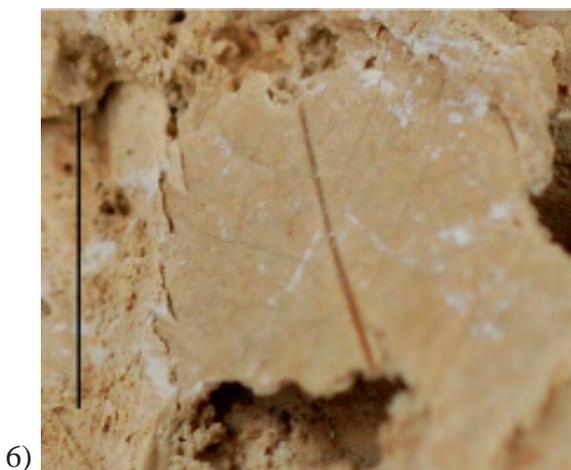
Feuilles indéterminées du supérieur.



Feuilles indéterminées de l'inférieur.



**ANNEXE I** : Empreintes fossiles indéterminées : 1 à 3 étage inférieur, 4 à 5, étage supérieur.



**ANNEXE 2 :** Photos d'empreintes fossiles trouvées dans le travertin du Gué des Gours :  
1 à 5 - *Salix viminalis* L., 6 à 7 - *Sorbus* sp.

**ANNEXE III** : Photos d'empreintes fossiles trouvées dans le travertin du Gué des Gours. De haut en bas et de gauche à droite : *Hedera helix* L., *Ulmus* cf. *campestris* L., *Pinus salzmanni* subsp. *salzmanni* L., *Populus alba* L.



## Annexe 4

| STG 1                     |                        | Présence | distance(en m) |
|---------------------------|------------------------|----------|----------------|
| Prêle                     | Equisetum palustre     | 1        | 0              |
| Lierre                    | Hedera helix           | 4        | 0              |
| Figuier                   | Ficus carica           | 1        | 5              |
| pistachier terebinthe     | Pistacia terebinthus   | 1        | 5              |
| Coronille                 | Coronilla glauca       | 1        | 6              |
| Filaire à feuilles larges | Phillyrea latifolia    | 1        | 10             |
| Laurier tin               | Viburnum tinus         | 1        | 10             |
| Noyer                     | Juglans regia          | 1        | 10             |
| Pyracantha                | Pyracantha coccinea    | 1        | 10             |
| Cyprès                    | Cupressus sempervirens | 5        | 10             |
| Fusain                    | Euonymus europaeus     | 1        | 15             |
| Micocoulier               | Celtis australis       | 2        | 15             |
| Ronce                     | Rubus fruticosus       | 1        | 30             |
| Salsepareille             | Smilax aspera          | 1        | 30             |
| Sureau                    | Sambucus nigra         | 1        | 30             |
| Cannes de provence        | Arundo donax           | 2        | 30             |
| peuplier                  | Populus alba/nigra     | 2        | 30             |
| Saule pleureur            | Salix babylonica       | 2        | 30             |
| Platane                   | Platanus acerifolia    | 3        | 31             |
| Laurier sauce             | Laurus nobilis         | 1        | 40             |
| Bambou                    | Phyllostachya sp.      | 3        | 40             |
| Chêne vert                | Quercus ilex           | 1        | 50             |
| Genévrier de phénicie     | Juniperus phoenicea    | 1        | 50             |
| Olivier                   | Olea europaea          | 2        | 50             |
| chêne blanc               | Quercus pubescens      | 0        | 60             |
| érable                    | Acer monspessulanum    | 0        | 60             |
| pistachier lentisque      | Pistacia lentiscus     | 0        | 60             |

| STG 2                      |                        | Présence | distance (en m) |
|----------------------------|------------------------|----------|-----------------|
| Asperge sauvage            | Asparagus acutifolius  | 1        | 0               |
| Coronille                  | Coronilla glauca       | 1        | 0               |
| Polypode                   | Polypodium vulgare     | 1        | 0               |
| Clématite petite flamme    | Clematis flammula      | 2        | 0               |
| Figuier                    | Ficus carica           | 2        | 0               |
| Lierre                     | Hedera helix           | 2        | 0               |
| Troène                     | Ligustrum vulgare      | 2        | 0               |
| Laurier tin                | Viburnum tinus         | 3        | 0               |
| Salsepareille              | Smilax aspera          | 2        | 2               |
| Ronce                      | Rubus fruticosus       | 4        | 2               |
| Rouvet blanc               | Osyris alba            | 1        | 3               |
| Buis                       | Buxus sempervirens     | 3        | 4               |
| Bruyère                    | Erica multiflora       | 1        | 5               |
| Sureau                     | Sambucus nigra         | 1        | 5               |
| Pistachier Térébinthe      | Pistacia terebinthus   | 3        | 5               |
| Fragon                     | Ruscus aculeatus       | 2        | 7               |
| Chêne vert                 | Quercus ilex           | 4        | 7               |
| Eglantier                  | Rosa canina            | 1        | 25              |
| Erable de montpellier      | Acer monspessulanum    | 1        | 25              |
| Fusain                     | Euonymus europaeus     | 1        | 25              |
| Sumac                      | Rhus glabra            | 2        | 25              |
| Houx                       | Ilex aquifolium        | 1        | 30              |
| chêne blanc                | Quercus pubescens      |          | 40              |
| fillaire à feuille étroite | Phillyrea angustifolia |          | 40              |
| pistachier lentisque       | Pistacia lentiscus     |          | 40              |

Tableau 1 et 2 : Espèces trouvées sur le site du travertin (tiré de "Taphonomie et végétation de la vallée de Saint Guilhem du Désert (Hérault)").

# APPROCHE ANTHRACOLOGIQUE DE LA DYNAMIQUE HOLOCÈNE DES COMMUNAUTÉS LIGNEUSES DE LA VALLÉE DU VERDUS (ST GUILHEM-LE-DÉSERT, HÉRAULT)

<sup>1</sup>David Combaz, <sup>2</sup>Vincent Gigault et <sup>3</sup>Joan Saunal

**Résumé :** L'étude des charbons de bois enfouis dans une séquence travertineuse et sédimentaire datée de 8590-8390 cal. BP à 2180-1870 cal. BP dans la combe du Verdus permet de reconstituer la dynamique holocène des populations endémiques de pins de type sylvestre, probablement *Pinus nigra* subsp. *salzmannii*, qui semblait dominer le cirque de l'Infernet avant d'être remplacé par *Quercus ilex/coccifera* dont l'expansion résulte probablement d'une action anthropique vers l'époque gallo-romaine. La paléoflore associée aux pins suggère également l'intervention d'un réchauffement et d'un assèchement du milieu sur un plus long terme, dont l'intensité et l'étendue géographique, ainsi que sa responsabilité dans les dynamiques constatées au niveau des communautés végétales, restent à déterminer.

**Mots clés :** Anthracologie, Travertin, *Pinus nigra* subsp. *salzmannii*, Holocène, Saint Guilhem-le-Désert.

**Abstract :** The analysis of charcoal fragments buried in sedimentary and travertinous sequences dating back from 2180-1870 cal. BP to 8590-8390 cal. BP in the Verdus valley allows the reconstitution of the Holocene dynamic of pines, probably the endemic *Pinus nigra* subsp. *salzmannii*, which seemed to dominate the Infernet circus before being replaced by *Quercus ilex/coccifera* which development was probably enhanced by human settling around the gallo-roman period. The associated palaeoflora gives also some indications suggesting an environmental drying and warming on a larger temporal scale, which intensity, geographical extent and responsibility on the observed dynamics are not yet determined.

**Key-words :** Anthracology, Travertine, *Pinus nigra* subsp. *salzmannii*, Holocene, Saint Guilhem-le-Désert.

L'Holocène, amorcé à la fin des derniers épisodes glaciaires, il y a 10 000 à 12 000 ans, est marqué par de fortes dynamiques écologiques, en particulier en ce qui concerne l'évolution des populations ligneuses. Un important couvert forestier se met en place, succédant aux grands espaces ouverts à la faveur d'un radoucissement des conditions climatiques. Pour l'Homme l'holocène correspond à la sortie de la préhistoire : l'invention de l'agriculture en Mésopotamie au début de la période annonce l'émergence de nouvelles civilisations induisant un impact croissant de l'humanité sur l'écosystème. Cela se manifeste à plusieurs niveaux : modification du paysage, ajustement génétique des

variétés cultivées (sélection massale), extinctions brutales de la mégafaune, etc. Le contexte actuel d'accélération du réchauffement climatique, d'origine anthropique, s'inscrit donc dans une certaine continuité, bien que les problématiques en soient exacerbées. La compréhension

Centre de Bio-Archéologie et Ecologie UMR 5059 CNRS,  
Institut de Botanique, 163 rue A. Broussonet, 34090  
Montpellier. Université Montpellier 2 (Sciences et Techniques  
du Languedoc). Place Eugène Bataillon. 34095 Montpellier,  
France.

<sup>1</sup>d.combaz@gmail.com, <sup>2</sup>vincentgigault@botmail.fr, <sup>3</sup>joan.saunal@etud-univ-montp2.fr

des dynamiques holocènes devient alors un enjeu majeur pour anticiper les mutations à venir. Au nombre de celles-ci, on peut compter notamment la modification des aires naturelles de répartition de nombreuses espèces, avec la crainte d'assister à l'extinction de populations endémiques, suite à la disparition de leur niche écologique naturelle, ou parce qu'elles seront mises en compétition avec d'autres espèces allochtones, certaines invasives, mieux acclimatées à l'environnement modifié. Les zones de transition entre différentes aires climatiques, plus sensibles aux déplacements d'équilibre, sont particulièrement concernées par ces problématiques.

Sans cette optique, le site de St Guilhem-le-Désert est intéressant par sa situation, en zone de transition entre l'étage bioclimatique mésoméditerranéen et l'étage supraméditerranéen. On y trouve notamment l'une des dernières pinèdes de pin de Salzmann (*Pinus nigra subsp. salzmannii*), espèce endémique d'Espagne et du Sud de la France, où ses populations actuelles, morcelées et menacées, subsistent dans les Pyrénées orientales, dans les Cévennes, et dans le Languedoc (Commission européenne, 1999).

Par ailleurs, la stratigraphie de la Combe du Verdus, au Nord-est du village, montre une activité hydrogéologique diversifiée au cours des 8000 dernières années. Elle présente notamment des couches travertineuses et sédimentaires plus ou moins intercalées contenant de nombreux charbons de bois, issus majoritairement de feux de forêt, puis charriés par les eaux de ruissellement jusqu'au cours d'eau, au fond de la vallée. Ayant conservé dans une large mesure les caractéristiques anatomiques du bois, une identification taxonomique de ces charbons est possible et permet, pour une couche donnée, de connaître en partie la flore ligneuse de l'époque.

Par l'analyse anthracologique de plusieurs de ces couches travertineuses et sédimentaires, cette étude se propose de reconstituer dans les grandes lignes la dynamique des populations forestières de la Combe du Verdus au cours d'une période s'étendant de 8590-8390 cal. BP à 2180-1870 cal. BP.

## **MATÉRIEL ET MÉTHODES**

### **I. Zone d'étude**

Le Cirque de l'Infernet (fig.1), à l'Ouest de la commune de St Guilhem-le-Désert (43° 44' N, 3° 32' E), constitue la partie basse d'un réseau karstique dolomitique, creusé selon un axe Est-Ouest par l'érosion du Verdus, cours d'eau issu du bassin versant constitué par le plateau

des Lavagnes, à l'extrémité méridionale du massif de la Séranne (données IGN – Géoportail).

Sa végétation actuelle, de type mésoméditerranéenne, est organisée sur le versant Nord en terrasses plus ou moins en friche, datant de l'établissement de l'Abbaye bénédictine de St Guilhem en 804. On y trouve essentiellement des chênes sempervirents (*Quercus ilex* et *Q. coccifera*), quelques chênes caducifoliés (*Q. pubescens*), ainsi que de l'olivier (*Olea europaea*), encore cultivé. Le versant Sud présente un faciès de type matorral, avec notamment quelques îlots de pin de Salzmann (*Pinus nigra subsp. salzmannii*) associés sur les hauteurs au genévrier de Phénicie (*Juniperus phoenicea*).

Le fond de la vallée est constitué par le grand lit du Verdus, cultivé par endroits. Le cours d'eau en lui-même n'excède pas quatre mètres de large pour une profondeur inférieure à un mètre.

Au lieu dit du « gué des gours » (fig.2), la rive droite, encaissée présente sur une hauteur d'environ cinq mètres une alternance de faciès construits (travertin correspondant à la sédimentation de carbonates solides issus du dégazage du bicarbonate dissous pendant la phase d'infiltration de l'eau) et de faciès détritiques (particules macroscopiques charriées par le cours d'eau) plus ou moins mêlés, selon la vitesse du courant au moment du dépôt, et révélant des épisodes érosifs. Un premier prélèvement de sédiments y est effectué au niveau référencé et daté au 14C par Ali et al. (2008) sous la nomenclature A2 (8590-8390 cal. BP).

Plus en amont, sur la rive gauche, on observe une formation quatre mètres de sédiments stratifiés fins et limoneux attestant de l'établissement d'un système marécageux ou lacustre postérieur à l'épisode travertino-détritique. Deux prélèvements y sont effectués, aux niveaux référencés sous les nomenclatures CI2b (entre 5290-6780 et 3870-3550 cal. BP) et C4a (2180-1870 cal. BP) (Ali et al., 2008). La transition entre ces deux types géomorphologiques est marquée par un cône détritique, reflet d'épisodes torrentiels, entre 7250-6780 BP et 5290-4820 cal. BP (Ali et al., 2008).

### **2. Préparation des échantillons**

Au laboratoire, les prélèvements sont pesés, défloculés par l'adjonction d'eau oxygénée à 30%, puis tamisés à l'eau (maille de 500µm). Après séchage, un tri manuel permet d'extraire un maximum de charbons de bois identifiables.

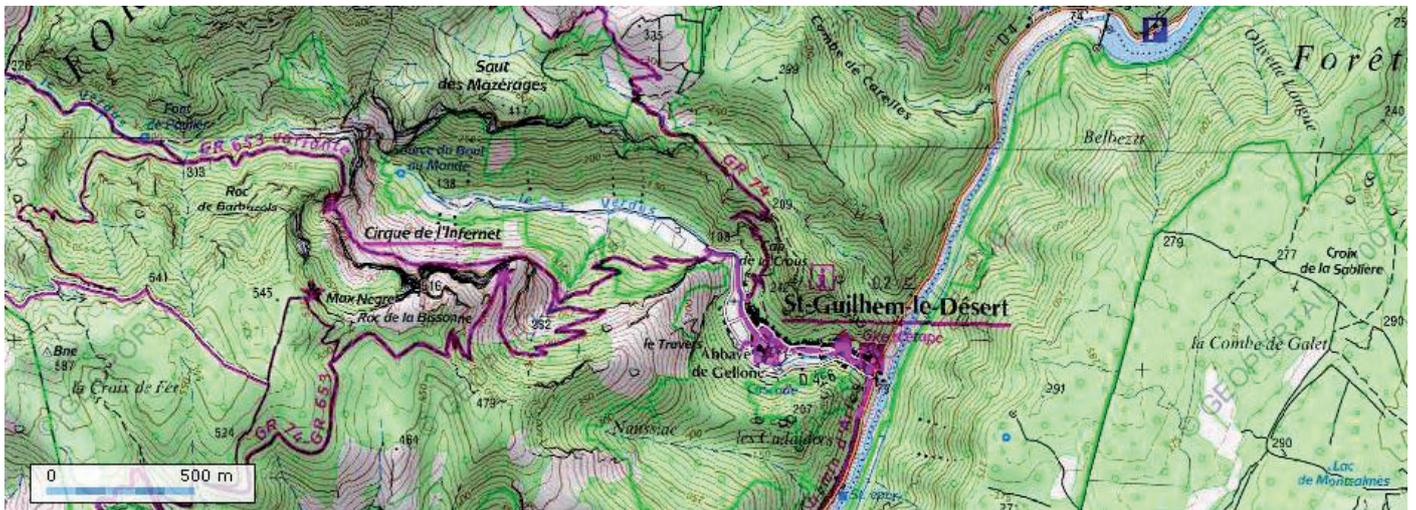


Figure 1 : Situation géographique de la zone d'étude (IGN-Géoportail)

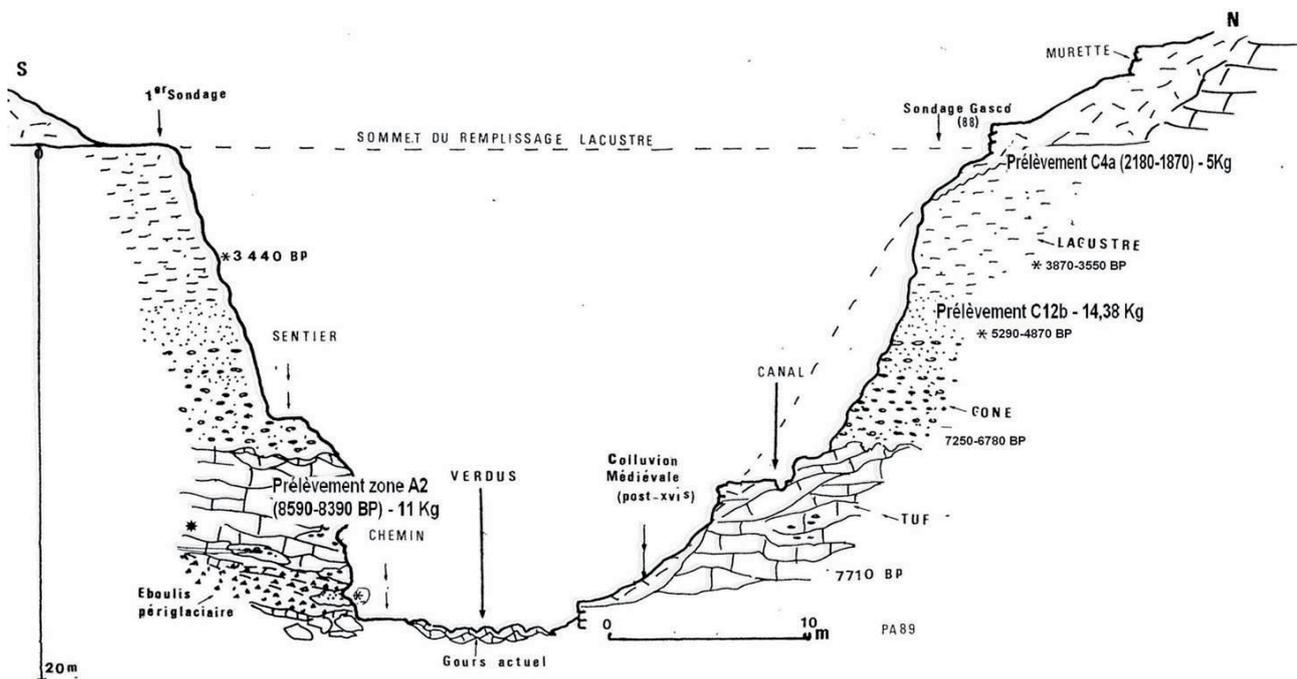


Figure 2 : Profil hydrogéologique du lieu dit du « gué des gours » (Ambert, 1991)

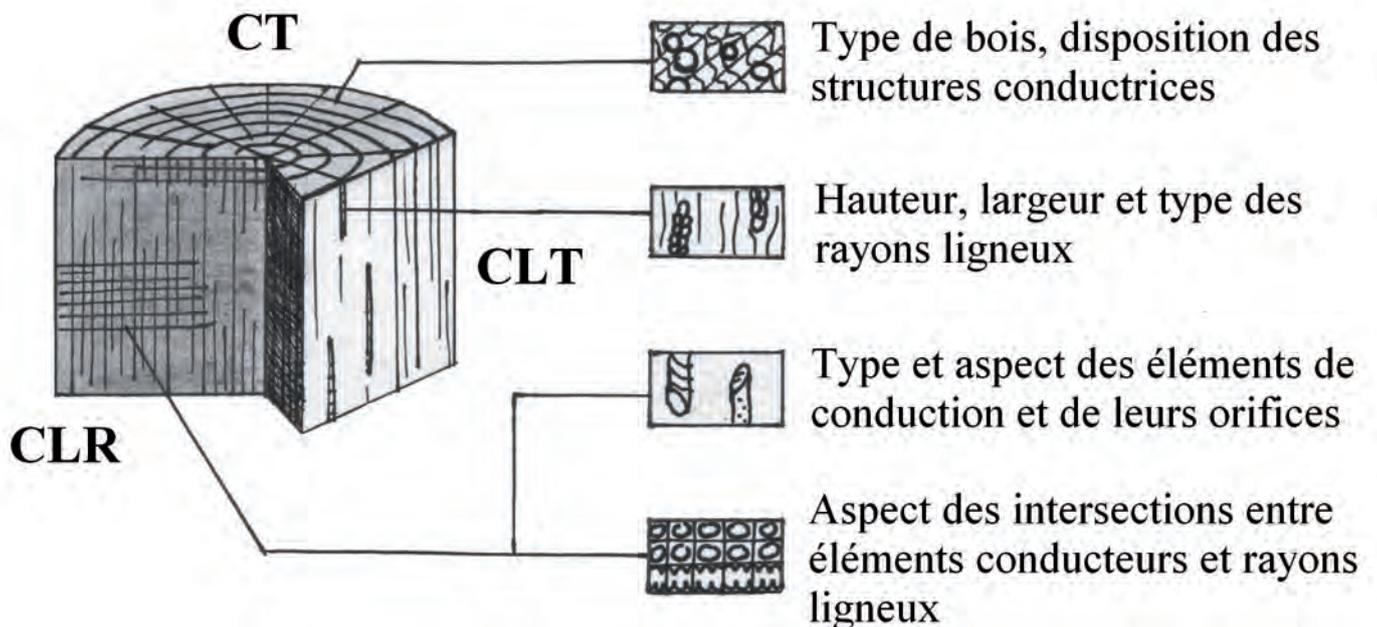


Figure 3 : les trois plans de coupe et les principaux éléments anatomiques utiles à la détermination des charbons de bois (dessin : D. Combaz).

L'antracomasse totale est obtenue par la somme de la masse des charbons ainsi extraits et de la masse résiduelle de charbon, elle-même estimée d'après le rapport de masse charbon/sédiment obtenu sur un échantillon réduit. Le rapport de l'antracomasse sur la masse totale de sédiment prélevé est enfin calculé.

### 3. Analyse anthracologique

Pour chaque prélèvement, une soixantaine de charbons de bois est analysée en vue d'une identification taxinomique. Pour cela, chaque charbon est brisé manuellement selon trois plans de fracture : coupe transversale (CT), coupe longitudinale tangentielle (CLT), et coupe longitudinale radiale (CLR) (fig. 3), et observé à l'aide d'un microscope photonique à lumière réfléchie, sous des grossissements variant de 100 à 500 fois, sur fond sombre ou clair selon le grossissement, d'après la méthodologie proposée par J.-L. Vernet (Vernet, 1973 in Heinz, 1990).

Les caractères anatomiques observés sont notamment le type, le nombre, la répartition, la disposition et l'aspect des éléments de conduction, les motifs qu'ils présentent (perforations, ponctuations, épaisissements), l'aspect des éléments de structure (rayons ligneux) et de leurs intersections de avec les éléments de conduction (fig.3).

L'identification est faite par l'emploi de clés de détermination (Schweingrüber, 1978 ; Vernet, 2001), par comparaison avec deux atlas d'anatomie du bois (Schweingrüber, 1990 ; Vernet, 2001), et avec la collection de charbons de bois du CBAE. Il n'est généralement pas possible de poursuivre l'identification au-delà de la détermination du genre, mais certaines données biologiques sont accessibles, notamment le caractère caducifolié ou sempervirent des taxons.

Les résultats sont traités qualitativement (présence/absence du taxon) et quantitativement (rapport du nombre d'observations pour un taxon donné sur le nombre d'identifications opérées) sur chaque échantillon.

## RÉSULTATS

Les caractéristiques des prélèvements sont recensées dans le premier tableau (tab.1). On peut y constater une forte abondance de charbons dans la zone C4a, qui est également la plus récente.

Les résultats des identifications taxinomiques dans chaque prélèvement sont résumés dans le graphique

suivant (fig. 4), présentant les fréquences de chaque taxon reconnu, pour chaque échantillonnage.

Les résultats montrent clairement une forte abondance de pin de type sylvestre, dans tous les niveaux étudiés. Bien que le type sylvestre regroupe *P. sylvestris*, *P. mugo*, *P. uncinata* et *P. nigra*, indiscernables d'un point de vue anthracologique on peut supposer qu'il s'agit ici du Pin de Salzman, dont la présence dans la région dès 8590-8390 cal. BP a été attestée par la découverte d'empreintes de cônes dans la strate travertineuse (Ali et al. 2008).

Par ailleurs, un certain nombre de taxons moins représentés sont à signaler, bien que la faible taille de l'échantillonnage ne permette pas une analyse quantitative fine. Il s'agit de :

- *Salix* sp. : l'analyse anthracologique ne permet pas d'aller au-delà du genre, mais des études complémentaires (Ali et al. 2008, Lecoivre et al. 2008) attestent de la présence dans cette strate de *S. viminalis* et *S. cinirea*.

- *Prunus* sp. : l'analyse anthracologique ne permet pas la détermination de l'espèce.

- *Buxus* sp. : probablement *B. sempervirens*, d'après la flore actuelle.

- *Quercus ilex/coccifera* : ces deux espèces ne sont pas discernables anatomiquement, et sont toutes deux présentes dans la flore actuelle du site.

- *Quercus caducifolié*, probablement *Q. pubescens*, d'après la flore actuelle.

## DISCUSSION

L'importante représentation de pin de type sylvestre (probablement *P. nigra* subsp. *salzmanii*) jusqu'à 2180-1870 cal. BP dans le cirque de l'Infernet contraste avec sa situation actuelle, où il n'est majoritaire que sur les hauteurs, et à l'Est.

Au niveau A2 (8590-8390 cal. BP), la présence de *Salix* sp., suggère l'existence d'un substrat plus humide qu'actuellement aux alentours du cours d'eau. Ces résultats sont en accord avec les résultats d'études réalisées sur les empreintes foliaires identifiées dans le travertin (Ali et al. 2008 Lecoivre et al. 2008) ayant révélé la présence d'autres espèces à caractère mésohygrophile (*Salix cinirea*, *Populus alba*, *P. nigra*) et mésophyle (*Sambucus nigra*, *Ulmus minor*, *Hedera helix*, *Sorbus aucuparia* et *Vitis vinifera* subsp. *silvestris*).

Sur le même échantillon, la présence de *Prunus* sp. associé à *Quercus* sp. (probablement *Q. pubescens*) et *Buxus* sp. (probablement *B. sempervirens*), quoique le caractère ubiquitaire de ce dernier en fasse un piètre indicateur,



ouvre une piste de réflexion. Le *Manuel d'interprétation des habitats de l'Union européenne* (Commission européenne, 1999), dans sa partie dédiée aux peuplements de pin de Salzman, décrit cette association comme indicatrice de l'étage bioclimatique supraméditerranéen, sous réserve que le spécimen de *Prunus sp.* découvert corresponde à *Prunus avium*, le merisier. Des travaux complémentaires d'identification des empreintes foliaires prises dans les travertins adjacents à la zone de prélèvement (Lecoivre et al., 2008) attestent également de la présence d'un spécimen appartenant au genre *Sorbus* qui pourrait également étayer l'hypothèse d'un recouvrement du cirque de l'Infernet par l'étage supraméditerranéen s'il s'agissait de *Sorbus aria*, actuellement présent sur les hauteurs au dessus de 400m (Ali et al., 2008).

Cette hypothèse est toutefois remise en cause par la découverte dans le même niveau d'empreintes foliaires de *Viburnum tinus* et de *Quercus ilex*, tous deux plutôt caractéristiques des habitats mésoméditerranéens. Par ailleurs, un transport des charbons de bois par les eaux de ruissellement sur de relativement longues distances étant possible, il n'est pas exclu que le *Prunus sp.* reconnu soit originaire d'un emplacement dont la situation géographique correspond encore actuellement à l'étage supraméditerranéen.

Bien que les relevés d'empreintes foliaires attestent de la présence de *Quercus ilex* entre 8600 et 8390 BP (Lecoivre et al., 2008), l'absence de *Quercus sempervirent* dans les charbons analysés révèle une faible représentation de celui-ci dans la flore de cette époque.

Peu de changements sont constatés au niveau lacustre C12b : bien que ni *Prunus sp.* ni *Salix sp.* ne soient mis en évidence, le nombre limité d'échantillons analysés et les marges d'erreur qui en découlent ne permettent pas de conclure à leur absence à l'époque du dépôt. Il en va de même pour *Quercus ilex/coccifera*.

Dans les échantillons prélevés sur le niveau lacustre C4a (2180-1870 cal. BP) correspondant à l'époque gallo-romaine, encore dominés par *Pinus* type *sylvestris*, on note la présence de *Quercus sempervirent*, qui implique un accroissement de la représentation de cet espèce dans la flore de cette époque. Par ailleurs, la richesse relative en charbons de bois mise en évidence dans ce niveau (Tab.1) montre une fréquence accrue d'épisodes d'incendie assez marqués, dont l'origine anthropique peut être subodorée : la découverte de matériel archéologique atteste d'une présence humaine sur le site dès le chalcolithique (niveau C9), et à l'âge de bronze tardif (niveau C8e, 3550-3870 cal. BP) (Ali et al., 2008).

On peut donc formuler l'hypothèse que ce niveau correspond à une période concomitante des débuts de l'ouverture du milieu par l'Homme, aboutissant à la mise en place d'une garrigue, formation sclérophylle actuellement dominante dans laquelle *Q. ilex* et *Q. coccifera* sont très représentés.

## CONCLUSION

Malgré l'insuffisante précision des données recueillies, un certain nombre d'hypothèses peuvent être formulées au terme de cette étude.

Premièrement, il semble que l'ensemble du site était sous la domination de pins du type sylvestre, très probablement de *Pinus nigra subsp. salzmanii*. Les populations relictuelles que l'on observe actuellement sur les hauteurs environnantes dériveraient donc de pinèdes de plus grande importance, englobant le cirque de l'Infernet sur une période s'étendant au moins du néolithique (8590-8390 cal. BP) à l'époque gallo-romaine (2180-1870 cal. BP).

L'établissement de la prépondérance de *Quercus sempervirent* serait assez récente, postérieure à 2180-1870 cal. BP. Elle peut être interprétée comme consécutive d'une action anthropique favorisant l'ouverture du milieu, comme la coupe de bois de chauffage, le pâturage, et l'augmentation de la fréquence des incendies due par exemple à des pratiques d'écobuage. Dans cette hypothèse, la fragmentation des populations de Pin de Salzman, et le recul de *Quercus caducifolié* s'expliquerait par leur faible compétitivité par rapport à *Quercus ilex/coccifera* dans ces nouvelles conditions environnementales (Ali et al., 2008).

Le cirque de l'Infernet ayant ensuite fait l'objet de cultures en terrasses du IXe à la fin XIXe siècle (Crifo et al., 2008), l'action de l'Homme sur le milieu, inscrite dans la durée, a donc pu largement contribuer au déclin et à la raréfaction du pin de Salzman dont les populations sont actuellement menacées dans la vallée.

Toutefois, l'association de *Prunus sp.*, de *Sorbus sp.* de *Salix sp.* et la fréquence (toute relative) de *Quercus caducifolié* dans les couches travertineuses les plus anciennes laissent envisager l'éventualité d'un déplacement d'étages bioclimatiques, caractérisé par l'établissement de l'étage mésoméditerranéen sur les zones basses du cirque de l'Infernet anciennement affiliées à l'étage supraméditerranéen. Par ailleurs, la présence d'espèces mésohygrophiles comme *Salix viminalis* ou *S. cinerea* au Néolithique inférieur vient également plaider en

faveur d'un assèchement à long terme du milieu. Ces hypothèses inscraient donc également les dynamiques des populations végétales décrites dans une logique indépendante de l'action humaine, à l'échelle de l'holocène.

L'approfondissement de ces pistes de réflexion permettrait idéalement de mesurer l'importance relative des facteurs anthropiques sur un environnement naturellement en évolution. Chaque outil de reconstruction des paléoenvironnements présentant ses propres limites (Albinet *et al.* 2008, Chevallier *et al.* 2008), le site devrait être exploité par une approche pluridisciplinaire pour une reconstitution de la paléoflore la plus précise et complète possible, avant de donner lieu à une analyse également pluridisciplinaire, faisant appel notamment à la phytosociologie, à l'ethnobotanique, à la paléoclimatologie, à l'archéologie, voire à l'histoire de la région.

## **BIBLIOGRAPHIE**

Albinet C., Fravallo A., Dherbes G., Vanel Q. (2008). De l'arbre au milieu de dépôt : Taphonomie des feuilles avant fossilisation (St Guilhem-le-Désert, Hérault). *OR-PAL synthesis 1*

Ali A. A., Ambert P., André J., Chabal L., Gasco J., Roiron P., Terral J-F. (2008). Holocene hydrological and vegetation changes in southern France inferred by the study of an alluvial travertine system (Saint-Guilhem-le-Désert, Hérault) *C. R. Geoscience*.

Ambert P. (1991). *L'évolution géomorphologique du Languedoc Central (Grands causses méridionaux, Piémont languedocien)*. Thèse d'Etat, université Aix-Marseille II

Chevallier C., Peillon J., Solier E., Zapata J. (2008). Relation pluie pollinique-végétation le long d'un transect (St Guilhem-le-Désert, Hérault). *OR-PAL synthesis 1*

Commission Européenne (1999). Pinèdes (sub-) méditerranéennes de pins noirs endémiques : Pin de Salzmann – *Manuel d'interprétation des habitats de l'Union européenne*, version EUR-15 \*9530, pp. 279-295.

Crifo C., Doufils A., Freyche M., Waty A. (2008). Dynamique de recolonisation post-culturelle à St Guilhem-le-Désert. *OR-PAL synthesis 1*

Lecoivre C, Otis-Marchetti F. Wallon S. (2008). Reconstitution du milieu durant la période néolithique de Saint Guilhem-le-Désert à travers l'étude de la flore

fossile du travertin du gué des Gours. *OR-PAL synthesis 1*

Schweingrüber, F.H. (1978). *Mikroskopische Holz-anatomie*. Eidgenössische Anstalt für das forstliche Versuchswesen, Birmensdorf 226 p.

Schweingrüber, F.H. (1990). *Anatomie europäischer Hölzer*, vol 1&2. Verlag Paul Haupt, Berne und Stuttgart.

Vernet, J-L. (1973), cité par Heinz, C. (1990). Dynamique des populations holocènes en Méditerranée Nord-occidentale d'après l'antracoanalyse de sites préhistoriques : méthodologie & paléoécologie. *Paléobiologie continentale*. Montpellier, 212 p.

Vernet, J-L. (2001). *Guide d'identification des charbons de bois préhistoriques et récents. Sud-Ouest de l'Europe : France, Péninsule ibérique et îles Canaries*. CNRS éditions, Paris, 395p.



**ANNEXE : caractères anatomiques utilisés pour la détermination des taxons rencontrés.**

*Pinus type sylvestris :*

CT : Bois homoxylé, éventuellement avec canaux résinifères dans le bois final.

CLT : Rayons unisériés et bisériés, de hauteur variable, éventuellement avec canaux résinifères.

CLR : Champs de croisement fenestriiformes, trachéides transversales à parois dentées.

*Buxus sp. :*

CT : Bois hétéroxylé, petits pores diffus, nombreux rayons. 2ventuellement, absence de pores en limite de cerne.

CLT : Rayons bisériés, 6-8 cellules de hauteur, hétérogènes.

CLR : Perforations scalariformes à barreaux peu nombreux, petites ponctuations alignées.

*Quercus caducifolié :*

CT : Bois hétéroxylé à zone poreuse à semi-poreuse, disposition flammée des pores. Parenchyme apotrachéal en chaînettes

CLT : Rayons unisériés et bisériés, très gros rayons multisériés.

CLR : Gros vaisseaux courts à perforations simples.

*Quercus sempervirent :*

CT : Bois hétéroxylé à pores diffus disposés en flammes.

Parenchyme apotrachéal en chaînettes

CLT : Rayons unisériés et bisériés, très gros rayons multisériés.

CLR : Gros vaisseaux courts à perforations simples.

*Prunus sp. :*

CT : Bois hétéroxylé (peu de pores observés sur nos échantillons), cellules de rayon rectangulaires nettes, cellules bordantes carrées.

CLT : Rayons multisériés hétérogènes, en fuseau.

CLR : Epaisissements spiralés, perforations simples.

*Salix sp. :*

CT : Bois hétéroxylé, à pores diffus groupés par 2-3 radialement, entre des rayons interrompus régulièrement espacés

CLT : Rayons unisériés hétérogènes, assez hauts.

CLR : Ponctuations rayons-vasseaux larges, perforations simples.

# ÉTUDE DE LA RELATION ENTRE LA PLUIE POLLINIQUE ET LA VÉGÉTATION D'ESPÈCES MÉDITERRANÉENNES SUR UN TRANSECT DU SITE DE SAINT-GUILHEM-LE-DÉSERT (HERAULT)

<sup>1</sup>Clément Chevallier, <sup>2</sup>Julien Peillon,  
<sup>3</sup>Erwan Solier et <sup>4</sup>Jennifer Zapata

**Résumé :** Cette étude palynologique, basée sur du pollen extraits de mousses collectées sur le site de Saint-Guilhem-le-désert, a pour objectif de définir le lien entre la surface de recouvrement de la végétation et la pluie pollinique dans différentes parcelles. Il semble donc possible de reconstruire des paléoenvironnements à partir de cette relation. Pour cela il est nécessaire de bien comprendre et connaître les stratégies écologiques adoptées (entomogamie, barogamie, anémogamie) des dix taxons étudiés ici (*Buxus*, *Pinus sylvestris*, *Quercus ilex* et *pubescens*, *Oleaceae*, *Lamiaceae*, *Asteraceae* (*Cichorioideae* et *Asteroideae*), *Ericaceae*, *Poaceae* et *Viburnum tinus*) pour interpréter les assemblages fossiles. Enfin, cette étude qualifiera certains taxons de bons ou mauvais marqueurs de végétation. Et également de conclure sur la possible qualification d'une zone par un type de végétation, (chênaie ou pinède) à partir de la pluie pollinique.

**Mots clés :** Analyse palynologique, marqueurs de végétation, Saint-Guilhem-le-désert, diagramme pollinique, pollen

**Abstract:** This palynologic study, based on pollen, extracts of collected moss on the Saint-Guilhem-le-Desert site, aims to define the link between the surface recovery of vegetation and the pollen rain fall in different plots. So, it seems possible to rebuild paleoenvironment starting from this relation. For that it is necessary to understand and to know the adopted ecological strategies (entomogamy, barogamy, anemogamy) of the taxa studied here (*Buxus*, *Pinus sylvestris*, *Quercus ilex* and *pubescens*, *Oleaceae*, *Lamiaceae*, *Asteraceae* (*Cichorioideae* and *Asteroideae*), *Ericaceae*, *Poaceae* and *Viburnum tinus*) to interpret the fossil assemblies. Lastly, this study will qualify some taxa of goods or bads markers of vegetation. And also to conclude on the possible qualification from a zone by a type of vegetation, (CHENAIS or PINED) starting from the pollen rain fall.

**Key-words :** Palynologic analyse, vegetation's marker, Saint-Guilhem-le-désert, pollinic diagram, pollen

**A** l'heure où la gestion de l'environnement devient une préoccupation de chacun et où l'aménagement du territoire est fermement réglementé, il devient nécessaire de pouvoir prédire l'évolution de la biodiversité en fonction des contraintes de l'homme et du climat. Mais cela requiert la connaissance et la compréhension de l'évolution passée afin d'élaborer des modèles pour le futur. Il faut ainsi être capable de déterminer quelle était la composition de la végétation dans un endroit donné alors qu'il n'en existe aujourd'hui plus aucune trace directement visible. Pour cela plusieurs méthodes existent comme l'étude des macrorestes, des microcharbons, du faciès sédimentaire, des sondages dendrologiques ou encore du

pollen. Nous allons nous intéresser ici à la méthode du pollen qui

Centre de Bio-Archéologie et Ecologie UMR 5059 CNRS,  
Institut de Botanique, 163 rue A. Broussonet, 34090  
Montpellier. Université Montpellier 2 (Sciences et Techniques  
du Languedoc). Place Eugène Bataillon. 34095 Montpellier,  
France.

<sup>1</sup>chevallier.clement@gmail.com, <sup>2</sup>jul.peillon@wanadoo.fr,  
<sup>3</sup>rouanito2@hotmail.com, <sup>4</sup>jenkelly34@hotmail.com

consiste à déterminer la composition de la végétation en fonction de la pluie pollinique. Plus exactement, nous allons déterminer comment la pluie pollinique peut être exploitée (Court-Picon M. *et al* 2005). Les grains de pollen sont les gamétophytes mâles porteurs des gamètes mâles des végétaux supérieurs (gymnospermes et angiospermes).

Il est indispensable de connaître les modes de dispersion du pollen de chaque espèce pour mieux interpréter les assemblages fossiles. Toute la difficulté consiste à déterminer quelles sont les espèces qui sont de bons marqueurs de la végétation, c'est à dire celles dont la présence du pollen correspond à une présence d'individus sur le milieu dans des proportions prédictibles. Nous allons enfin tenter d'établir des assemblages polliniques permettant d'établir une prédiction du type de milieu, parmi ceux que nous étudions. C'est pour cela que notre étude dans le massif de l'Espinouse, sur la commune de Saint-Guilhem-le-Désert, consistera à relever et identifier les grains de pollen piégés dans les mousses et à les comparer à la végétation présente.

## MATÉRIELS ET MÉTHODES

### Matériel biologique

Le pollen (Reille M., 1990) : Il est constitué d'un système de parois : le sporoderme, composé d'une couche interne et d'une couche externe. La première, l'intine, est de nature pectocellulosique. La deuxième, l'exine, est composée de sporopollenine, un polymère d'une solidité extrême, qui résiste à tout sauf à l'oxydation et qui permet de conserver le gamète durant des millénaires voir des millions d'années. Cette exine est elle même double : on distingue l'endexine, couche interne non structurée, de l'ectexine, couche externe qui porte des ornements qui caractérisent l'espèce. Ainsi, un grain de pollen est d'abord caractérisé par l'aperture. Celle ci peut-être:

- présente (aperturé) ou absente (inaperturé)
- en forme de pore (poré), de sillon (colpé), ou de sillon formant un pore au milieu (colporé).
- unique (monoporé/monocolpé/mono colpé), trois apertures (Tri-), plus de trois situées en position méridienne (stéphano-), plus de trois situées sur toute la surface (péri-).

De plus, le grain de pollen peut présenter:

- Des motifs caractéristiques (maillés, réticulés, échinulés).
- Des expansions éventuelles, c'est le cas du Pin d'Alep, dont les grains sont flanqués de deux ballonnets permettant un action plus efficace du vent sur leur dispersion.

Mousses : Les mousses ont la particularité de capter et de conserver les grains de pollen qui s'y déposent du fait de leur humidité et de leur acidité idéale pour la conservation de la pluie pollinique.

Espèces concernées par l'étude : Notre étude porte sur les taxons suivants : *Buxus sp.* (Buis) / *Ericaceae* (Bruyères) / *Oleaceae* (Oliviers) / *Pinus sylvestris* type (Pins) / *Quercus ilex* type (Chênes vert) / *Quercus pubescens* type (Chênes blanc) / *Viburnum tinus* (Lauriers tin) / *Asteraceae* (Pissenlits) / *Lamiaceae* (Lamiers pourpre) / *Poaceae* (Brachypodes). Ce choix s'est effectué en considérant l'intérêt écologique de ces taxons (forte représentativité dans notre transect) ainsi que sur le caractère typique de leurs grains de pollen qui permettra de limiter les erreurs lors des comptages.

### Travail de terrain

Cette étude porte sur six milieux différents le long d'un transect

de 6,25 km et d'une largeur de 2,5 dans le massif de l'Espinouse, dans l'Hérault, plus précisément entre le village de Saint Guilhem et le lieu-dit « Les Lavagnes ».

| Milieu n° | Végétation dominante                | Milieu                       | Altitude (m) |
|-----------|-------------------------------------|------------------------------|--------------|
| 1         | <i>Quercus ilex</i>                 | chênaie                      | 140          |
| 2         | <i>Poaceae</i> ,<br><i>Oleaceae</i> | terrasse                     | 110          |
| 3         | <i>Quercus coccifera</i>            | terrasse<br>chênes<br>kermes | 270          |
| 4         | <i>Pinus nigra salzmanii</i>        | pinède mixte                 | 340          |
| 5         | <i>Romarinus officinalis</i>        | terrasse<br>erica            | 340          |
| 6         | <i>Poaceae</i>                      | lande buis                   | 500          |

Tableau 1: caractéristiques des quadrangulaires étudiés.

Le climat est de type méditerranéen, le vent souffle généralement fort. La végétation dominante est de type garrigue. Il s'agit d'un sol de calcaire du Jurassique. Pour l'étude de chacun des 6 milieux 6 quadrangulaires sont définis. Un quadrangulaire se définit comme un carré de 20 mètres sur 20 mètres dans lequel sont listés les espèces présentes. Si des espèces différentes à proximité du carré sont observées, ce carré est étendu par tranche de 5m<sup>2</sup>, jusqu'à avoir une liste exhaustive des espèces. (Ortu *et al.*, 2004).

Un relevé de végétation est effectué dans chacun en établissant une évaluation du recouvrement en 6 classes: ceci donne une idée de la représentativité de chaque espèce sur le quadrangulaire. Pour cela la surface du végétal est projetée virtuellement au sol et rangée dans une classe correspondant à un pourcentage de recouvrement. Il y a ainsi 6 classes: <1% (représentée par un +), 1-5% (classe 1), 5- 25% (classe 2), 25-50% (classe 3), 50-75% (classe 4) et 75-100% (classe 5). Ce travail permet de connaître la végétation de chaque zone. Dans chaque quadrangulaire, sont prélevés plusieurs échantillons de mousses. Après extraction et comptage des grains, la pluie pollinique pourra être ainsi fidèlement restituée.

### Travail de laboratoire

Pour extraire le pollen de ces mousses, en laboratoire, nous utilisons un protocole (voir Annexe 1) qui vise à détruire tout matériel biologique et minéral de nos prélèvements de mousses, pour ne conserver que les grains de pollens, dont l'exine résiste à ces traitements. De l'acide chlorhydrique est utilisé afin de détruire les carbonates, de l'acide sulfurique pour éliminer la matière organique et de l'acide fluorhydrique pour supprimer la silice. Nous diluons les échantillons dans de la glycérine pour éviter une concentration trop importante. 2,5µL de chaque échantillon est prélevé puis déposé entre lame et lamelle. La lamelle est alors fixée par de l'hystolaque. Pour chaque échantillon 2 lames seront préparé afin d'assurer un comptage de 500 pollen par zone d'étude, ainsi douze lames pourront être étudié.

Sur les lames préparées nous entreprenons de reconnaître les grains de pollen des espèces sur lesquels nous travaillons. Pour cela nous créons des feuilles de comptage listant chacun des taxons, assortis d'une catégorie « indéterminés » dans laquelle le compteur classe

les grains qui ne sont pas ceux recherchés ou qui sont trop abîmés pour pouvoir les déterminer.

Chaque compteur étalonne avec soin son microscope grâce à la méthode de Köhler. (Reille M., 1990). Le compteur parcourt sa lame selon une ligne : mis à part la vis micrométrique il ne fait varier qu'un seul axe. Si à l'issue de la première ligne il n'a pas comptabilisé 100 grains il réitère le comptage sur une deuxième ligne qu'il doit parcourir en entier. Il identifie au fur et à mesure les grains qu'il rencontre et les comptabilise sur la feuille (Reille, 1999). Un amas de grains de pollen compte pour 1.

Chacune des quatre personnes du groupe ainsi que l'enseignant tuteur passe une fois sur chaque échantillon. A l'issue des comptages on détermine les sommes polliniques : pour une espèce d'une même lame (i.e.: d'une même zone), les relevés de chaque compteur sont additionnés, ce procédé étant réitéré pour chaque espèce et pour chaque lame. Chacune des sommes sera exploitée sous forme de pourcentage en la reportant à la quantité de pollen total comptée, toutes espèces confondues, sur chaque lame.

Les résultats seront synthétisés dans un tableur avec lequel nous réalisons les graphiques présentés ci-après, ainsi que dans GpalWin (Goery C. 1997) pour l'élaboration du diagramme pollinique.

sans l'aide de l'enseignant. Les proportions (en %) issus du comptage de ce dernier sont représentées dans la colonne « enseignant ».

La figure 1 montre la relation entre la surface de recouvrement d'un taxon (en classe) et la proportion qu'il représente dans la pluie pollinique (en %) pour chaque site donné. Il faut tout d'abord comprendre que la composition du couvert végétal varie selon nos sites d'étude. Ainsi un taxon est plus ou moins fortement présent sur chaque parcelle.

Plusieurs cas de figure se dégagent alors:

Tout d'abord certains taxons affichent leurs plus forts pourcentages de représentation dans la pluie pollinique sur des sites où ils sont les plus présents. Les Ericaceae reflètent, de cette manière, 5,62 % du pollen récolté sur la Terrasse à Ericaceae et une surface de recouvrement de classe 3. De la même manière dans la Lande à buis, les taxons *Buxus* et *Poaceae* prennent part à la pluie pollinique en leur proportion maximale (avoisinant toutes deux 10%) et représentant dans le couvert végétal des classes respectives de 2 et 5. Dans la Pinède mixte, les taxons *Pinus* et *Viburnum tinus* illustrent également ce cas, avec entre 50 et 75% du couvert végétal (classe 4), lié à un nombre de pollen représentant 64,53% de la pluie pollinique pour le premier et 5,58 % pour le second. Les bonnes corrélations entre le relevé de végétation et la somme pollinique, au moins pour les parcelles citées, pour les taxons *Buxus*, *Pinus* sont, *Poaceae* ou encore *Viburnum tinus* sont confirmées par des valeurs de  $R^2 \geq 0,25$  et des corrélations positives.

Ensuite pour certaines zones d'études, il existe des taxons présentant leur plus faible proportion dans la pluie pollinique alors qu'ils expriment sur ce même lieu leur surface de recouvrement maximale. C'est le cas d'Oleaceae qui sur le site Terrasse décrit entre 25 et 50 % du couvert végétal (classe 3) alors que dans la somme pollinique de ce site il ne reflète que 3,88 %. Des taxons tels que Lamiaceae, *Viburnum tinus*, et Asteraceae sont même représentés par moins de 1% de la pluie pollinique pour certains sites, alors que leur surface de recouvrement représentent respectivement des classes de 5 pour la Terrasse à Ericaceae, 4 pour la Chênaie et 3 dans la Lande à buis. Ces non-corrélations entre le relevé de végétation

et la somme pollinique se traduisent par des  $R^2 \leq 0,25$  pour ces taxons. La corrélation peut, en outre, être négative, comme pour le taxon Lamiaceae ce qui la rend non-significative.

Enfin, il est étonnant de constater sur certains milieux, des taxons complètement absent du couvert végétal mais présent dans le pollen qui y est collecté. Ainsi sur les sites Terrasse et Terrasse chêne kermès, les taxons *Pinus* et *Quercus Ilex* affichent une classe de surface de recouvrement 0. Pourtant le premier taxon exprime respectivement 26,70% de la pluie pollinique d'un site et 15,62% de l'autre site. Le taxon *Quercus ilex*, lui, reflète respectivement 23,14% du pollen récolté sur un site et 42,22 % du second site. Le taxon *Quercus pubescens* n'est présent sur aucun des sites prospectés alors que le comptage de la pluie pollinique l'a révélé en proportions allant de 2,46% à 15,81%.

Sur le graphique le taxon *Quercus ilex* présente un pourcentage dans la pluie pollinique allant de 42,22 % sur le site terrasse chêne Kermès alors qu'il est absent de la végétation. Sa surface de recouvrement est pourtant maximale (classe 5) dans la chénaie tout en reflétant 23,34 % de la pluie pollinique.

La figure 2 présente le diagramme pollinique réalisé à l'aide des logiciels Excel, GpalWin et Corel Draw. Il représente en ordonnée la quantité de pollen de chaque espèce et en abscisse le suivi du transect qui a été déterminé et dont la topographie est représentée au-dessus du diagramme. Les résultats sont exprimés d'après la synthèse des relevés de végétation (répartitions en classes pour chaque espèce) et des comptages de pollen (somme pollinique).

Nous pouvons observer sur ce diagramme que *Pinus* et *Quercus* sont les espèces les plus fortement représentées. En effet, ces taxons sont toujours représentés par au moins 10% du pollen piégé. Il est à noter également que les *Lamiaceae*, les *Asterideae* ainsi que les *Cichoroideae* ne sont jamais représentés par plus de 1% du pollen. En ce qui concerne le pollen des *Oleaceae*, des *Ericaceae* et *Viburnum tinus*, il n'est jamais présent à plus de 5%. Le pin est clairement surreprésenté sur le site Lande à *Erica* (63%) et atteint son minimum dans les Terrasses chênes Kermès (15%). Les indéterminés sont généralement compris entre 10 et 20 %. La quantité de pollen de *Buxus* ne dépasse jamais 4% sauf dans la Lande à buis où il atteint un pic à 12%. Parmi le pollen piégé par les mousses, on remarque que dans la zone Terrasse chêne Kermès, plus d'1 pollen sur 3 appartient au taxon *Quercus ilex* tandis que dans la Pinède il n'est qu'à 12%.

Tab.2: Les données ne suivant pas une loi normale (test de Shapiro avec R). C'est donc le test non paramétrique de Spearman qui a été choisi pour tester l'hypothèse de non-corrélation entre le couvert végétal et la quantité de pollen dans une zone donnée, pour chaque taxon. Nous choisissons un seuil d'erreur de première espèce de 10%. Pour ce seuil, les P-values renvoyées par le test nous permettent de conclure à une corrélation statistiquement significative pour les taxons *Poaceae* et *Asteraceae*. On a moins de 7% de chances de se tromper pour *Asteraceae* et moins de 1% pour *Poaceae*.

Pour les autres taxons ce test nous conduit à conclure à une absence de corrélation.

Tab.2: La colonne «Ecart-Type» révèle un fort écart-type pour *Pinus sylvestris* (50,3), *Quercus ilex* (61,3) et *Quercus pubescens* (18,6). Un écart type significatif apparaît également chez *Pistacia terebentus* (16,8). Ceci révèle une hétérogénéité des différents comptages sur chaque

## Résultats

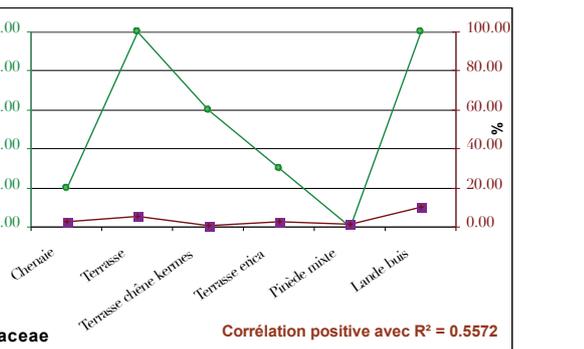
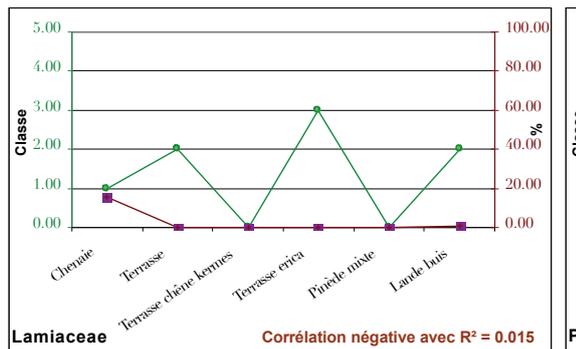
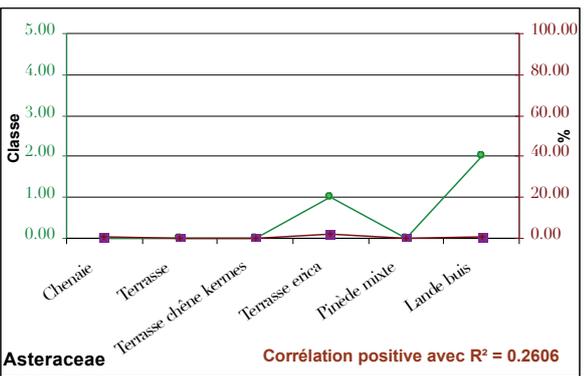
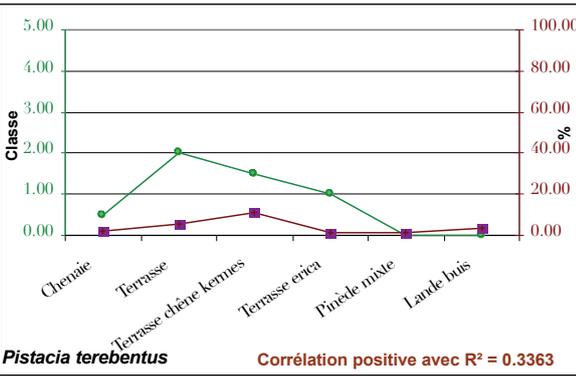
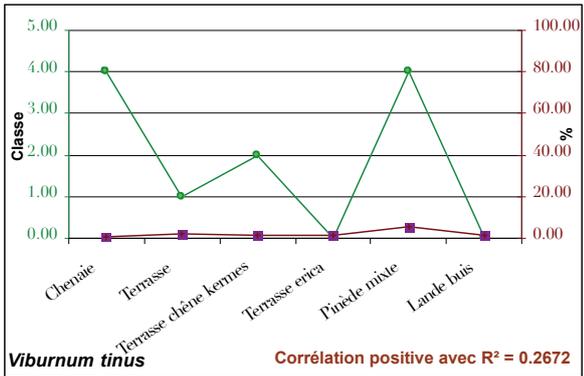
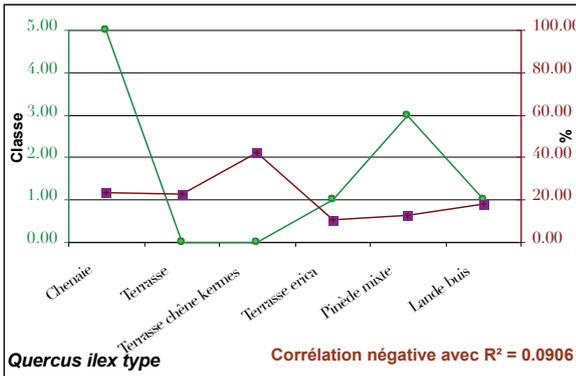
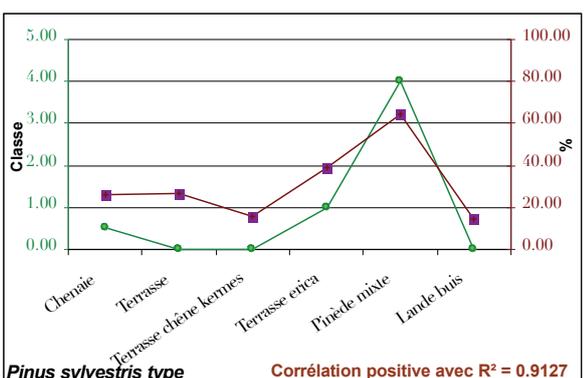
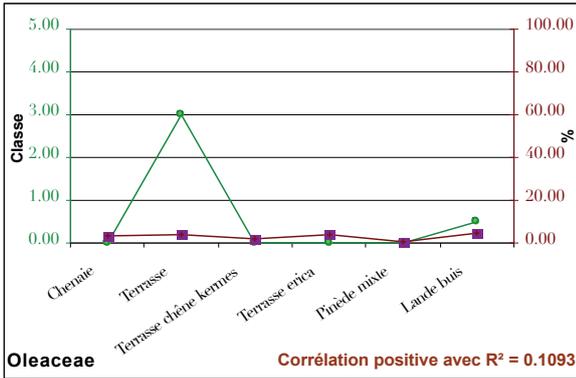
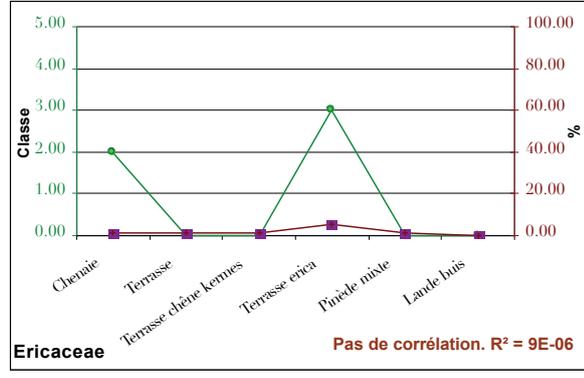
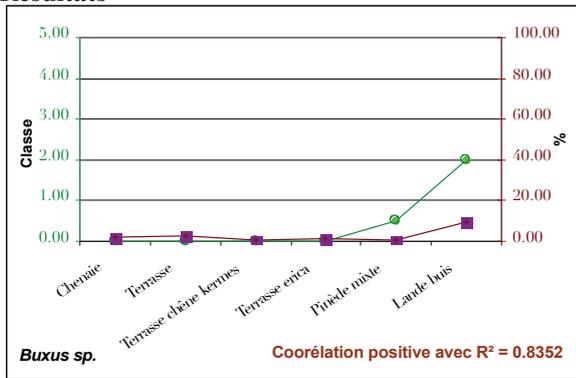


Figure 1 : corrélation entre les relevés de végétation et la somme pollinique, pour chaque taxon. Relevés de végétation (vert) et pollinique (mauve).

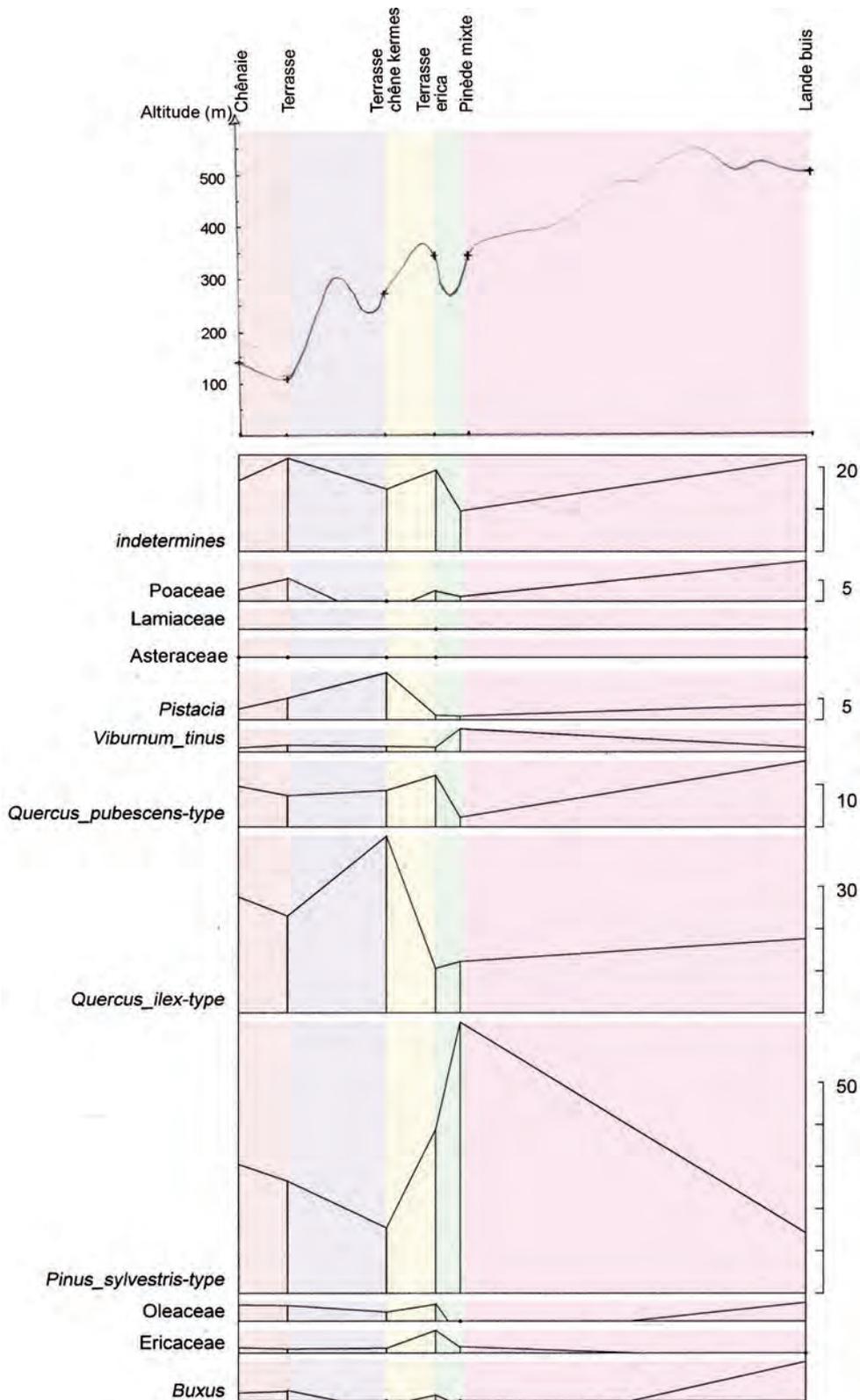


Figure 2 : Diagramme pollinique assortie du relevé topographique tu transect. L'ordonnée représente la quantité de pollen de chaque espèce et l'abscisse représente le suivi du transect. La topographie est représentée grâce à un dessin disposé au dessus du diagramme.

| Espèce               | Ecart-Type | Groupe | Enseignant |
|----------------------|------------|--------|------------|
| Buxus                | 5.6        | 2.2    | 2.8        |
| Ericaceae            | 7.5        | 2.4    | 1.7        |
| Oleaceae             | 5.8        | 3.7    | 1.6        |
| <i>P. sylvestris</i> | 50.3       | 30.3   | 22.7       |
| <i>Q. ilex</i>       | 61.3       | 21.9   | 36.3       |
| <i>Q. pubescens</i>  | 18.6       | 10.9   | 5.7        |
| <i>V. tinus</i>      | 3.2        | 2.1    | 0.9        |
| <i>P. terebentus</i> | 16.8       | 6.0    | 3.3        |
| Asteraceae           | 1.7        | 0.6    | 1.1        |
| Lamiaceae            | 0.6        | 0.0    | 0.3        |
| Poaceae              | 5.9        | 2.8    | 4.7        |
| Indéterminés         | 25.9       | 17.2   | '18.9      |

Tableau 2 : Ecart-type et écart des comptages pour chaque espèce.

La colonne « Ecart-type » indique l'écart -type des comptages de tous les compteurs. La colonne « Groupe » présente les proportions de pollen (en %), pour chaque espèce toutes lames confondus que nous avons déterminé

lame.

Nous suréstimons les taxons *Ericaceae*, *Oleaceae*, *P. sylvestris*, *Q. pubescens*, *V.tinus*, *P. terebentus* par rapport à l'enseignant. Au contraire, les taxons *Q. ilex*, *Asteraceae*, *Lamiaceae* sont sous-estimés.

## Discussion

Nous allons d'abord étudier l'efficacité des différents taxons en tant que marqueurs de la végétation. Pour cela, la quantité de pollen captée dans les mousses doit être en corrélation avec la représentativité d'un taxon sur les sites. Toutefois les taxons *Quercus-ilex* et *Lamiaceae* ne présentent pas une corrélation significative (corrélation négative).

Alors les études conjointes du diagramme pollinique (Fig. 2) et des graphiques (Fig.1), nous permettent d'affirmer que les taxons *Buxus* et *Pinus* sont d'excellents marqueurs de leur milieu respectif (Lande à Buis et Pinède mixte). En effet, lorsqu'ils représentent une forte proportion de la somme pollinique, on retrouve une forte abondance de ces taxons dans ces relevés de végétation ( $R^2$  proche de 1).

Malgré une corrélation des deux courbes significative, les taxons *Asteraceae*, *Viburnum tinus*, *Pistacia terebentus*, et *Poaceae* présentent une valeur de  $R^2$  rendant leur exploitation dans la reconstruction des paléoenvironnements moins fiable.

*Lamiaceae*, *Ericaceae*, *Oleaceae*, *Quercus ilex* sont quant à eux de mauvais marqueur avec un  $R^2$  faible ou avec une corrélation négative.

Nous pouvons tenter d'expliquer nos résultats par différents facteurs influençant l'enregistrement pollinique. Lorsque l'on constate une absence d'un taxon dans la zone d'étude (classe=0) alors que la pluie pollinique révèle la présence de ce taxon on comprend que le pollen de celui-ci provient d'un apport plus ou moins lointain. C'est notamment le cas, comme on a pu le voir, de *Quercus pubescens*, *Quercus ilex* et *Pinus*. A l'inverse, des taxons sont fortement représentés dans le couvert végétal d'un site, mais leur pollen n'est pas présent en proportions significatives, cela révèle donc des modes de dispersion du pollen différents:

-anémogamie : *Poaceae*, *Pinus*, *Quercus ilex*, *Pistacia*. Ce type de dispersion permet au taxon de polliniser des zones éloignées du lieu de production. Cette production se veut massive puisque non ciblée, caractéristique d'une stratégie démographique de type r (MacArthur & Wilson, 1967). Cela est notamment le cas du *Pinus sylvestris* qui grâce à la structure caractéristique à 2 ballonnets de son pollen, colonise tous les milieux étudiés.

-entomogamie: *Asteraceae*, *Lamiaceae*, *Ericaceae*, *Oleaceae*, *Viburnum*. Le but est d'avoir une production faible mais un succès de fécondation plus élevé. La dispersion se fait à l'échelle plus locale car ce sont des insectes qui dispersent les grains de pollen. On parle de stratégie démographique de type k.

-barogamie: *Buxus*. Ce mode de dispersion est simplement lié à l'apesanteur, donc le pollen n'est présent qu'à l'échelle locale. Pour une étude plus poussée, il aurait été possible de mesurer l'influence de facteurs comme la maturité et la taille des individus d'un taxon sur un site. En effet, on comprend que plus les individus sont âgés et grands, plus ils développent de fleurs par saison, et donc plus la quantité de pollen produit augmente. De même, les variations de relief, ou le piège que constitue une forêt pour la dispersion vers les hauteurs du pollen d'espèces anémogames situées à moyenne et basse altitude (on parle d'effet de rideau), sont aussi à prendre en compte (Orty & Al., 2004).

Dans le cas d'étude de corrélation, il existe des tests statistiques confirmant les exploitations des données, mais ils nécessitent un plus grand nombre de répliques.

A partir des résultats (Fig.1 et Fig.2) et des données numériques (Annexe 2) nous entreprenons de caractériser les milieux sur lesquels nous travaillons par des assemblages polliniques. Nous procédons en plusieurs étapes.

| Milieu                       | A                           | B  | C                                     |
|------------------------------|-----------------------------|--|---------------------------------------|
| <b>Chenaie</b>               | Ericaceae<br><i>V.tinus</i> | <i>Q. ilex</i>   | Lamiaceae<br><i>P.sylvestris</i>      |
| <b>Terrasse</b>              |                             | <i>P.terebentus</i><br>Oleaceae<br>Poaceae             | <i>P.sylvestris</i><br><i>Q. ilex</i> |
| <b>Terrasse chêne kermes</b> | Poaceae<br><i>V.tinus</i>   | <i>P. terebentus</i>                                   | <i>Q.ilex</i>                         |
| <b>Terr.Erica</b>            | Lamiaceae                   | Ericaceae<br>Poaceae                                   | <i>P.sylvestris</i>                   |
| <b>Pinède mixte</b>          | Ericaceae                   | <i>P.sylvestris</i><br><i>Q.ilex</i><br><i>V.tinus</i> |                                       |
| <b>Lande à buis</b>          | Asteraceae<br>Lamiaceae     | <i>B.sempervirens</i><br>Poaceae                       | <i>Q.ilex</i><br><i>P.sylvestris</i>  |

Caractérisation des milieux par leurs assemblages polliniques.

Etape 1. Pour chaque milieu, nous déterminons quels sont les grains de pollen susceptibles d'être représentatif du milieu. Pour cela nous classons en 3 catégories :

**A** : Espèces dont le pollen est peu présent: <2% mais qui est présente dans la végétation: classe  $\geq 1,5$

**B** : Espèces pour lesquelles on relève une quantité significatif de pollen:  $\geq 2\%$  - et présentes significativement dans la végétation: classe  $\geq 1,5$

Espèces pour lesquelles on relève beaucoup de pollen:  $\geq 10\%$  mais qui ne sont pas très représentées dans la végétation: classe <1,5.

Etape 2. Pour chaque milieu, on relève les espèces qui y sont bien représentées (classe  $\geq 1,5$ ), dans l'optique de corréler la présence de l'espèce avec la présence de son pollen.

**Chenaie:** Ericaceae, *Q. ilex*, *V. tinus*

**Terrasse:** Poaceae, Oleaceae, Pistacia, Lamiaceae

**Terrasse chêne kermes:** *V. tinus*, Poaceae, *P. terebentus*

**Terrasse Erica:** Lamiaceae, Ericaceae, Poaceae

**Pinède mixte:** Ericaceae, *P. sylvestris*, *Q. ilex*, *V. tinus*

**Lande à buis:** *B.sempervirens*, Asteraceae, Lamiaceae, Poaceae

Mais le plus souvent, les grains de pollen sont tous présent un peu partout. On ne peut pas utiliser le fait qu'on relève le pollen d'une espèce comme marqueur de sa présence dans le milieu, même si c'est le cas. Il faut que sa quantité dans la zone considérée se démarque des autres zones.

Le paragraphe ci-après montre, pour chaque taxon, dans quels zones la quantité de leur pollen se démarque des autres zones. C'est la troisième étape.

*B. sempervirens*: Lande buis.

**Ericaceae:** Terrasse erica.

**Oleaceae:** aucun

*P.sylvestris*: Pinède mixte,

*Q. ilex*: Terrasse chêne kermes.

*V. tinus*: Pinède mixte.

*P. terebentus*: terrasse chêne kermes, terrasse, lande à buis.

**Asteraceae:** Terrasse erica.

**Lamiaceae:** Chenaie, Lande buis.

**Poaceae:** Terrasse, Terasse erica, Lande buis.

Nous pouvons alors déterminer les assemblages polliniques suivants, assortit du pourcentage qu'on s'attend à trouver lors des comptages.

**Chenaie:** pas de combinaison possible.

**Terrasse:** *poaceae* (5,50%), *P. terebentus* (5,34%)

**Terrasse chêne kermes:** *P. terebentus* (11,41%)

**Terrasse Erica:** Ericaceae (5,62%), Poaceae (2,53), Lamiaceae (0,14).

**Pinède mixte:** *P. sylvestris* (64,53), *V. tinus* (5,58)

**Lande à buis:** *B. sempervirens* (9,32), Poaceae (9,86), Lamiaceae (0,41)

### Quelle confiance accorder à nos données ?

D'après le tableau 2 (Tab.2), les comptages diffèrent sensiblement entre les compteurs pour les taxons *Pinus sylvestris*, *Quercus ilex* et *Quercus pubescens*. Pour *P. sylvestris* cette hétérogénéité est dû au grand nombre de grains de pollen qu'il disperse. Il est ainsi fréquent de rencontrer des zones de fortes concentrations. Notre protocole veut qu'un amas compte pour 1. Les compteurs qui ont rencontré de telles zones les ont comptés comme des amas, donc pour 1. Les compteurs qui ont parcourus un endroit de la lame où le pollen était plus harmonieusement distribué ont donc compté d'avantage de grains.

Pour les deux espèces du genre *Quercus* cette hétérogénéité est due à la forte ressemblance de leur pollen. Nous les avons souvent confondus. En comparant nos comptages à ceux de l'enseignant-chercheur il apparaît que nous avons eu tendance à prendre le pollen de *Quercus ilex* pour du pollen de *Quercus pubescens*. L'hétérogénéité des recensements du pollen de *Pistacia terebentus* ainsi que notre surestimation s'explique par la difficulté à l'identifier par rapport aux autres.

Ces erreurs nous invitent à reconnaître que nos données ne sont pas exactes. Cependant, il n'a pas été commis d'erreur majeure lors des comptages: nos relevés sont cohérents avec ceux de l'enseignant. On peut donc les exploiter avec confiance.

Notons également l'existence de biais à notre étude. Le premier est que les relevés végétatifs ont été effectués en hiver. Les espèces à feuillage caduc représentaient donc une surface de recouvrement sous-estimé par rapport à la saison estivale. De même, nombre d'espèces annuelles qui se développent à la belle saison n'étaient pas présente. Les espèces printanières et plus tardives, quant à elles, n'étaient pas en fleurs et ne produisaient donc pas de pollen. Nos mesures et nos interprétations sont donc très dépendantes de la saison.

Le deuxième est que les relevés végétatifs ne sont pas des mesures précises mais des estimations effectuées et concertées par les membres du groupe.

## CONCLUSION

Une corrélation globale évidente est remarquable entre les relevés de végétation (présence d'individu d'une espèce sur un site étudié) et la quantité de pollen piégé dans les mousses (du même site). Cependant, des variations sont à observer chez certaines espèces dues à plusieurs facteurs, notamment la taille des individus et leur stratégie de pollinisation adoptée (barogamie, anémogamie et entomogamie). Par exemple, le taxon *Pinus sylvestris* possède un pollen formé de ballonnets ce qui favorise sa dispersion. Il existe par ailleurs d'autres facteurs qui influencent la pluie pollinique, rendant ainsi les corrélations difficiles avec les relevés de végétations. Ce

sont des facteurs environnementaux comme le relief, l'orientation de la zone, le vent, le climat, présence de forêts et donc de barrières pouvant interférer dans la dissémination du pollen. Suite à notre étude palynologique, on s'aperçoit que certaines espèces sont de très bons marqueurs au niveau local, attestés par le fait que le pollen piégé dans les mousses est bien représentatif de la végétation présente sur le site. Cette étude nous aura également permis de caractériser certains milieux par des assemblages polliniques caractéristiques. Cependant, notre étude est à relativiser à cause de biais comme les estimations des relevés végétatif, la saison à laquelle l'étude est effectuée, la difficulté d'identifier les pollen et la rigueur des manipulations d'extraction du pollen.

Ce principe d'étude palynologique donc peut être appliqué à la reconstitution de paléoenvironnements (Gaillard M-J., 1984). Ceux-ci, peuvent être reconstitués grâce aux bons marqueurs qui retracent fidèlement le couvert végétal local. La limite de ce principe se rencontre au niveau de certains taxons qui sont de mauvais marqueurs et sur lesquels on ne peut pas s'appuyer. Notre étude a ainsi montrée que nous pouvons utiliser le pollen pour reconstituer la végétation passée en milieu donnée. Mais cette méthode ne se suffit pas à elle-même, elle doit être associée à d'autres techniques qui permettent de déterminer la composition du sol, de l'air et de la faune. Ainsi, une reconstitution complète de l'environnement passé pourra être élaboré.



## BIBLIOGRAPHIE

Court-Picon M., Buttler A. & Beaulieu J-L.(2005). *Moder pollen-vegetation relationships in the Champsaur valley (French Alps) and their potential in the interpretation of fossil pollen records of past cultural landscapes. Review of Palaeobotany and Palynology*. 135p.

Reille M. (1990) *Leçon de palynologie et d'analyse pollinique*. Edition du CNRS. 206 p.

Reille M..(1999) *Pollen et spores d'Europe et d'Afrique du Nord*. Seconde édition, laboratoire de botanique historique et palynologie. 535 p.

## ANNEXES

### **Annexe 1: Protocole d'extraction du pollen.**

- 1) mesurer une petite quantité de sédiments (1 cm<sup>3</sup>).
- 2) tester s'il y a des carbonates avec du Hcl  
Ajouter de l'eau puis centrifuger.
- 3) Rincer à l'eau puis centrifuger.
- 4) Mettre le sédiment dans un bêcher de 200 cc « haut ». Ajouter 50 cm<sup>3</sup> de KOH par bêcher. Placer les bêchers directement sur la plaque chauffante pendant 5 à 10 minutes.
- 5) Filtration sur filtre métallique (maille = 180 µm) avec de l'eau.  
Centrifuger dans des tubes en plastique et recommencer autant de fois que nécessaire.
- 6) Rincer avec de l'eau et centrifuger.  
Réunion éventuelle des culots suivant leur taille.
- 7) Solution de HF 70 % (attention danger !  
Mettre gants et lunettes !!! ) Et mettre en suspension avec un agitateur en Téflon.  
(Laisser 1 nuit)
- 8) ajouter de l'eau et centrifuger.

Goeury C. (1997). *Gpalwin : gestion, traitement et représentation des données de la paléocologie. Actes du XV. Symposium de l'APLF, Lyon*, 31p.

Ortu E., David F. & Caramiello R.(2004). *Effet des paramètres locaux sur le développement de la végétation dans le Vallon de St. Anna-di-vinadio (Alpes Maritimes; Italie)*. *Ecoscience*, 12 (1): 122-135.

MacArthur R. & Wilson E-O. (1967). *The theory of Island Biogeography*. Princetone University press (2001 reprint) 224 p.

Gaillard M-J. (1984) *Étude palynologique de l'évolution tardi- et postglaciaire du Moyen-Pays Romand*. Thèse de doctorat, 581p.

9) Mettre un fond de HCl pur et de l'eau, chauffer au bain-marie 10 minutes et centrifuger.

Recommencer autant de fois que nécessaire.

10) Transvaser le culot dans un tube en verre avec de l'eau et centrifuger; réunion éventuelle des culots suivant leur taille.

11) Déshydrater avec de l'acide acétique puis centrifuger. Mettre la hotte en marche.

12) Incorporer le liquide électrolysant (après l'avoir préalablement préparé dans une éprouvette ≈ 20 mL pour 4 tubes) et mettre au bain-marie pendant 3 minutes. (ce mélange est à utiliser immédiatement). Mettre l'acide acétique anhydre puis l'acide sulfurique ! (9/10 et

1/10) stopper la réaction et équilibrer pour centrifuger avec de l'acide acétique.

13) Rincer avec de l'eau et centrifuger

14) récupérer le culot à l'aide d'éthanol avec un «pipetman »

15) mettre culot + alcool dans un pilulier et centrifuger.

16) Retourner les piluliers sur du papier essuie-tout pendant 3 minutes

17) mettre de la glycérine pour recouvrir totalement le culot.

## ANNEXE 2

### *Buxus sempervirens*

|                       | Relevés de veg. | % pollen |
|-----------------------|-----------------|----------|
| Chenaie               | 0,0             | 1,76     |
| Terrasse              | 0,0             | 2,43     |
| Terrasse chêne kermes | 0,0             | 0,89     |
| Terrasse erica        | 0,0             | 1,40     |
| Pinède mixte          | 0,5             | 0,49     |
| Lande buis            | 2,0             | 9,32     |

### Ericaceae

|                       | Relevés de veg. | % pollen |
|-----------------------|-----------------|----------|
| Chenaie               | 2,0             | 1,22     |
| Terrasse              | 0,0             | 1,13     |
| Terrasse chêne kermes | 0,0             | 1,33     |
| Terrasse erica        | 3,0             | 5,62     |
| Pinède mixte          | 3,50            | 1,48     |
| Lande buis            | 0,0             | 0,14     |

### *Pinus sylvestris type*

|                       | Relevés de veg. | % pollen |
|-----------------------|-----------------|----------|
| Chenaie               | 0,5             | 25,92    |
| Terrasse              | 0,0             | 26,70    |
| Terrasse chêne kermes | 0,0             | 15,62    |
| Terrasse erica        | 1,0             | 39,04    |
| Pinède mixte          | 4,0             | 64,53    |
| Lande buis            | 0,0             | 14,46    |

### *Quercus ilex type*

|                       | Relevés de veg. | % pollen |
|-----------------------|-----------------|----------|
| Chenaie               | 5,0             | 23,34    |
| Terrasse              | 0,0             | 23,14    |
| Terrasse chêne kermes | 0,0             | 42,22    |
| Terrasse erica        | 1,0             | 10,81    |
| Pinède mixte          | 3,0             | 12,48    |
| Lande buis            | 1,0             | 17,84    |

### *Viburnum tinus*

|                       | Relevés de veg. | % pollen |
|-----------------------|-----------------|----------|
| Chenaie               | 4,0             | 0,95     |
| Terrasse              | 1,0             | 1,78     |
| Terrasse chêne kermes | 2,0             | 1,39     |
| Terrasse erica        | 0,0             | 1,26     |
| Pinède mixte          | 4,0             | 5,58     |
| Lande buis            | 0,0             | 1,22     |

### *Pistacia terebentus*

|                       | Relevés de veg. | % pollen |
|-----------------------|-----------------|----------|
| Chenaie               | 0,5             | 2,31     |
| Terrasse              | 2,0             | 5,34     |
| Terrasse chêne kermes | 1,5             | 11,41    |
| Terrasse erica        | 1,0             | 1,26     |
| Pinède mixte          | 0,0             | 1,15     |
| Lande buis            | 0,0             | 3,78     |

### Lamiaceae

|                       | Relevés de veg. | % pollen |
|-----------------------|-----------------|----------|
| Chenaie               | 1,0             | 15,60    |
| Terrasse              | 2,0             | 0,00     |
| Terrasse chêne kermes | 0,0             | 0,00     |
| Terrasse erica        | 3,0             | 0,14     |
| Pinède mixte          | 0,0             | 0,00     |
| Lande buis            | 2,0             | 0,41     |

### Poaceae

|                       | Relevés de veg. | % pollen |
|-----------------------|-----------------|----------|
| Chenaie               | 1,0             | 2,44     |
| Terrasse              | 5,0             | 5,50     |
| Terrasse chêne kermes | 3,0             | 1,00     |
| Terrasse erica        | 1,5             | 2,53     |
| Pinède mixte          | 0,0             | 1,31     |
| Lande buis            | 5,0             | 9,86     |

### Oleaceae

|                       | Relevés de veg. | % pollen |
|-----------------------|-----------------|----------|
| Chenaie               | 0,0             | 3,39     |
| Terrasse              | 3,0             | 3,88     |
| Terrasse chêne kermes | 0,0             | 2,33     |
| Terrasse erica        | 0,0             | 4,21     |
| Pinède mixte          | 0,0             | 0,82     |
| Lande buis            | 0,5             | 4,46     |

### Asteraceae

|                       | Relevés de veg. | % pollen |
|-----------------------|-----------------|----------|
| Chenaie               | 0,0             | 0,54     |
| Terrasse              | 0,0             | 0,32     |
| Terrasse chêne kermes | 0,0             | 0,06     |
| Terrasse erica        | 1,0             | 1,97     |
| Pinède mixte          | 0,0             | 0,00     |
| Lande buis            | 2,0             | 0,68     |

# DE L'ARBRE AU MILIEU DE DÉPÔT : TAPHONOMIE DES FEUILLES AVANT FOSSILISATION SUR LE SITE DE SAINT-GUILHEM LE DÉSERT, HÉRAULT

<sup>1</sup>Charlotte Albinet, <sup>2</sup>Guillaume d'Herbès,  
<sup>3</sup>Aurélien Fravallo et <sup>4</sup>Quentin Vanel

**Résumé :** Cette étude taphonomique a pour but d'analyser la représentation de la végétation actuelle à travers l'échantillonnage des feuilles ramassées sur 3 sites de prélèvements dans le Verdus, ruisseau se jetant dans le fleuve Hérault à St Guilhem-le-Désert. Plusieurs tests statistiques ont été établis avec des paramètres tels que le nombre de feuilles, le degré de présence (de 1 : peu présent, jusqu'à 5 : très présent) et la distance séparant les individus aux sites. Diverses corrélations entre distance, présence et nombre de feuilles retrouvées ont pu être testées à partir des résultats, semblant révéler que les dépôts végétaux du cours d'eau Verdus ne sont pas représentatifs de l'intégralité de la flore présente sur la période d'étude.

**Mots clés :** Feuille, Flore, St Guilhem-le-Désert, Taphonomie, Verdus.

**Abstract :** The main subject of this taphonomic study is analysing the representativity of the actual vegetation through the sampling of leaves picked up on 3 sample-sites in the Verdus River, located in the valley of St Guilhem-le-Désert. Several statistical tests were established with parameters such as number of leaves, the degree of presence (1 to 5, 1: not very present and 5: very present) and the distance separating the individuals in sites. Various correlations based on results have been tested revealing probably that plants deposits of the watercourse of the valley of St Guilhem-le-Désert do not represent the entirety of the present flora on the time study.

**Keywords:** Flora, Leaf, St Guilhem-le-Désert, Taphonomy, Verdus.

**A**u contact de la lithosphère, les restes organiques, s'ils ne sont pas immédiatement préservés par le milieu, sont dégradés par l'action des bactéries, des animaux nécrophages et des phénomènes chimiques. Si les restes sont préservés, la fossilisation peut alors se produire. L'étude de ce processus de passage de la biosphère à la lithosphère s'appelle la Taphonomie. La travertinisation (qui est l'aboutissement de la taphonomie) est un phénomène permettant une fossilisation particulière du matériel organique.

Hidalgo Oriane (1998) explique que la travertinisation est un phénomène physicochimique de précipitation du carbonate de calcium contenu dans l'eau et recouvrant

les restes végétaux d'une couche de calcite. A terme, la partie organique disparaît, et il ne subsistera plus qu'une empreinte des restes végétaux. Notre étude se propose donc d'observer comment se déroule le processus de dépôt des restes végétaux (ici uniquement des feuilles) à l'époque actuelle, afin d'avoir un outil de comparaison

*Centre de Bio.Archéologie et Ecologie UMR 5059 CNRS,  
Institut de Botanique, 163 rue A. Broussonet, 34090 Mont-  
pellier . Université Montpellier 2 (Sciences et Techniques du  
Languedoc). Place Eugène Bataillon. 34095 Montpellier,  
France.*

*<sup>1</sup>charlotte.albinet@etud.univ-montp2.fr, <sup>2</sup>guillaume.dherbes@  
etud.univ-montp2.fr, <sup>3</sup>archangel13690@hotmail.com, <sup>4</sup>quentin.  
vanel@hotmail.fr*

avec les formations passées des travertins.

Ce travail essaye donc de déterminer si les dépôts végétaux sont représentatifs de la flore présente aux alentours des sites d'étude à Saint-Guilhem-le-Désert. Pour cela, plusieurs échantillons de feuilles déposées dans des cours d'eau étudiés et les résultats (testés avec les paramètres détaillés dans la suite de cet article) interprétés de manière à mettre en évidence des corrélations possibles entre le nombre de feuilles retrouvées par espèce et la localisation des végétaux qui les ont produites (distance par rapport aux relevés et présence sur les sites).

## **MATÉRIEL ET MÉTHODES**

### **Zone d'étude**

Localisé à 40 km au nord de Montpellier, la zone d'étude se situe en amont du village de Saint-Guilhem-le-Désert (43°43' N, 3°33' E) dans le cirque de l'Infernet. La flore de la zone d'étude est majoritairement de type méditerranéen, à la fois humide (ripisylve) et garrigue (milieux ouverts). Le climat méditerranéen présente des étés chauds et secs et des hivers doux et humides. La pluviométrie annuelle de la région est de 800 mm par an. La température moyenne annuelle du site est de 11°C (Ali et al., 2008).

L'échantillonnage a été réalisé sur trois sites différents le long du Verdus, ruisseau se jetant dans le fleuve Hérault à Saint Guilhem-le-Désert (annexe n°1). Le premier site se situe à la sortie du village, au niveau d'une résurgence après 300 m de circulation de la rivière dans le sous-sol. Le second se trouve en amont du premier, au niveau d'un rétrécissement de la vallée; Ce site correspond à un « gour » (travertin en formation), juste à côté d'un travertin quaternaire. Deux relevés ont été effectués pour ce site, un au niveau du gour, et l'autre à 2m en amont de ce dernier. Le second relevé est du à la présence d'un pin juste au dessus du gour, afin de déterminer si la présence du pin influence les données. Le troisième site de ramassage est situé à 120m en amont du gour, dans une zone d'écoulement normal du ruisseau.

### **Echantillonnage**

Les échantillons ont été prélevés à la main dans les zones de dépôt de feuilles, en raclant le fond, ou en récupérant les feuilles flottantes. Nous nous sommes efforcés de ne pas faire de tri lors des ramassages. Les prélèvements couvrent entre 1 et 2 m<sup>2</sup> pour chaque site, 4 échantillons par site, correspondant à 4 sacs plastiques

remplis de feuilles. Les feuilles ont été ensuite stockées, puis étalées une à une sur des feuilles de papier journal et mises sous presse dans une étuve à 37°C durant une semaine au minimum. Les aiguilles du Pin de Salzman (*Pinus nigra subsp. salzmannii*) du deuxième site étant très nombreuses, une estimation du nombre total d'aiguille a été effectué après plusieurs pesées de 10 aiguilles (et une moyenne sur l'ensemble) puis une pesée de toutes les aiguilles (les paires d'aiguilles des pins de Salzman sont considérées comme deux unités). Chaque prélèvement est différencié. Chaque feuille déterminée une à une à l'aide de flores (Durand, 2000), puis finalement dénombrée espèce par espèce. Les feuilles retrouvées entières sont comptées en tant qu'unités, les moitiés en tant que demis, ainsi que quarts de feuilles en quarts ou fragments en bouts. Les folioles (comme par exemple pour *Pistacia terebinthus* ou *Juglans regia*) sont considérés comme des unités.

Pour chaque site, un relevé des espèces végétales a été effectué dans un rayon de 50m environ. Un herbier de référence a été également constitué dans le but de faciliter la reconnaissance des feuilles prélevées. Chaque espèce a été dénombrée selon sa présence, puis mise sur une échelle arbitraire de 1 à 5 (1 pour les individus uniques, et 5 pour les espèces en très grand nombre). Les distances des espèces situées à moins de 50 m de chaque site ont été relevées.

### **Méthode d'analyse**

Pour analyser les résultats, nous avons effectué des tests de corrélation sur les variables étudiées (présence des individus, distance des individus par rapport aux zones d'échantillonnage et surtout le nombre de feuilles retrouvées par espèce) afin de voir si il y a une dépendance entre les variables, indiquant un effet de causalité ou une fonction d'interdépendance. Les analyses ont été réalisées à l'aide de deux logiciels, « Excel » permettant la mise en forme des données et « R » pour effectuer des tests statistiques grâce au test de corrélation de Spearman. Pour faciliter les analyses, nous avons choisi de regrouper toutes les données pour chaque espèce végétale sous la même unité. Pour n'avoir que des feuilles entières, nous avons divisé le nombre des demis par 2, le nombre des quarts par 4, et le nombre des bouts par 7 (chiffre fixé arbitrairement après comptage de la taille moyenne des bouts).

Pour chaque site, la liste des espèces identifiées, la distance la plus proche à laquelle chaque espèce était par rapport au lieu de prélèvement, la présence sur le site (sur une échelle de 1 à 5) ainsi que le nombre et

pourcentage de feuilles ont été rangés sous forme de tableaux (Annexe.2).

Des analyses statistiques ont été réalisées afin de tester la corrélation possible entre le nombre de feuilles ramassées, et la présence/distance des végétaux. Le test choisi est celui de Spearman, un test non paramétrique utilisé lorsqu'on veut déterminer l'existence d'une corrélation entre deux variables quand au moins une des deux variables ne suit pas une distribution de loi normale (la normalité des variables a été testée grâce au test de Shapiro), comme nos variables ici étudiées. L'hypothèse 0 est que le coefficient de corrélation est égal à 0, c'est à dire qu'il n'y a aucune corrélation entre les deux variables. Lorsque la p-value est inférieure à 0.05, on rejette H0, le coefficient de corrélation est donc significativement différent de 0, ce qui signifie qu'il y a une corrélation entre les deux variables étudiées.

## RÉSULTATS

Au total, 4433 feuilles ont été récoltées, en intégrant les aiguilles de Pin du deuxième site (2622 aiguilles), soit 59,15% de feuilles totales.

Plusieurs graphiques ont été réalisés dont une série avec le pourcentage de feuilles et la présence, et une autre série avec le pourcentage de feuilles et la distance (les deux regroupant toutes les espèces de chaque site).

La figure 1 met en relation pour chaque site d'échantillonnage les pourcentages de feuilles identifiées, ainsi que la présence des végétaux sur les sites en fonction des espèces végétales. Ces graphiques montrent que certaines espèces végétales présentes sur les sites d'échantillonnage ne sont pas retrouvées dans les échantillons ramassés (comme par exemple le Buis (*Buxus sempervirens*) sur le site 3). Seul *Pistacia terebinthus* est représenté dans les échantillons des trois sites. Dans l'ensemble, 13% des espèces sont retrouvées à plus de 20% (*Celtis australis*, *Ilex aquifolium*, *Pinus nigra* subsp. *Salzmannii*, *Pistacia terebinthus*, *Quercus ilex* et *Rubus caesius*).

La figure 2 présente les histogrammes de chaque site mettant en relation les pourcentages de feuilles retrouvées en fonction de la distance des espèces végétales. Les espèces représentées à plus de 20% sont les mêmes que précédemment, les individus sont tous localisés à une distance de moins de 20m des sites d'échantillonnage. D'une manière générale les espèces les plus proches (inférieures à 5 m), ne sont pas nécessairement celles dont on retrouve le plus grand

nombre de feuilles. Cependant les espèces retrouvées à plus de 5% sont toutes à moins de 10 m (exceptées le houx (*Ilex aquifolium*) et le platane (*Platanus acerifolia*) retrouvés respectivement à 20m et 31m).

Le tableau 1 présente l'ensemble des tests de corrélation de Spearman pour chaque site, ainsi qu'une subdivision entre plantes sempervirentes et caducifoliées, et une analyse sur l'ensemble des données. Sur les données brutes, une corrélation entre le nombre de feuilles ramassées et la présence des espèces sur les sites semble se dessiner pour les espèces sempervirentes, mais pas pour les caducifoliées. En effet, concernant les espèces caducifoliées, il y a une corrélation entre le nombre de feuilles ramassées et la distance des espèces sur les sites. Les résultats intéressants sur les données brutes sont surlignés en gris clair dans le tableau.

La figure 3 montre un cas particulier, celui du Pin de Salzmann, surreprésenté sur le site 2. Elle montre bien que le nombre très élevé d'aiguilles est dû à la distance, le pin étant situé juste au dessus du gour, alors que sur les autres sites où il était présent à plus grande distance, aucune aiguille n'a été retrouvée.

## DISCUSSION

Le graphique présentant le pourcentage de feuilles dans les prélèvements et leur présence sur le site (fig.1), montre que certaines espèces pourtant très présentes ne sont pas forcément retrouvées dans le Verdus. Il apparaît une surreprésentation de certaines espèces végétales (souvent les mêmes: *Quercus ilex*, *Rubus caesius* et *Pistacia terebinthus* en sont les exemples les plus évocateurs). Ce grand nombre s'explique par le fait que ces plantes sont soit très abondantes autour des sites, soit très proches des milieux de dépôts (fig.2), soit les deux à la fois. Malgré une présence notée pour certaines espèces végétales, aucune feuille n'est retrouvée dans les prélèvements, comme par exemple pour le figuier sur le deuxième site.

Les espèces échantillonnées n'ont pas la même morphologie foliaire impliquant donc une prise au vent et une capacité à être transportées par ce dernier, différentes. Par exemple, le platane présente des feuilles larges qui peuvent donc être emportées à une grande distance. Au contraire, les aiguilles du pin (*Pinus nigra* subsp. *Salzmannii*) n'ont qu'une très faible prise au vent, ce qui explique leur présence sous l'individu ou à très faible distance de ce dernier (fig.3).

Le test de Spearman (Tab.1) sur les données brutes

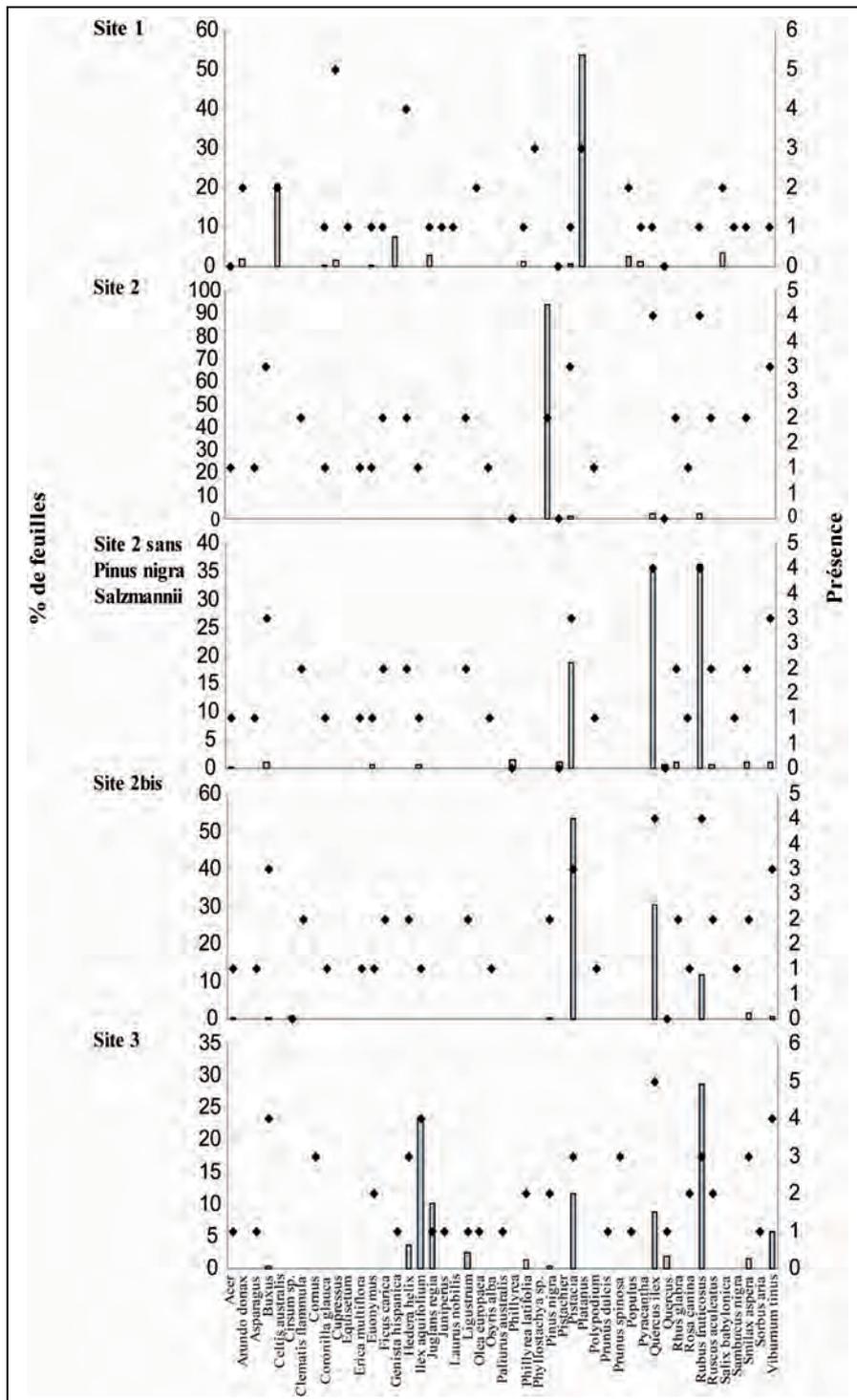


Figure 2 : Mise en relation, site par site, des fréquences relatives en feuilles (%) et de la distance en mètres des espèces végétales (entre la zone d'échantillonnage et les individus).

|  |                        | variables utilisées  | coefficient de corrélation de Spearman | p-value  |
|--|------------------------|--|--|----------|
| sites mélangés<br><br>(données brutes) | entier                 | Distance des individus aux sites/<br>nombre de feuilles retrouvées | 0,02525287                             | 0,79     |
|  |                        | Présence des individus sur le site/nombre de feuilles retrouvées   | 0,3950786                              | 1,78E-05 |
|  | espèces sempervirentes | d/n  | -0,1544797                             | 0,2512   |
|  |                        | p/n  | 0,6377231                              | 9,55E-08 |
|  | espèces caducifoliées  | d/n  | 0,2788571                              | 0,04318  |
|  |                        | p/n  | 0,07451697                             | 0,5959   |

Tableau 1 : Coefficients de corrélation de Spearman et tests, par site et sur les données brutes (les données brutes regroupant toutes les distances, présences et nombres, tous sites mélangés).

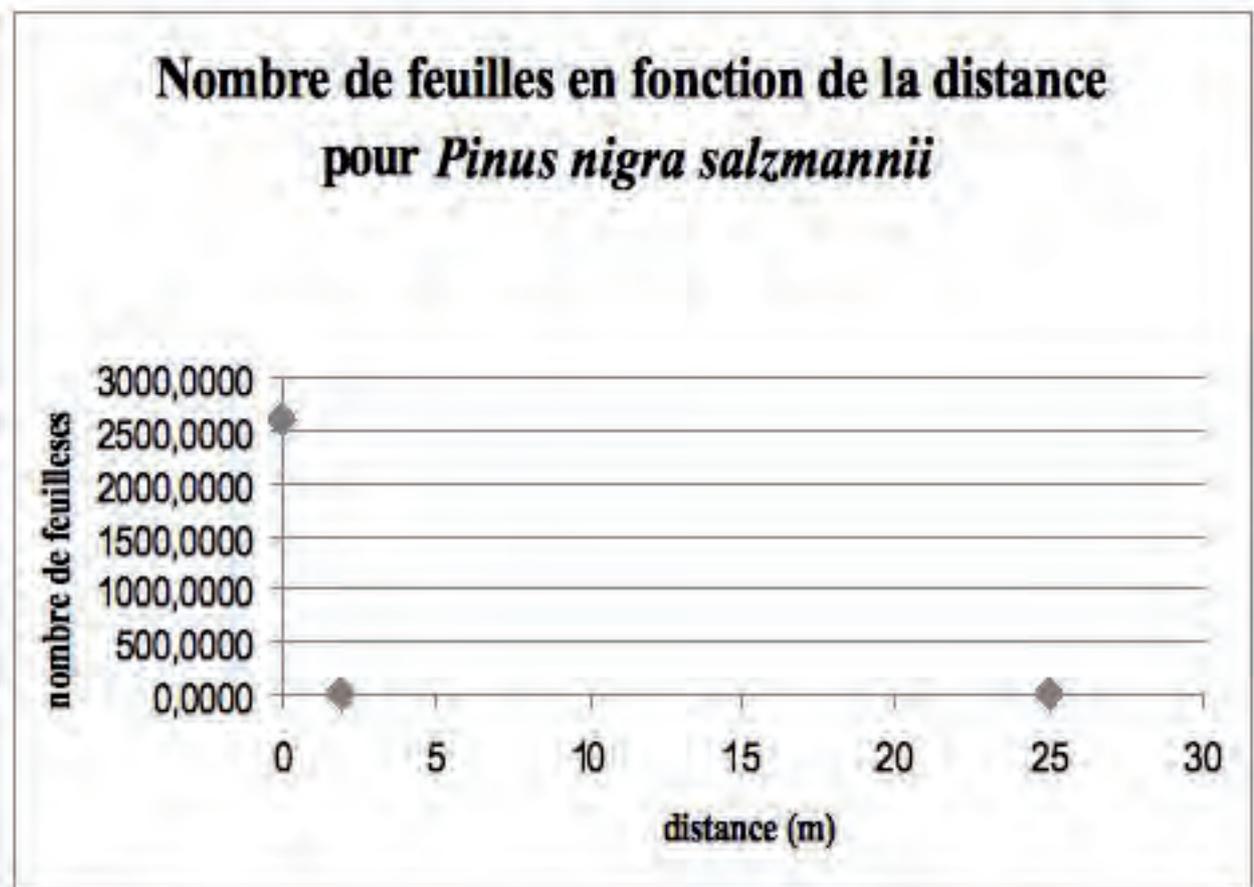


Figure 3 : Graphique du nombre d'aiguilles de *Pinus nigra subsp. salzmannii* selon la distance



Figure 4 : feuille recouverte de calcite

démontre une corrélation générale entre le nombre de feuilles retrouvées et la présence des espèces productrices. Ce même test est réalisé en différenciant les plantes sempervirentes et les plantes caducifoliées. Pour les espèces sempervirentes le test de Spearman montre une corrélation entre la présence et le nombre de feuilles, alors que pour les espèces caduques la corrélation existe entre la distance et nombre.

Ces résultats peuvent s'expliquer par le fait que les feuilles persistantes étant destinées à rester sur l'arbre pendant une longue durée sont plus résistantes et tombent en moins grande quantité. Il faut donc que les végétaux soient en grand nombre pour pouvoir être assez représentés dans les échantillons. Les espèces caducifoliées perdant leurs feuilles, le nombre de feuilles ramassées dépend donc de la proximité entre le végétal et la zone de dépôt.

Plusieurs autres paramètres peuvent influencer les prélèvements comme la chute des feuilles qui se produit selon les espèces, à une période différente. La plupart des espèces caducifoliées perdent leurs feuilles tout au long de l'automne, hors ce n'est pas le cas pour les espèces sempervirentes. Les crues pourraient emporter les restes végétaux de la litière vers le cours d'eau jusqu'à un lieu de stockage plus ou moins éloigné tel que les gours, suivant leur capacité de flottaison. De même, lors de crues, les dépôts peuvent être dispersés ou déplacés. Sur l'ensemble des sites la majorité des feuilles retrouvées appartiennent à des espèces sempervirentes.

Sur 48 espèces présentes sur les sites de prélèvement, seulement 10 sont relevées à plus de 5% et beaucoup sont absentes des prélèvements. Certaines semblent plus coriaces (feuilles sclérifiées), comme par exemple le chêne vert (*Quercus ilex*) ou la salsepareille (*Smilax aspera*). Ces feuilles sont retrouvées à chaque prélèvement. Le figuier (*Ficus carica*), le sureau noir (*Sambucus nigra*), ou d'autres espèces encore pourtant présentes sur certains sites, ne sont pas représentées dans les échantillons. On peut supposer que leurs feuilles sont attaquées par des micro-organismes dès leur chute au sol, accélérant leur dégradation. Leur conservation difficile expliquerait donc l'absence de ces feuilles la zone d'échantillonnage. Hidalgo (1998) montre qu'une espèce est retrouvée dans un relevé lorsque la date d'échantillonnage est comprise entre la période de défoliation automnale est celle de dégradation totale de ses feuilles.

Certaines feuilles n'ont put être déterminées car trop dégradées ou déjà recouvertes de calcites (fig.4) environ 0,5% des feuilles ramassées sont indéterminées.

Bien qu'au terme de cette étude les résultats obtenus soient intéressants, la pertinence et la rigueur de la méthode pourraient être améliorées. Plusieurs paramètres devraient donc être modifiés ou ajoutés dans le cadre d'une approche future.

Il serait intéressant d'effectuer des prélèvements sur un nombre plus important de sites et sur une période d'étude plus grande, prenant ainsi compte les différentes saisons et les différents événements qui les caractérisent. Les feuilles majoritaires auraient pu être celles des espèces caducifoliées. La méthode de prélèvement peut être également améliorée quant au choix des surfaces aléatoires. L'échelle de présence (de 1 à 5) est arbitraire et aurait pu être calculée avec plus de précision en prenant en compte leur représentation ainsi que l'importance de leur feuillage.

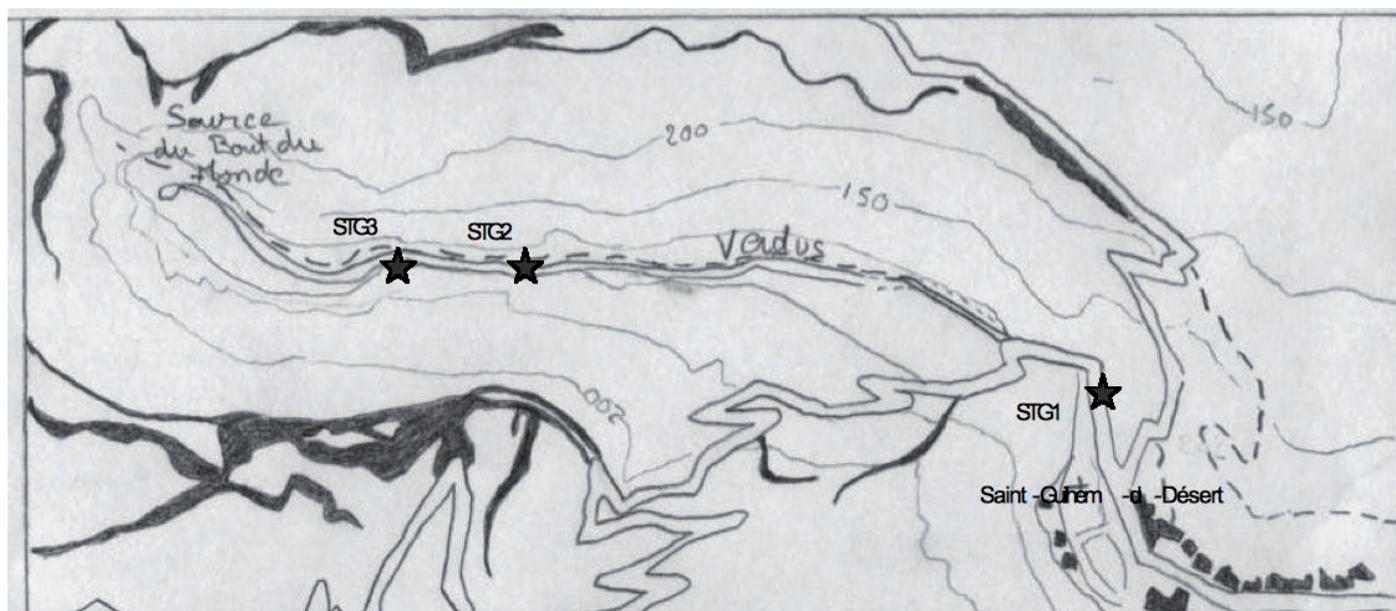
## CONCLUSION

Ce travail basé sur une étude taphonomique à Saint Guilhem-le-Désert montre l'existence d'une relation entre les échantillons de feuilles collectées dans le ruisseau et les végétaux aux alentours. En effet, le nombre de feuilles d'espèces sempervirentes est lié avec la présence des végétaux sur les sites. En effet, il apparaît que plus les végétaux sont nombreux et plus les feuilles sont abondantes. Pour les espèces caducifoliées, plus elles sont proche du cours d'eau plus le nombre de feuilles retrouvées est important.

Par ailleurs, l'absence de nombreux restes végétaux appartenant à d'autres plantes pourtant présentes sur les sites (et parfois à très courte distance) semble signifier que l'ensemble des dépôts n'est pas tout à fait représentatif de la flore. Ceci est sûrement dû à la courte durée d'échantillonnage, ainsi qu'à la période d'étude (en hiver au mois de Janvier. Cependant les restes végétaux retrouvés étaient tous représentés dans la flore alentour). Pour conforter ces résultats il faudrait réitérer cette étude sur une durée plus importante.



## ANNEXES



Carte de la vallée de St-Guilhem-le-Désert

| site I                    |                               | Presence | distance | F. entière | demie | quart | bout | Nombre F. |
|---------------------------|-------------------------------|----------|----------|------------|-------|-------|------|-----------|
| Prêle                     | <i>Equisetum palustre</i>     | 1        | 0        | 0          | 0     | 1     | 1    | 0,39286   |
| Lierre                    | <i>Hedera helix</i>           | 4        | 0        | 28         | 8     |       | 5    | 32,71429  |
| Figuier                   | <i>Ficus carica</i>           | 1        | 5        | 0          | 1     | 0     | 0    | 0,50000   |
| pistachier térébinthe     | <i>Pistacia terebinthus</i>   | 1        | 5        | 0          | 0     | 10    | 0    | 2,50000   |
| Coronille                 | <i>Coronilla glauca</i>       | 1        | 6        | 1          | 2     | 0     | 0    | 2,00000   |
| Filaire à feuilles larges | <i>Phillyrea latifolia</i>    | 1        | 10       | 6          | 0     | 0     | 0    | 6,00000   |
| Laurier tin               | <i>Viburnum tinus</i>         | 1        | 10       | 0          | 0     | 0     | 0    | 0,00000   |
| Noyer                     | <i>Juglans regia</i>          | 1        | 10       | 0          | 1     | 38    | 17   | 12,42857  |
| Pyracantha                | <i>Pyracantha coccinea</i>    | 1        | 10       | 5          | 0     | 0     | 0    | 5,00000   |
| Cyprès                    | <i>Cupressus sempervirens</i> | 5        | 10       | 2          | 6     | 1     | 7    | 6,25000   |
| Fusain                    | <i>Euonymus europaeus</i>     | 1        | 15       | 1          | 2     | 0     | 0    | 2,00000   |
| Micocoulier               | <i>Celtis australis</i>       | 2        | 15       | 88         | 6     | 0     | 3    | 91,42857  |
| Ronce                     | <i>Rubus caesius</i>          | 1        | 30       | 0          | 0     | 0     | 0    | 0,00000   |
| Salsepareille             | <i>Smilax aspera</i>          | 1        | 30       | 0          | 0     | 0     | 0    | 0,00000   |
| Sureau noir               | <i>Sambucus nigra</i>         | 1        | 30       | 0          | 0     | 0     | 0    | 0,00000   |
| Canne de provence         | <i>Arundo donax</i>           | 2        | 30       | 7          | 1     | 1     | 6    | 8,60714   |
| Peuplier                  | <i>Populus alba/nigra</i>     | 2        | 30       | 9          | 4     | 0     | 0    | 11,00000  |
| Saule pleureur            | <i>Salix babylonica</i>       | 2        | 30       | 12         | 5     | 0     | 0    | 14,50000  |
| Platane                   | <i>Platanus acerifolia</i>    | 3        | 31       | 226        | 13    | 3     | 7    | 234,25000 |
| Laurier sauce             | <i>Laurus nobilis</i>         | 1        | 40       | 0          | 0     | 0     | 0    | 0,00000   |
| Bambou                    | <i>Phyllostachya sp.</i>      | 3        | 40       | 19         | 1     |       | 10   | 20,92857  |
| Chêne vert                | <i>Quercus ilex</i>           | 1        | 50       | 0          | 0     | 0     | 0    | 0,00000   |
| Genévrier de phénicie     | <i>Juniperus phoenicea</i>    | 1        | 50       | 0          | 0     | 0     | 0    | 0,00000   |
| Olivier                   | <i>Olea europaea</i>          | 2        | 50       | 0          | 0     | 0     | 0    | 0,00000   |
| Chêne blanc               | <i>Quercus pubescens</i>      | 0        | 60       | 2          | 0     | 0     | 0    | 2,00000   |
| Erable de Montpellier     | <i>Acer monspessulanum</i>    | 0        | 60       | 2          | 0     | 0     | 0    | 2,00000   |
| Pistachier lentisque      | <i>Pistacia lentiscus</i>     | 0        | 60       | 2          | 0     | 0     | 0    | 2,00000   |
|                           |                               |          |          |            |       |       |      | 456,50000 |

Exemple d'un tableau de comptage, site 1

# DYNAMIQUE DE RECOLONISATION POST-CULTURALE À SAINT-GUILHEM-LE-DÉSERT (HÉRAULT)

<sup>1</sup>Camilla Crifo, <sup>2</sup>Axelle Doufils,  
<sup>3</sup>Marine Freychet et <sup>4</sup>Annelore Waty.

**Résumé :** Suite à l'exode rural de la fin 19<sup>ème</sup> siècle entraînant l'abandon massif des cultures en terrasse en Méditerranée, une recolonisation végétale particulière apparaît. À Saint-Guilhem-Le-Désert (Hérault, France), des relevés floristiques et des études dendrochronologiques permettent de reconstruire la dynamique post-culturelle. L'étude du recouvrement par strate sur des terrasses d'âges d'abandon différents permet de réaliser des Analyses Factorielles de Correspondances (AFC) donnant des tendances pour la succession en terme de biodiversité et dominance par traits fonctionnels. Cela montre que la dynamique de la succession secondaire évolue vers l'afforestation. Toutefois cette évolution est irrégulière et l'hétérogénéité des terrasses explique les résultats aux tendances pas toujours nettes.

**Mots clés :** Dynamique de végétation, Succession secondaire, Cultures en terrasses, Déprise agricole, Méditerranée.

**Abstract:** After the rural flight of the end of the XIX<sup>th</sup> century, which caused a massive abandonment of cultivation terraces in the Mediterranean, a particular plant cover colonisation has appeared. In St Guilhem-Le-Désert (Hérault, France), floristic surveys as well as dendrology studies are able to retrace the post-cultural dynamic. The study of the stratus cover on terraces with different abandonment ages enable to realise a Correspondence Analysis (CA), with the purpose of finding out some succession tendencies about species richness and dominance in functional traits. These observations show that there is a secondary succession dynamic tendency to forestation. However, this evolution is irregular and doesn't show very clear tendencies due to the heterogeneity of terraces.

**Key-words:** Vegetation dynamic, Secondary succession, Cultivation terraces, Land abandonment, Mediterranean.

**D**epuis le Néolithique, les Hommes ont infligé de fortes modifications aux paysages méditerranéens (Chauchard, 2007). Tout d'abord par la révolution néolithique (vers 4000 av. J.-C.) se traduisant par des modifications importantes des écosystèmes liées à l'apparition de l'agriculture.

Dans les régions vallonnées une modification particulière des versants a été nécessaire afin d'adapter le terrain aux pratiques agricoles. Pour cela, l'Homme, dès le début de l'agriculture, a su modeler les paysages par la mise en place de terrasses. En effet elles permettent une

exploitation des sols en diminuant considérablement leur dénivelé et donc leur accessibilité.

*Centre de Bio-Archéologie et Ecologie UMR 5059 CNRS,  
Institut de Botanique, 163 rue A. Broussonet, 34090  
Montpellier . Université Montpellier 2 (Sciences et Techniques  
du Languedoc). Place Eugène Bataillon. 34095 Montpellier,  
France.*

<sup>1</sup>camilla.crifo@etud.univ-montp2.fr, <sup>2</sup>axelle.doufils@etud.univ-montp2.fr,  
<sup>3</sup>marine.freychet@etud.univ-montp2.fr, <sup>4</sup>annelore.waty@etud.univ-montp2.fr

Puis, dès la moitié du 19<sup>ème</sup> siècle, le délaissement des campagnes au profit des villes s'initie et s'intensifie suite à l'urbanisation croissante ainsi qu'à la réorientation de la main d'œuvre agricole vers des secteurs économiques plus attractifs (Strijker, 2005). Au début du 19<sup>ème</sup> siècle un début d'abandon des cultures est observé. Il se généralise aux alentours des années 1950 entraînant l'extension des friches et par la suite une augmentation des surfaces forestières. Le mode de culture en terrasses est encore présent dans la région méditerranéenne française où les cultures d'oliviers, les vignes, les vergers et autres plantations sont réalisées depuis des siècles.

Cependant, les modifications du paysage dues à l'abandon progressif des terres peuvent avoir des conséquences importantes sur les écosystèmes, justifiant l'intérêt porté à ce phénomène. En effet, l'augmentation de la biomasse ligneuse et des connections entre les régions ainsi que la fermeture du milieu qui en résulte pourrait favoriser la propagation de vastes incendies (Leouffre et Lecler, 1996), ce qui a déjà été observé dans la péninsule ibérique (Moreno *et al.*, 1998). Des changements du paysage pourraient aussi engendrer des modifications au niveau de la biodiversité, notamment en ce qui concerne l'avifaune (Debussche *et al.*, 1994). En garrigue les espèces méditerranéennes sont remplacées par des espèces médio européennes (Rocamora, 1997).

Le village de St-Guilhem-le-Désert (département de l'Hérault, FRANCE) a subi cette déprise agricole et cet exode rural après de nombreuses pressions anthropiques. Il s'agit dans cette étude de rendre compte de la dynamique de la recolonisation post-culturelle des terrasses de ce village, et donc de répondre à la question : comment la végétation évolue après l'abandon des cultures ?

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### Site d'étude

Le site étudié se trouve sur la commune de St-Guilhem-le-Désert, dans le Nord de l'Hérault (43° 43' N et 3° 33' E; environ 500 m d'altitude).

Le climat du site étudié est de type méditerranéen et le sol de type calcaire. Nous avons procédé au tracé d'un gradient altitudinal partant du village de St-Guilhem-le-Désert et orienté Nord Nord-Est (**Fig. 1**).

Nous y avons choisi 5 terrasses toutes abandonnées, présentant des végétations différentes mais toutes sur des versants orientés Sud-Est. Une 6<sup>ème</sup> terrasse, hors gradient altitudinal, a été étudiée. Située sur le versant

Nord, elle présente une végétation bien différente de celle des terrasses du gradient de par la présence abondante d'espèces comme le pin de Salzmann (*Pinus nigra ssp. Salzmannii*). Ces terrasses s'insèrent dans un écosystème de type rupicole caractérisé par des falaises et des rochers. La végétation d'origine était dominée surtout par des espèces endémiques comme le Pin de Salzmann (*Pinus nigra Salzmannii* (Dunal) Franco), les chênes verts (*Quercus ilex* L.), les pins d'Alep (*Pinus halepensis* L.) et les genévriers de Phénicie (*Juniperus phoenicea* L.).

### Le relevé floristique

C'est la principale source de données utilisée dans le cadre de cette étude. Pour chaque terrasse, nous avons relevé les espèces présentes (Rameau, 1993) et estimé la surface de recouvrement de chaque espèce par plaquage au sol. Les végétaux sont regroupés en 4 catégories d'occupation spatiale appelées strates par la suite: strate herbacée (=h, < 20 cm), strate arbustive basse (=ab, entre 20 cm et 1 m), strate arbustive haute (=ah, entre 1 et 3 m), strate arborée (=A, à partir de 3 m). Le taux de recouvrement pour le sol nu a aussi été déterminé.

Pour réduire le risque d'erreur de nos résultats, une classe à part pour les oliviers a été constituée car ils représentent des vestiges de la période culturelle et ne sont pas des indicateurs de la recolonisation. Le pourcentage de recouvrement a été calculé en constituant 5 classes (permettant une estimation rapide et robuste): 1) 0-5%; 2) 5-25%; 3) 25-50%; 4) 50-75%; 5) 75-100%. Une même espèce peut se trouver dans des strates différentes; cela permet de montrer sa dynamique de repopulation. En effet, seule la taille actuelle de chaque espèce a été prise en compte et non pas sa taille moyenne à l'âge adulte.

Les relevés ont été faits entre le 24 et le 26 Janvier 2008 ce qui a limité nos observations au niveau des espèces: nos données concernent majoritairement les espèces ligneuses. Pour les plantes herbacées, les relevés d'espèces ont été moins rigoureux et exhaustifs, surtout en tenant compte du fait que les thérophytes et cryptophytes n'étaient pas tous bien visibles.

### Datation

Des données provenant du cadastre napoléonien de la commune de Saint-Guilhem-le-Désert (archive départementale) nous ont renseigné sur l'ancienne utilisation des terres. Malgré les distorsions liées au décalage temporel entre le changement réel d'utilisation d'une parcelle et sa déclaration fiscale, les données cadastrales constituent une des seules sources concernant

l'utilisation des terres et semblent être assez fiables (Roche *et al.*, 1998). Le cadastre napoléonien a été mis en place en 1802 pour l'évaluation des propriétés foncières afin d'établir un système d'imposition. Il nous permet aujourd'hui, grâce aux matrices cadastrales, d'avoir accès au plan des parcelles et aux types de cultures réalisées. L'historique des terrasses a ainsi été retracé approximativement en remontant à peu près, selon la terrasse, jusqu'aux années 1960 (date de la rénovation du cadastre).

La deuxième source utilisée (exclusivement sur la terrasse 6) est l'âge des pins de Salzmann. Il a été obtenu à partir de la mesure du diamètre des troncs des arbres (à priori les plus vieux) et par carottage. Pour cela nous avons exploité les données obtenues par nos collègues (Abou *et al.*, 2008) affectés à l'étude dendrologique du même site.

### **Analyse des données biologiques**

Les données de recouvrement de chaque espèce au sein de chaque strate ont été traitées et analysées en réalisant des Analyses Factorielles des Correspondances (AFC) avec le logiciel ADE-4 (le tableau utilisé présente les 49 taxons au sein de chaque strate en ligne et les 6 terrasses en colonne). Les recouvrements de chaque strates, toutes espèces confondues, ont été ajoutés en variables supplémentaires.

En complément, des graphiques sur la mise en place des successions secondaires ont été réalisés au niveau de l'évolution des types biologiques (sauf les thérophytes et les cryptophytes), des types de dispersion, des strates et de la diversité spécifique.

## **RÉSULTATS**

### **Datation : données cadastrales**

Les olivettes ne se retrouvent que sur les terrasses 1, 2 et 5 (**tab. 1**), qui sont les moins éloignées du village. Cette culture y est relevée au moins jusqu'en 1963 pour les deux premières terrasses, et 1927 pour la terrasse 5. Les terrasses 3 et 4, les plus éloignées n'ont été que peu cultivées, et le dernier relevé effectué par le cadastre sur l'exploitation des parcelles date de 1912 ce qui laisse une période d'incertitude sur les exploitations depuis 96 ans. Les oliviers qui se trouvaient sur la terrasse 6 étaient toujours en présence d'autres cultures. La consultation des archives permet en outre de confirmer la présence antérieure d'un ruisseau longeant la parcelle.

Les dates relevées par le cadastre ne permettent pas de créer une chronologie d'abandon des six terrasses mais permettent de statuer sur l'antécédent culturel d'une terrasse.

### **Données dendrométriques**

Les carottes prélevées sur deux des pins de Salzmann de la terrasse 6 permettent de déterminer leur âge. Les deux carottes présentent respectivement 110 et 80 cernes. Après correction du fait qu'elles ne passent pas par le centre des arbres, leur âge est estimé à 84 et 116 ans. Le plus vieil arbre étant contre le muret, l'âge d'abandon est mieux indiqué par le pin plus jeune situé au milieu de la terrasse, c'est-à-dire 84 ans.

### **Evolution de la végétation dans la succession secondaire**

L'AFC (**fig. 2**) dégage plusieurs tendances. Le quart en bas à gauche regroupe majoritairement des espèces de milieu ouvert, herbacées et buissons bas xérophiles et héliophiles (*Coronilla glauca*, *Lavandula officinalis*, *Sedum sediforme*) ainsi que les terrasses 1, 2 et 5, la strate herbacée et les oliviers. Ce groupe semble correspondre aux terrasses les plus récemment abandonnées. A l'opposé sont regroupés de nombreux arbustes (*Buxus sempervirens*, *Quercus coccifera*, *Pistacia terebintus*), représentatifs des terrasses 3 et 4. La terrasse 6 et la végétation particulière qui y correspond (*Pinus nigra salzmannii*, *Quercus ilex*) sont regroupées à l'extrémité droite de l'axe 1. Dans cette terrasse apparaissent aussi des espèces d'ombre (*Ruscus aculeatus*, *Rubia peregrina*, *Polypodium cambrium*...). Ainsi l'axe 1 individualise la terrasse 6 des autres, tandis que l'axe 2 fournit un gradient des terrasses (dans l'ordre 1, 2, 5, 3, 4), de succession floristique et de recouvrement des strates (dans l'ordre oliviers, herbacées, terre nue, arbustes bas, arbustes hauts, arbres). Par la suite, du fait de la difficulté de datation, l'axe 2 est considéré comme un gradient de l'âge d'abandon des terrasses (plus récemment abandonnées en bas), la terrasse 6 mise à part (résultats donnés à l'extrémité des graphiques avec une valeur arbitraire de 2,5 en abscisse). Cet axe donne ainsi une échelle de temps. A partir de la chronologie donnée par l'AFC, des graphiques sont réalisés pour déterminer les tendances en biodiversité, types biologiques, strates et dispersion lors des successions secondaires (**fig. 3**).

La diversité spécifique (**fig. 3-a**) n'affiche pas de tendance évolutive particulière. Le nombre d'espèces est décroissant des strates les plus basses (majorité d'herbacées) aux strates les plus élevées (moins grande diversité dans les strates buissonnantes et arborées).

En ce qui concerne les types de dispersion (fig. 3-b), la seule tendance observable concerne les végétaux anémochores. Le graphique montre une nette diminution de cette forme de dispersion lors du processus de recolonisation. Un important recouvrement des espèces anémochores est observé dans la terrasse 6, expliqué par la présence de nombreux pins.

La figure concernant les types biologiques (fig. 3-c) montre une augmentation nette des phanérophyes arbustifs et arborescents dans la succession secondaire.

La figure 3-d montre une dominance des arbustes dans le recouvrement, sauf pour la terrasse 1. L'évolution des herbacées est en opposition avec celle des arbres, uniquement présents dans les terrasses 4, 5 et 6. La proportion de terre nue est irrégulière, et représente notamment un important recouvrement dans la terrasse 3.

## DISCUSSION

L'analyse de nos résultats permet de déterminer le schéma de succession de la végétation, bien que la superposition de la végétation et du temps d'abandon ne soient pas toujours parfaits, à cause de nombreux paramètres variables (exposition, sol ...)

- La végétation, afin d'optimiser l'utilisation de la lumière, se retrouve dans des strates de plus en plus élevées (fig. 4-d). Les herbacées laissent ainsi le pas aux buissons et aux arbres. En effet, Tatoni et al (1994) remarque dans son étude que les successions secondaires se séquentent selon l'ordre caractéristique suivant : thérophytes-hémicryptophytes-phanérophyes.

- Les espèces anémochores colonisent très vite le milieu après l'abandon des cultures, mais sont vite supplantées par des espèces plus compétitives (fig. 4-b). S. Saïd (2001) remarque la même évolution dans une étude similaire réalisée en Corse et appuyée par l'étude de 375 terrasses.

- La biodiversité à long terme n'est pas en augmentation régulière suite à l'arrêt des pressions anthropiques (fig. 4-a), contrairement à ce à quoi nous aurions pu nous attendre. S. Saïd remarque de même dans son étude que l'évolution de la biodiversité dans les successions secondaires est irrégulière, et précise que l'apparition de certains arbustes toxiques pour les autres végétaux (*Berberis aetnensis*, *Genista lobelii*, *Juniperus communis* ... non observés sur nos terrasses) entraîne souvent une

diminution de la présence de nombreuses espèces herbacées. D'autre part, l'étude de Tatoni et al (1994) montre que la diversité spécifique est la plus importante dans le premier stade de succession, et qu'à court terme il y a donc une augmentation de la biodiversité, plus précisément lors de l'apparition des premiers phanérophyes.

En comparant les graphiques 4-c et 4-d, un renouvellement important des phanérophyes dans la terrasse 6 peut être remarqué (recouvrement de 3 dans la strate herbacée bien qu'il n'y ait ni thérophytes, ni cryptophytes, ni hémicryptophytes visibles, ce qui montre la présence d'un grand nombre de jeunes phanérophyes – *Quercus ilex* et *Viburnum tinus* principalement – dans la strate herbacée). Cette idée s'accorde avec une observation faite par Roche et al. (1999) issue d'une étude similaire dans les Bouches-du-Rhône et le Vaucluse basée sur 75 terrasses sur l'augmentation des jeunes plantes au fur et à mesure de la recolonisation.

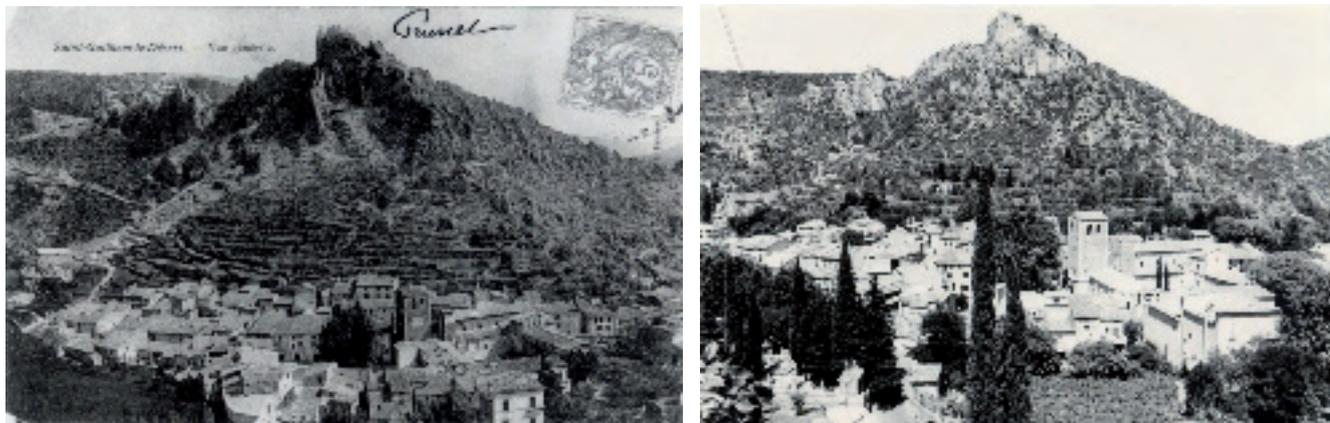
Bien que les données tirées du cadastre restent très floues, les résultats de l'AFC permettent de placer les terrasses dans l'ordre suivant : 1, 2, 5, 3, 4. Pour ce qui est de la terrasse 6, il y a une incohérence entre les données du cadastre (culture jusqu'à au moins 1963) et l'âge d'abandon estimé par dendrochronologie : 84 ans. Cette dernière estimation semble plus sûre, de plus la terrasse 6 semble s'inscrire dans la continuité de la recolonisation : son stade au niveau végétal est considéré comme le plus ancien. La succession secondaire verrait donc s'installer des espèces anémochores herbacées rapidement. Puis ces premières espèces seraient remplacées par une végétation buissonnante, installation estimée à 15 ans selon Saïd (2001). Enfin, après environ 80 ans d'absence de pression anthropique (contre 60 selon Saïd, 2001), la strate arborée est bien installée, ce qui permet l'apparition de plantes d'ombre comme les fougères ou le fragon.

D'autre part, des observations faites par d'autres études ne sont pas visibles avec nos résultats. Par exemple, Saïd (2001) remarque une augmentation des espèces zoochores contrebalançant la diminution des anémochores. Saïd (2001) précise aussi que l'apparition des strates arborées va de paire avec l'ornithochorie : les oiseaux peuvent nicher dans les branches (Tatoni *et al.*, 1993 ; Debussche *et al.*, 1994.).

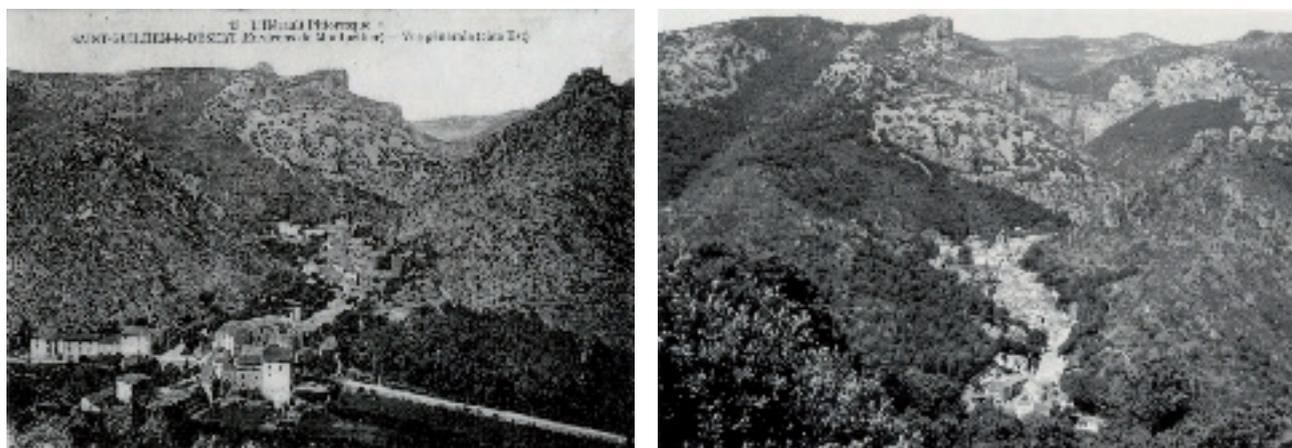
Les différences observées peuvent s'expliquer par plusieurs raisons :

- Les terrasses étudiées ici sont très hétérogènes. En

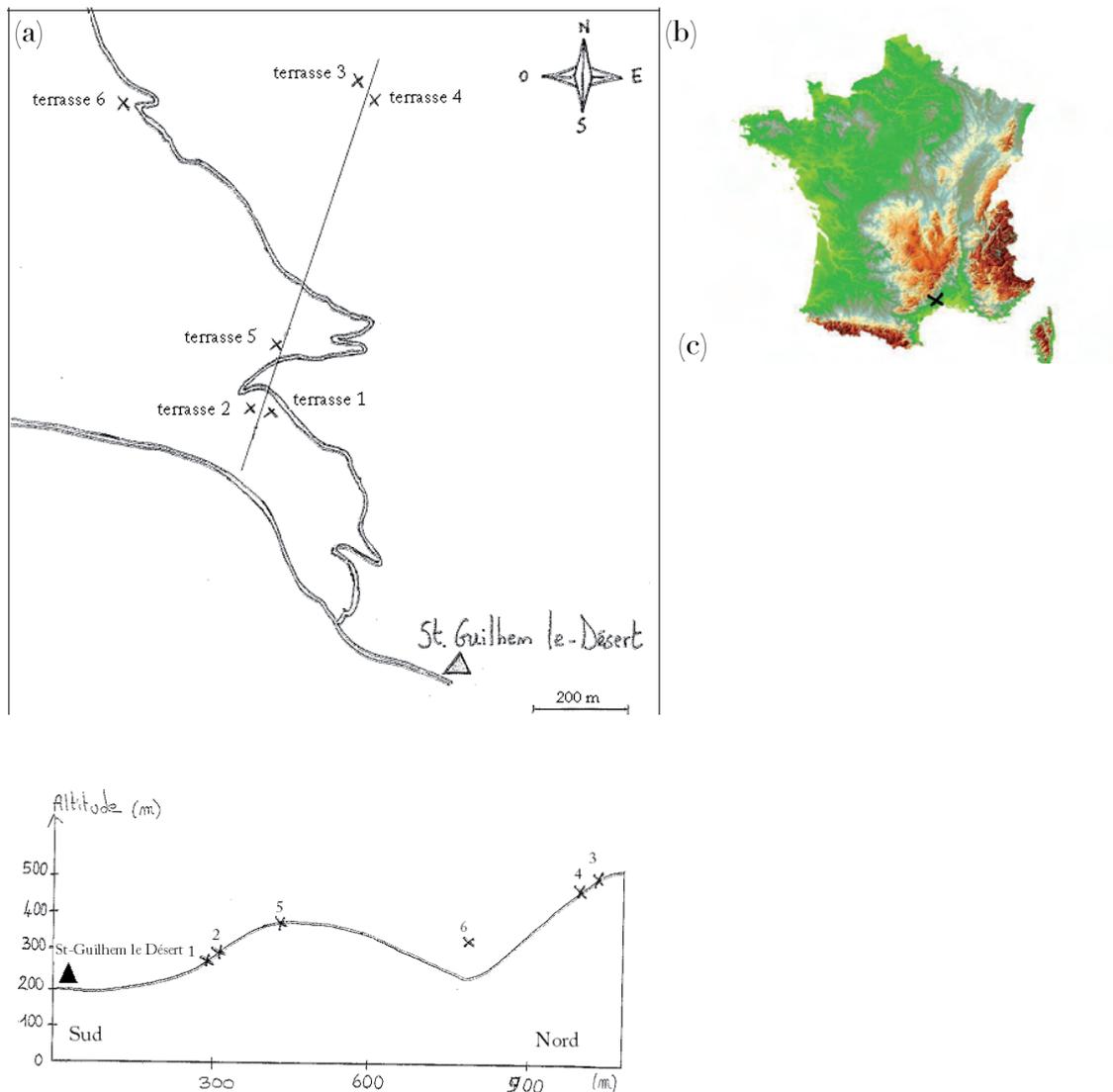
Figure 1 : Comparaison d'anciennes cartes postales de terrasses de St. Guilhem-Le-Désert et de photographies récentes des mêmes sites.



vue 1 : CP vers 1905 collection pers. G. Debussche . PHO cliché A. Dervieux 25/06/1990



vue 2 : CP vers 1920 collection pers. G. Debussche . PHO Cliché A. Dervieux 11/08/1992



*Figure 2 : Localisation des terrasses étudiées. (a) Schéma réalisé à partir d'une carte IGN présentant l'emplacement des terrasses et du transect. (b) Localisation de Saint Guilhem le Désert. (c) schéma de la coupe topographique le long du transect et emplacement des terrasses.*

| terrasses | Cultures relevées      | Date du dernier relevé | Milieu actuel                |
|-----------|------------------------|------------------------|------------------------------|
| 1 et 2    | Pâtures puis olivettes | 1963                   | Ouvert (buissons, herbacées) |
| 5         | Olivettes              | 1927                   | Ouvert (sol nu=roche)        |
| 3 et 4    | Pâture, vigne          | 1912                   | Fermé (buissons, arbustes)   |
| 6         | Vigne, olivier, pâture | 1963                   | Fermé (Pins, arbustes hauts) |

*Tableau 1 : Cultures, date du dernier relevé effectué par le cadastre et état actuel des six terrasses*

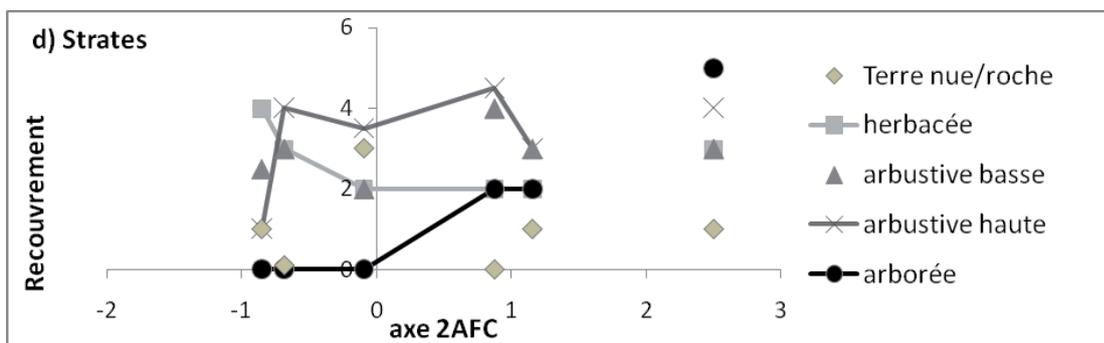
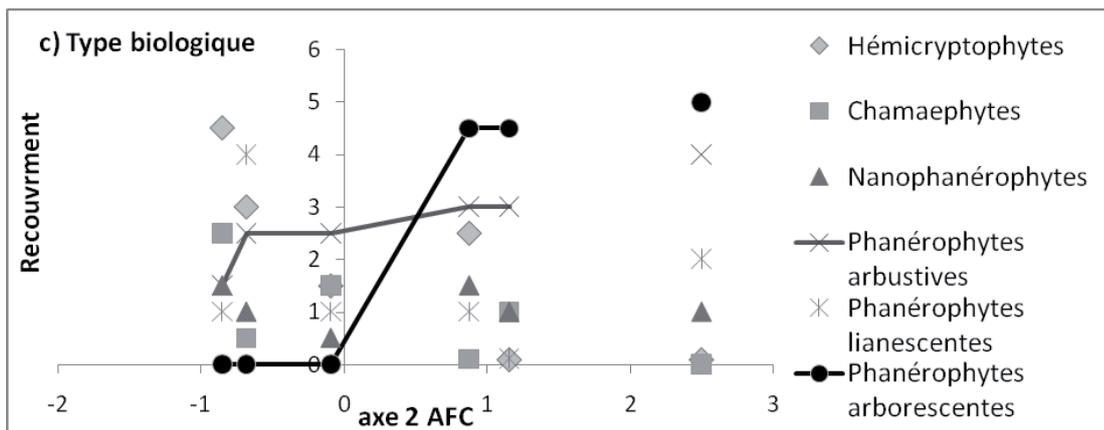
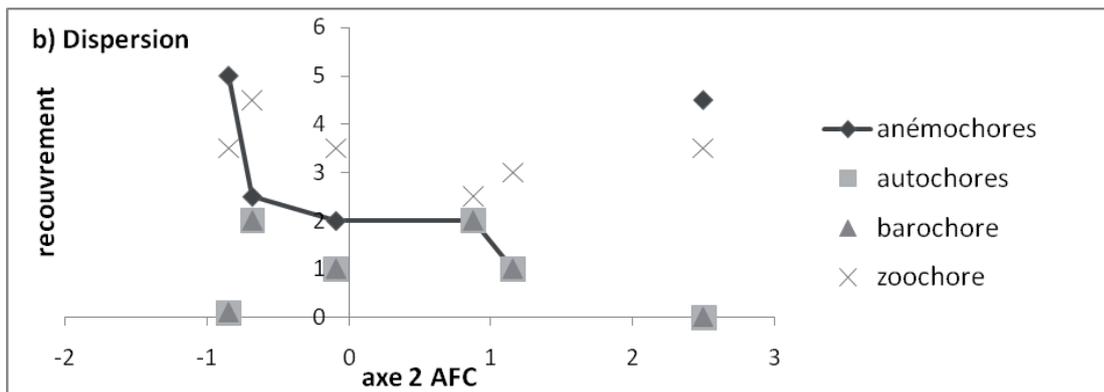
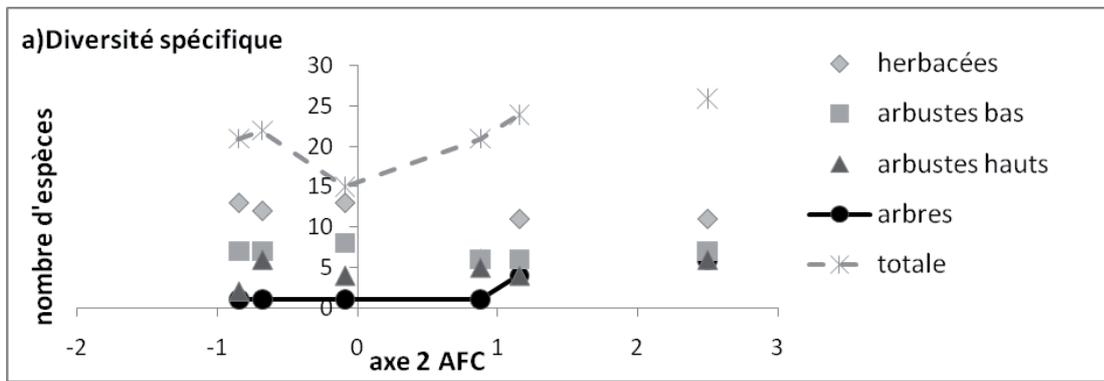


Figure. 4 : Evolution de la végétation lors des successions secondaires (a) Diversité spécifique par strate, (b) type de dispersion, (c) type biologique, (d) strates. En abscisse se trouvent les coordonnées de chaque terrasse sur l'axe 2 de l'AFC. Les points sont reliés par des traits continus lorsque des tendances nettes sont observables. Le graphique 3-a voit certains de ses points reliés par des pointillés pour aider à la visualisation.

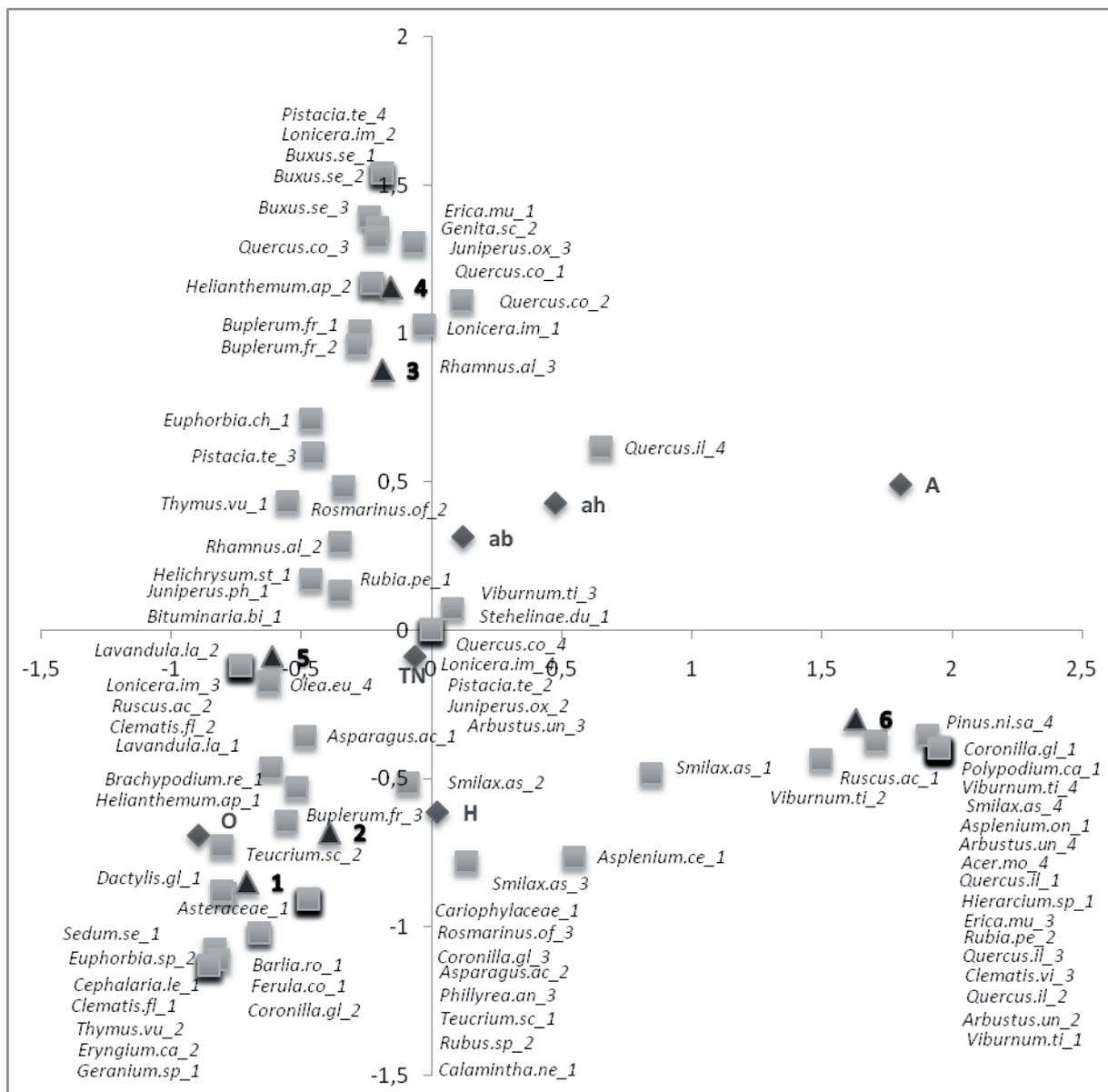


Figure 3 : Analyse factorielle de correspondance du recouvrement des espèces (carrés, Genre.sp, la strate dans laquelle l'espèce est trouvée est indiquée par un numéro : 1= herbacée ; 2= arbustif bas ; 3=arbustif haut ; 4=arborescent), des différentes strates (losanges : TN = terre nue, O=Olivier, H=herbacées, ab= arbustif bas, ah= arbustif haut, A= arbre). Les différentes terrasses sont situées par des triangles.

effet, la terrasse 5 possède par exemple beaucoup de terre nue, ce qui peut expliquer la baisse dans la diversité spécifique totale (fig. 4-a). La terrasse 6 est pour sa part très différente des autres (fig. 2) par l'exposition et la présence d'un ancien ruisseau à ses bords. Toutefois, malgré le très faible nombre de terrasses prises en compte dans l'étude, et leur grande hétérogénéité, les résultats sont restés cohérents avec ce qui a été observé dans d'autres études réalisées à partir de nombreux sites.

- La végétation, le climat, le sol et l'exposition sont des paramètres très influents sur la mise en place de la succession secondaire, et n'ont pas été pris en compte précisément dans notre étude. Taton *et al.* (1993) remarquent l'importance de la pression exercée par l'homme et les incendies pour expliquer la mise en place progressive de la végétation.

## CONCLUSION

Une étude plus complète de la dynamique du paysage nécessiterait la prise en compte de différents paramètres tels que la composition du sol ou les cultures antérieures. Cela demanderait de réaliser une étude d'un plus large panel de terrasses.

Après la déprise agricole, la forêt méditerranéenne peut se rétablir rapidement (quelques décennies). Les conséquences peuvent être importantes (incendies, transformation de la faune...). Les modifications sont actuellement si importantes que des mesures d'aménagement du territoire et des décisions au niveau régional, national et européen sont nécessaires afin de préserver les milieux ouverts (Debussche M. *et al.*, 1999).

## **Bibliographie**

Chauchard S. (2007). Dynamique d'une forêt de montagne méditerranéenne dans un monde changeant. Thèse doctorat, Université Montpellier 2, 182 p.

Debussche M. & Isemann P. (1994). Birds-dispersed seed rain and seedling establishment in patchy Mediterranean vegetation. *Oikos* 69: 414-426.

Debussche M., Lepart J. & Dervieux A. (1999). Mediterranean landscape changes: evidence from old postcards. *Global Ecology and Biogeography*, 8: 3-15.

Gomila H., Bigot L., Loisel R. & Taton T. (1993). Scénario d'évolution des écosystèmes méditerranéens suite aux déprises rurales: conséquences et aggravation des risques d'incendies. Institut Méditerranéen

d'Écologie et Paléoécologie, Faculté de Sciences et techniques de St. Jérôme, Marseille, 52 p.

Leouffre M.C. et Lecler B. (1996). Dynamique des formations forestières d'une vallée des Préalpes entre 1951 et 1991. *Études des phénomènes spatiaux en agriculture*, La Rochelle (France), INRA Editions Les Colloques n°78.

Moreno L., Bello R., Beltrán B., Calatayud S., Primo-Yúfera E., Esplugues J. (1998). Pharmacological screening of different *Juniperus oxycedrus* L. extracts. Department of Pharmacology, Faculty of Medicine, University of Valencia, Spain. *Pharmacol Toxicol.* 1998, 82: 108-12.

Rameau J-C., Mansion D. & Dumé G. (1994). *Flore Forestière Française 1: Plaines et Collines*. Institut pour le Développement Forestier, 1785 p.

Rocamora G. (1997) Rare and threatened species, sites and habitat monitoring programme in Seychelles. Project G1 EMPS. Unpublished Report, Seychelles Division of Environment/BirdLife International.

Roche P., Andrieu V., Magnin F., Maniere R., Ponel P. & Taton T. (1999). Changements dans la structuration du paysage et dynamique de la biodiversité en région méditerranéenne. Approches à différentes échelles d'espace et de temps. Rapport de Recherche 1994-1998. Institut Méditerranéen d'Écologie et Paléoécologie, Université Aix-Marseille, 110 p.

Said S. (2001). Floristic and life form diversity in post-pasture succession on a Mediterranean island (Corsica). *Plant Ecology*, 162: 67-76.

Strijker D. (2005). Marginal lands in Europe—causes of decline, *Basic Applied Ecology*. 6: 99–106.

Taton T., Magnin F., Bonin G. & Vaudour J. (1994). Secondary successions on abandoned cultivation terraces in calcareous Provence. *Acta Oecologica*, 15: 431-447.

## LEXIQUE

- AFC (Analyse factorielle des correspondances): c'est une méthode statistique d'analyse des données.
- Anémochorie: désigne le mode de dispersion des graines des végétaux se faisant grâce au vent.
- Avifaune: partie de la faune d'un lieu constituée d'oiseaux.

- Cryptophyte : plante vivace dont toute la partie aérienne meurt à la mauvaise saison et qui repousse ensuite à partir d'organes enfouis dans le sol (Géophyte).
- Dendrochronologie: c'est une méthode de datation du bois par le comptage des cernes annuels de croissance.
- Espèce Endémique : espèce dont la distribution est restreinte à une région.
- Héliophyte : espèce végétale des milieux très ensoleillés.
- Hémicryptophyte: ce sont des plantes herbacées vivaces dont les bourgeons subsistent pendant la mauvaise saison au ras du sol, les parties aériennes se desséchant et disparaissant totalement.
- Ornithochorie : désigne le mode de dispersion des graines des végétaux se faisant grâce aux oiseaux.
- Phanérophyte : plante vivace de grande taille d'au moins deux mètres.
- Terrasse de culture: c'est une surface horizontale aménagée sur un terrain en pente pour faciliter l'écoulement des eaux de ruissellement et leur infiltration dans le sol, pour lutter contre l'érosion et permettre la mise en culture du terrain
- Thérophyte : plante passant la mauvaise saison sous forme de graine (synonyme de plante annuelle).
- Xérophilie : qualifie un organisme dont le développement est favorisé par une faible humidité.
- Zoochorie : désigne le mode de dispersion des graines des végétaux se faisant grâce aux animaux.



# STRUCTURE D'ÂGE ET DYNAMIQUE D'UNE POPULATION DE PIN DE SALZMANN (*PINUS NIGRA* ARN. SSP. *SALZMANNII* DUNAL) À SAINT-GUILHEM LE DÉSERT (HÉRAULT)

Sébastien Abou<sup>1</sup>, Juliette Binczak<sup>2</sup>,  
Mathieu Denat<sup>3</sup> et Sylvain Londe<sup>4</sup>.

**Résumé :** Le pin de Salzman est une sous-espèce de pins noirs endémique à la région méditerranéenne. Une des rares stations française, située à Saint-Guilhem-le-Désert, a connu de nombreuses perturbations (incendies, pastoralisme). La dendrochronologie nous a permis de dater précisément une perturbations (incendie de 1984) afin d'en étudier les impacts sur la dynamique de la population de pins de Salzman. La réalisation de structures d'âge, de structures de diamètre et le calcul de la surface terrière montrent un recrutement clairement influencé par les perturbations, ce qui explique les différentes dynamiques de population observées sur les trois parcelles étudiées.

**Mots-clés :** dendrochronologie, incendie, perturbation, recrutement.

**Abstract :** Saint-Guilhem-le-Désert is one of the rare french resort where we can find the Salzman pine, subspecies of *Pina nigra*, endemic in mediterranean region. Here, the Environment knew a lot of perturbations (fire, pastoralisation). The Dendrochronology has been used to precisely date one perturbation (fire in 1984), and to study its consequences on the dynamic of the pine's population. The realisation of age's and diameter's structure and basal-area shows a recruitment clearly influenced by perturbations. That explains different dynamics in the populations observed on the three studied parcels.

**Key-words :** dendrochronology, population's dynamics, recruitment, perturbation, Salzman pine.

L'étude des successions de communautés végétales est un aspect important de l'écologie et de la conservation. La variabilité des écosystèmes peut s'observer à différentes échelles de temps et peut être associée à divers facteurs: elle peut résulter de changements climatiques à long terme, mais également de perturbations très ponctuelles d'origine naturelle ou anthropique (cf. groupe de travail sur la recolonisation des terrasses suites à la déprise agricole). Le but de cette étude est d'étudier la perturbation causée par un incendie vis à vis d'un peuplement de pin de Salzman *Pinus nigra* Arn. ssp. *salzmannii* (Dunal) Franco. L'étude de cette sous-espèce endémique de la région méditerranéenne et de sa capacité à recoloniser le milieu après incendie suscite beaucoup d'intérêt, étant donné la fragmentation de son habitat et l'exposition régulière de ce dernier à des feux. (Trabaud et Campant,

1991).

Le site d'étude est localisé sur la commune de Saint-Guilhem-le-Désert entre le massif de la Séranne et la vallée de l'Hérault (43°44'45,4" N, 03°32'37,4" E.). Il s'étend sur une vaste zone au relief tourmenté. Les vallons étroits et encaissés sont ceinturés par d'importantes falaises qui forment une ligne nord-est – sud-ouest. Le plateau est dominé par le Pin de Salzman (*Pinus*

*Centre de Bio-Archéologie et Ecologie UMR 5059 CNRS, Institut de Botanique, 163 rue A. Broussonet, 34090 Montpellier. Université Montpellier 2 (Sciences et Techniques du Languedoc). Place Eugène Bataillon. 34095 Montpellier, France.*

<sup>1</sup>sebabou34990@hotmail.com, <sup>2</sup>juliettebinczak@hotmail.fr, <sup>3</sup>mathieu.denat@gmail.com, <sup>4</sup>sylvain.londe@laposte.net.

nigra Arn. ssp. Salzmannii (Dunal) Franco) avec ponctuellement des boisements de Chêne pubescent (*Quercus pubescens* Willd.). Autour, la garrigue à Chêne vert (*Quercus ilex* L.) domine.

La population de pin de Salzmann étudiée est l'une des deux populations du département (avec la forêt de Carleucas).

Le site de Saint-Guilhem-le-Désert est idéal pour réaliser une étude sur l'impact des perturbations car il a subi deux incendies récents en 1973 et 1984 (Trabaud & Campant, 1991).

L'étude consiste dans un premier temps à repérer une perturbation et la dater, puis dans un second temps, de comparer les stades de peuplement de zones différemment affectées pour en déduire la capacité de régénération du pin de Salzmann.

## MATERIEL ET METHODE

. Le choix de la zone étudiée est basé sur un repérage visuel d'une discontinuité de la végétation laissée par un front d'incendie. En effet, on observe une ligne de démarcation avec une forêt de grands pins d'un côté et des arbres plus jeunes de l'autre. Les traces de charbon au niveau des cicatrices retrouvées sur certains arbres confirme que cette perturbation est bien due à un feu.

Pour mener cette étude, nous avons choisi de comparer des zones discontinues afin de faire un inventaire plus poussé que si nous avons utilisé des transects perpendiculaires au front d'incendie. Nous avons donc délimité trois placettes carrées de 100 m<sup>2</sup>. Chacune étant représentative d'un milieu différent: la placette 1 appartient à un milieu ouvert essentiellement peuplé de caméphytes de garrigue. La placette 3 correspond à la pinède intacte comprenant une majorité d'arbres adultes. La placette 2 est une zone intermédiaire entre les deux autres. Elle comprend à la fois des arbres adultes présentant des cicatrices laissées par le feu et des strates de végétation inférieures assez dense.

Une fois les parcelles délimitées, une prospection systématique des pins est réalisée. Les individus (arbres et plantules) sont repérés et marqués à l'aide d'un ruban plastifié. Puis plusieurs paramètres tels que les dimensions (hauteur et circonférence), et l'âge des pins sont mesurés. La structure de la population peut ainsi être décrite en utilisant divers paramètres : la densité (nombre d'individus ha<sup>-1</sup> ou surface terrière cumulées ha<sup>-1</sup>). La circonférence est mesurée au moyen d'un mètre ruban à 30 cm du sol. La hauteur pour les jeunes individus est mesurée du collet à l'apex (hauteur < 2.5 m), et estimée à l'œil pour les adultes (hauteur > 2.5 m).

L'âge des individus est déterminé par deux méthodes non destructives.

1- Le comptage des unités de croissances (U.C.) : le

pin de Salzmann ayant une croissance monocyclique avec ramification différée, chaque pousse de l'année ne présente qu'un seul niveau de ramification (Trabaud & Campant, 1991). L'âge peut ainsi être déterminé en comptant les U.C, cette méthode étant utilisable sur les jeunes individus uniquement. Pour les arbres de plus d'une quinzaine d'années, l'estimation devient imprécise en raison des difficultés à repérer les U.C. à la base du tronc déjà bien épaissi.

2- Le comptage des cernes annuels de croissance (dendrochronologie) : cette méthode est utilisée pour les arbres adultes. Nous prélevons des carottes dans le bois à l'aide d'une tarière de Pressler. Leur diamètre de 5 mm est trop petit pour causer des dommages aux individus. Les carottes sont réalisées en passant par le cœur de l'arbre, le plus bas possible sur le tronc, dans la partie la plus âgée. Le manche des tarières nous oblige cependant à carotter à 30 cm du sol, une correction devra donc être faite pour déterminer l'âge exact des arbres.

Nous pouvons ensuite analyser les cernes annuels de croissances. Cela implique une préparation des carottes: la première étape consiste à les coller sur un carton afin qu'elles ne se cassent pas lorsqu'elles sont manipulées et permet de les orienter de manière à ce que les vaisseaux conducteurs soient perpendiculaires au plan d'observation (coupe transversale). Ainsi les cernes pourront être aisément comptés et le cœur de l'arbre visualisé. Les carottes sont ensuite poncées afin d'aplanir la surface d'analyse et de remplir le lumen des cellules par les particules de poussière, permettant ainsi d'augmenter le contraste entre le bois initial<sup>1</sup> et le bois final<sup>2</sup> et de faciliter leur comptage. En effet, sous nos latitudes, les arbres et a fortiori le pin de Salzmann ont une croissance rythmique. Tous les ans, ils produisent un cerne de croissance constitué de deux parties : le bois initial ou bois de printemps, de couleur claire, et le bois final ou bois d'été plus foncé. Au printemps, les trachéides conduisant la sève sont plus larges et à parois fines, ce qui permet des flux importants et donne sa couleur claire au bois initial. En été, les trachéides sont étroits et présentent des parois très épaisses, c'est pourquoi le bois final est plus foncé. (Schweingruber et al, 1990.).

Afin de connaître l'âge d'un arbre, nous comptabilisons le nombre de cernes qui se situent entre l'écorce (année en cours) et le cœur de l'arbre (année la plus ancienne). Certaines années, l'alternance de périodes de sécheresse et de précipitations peut entraîner l'apparition de faux cernes. De même, des anomalies peuvent provoquer l'absence de cernes certaines années. Nous appliquons également le principe d'interdatation<sup>3</sup> (Scott A. Ellias, 1990) par la réalisation de « skeleton plot ». Un « skeleton plot » est un graphique permettant de représenter et de mettre en évidence les années caractéristi-

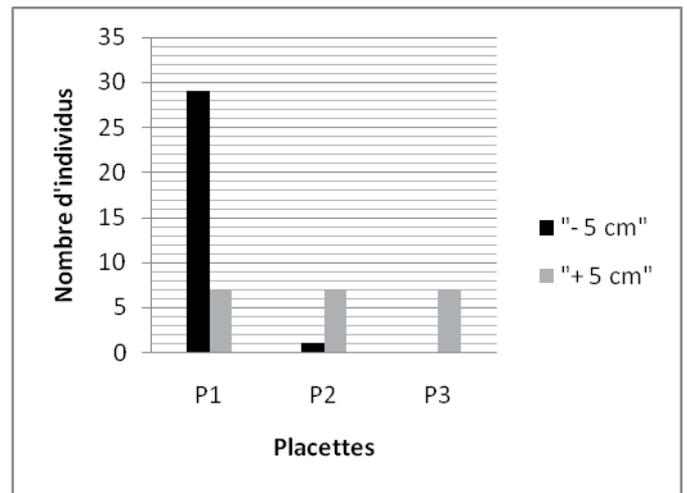
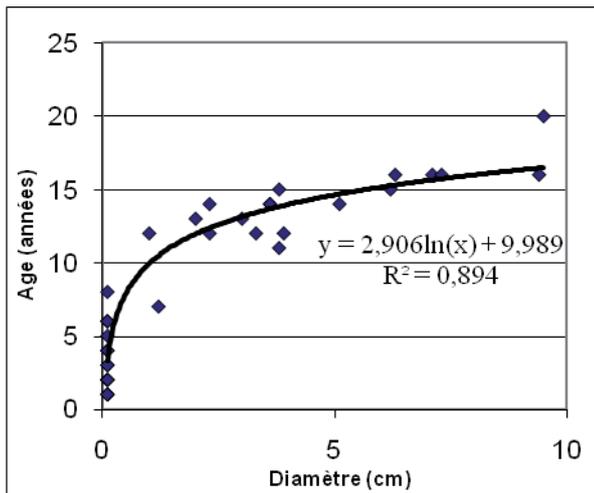


Figure 1 : Relation âge versus diamètre pour les jeunes arbres (Diamètre < 10 cm)  
L'équation de l'ajustement obtenu nous permet de déterminer le nombre d'années manquantes pour chaque carotte incomplète.

Figure 3 : Répartition des plantules et des jeunes arbres (<5cm) et des arbres adultes (>5 cm) en fonction des placettes.

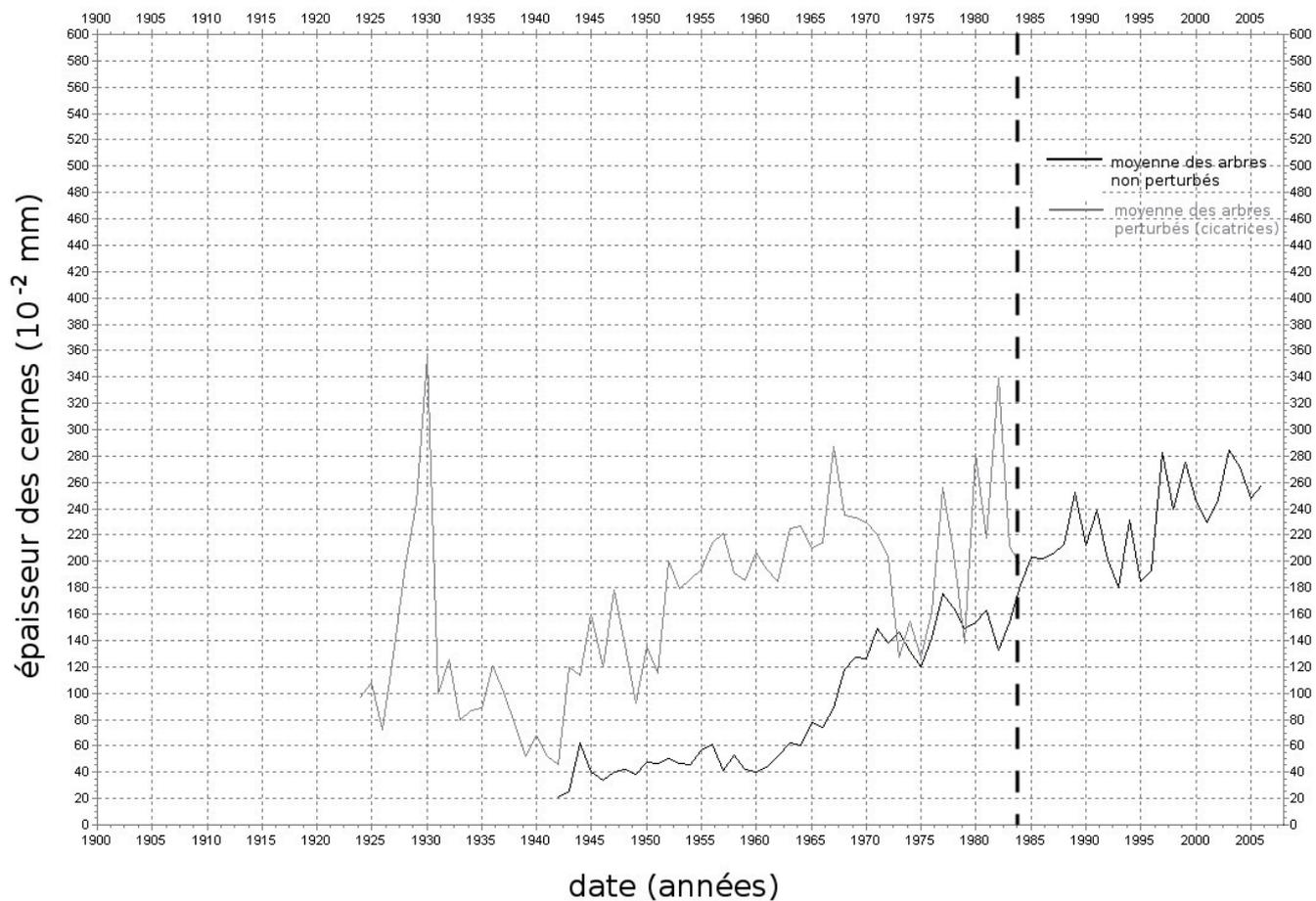


Figure 2 : Correlation entre la courbe de la taille moyenne des cernes des arbres non perturbés et la courbe de la moyenne des cicatrices des arbres perturbés.

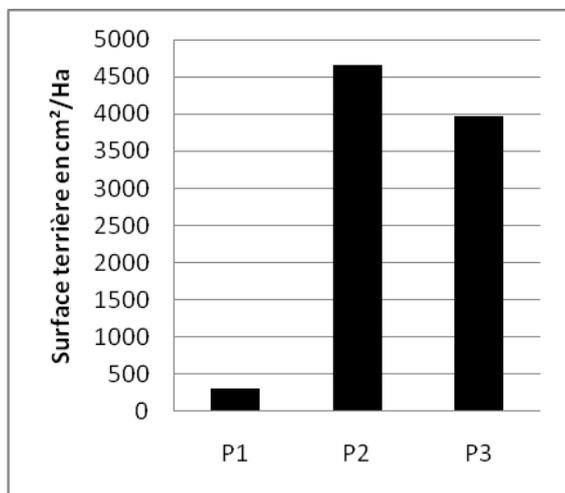


Figure 4 : Surfaces terrières des 3 placettes

ques en terme de taille de cerne sur l'ensemble des carottes.

Dans le cas où la carotte ne passe pas par le centre de l'arbre, nous utilisons un modèle de correction par mire qui permet d'estimer en centimètre la distance qu'il manque pour atteindre le cœur. Ce modèle est construit, comme expliqué dans la publication de Chauchard et al, 2006, en utilisant la relation entre l'âge et le diamètre de tous les jeunes individus que nous avons recensés. En effectuant une régression à partir du nuage de points obtenus, nous obtenons l'équation permettant d'associer à chaque « distance au centre » le nombre d'années manquantes.

Les carottes étant effectuées à 30cm du collet, tous les cernes constitués avant que les pins n'aient atteint cette hauteur ne sont pas pris en compte. Une deuxième correction est donc nécessaire. Un modèle présentant l'âge en fonction de la hauteur des jeunes individus recensés nous permet de déterminer, par régression, l'âge moyen d'un arbre de 30cm. Nous obtenons l'âge exact des individus en ajoutant ce nombre d'années au nombre de cernes comptabilisées.

La largeur de chaque cerne constituant les carottes est ensuite mesurée grâce à un banc de mesure (Rintech) relié à un ordinateur. Le logiciel TSAPWin® trace ainsi une courbe (épaisseur du cerne en fonction des années) pour chaque carotte. La superposition de ces courbes permet de dater d'éventuels incendie.

Pour réaliser l'interdatation nous effectuons trois carottes, l'une au cœur de la cicatrice et les deux autres dans les bourrelets cicatriciels. La corrélation de ces 3 carottes permet la datation de la cicatrice.

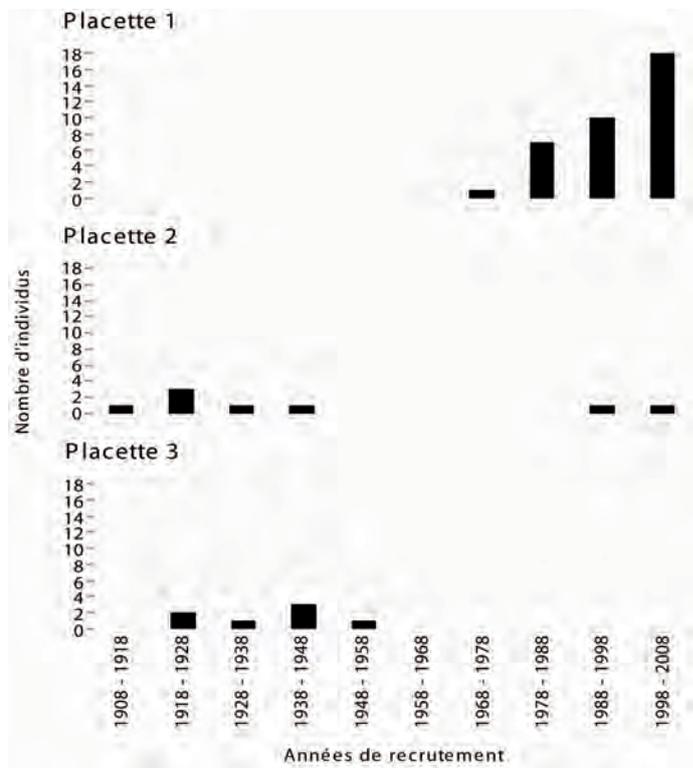


Figure 5 : Effectif de recrutement par décennie pour chaque placette

## RÉSULTATS

### Correction des carottes incomplètes

#### Correction de la hauteur de carottage

Le graphique, non présenté ici, mettant en relation la hauteur (cm) et l'âge (années) des jeunes pins, donne une droite d'équation  $y = 5,086x$ . L'âge moyen des arbres de 30 cm est alors estimé à 6 ans. En ajoutant ces 6 années à celles obtenues par la lecture de cernes, on obtient l'âge réel des arbres.

#### Datation des perturbations

Les courbes tracées sur le programme TSAPWin® (Fig 2) nous permettent de dater les cicatrices observées sur certains arbres de la placette intermédiaire. En utilisant le principe d'interdatation (Smith & Lewis, 2007), la corrélation des séquences de cernes de croissances d'arbres perturbés (cicatrices) et non-perturbés, nous montre que les cicatrices datent de 1984.

### Effet des perturbations sur la dynamique de population

#### Composition des placettes

La figure 3 nous indique que la placette 1 comprend majoritairement des plantules et des jeunes arbres (diamètre < 5 cm). La placette 2 comprend majoritairement

des arbres de diamètre supérieur à 5 cm. La placette 3 n'est peuplée que d'arbres de diamètre supérieur à 5 cm.

### **Surface terrière**

La figure 4 représente la surface terrière des trois placettes, c'est-à-dire la surface cumulée des sections de tous les pins de Salzmann. La surface terrière de la placette 1 est nettement inférieure à celle des deux autres placettes. La placette 2 présente la plus grande surface terrière (Fig. 4).

### **Structure d'âge**

La figure 5 montre les principales périodes de recrutement sur les trois placettes. Sur la placette 1 il est croissant depuis les années 1970. Sur la placette 2 deux périodes de recrutement sont observées : 1908-1948 et 1988-2008. La placette 3 ne présente uniquement des pins datant de 1918 à 1958. (Fig. 5).

## **DISCUSSION**

### **Datation du feu**

Deux principaux incendies récents sont mentionnés dans la littérature, l'un en 1973 et l'autre en 1984. (Trabaud et Campant, 1991). La datation des cicatrices des arbres de la placette 2 met en évidence une perturbation en 1984, ce qui est tout à fait vraisemblable. Cependant, le recrutement observé sur la placette 1 dès les années 1970 pourrait être attribué à une réhabilitation du milieu ouvert par l'incendie de 1973. Il y a donc une contradiction entre la datation des cicatrices et la période du recrutement. Nous pouvons alors avancer l'hypothèse selon laquelle les deux incendies auraient touchés notre site d'étude. Ainsi, l'incendie de 1973 aurait permis un recrutement de jeunes pins dont certains auraient survécus à l'incendie de 1984. Ceci est possible dans la mesure où la placette 1 se situe vers le front d'extinction du feu, et non au cœur de la perturbation.

### **Impact de la perturbation sur le recrutement des différentes placettes**

Le recrutement récent de la placette 1 peut donc être dû à une nouvelle disponibilité des ressources notamment lumineuses, suite à l'ouverture du milieu par le ou les incendies.

Sur la placette 2, nous remarquons deux recrutements. Le premier daterait de la colonisation du milieu par le pin de Salzmann de 1908 à 1948, laquelle pourrait être attribuée à l'abandon de zones pastorales. Le second, date au plus tard de 1988, et pourrait donc être due à l'ouverture du milieu par l'incendie de 1984.

La placette n'a pas connue de recrutement postérieur à

celui de 1908-1948. Ceci s'explique par le fait que les pins se sont développés jusqu'à constituer un couvert dense empêchant le passage de la lumière et donc le développement de nouvelles plantules. En effet, on constate que le sol de cette pinède est quasiment exempt de toute végétation.

La surface terrière de la placette 1 est faible malgré la forte densité (3700 individus par hectare), ceci est dû aux petits diamètres des jeunes pins s'y trouvant. Les placettes 2 et 3 ont des surfaces terrières bien supérieures pour des densités de population plus faible (respectivement 600 et 700 individus par hectare), ce qui est dû aux gros diamètres des troncs. La répartition des pins adultes semble homogène entre les placettes, bien que leurs diamètres soient supérieurs sur les placettes 2 et 3.

Nos résultats, de part la très forte dynamique de population de la placette 1, montrent donc bien une très nette recolonisation du milieu après l'incendie. Toutefois, ce n'est pas ce qui ressort des publications traitant de ce sujet. En effet, les résultats de Trabaud et Campant (Trabaud et Campant, 1991), montrent que le pin de Salzmann n'est pas du tout favorisé par l'ouverture de la végétation relative aux incendies, du fait que les graines ne peuvent généralement pas résister aux températures extrêmes et brûlent au moment des feux. De plus, d'autres études montrent que les graines de pin subissent une très forte prédation réduisant encore sa capacité de recolonisation. (A Escudero, S Barrero, JM Pita, 1996).

Nos résultats s'expliqueraient par le choix de la placette 1 à une cinquantaine de mètres seulement du front, et donc de la pinède intacte. Celle-ci constitue en effet une importante station de semenciers dont les graines sont facilement dispersées par le vent (Trabaud et Campant, 1991) dans les abords immédiats. Nous n'aurions sans doute pas constaté un tel recrutement en choisissant placette à plusieurs centaines de mètres au centre de la zone incendiée. Toujours selon ce constat, il est probable que la vulnérabilité du pin de Salzmann tiendrait plus de l'étendue des zones sinistrées et donc de l'éloignement des semenciers que de la fréquence des incendies.

## **CONCLUSION**

La placette 1 est donc l'échantillon d'un peuplement soumis à une récente perturbation. Selon nos résultats obtenus sous le logiciel TSAPWin®, Nous avons confirmé qu'un incendie a bien eu lieu en 1984, ceci

expliquant l'ouverture du milieu et la jeunesse des pins en place.

La placette 2 est une zone intermédiaire entre une zone intacte et une zone sinistrée. La présence de cicatrices sur les arbres de cette zone confirme également le feu de 1984.

La placette 3 est le milieu « témoin » qui ne semble pas avoir été perturbé depuis 1918.

## **BIBLIOGRAPHIE**

M.Kaennel & FH-Schweingruber (1990). *Multilingual glossary of dendrochronology*. ed. Haupt.

J.Berthet (2006) *Dictionnaire de biologie*, ed. De boeck.

L.Trabaud & C.Campant (1991), *Difficulté de Recolonisation Naturelle du Pin de Salzmann Pinus nigre Arn. Ssp. Salzmannii* (Dunal) Franco après Incendie.

Scott A.Ellias. *Encyclopedia of quaternary science*. ed. Elsevier, Oxford.

<http://www.loupic.com/znieff-monts-de-Saint-Guilhem-le.html>.

Chauchard *et al.* 2006. *Etude dendrochronologique de la dynamique forestière et la structure des forêts de montagnes méditerranéennes et peri-méditerranéennes suite à la déprise pastorale*.

Smith & Lewis (2007) *Encyclopedia of quaternary science*. ed. Elsevier, Oxford..

A Escudero, S Barrero, JM Pita, Ed Elsevier (1996) *Effects of high temperatures ans ash on seed germination of two Iberian pines*. Ed Elsevier, 1996.



# O r p a l

synthesis 2008

1. *n.m.* Acronyme d'Outils et méthodes  
pour la Reconstruction des  
PALéoenvironnements.  
Unité d'enseignement de l'Université de  
Montpellier II, lancée en 2008 ;
2. Revue annuelle de  
Paléoécologie du meme nom.



éditions Acta-Plume!

[www.laplume.info](http://www.laplume.info)