

# Eco-histoire de la Forêt de *Pinus nigra* Arnold ssp. *Salzmanni* (Dunal) Franco de Saint-Guilhem–le-Désert (Hérault, France)

Jean-Louis VERNET<sup>(1)</sup>, Anaïke METER<sup>(1)</sup>, Lamri ZÉRAÏA<sup>(2)</sup>

(1) UMR 5059, Université de Montpellier II, 163 rue A. Broussonet, Montpellier.

(2) Office National des Forêts, rue de la Croix Haute, Montpellier.

## Résumé

L'étude des charbons de bois témoins des feux holocènes dans les sols et sédiments permet de mieux comprendre l'évolution du peuplement forestier en moyenne montagne calcaire méditerranéenne. En particulier, une région du sud de la France (monts de St Guilhem) a joué un rôle conservateur pour les anciens écosystèmes préstepaniques. La forêt de *Pinus nigra* ssp. *Salzmanni* est une création récente sous sa forme actuelle. En effet, c'est au Moyen Age avec l'installation de l'abbaye de Gellone que la forêt initiale de *Pinus sylvestris* et *Pinus nigra* ssp. *Salzmanni*, héritage de la dernière glaciation a commencé à se transformer en la forêt actuelle.

## Abstract

Charcoal, remains of Holocene fires recorded in natural sediments allow us a new approach concerning forest evolution on the mountains of the Mediterranean region. The area of St Guilhem, southern Massif Central (France) played an important role in the preservation of pre-steppic ecosystems up. The present day forest of *Pinus nigra* ssp. *Salzmanni* is a recent phenomenon. It is during the Middle Ages, with the setting up of the abbey of Gellone, that the initial forest of *Pinus sylvestris* and *Pinus nigra* ssp. *Salzmanni*, heritage from the last glaciation, started to change in the present forest.

## 1. - Introduction

Saint-Guilhem-le-Désert, situé en rive droite des gorges de l'Hérault, à 35 km au nord-ouest de Montpellier, est connu du public pour deux raisons principales : son abbaye fondée au IX<sup>e</sup> siècle (804) et son boisement remarquable de pins noirs de Salzmann (*Pinus nigra* Arnold ssp. *Salzmanni* (Dunal) Franco) s'étendant sur 1000 à 2000 hectares de chaînons montagneux constitués essentiellement de dolomies du Bathonien.

A l'occasion du douzième centenaire de la fondation de l'abbaye de Saint-Guilhem-le-Désert, nous avons pu, avec le concours de l'ONF, étudier l'éco-histoire de cette forêt en se basant sur les résidus carbonisés laissés dans le sol par les paléofeux. Les informations susceptibles d'être apportées par le dernier cycle climatique Holocène ont, en effet, un grand intérêt pour comprendre, d'une part, la colonisation forestière des monts de St Guilhem, et d'autre part, les incidences des peuplements humains sur la forêt.

Cette étude est une approche anthracologique couplée aux datations <sup>14</sup>C.

## 2. - Généralités et état de la question

### 2.1. - Biogéographie et répartition du pin de Salzmann

Selon Palamaref (1987), l'espèce collective *Pinus nigra* Arnold, tire son origine de *Pinus laricioides* Menzel, fossile connu au Miocène et au Pliocène. Ce dernier avait une vaste aire de répartition dans les régions circum-méditerranéennes. L'aire a été morcelée sous l'effet de différents événements géologiques (crise messinienne, orogénèse alpine etc.) en îlots de superficies inégales.

Il existe ainsi de nombreuses populations disjointes de pin noir sur les montagnes du pourtour méditerranéen. Cette complexité taxinomique s'accompagne d'une grande variabilité biochimique, génétique (Arbez et Miller, 1971 ; Bonnet-Masimbert et Bikay-Bikay, 1978 ; Scaltsoyianes *et al.*, 1994 ; Bojovic, 1995 ; Rafii *et al.*, 1996), et morphologique d'interprétation souvent délicate (Quézel, 1980). Il paraît possible de distinguer un certain nombre de sous-espèces de valeur essentiellement géographique dont la sous-espèce *Salzmanni* largement présente en Espagne orientale, de l'Andalousie à la

Catalogne et aussi sur le revers méridional pyrénéen. En France, elle ne constitue que quelques peuplements isolés dans les Pyrénées orientales, dans l'Hérault (région de Saint-Guilhem-le-Désert) et dans les Cévennes siliceuses (région de Bessèges-Largentièrre) occupant des superficies totales ne dépassant pas 3000 ha.

## 2.2. - Le pin de Salzman au Pléistocène

Le pin de Salzman avait une aire plus étendue qu'aujourd'hui au Pléistocène, il y a environ 120 000 ans (dernier interglaciaire avant le présent). Il est présent sous forme d'empreintes de cônes dans les tufs de Castelnaubas à l'entrée de Montpellier, datés de 113 700 ans, vers la fin du dernier interglaciaire. Le climat était celui de l'étage supraméditerranéen actuel. La température moyenne annuelle à Montpellier était alors de 4 à 5 °C inférieure à l'actuelle (Farizier, 1980 in Vernet, 1997 ; Ambert *et al.*, 1995).

Le pin de Salzman a laissé des charbons de bois, en compagnie de *Pinus sylvestris* L., dans les sites Paléolithiques supérieurs du Pont du Gard (Bazile-Robert, 1979) entre 30000 et 14000 ans avant le présent. Pendant les périodes les plus froides du dernier glaciaire, dont la mieux connue se situe il y a 20 000 ans, les températures avaient baissé de 9 °C environ et les végétations étaient caractérisées par les steppes et les forêts présteppiques de pin sylvestre et de bouleau dans l'actuelle région des garrigues.

Au cours de brèves phases de réchauffement, des préforêts de pin de Salzman, de chêne vert et de chênes caducifoliés méditerranéens firent leur réapparition. Puis, avec le réchauffement climatique qui s'installa définitivement à partir de 10 000 ans, le pin de Salzman fut remplacé rapidement par la forêt primaire méditerranéenne de chênes verts et chênes pubescents. Le pin de Salzman se réfugia alors dans les niches écologiques que nous lui connaissons aujourd'hui, en particulier sur les calcaires dolomitiques des monts de Saint-Guilhem-le-Désert où il se régénère préférentiellement.

## 2.3. - Phytosociologie et peuplements de pin de Salzman à Saint-Guilhem-le-Désert

Pour Braun-Blanquet (1952), *Pinus nigra* ssp. *Salzmanni* appartient essentiellement à deux groupements :

(a) Un groupement de matorral arboré de l'association *Rosmarineto-Lithospermetum* sous-association *dolomiticum*. Cette sous-association, spéciale aux affleurements dolomitiques du Bathonien de la bordure cévenole est pauvre en caractéristiques d'association, d'ordre et de classe mais le pin de Salzman se développe bien dans ce groupe et s'y resème spontanément.

(b) Un groupement de type forestier représentant un *Querco-Buxetum pinetosum Salzmanni* (Braun-Blanquet et Fukarek, 1955).

Pour Quézel et Barbéro (1988), les pinèdes de pins de Salzman sont sur deux étages de végétation, le supraméditerranéen à chêne pubescent et le mesoméditerranéen à chêne vert dominant. La limite entre ces étages passerait vers 300-400 m. Les précipitations sont toujours élevées, précipitations >1000mm et m (moyenne des températures minimales du mois le plus froid) de -3 à +2 °C. La grande difficulté de cette schématisation est due au substrat : en effet, le chêne pubescent n'aime pas la dolomie au contraire du chêne vert.

On note trois formations distinctes :

**2.3.1. - Les formations forestières du mésoméditerranéen supérieur** sont présentes sur le revers sud du plateau de St Guilhem et la vallée de la Buège. Ce sont des forêts fermées avec des arbres atteignant 15 m. Les sols développés sur dolomie sont évolués, arénacés et plus ou moins rendziniques en surface. Le chêne vert est abondant avec le buis et les compagnes du chêne pubescent comme *Piptatherum paradoxum*, *Helleborus foetidus*, *Coronilla emerus*, *Melittis melissophyllum*, *Acer monspessulanum*, *Juniperus oxycedrus*, *Phillyrea angustifolia*, *Pistacia lentiscus* ainsi que *Juniperus phoenicea* et *Erica scoparia* (*Piptathero-Quercetum ilicis*).

**2.3.2. - Les préforêts du mésoméditerranéen supérieur** (photo 1) sont représentées par un matorral sous couvert de pins de Salzman avec *Erica multiflora*, *Rosmarinus officinalis*, *Fumana ericoides*, *Staehelina dubia*, *Lavandula latifolia*, *Coris monspeliensis*, *Quercus ilex*, *Buxus sempervirens*, *Juniperus phoenicea* et *Juniperus oxycedrus*. Ces préforêts appartiennent aux *Pistacio-Rhamnetalia*, association nouvelle *Pino Salzmanni-Juniperetum phoenicea*.



Photo 1 : Préforêt de pins de Salzman vers Pont d'Agre.

**2.3.3. - Les pinèdes supraméditerranéennes de pins de Salzman** se développent à Saint-Guilhem au-dessus de 400 m d'altitude avec des arbres pouvant atteindre jusqu'à 15 m, au fût bien droit ou bien des arbres plus tortueux avec un couvert plus clair sur sols peu profonds. Les espèces associées sont *Acer opulifolium*, *Polygonatum officinale*, *Euphorbia dulcis*, *Helleborus foetidus* ainsi que des taxons herbacés du *Seslerio-elegantissimae* : *Thalictrum minus ssp. saxatilis*, *Phyteuma tenebrum*, *Euphorbia duvalii*, *Sesleria elegantissima*, *Senecio gerardi*, *Euphrasia salisburgensis*, *Serratula nudicaulis*, *Campanula speciosa*. Ces pinèdes appartiennent à l'association *Quercu-Buxetum*.

### 2.3.4. - Types de peuplements

Gonelle (1999) distingue quatre types de peuplement à *Pinus Salzmanii* :

Les pineraies d'ubac : hauteur moyenne : 9 m, diamètre moyen : 29 cm, diversité floristique : 75 espèces ; caractéristiques : *Sesleria caerulea* et *Coronilla emerus*.

Les pineraies d'adret : hauteur moyenne : 8 m, diamètre moyen : 23 cm, diversité floristique : 119 espèces ; caractéristiques : *Erica multiflora* et *Rosmarinus officinalis*.

Les pineraies de combe : hauteur moyenne : 14 m, diamètre moyen : 35 cm, diversité floristique : 53 espèces ; caractéristique : *Ilex aquifolium*.

Les pineraies de crête : hauteur moyenne : 7 m, diamètre moyen : 19 cm, diversité floristique : 67 espèces ; caractéristique : *Globularia vulgaris*.

En définitive, les pinèdes de pins de Salzman colonisent des secteurs à précipitations élevées sur des sols très contrastés (substrat dolomitique à Saint-Guilhem, schiste en Ardèche méridionale et divers substrats siliceux), bien drainants, sur lesquels chênes verts ou chênes blancs sont de piètres concurrents. Quézel et Barbéro (1988) en font des pseudoclimax.

## 3. - Matériel et méthode

### 3.1. - Méthode

La méthode utilisée ici<sup>1</sup> s'appuie sur des travaux à haute résolution spatiale sur le Causse Méjean (Quilès et al., 2002 ; Vernet, soumis) à partir de résidus de paléo-feux : les charbons de bois, qui constituent un matériel de choix dans les sols et les formations superficielles. Les milieux de dépôts pris en compte, comme sites de concentration potentiels, sont les dépressions karstiques telles dolines, ouvalas ou poljés, ou encore des remplissages complexes. Des études sur les feux modernes montrent une corrélation qualitative et quantitative excellente entre les charbons et la végétation dont ils proviennent, en l'absence de tout transport (Scott, 2000) ou de transport sur de courtes distances, généralement hectomé-

triques, comme c'est le cas dans les présentes conditions géomorphologiques. Des premiers résultats testés avec la palynologie indiquent qu'il y aurait une corrélation entre la biomasse de charbons et l'intensité du feu (Vernet et al., 1994).

### 3.2. - Feux et charbons de bois

#### 3.2.1. - Types de feux

Les départs des feux de forêt sont dus, généralement, soit à des imprudences, soit à des causes climatiques. La strate herbacée est la première à brûler, parfois le feu ne se propage pas et seules en témoignent des traces noires sur l'écorce des arbres. Les strates arbustives et arborées sont alors épargnées. Toutefois, lorsque le feu est de forte intensité, les arbres déshydratés par un long stress hydrique s'enflamment et l'incendie se propage alors à toutes les strates, aidé éventuellement par le vent et la sécheresse estivale dans la région méditerranéenne. Il a été démontré (Trabaud et Campant, 1991) que l'énergie et la chaleur, dégagées par ce type de feu, pénétrant dans le sol sont si élevées que les semences enterrées sont totalement ou presque totalement tuées. De plus, les graines de pin de Salzman sont généralement disséminées à la fin du mois de mai (Calas, 1900) avant la saison des incendies. Le feu ne peut donc pas jouer le rôle de disséminateur des graines en provoquant l'ouverture des cônes fermés. Seules peuvent survivre et germer, les semences ayant résistées, dans le sol, à l'incendie, ce qui rend difficile la régénération naturelle de ce pin.

#### 3.2.2. - Transport des charbons de bois

Les résidus carbonés se rencontrent dans les sols actuels jusqu'au voisinage de la roche mère. Les charbons peuvent être transportés, et l'on distingue deux types de transport :

#### Le transport sur de courtes distances (quelques mètres)

Les eaux concentrent les charbons alors que le vent ne transporte que des petits éléments carbonisés, fleurs, bourgeons etc. (Scott et al., 2000) ou alors de petits charbons (inférieurs à 1mm) qui ne s'incorporeraient pas au sol des zones non brûlées (Blackford, 2000). Les eaux de ruissellement entraînent les charbons de bois. Si la pente est forte et le courant important, les charbons vont se concentrer en chenaux lorsque l'eau se retire. Si la pente est plus douce, l'eau plus ou moins stagnante laissera en se retirant un bourrelet où se concentrent les charbons. Dans les deux cas, les charbons se concentreront et se conserveront alors au sein de milieux de dépôt primaire : talus, doline, bas de pente où il est intéressant de les prélever (photo 2).

(1) L'essentiel des résultats est présenté dans une note succincte ( Vernet et al., 2005).



Photo 2 : Bourrelet de charbons après le feu (chapelle St-Côme, Causse Méjean, sept 2003).

### Le transport sur de grandes distances

Selon Berger et Thiébault (2002), les dépôts primaires peuvent subir un déstockage sous l'effet de l'eau, se transformant après transport en dépôt secondaire, et ceci jusqu'au n<sup>ième</sup> dépôt. Ainsi, ces charbons ne seront pas exclusivement caractéristiques de la végétation passée du lieu où ils se déposent. C'est pourquoi les charbons doivent être récoltés de préférence dans des dépôts primaires lorsqu'ils sont accessibles.

### 3.3. - Echantillonnage des charbons de bois

L'étude a porté sur 3 sites : la Citerne, la mare du Pont d'Agre et la Combe de la Louet nord <sup>2</sup>.

Ces 3 sites sont situés dans une pineraie de combe, au sein de formations forestières du supraméditerranéen, dans des dépressions fermées ou cuvettes dolomitiques. Dans chaque site, une fosse a été creusée à l'aide d'une



Photo 3 : Partie supérieure du profil de sol à Pont d'Agre.

pelle mécanique, atteignant à chaque fois la roche mère. Une coupe de sol est réalisée et selon la stratigraphie nous effectuons un nombre variable de prélèvements, toujours de bas en haut. Chaque prélèvement correspond à un volume de terre de 10l et est étiqueté (année, site, lieu et couche archéologique). Les prélèvements sont transportés jusqu'au laboratoire dans des sacs à gravats.

### 3.4. - Traitement et identification des charbons de bois

#### 3.4.1. - Préparation

Les charbons de bois sont extraits par tamisage ménagé à l'eau. Le tamis a une maille de 2 mm et seuls les fragments supérieurs à cette maille sont retenus. Les charbons inférieurs à 2 mm ne permettraient pas une identification utile. Des expérimentations montrent, en outre, que les fractions inférieures à 2 mm peuvent être négligées, leur incorporation étant retardée voire nulle (Vernet, soumis). Les charbons sont pour la plupart compris entre 2 mm et 10 mm.

Le matériel retenu par le tamis est ensuite mis à sécher. Un tri est effectué pour séparer les charbons de bois de divers autres éléments retenus après le tamisage et le séchage. Les charbons supérieurs à 2 mm sont facilement visibles et prélevés à la pince sous la loupe.

Les charbons sont comptés et pesés. Parmi les pins identifiés certains ont été réservés pour la datation.

#### 3.4.2.- Identification

La détermination demande, au préalable, l'obtention et l'observation de 3 plans de coupe : transversal, longitudinal tangentiel et longitudinal radial, obtenus par fracturation manuelle orientée. L'observation s'effectue au microscope photonique à réflexion fond blanc, fond noir. Les déterminations sont faites à l'aide du guide d'identification des charbons de bois préhistoriques et récents (Vernet *et al.*, 2001), de l'ouvrage d'anatomie des bois européens (Schweingruber, 1990) et de l'anthrothèque du laboratoire. Les coupes sont parfois impossibles à réaliser toutes en raison de la petite taille des charbons. Cela étant, la famille, le genre et parfois l'espèce sont déterminables.

## 4. - Résultats

### 4.1. - Identification des charbons de bois

Il est important de rappeler que nous travaillons sur du matériel millimétrique ce qui augmente les difficultés d'identification par rapport aux archéo-charbons de taille centimétrique. Nous ne donnerons pas, sauf exception, les critères de détermination, renvoyant aux ouvrages spécialisés (Vernet *et al.*, 2001).

(2) La Citerne : 31T0545710 UTM 4846643, alt. 540 m ; Pont d'Agre : 31T0544831 UTM 4846197, alt. 600 m ; Combe de la Louet : 31T0545659 UTM 4847215, alt. 487 m.

Les Feuillus à zone poreuse identifiés sont : *Quercus* type *pubescens* Willd., cf. *Laburnum anagyroides* Medicus., *Rosa* sp.

Les Feuillus à pores diffus sont plus diversifiés : *Buxus sempervirens* L., *Quercus ilex* L., *Ilex aquifolium* L., *Prunus mahaleb* L. *Acer monspessulanum* L., *A. opalus* Miller., *Salix/Populus*, *Phillyrea/Rhamnus*, *Ruscus aculeatus* L.

Les Conifères sont représentés par : *Juniperus*, *Pinus*.

Le genre *Pinus* présente un bois homoxylé avec des limites de cernes bien visibles, des rayons très étroits, parfois épaissis, des fibres trachéides, des canaux résinifères transversaux et longitudinaux de localisation variable selon les espèces. Les rayons sont hétérogènes avec des trachéides transversales dentées possédant des champs de croisement en fenêtré. Ces caractères sont ceux de la section *sylvestris*. Dans cette section, cohabitent plusieurs taxons importants : *Pinus sylvestris* L., le complexe de sous-espèces de *Pinus nigra* Arnold, *Pinus mugo* Turra, *Pinus pinaster* Aiton et *Pinus uncinata* Miller.

Les caractéristiques édaphiques et altitudinales excluent *Pinus pinaster* qui ne pousse pas sur les substrats de type dolomitique. *Pinus uncinata* est une espèce subalpine avec un mode de croissance particulier (bois final généralement mince), de même s'exclut *Pinus mugo*. Il reste deux espèces probables pour la forêt de Saint-Guilhem : *Pinus Salzmanni*, bien sûr, mais aussi *Pinus sylvestris* qu'il ne faut pas exclure.

La différenciation anatomique entre ces deux espèces est difficile. La plupart des auteurs ne les distinguent pas (Schweingruber, *ibid*) Cependant, une tentative d'identification a été réalisée il y a quelques années : elle repose sur plusieurs caractères dont le principal est la position des canaux sécréteurs longitudinaux dans les

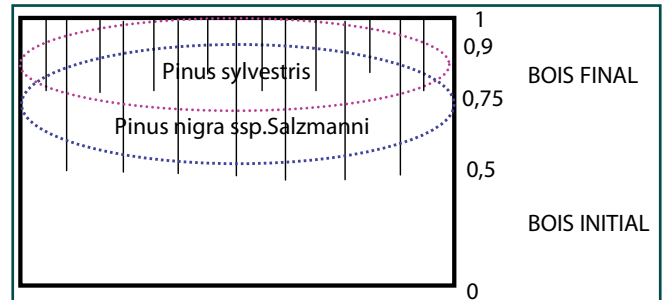


Figure 1 : Schéma anatomique de comparaison de la position des canaux sécréteurs dans les zones d'accroissement entre *Pinus sylvestris* et *Pinus nigra* ssp. *salzmanni*., d'après Bazile-Robert, 1979.

zones d'accroissement, prenant comme référence 0 pour le début du bois initial et 1 pour la limite externe de l'accroissement (Bazile-Robert, 1979) (fig.1).

Ces mesures ne tiennent pas compte du fait que les canaux soient placés dans le bois initial ou dans le bois final, car le passage de l'un à l'autre est très progressif et des erreurs sont possibles, mais aussi parce que l'importance de l'un par rapport à l'autre est très variable et conditionnée par des agents extérieurs. Certains échantillons en mauvais état ne pourront pas nous fournir d'indications.

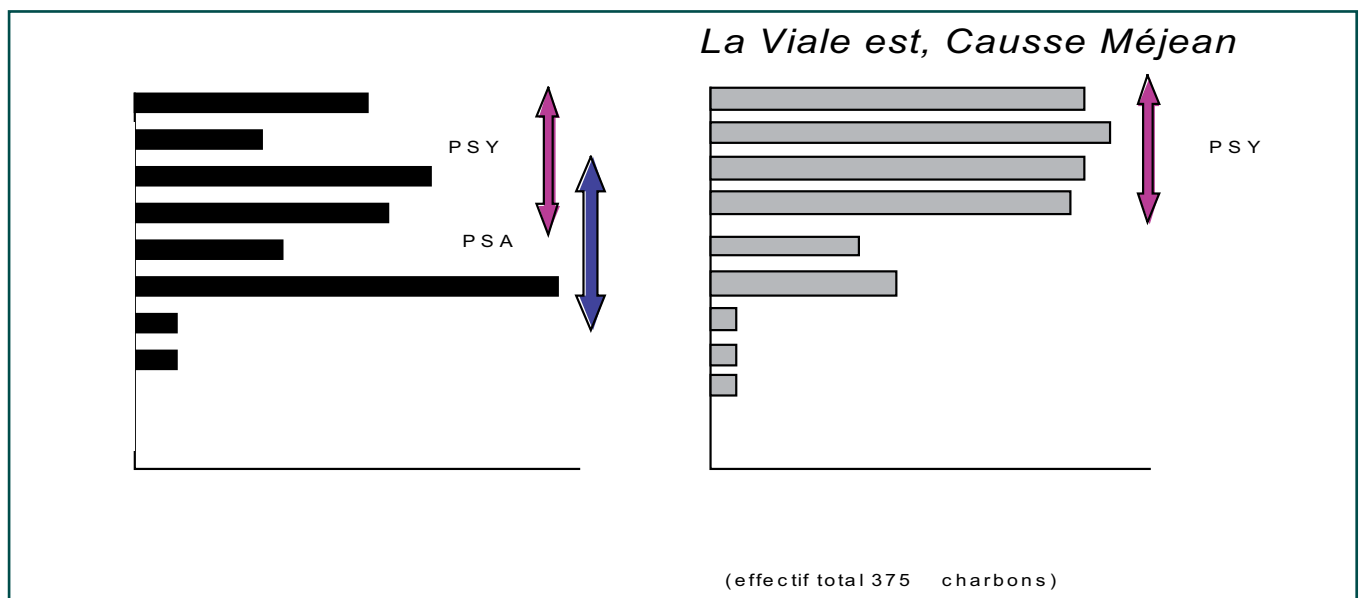


Figure 2 : Position des canaux sécréteurs en plan transversal, à gauche Pont d'Agre à Saint-Guilhem comparé à La Viale est sur le Causse Méjean (Vernet, soumis).

Dans les trois sites, nous avons réalisé un histogramme de la position des canaux sécréteurs dans les zones d'accroissement du pin afin de voir si les deux espèces sont présentes et en quelles proportions (fig. 2). Les données sont comparées avec celles obtenues sur le Causse Méjean (Vernet, soumis).

Il faut noter un grand polymorphisme du point de vue de la position des canaux sécréteurs. Les positions extrêmes des canaux des deux espèces étant représentées, c'est-à-dire 1 pour le pin sylvestre et 0,5 pour le pin de Salzman, on peut dire que les deux espèces sont présentes. Il est difficile de préciser la proportion de chacune d'entre elles car les aires de répartition de leurs canaux sécréteurs se chevauchent.

La forêt de pins de Salzman de Saint-Guilhem n'est donc pas une forêt relique pure comme on le pensait jusqu'à présent, mais certainement constituée d'un mélange d'espèces de pins. Les auteurs montrent que cette association entre le pin de Salzman et le pin sylvestre existe aujourd'hui à l'étage montagnard-méditerranéen en quelques points de Méditerranée occidentale (Quézel et Médail, 2003).

Notons que dans certains niveaux, la position extrême des canaux sécréteurs du pin sylvestre n'apparaît pas,

notamment au niveau PAG6 qui est le niveau historique le plus récent du site de la mare du Pont d'Agre ou en CLON2 et CLON4. Le pin sylvestre se serait-il retiré dans une autre niche récemment ? Y a-t-il une exploitation différentielle entre le pin de Salzman et le pin sylvestre ?

Cette seconde hypothèse est appuyée par les particularités anatomiques des deux pins. En effet, le pin de Salzman est un pin qui n'intéresse que peu les forestiers du fait de sa faible productivité, à l'inverse du pin sylvestre qui est réputé pour son bois de qualité pour la création de charpente par exemple.

#### 4.2. Datation des charbons de bois

Les datations ont été réalisées par le Dr Andreas Scharf à l'université de Nuremberg par la méthode AMS (accélérateur couplé à un spectromètre de masse). Nous avons sélectionné pour cela dix niveaux de prélèvements : les six niveaux de la mare du Pont d'Agre car c'est sur ce site que la fosse était la plus profonde, trois niveaux de la Combe de la Louet nord, le plus ancien (CLON1) et deux niveaux intermédiaires (CLON3 et CLON4) ainsi que le niveau le plus ancien du site de la Citerne (LCI1) (Vernet *et al.*, 2005).

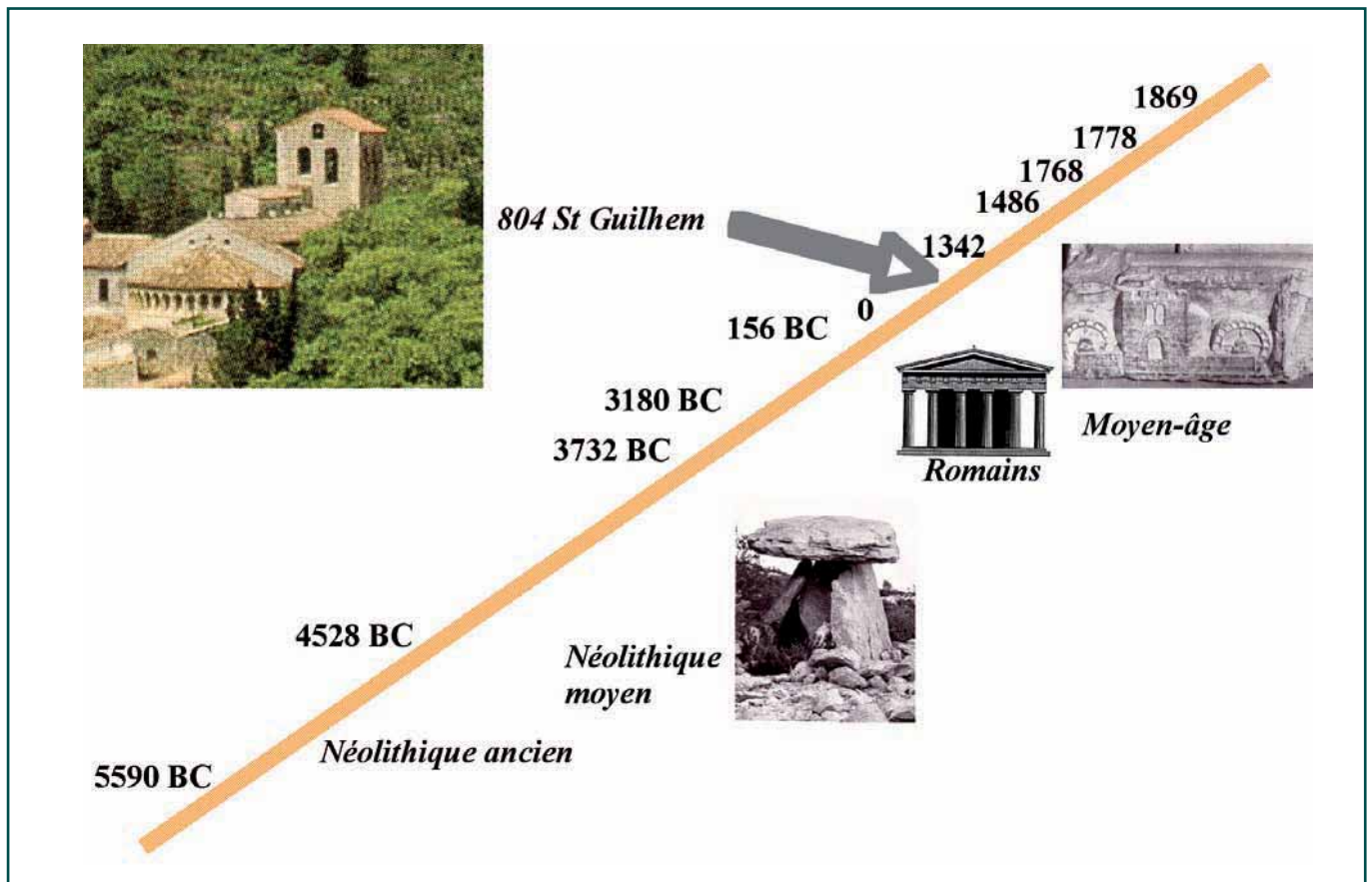


Figure 3 : Datations C14 des feux à Saint-Guilhem-le-Désert.

Les résultats peuvent être présentés de deux façons : Les dates BP qui correspondent aux dates avant le présent avec pour référence la date de 1950 AD ou les dates calendriers AD ou BC calibrées à 1 ou 2 sigma. Nous avons retenu comme dates calendriers la moyenne de l'intervalle de confiance à 2 sigma présentant le maximum de probabilité (fig. 3).

Ces dix dates nous ont permis d'élaborer une première chronologie des feux de la forêt de St Guilhem.

D'après les travaux de Trabaud et Campant (1991), la forêt de St Guilhem fut récemment et régulièrement victime d'incendies souvent criminels. Depuis l'année 1851, date d'acquisition de la forêt par l'Etat, il a été dénombré 24 incendies. Dans notre étude, trois ont été enregistrés et un seul a été daté par le  $^{14}\text{C}$ .

La teneur en  $^{13}\text{C}$  des échantillons a aussi été mesurée par le Dr Scharf. Le  $^{13}\text{C}$  est un isotope stable et plus lourd que le  $^{12}\text{C}$ . En période de sécheresse, l'ouverture des stomates des feuilles des pins étant limitée, l'assimilation du  $^{13}\text{CO}_2$  est freinée. Les plantes assimilent moins de  $^{13}\text{C}$  en période sèche qu'en période humide. Le  $^{13}\text{C}$  est ainsi un indicateur d'humidité/sécheresse relative à un moment donné (Vernet *et al.*, 1996). Couplé aux datations  $^{14}\text{C}$ , la teneur en  $^{13}\text{C}$  est un indicateur indépendant de l'évolution du climat.

### 4.3. - Dynamique de la forêt d'après l'anthracologie

Pour chaque site échantillonné, nous avons réalisé un diagramme anthracologique.

#### 4.3.1. - La Citerne

Le diagramme anthracologique de la Citerne enregistre les feux les plus récents, à partir de 48 BP soit 1870 AD. Du point de vue qualitatif, les fréquences de *Pinus* sont importantes tout au long de la séquence avec des fragments d'écaillés de cônes dans les deux premiers niveaux. *Buxus sempervirens* est présent, en particulier dans le premier niveau. Il tend à disparaître dans le niveau le plus récent (LC13). Par ailleurs, *Ruscus aculeatus* (niveau LC12) confirme par sa présence la fermeture de la forêt. Quantitativement, la masse de charbons augmente considérablement dans le niveau le plus superficiel (LC13), qui enregistre les feux les plus récents à l'exclusion de celui d'août 1973 qui a épargné ce secteur de la forêt domaniale.

#### 4.3.2 - la Combe de la Louet nord

Le diagramme anthracologique de la Combe de la Louet nord enregistre des feux beaucoup plus anciens à partir

de 5680 BP. Du point de vue qualitatif, nous notons la présence de *Pinus* sur toute la séquence avec une contribution sporadique du pin sylvestre. Comme à la Citerne, nous retrouvons la présence localisée (CLON1/4/5) d'écaillés de cône de pin. A partir du niveau CLON3, des fréquences non négligeables de *Buxus sempervirens* sont enregistrées datées à partir de 1486 AD, ce qui semble correspondre avec les dates des deux autres séquences.

#### 4.3.3. - La mare du Pont d'Agre

La séquence anthracologique de la mare du Pont d'Agre fournit la date de 6687 BP, ce qui est la plus ancienne, contemporaine de l'extrême début du Néolithique. Du point de vue qualitatif, les résultats sont les plus complets, nous observons plusieurs assemblages de végétations. Tout d'abord, dans le niveau le plus ancien (PAG1), on note principalement la présence de *Pinus*, *Quercus ilex* et *Acer*. Avec PAG2, les données sont assez semblables, mais l'on enregistre la disparition de *Quercus ilex*, l'apparition de *Quercus cf. pubescens* ainsi que le début de la courbe continue de *Juniperus*. Avec PAG3, *Ruscus aculeatus* et *Quercus ilex* sont de nouveau présents. A partir de PAG4, nous observons un changement important dans les assemblages de végétation. La fréquence de *Pinus* décroît mais surtout, nous notons l'apparition de *Buxus sempervirens* et l'augmentation de sa fréquence dans les niveaux PAG5/6. Il en est de même pour *Quercus cf. pubescens* dont la fréquence augmente dans les niveaux PAG4/5. Il faut noter que la phase à buis est datée de 1342 AD (PAG5) contre 1870 AD dans la séquence de la Citerne.

Du point de vue floristique, on note une forte contribution de *Pinus sylvestris* dès le niveau PAG1, qui se prolonge dans les niveaux supérieurs pour disparaître complètement dans le niveau récent PAG6. Le pin sylvestre est présent essentiellement dans les niveaux PAG2/3/4 antérieurement à la fondation de l'abbaye de Gellone.

Du point de vue quantitatif, nous enregistrons une forte fréquence de charbons précédant l'extension des fréquences de buis. Nous avons également essayé de mettre en évidence les relations qu'il pouvait y avoir entre les feux et l'ouverture du milieu, testées par la vitesse de sédimentation. Deux vitesses sont enregistrées : une vitesse « lente » entre 0,10 mm/an et 0,18 mm/an, une vitesse « rapide » entre 0,39 mm/an et 0,54 mm/an. Si les vitesses « lentes » témoignent d'une certaine stabilité dans l'érosion et donc d'un fort couvert végétal, nous pouvons suggérer deux fortes périodes d'érosion. La première entre 4968 et 4464 BP (PAG2/3) et la seconde postérieure à la fondation de l'abbaye de Gellone entre 644 et 158 BP (PAG5/6). Cette seconde période peut être mise en relation avec l'augmentation considérable du buis.

De plus, l'âge croît avec la profondeur, ce qui exclut tout remaniement majeur. Il semblerait, en effet, que notre matériel soit de taille trop importante pour être ingéré par la pédofaune. Selon Carcaillet et Talon (1996), les vers de terre sont capables d'ingérer des particules supérieures à 400 µm et jusqu'à 2mm, ce qui correspond au matériel éliminé pendant la phase de tamisage (maille du tamis de 2mm).

Les données du delta <sup>13</sup>C fluctuent entre -22 et -24 pour mille (un point atypique à -28 à CLON4), et indiquent que, globalement, les conditions de sécheresse prévalent au cours de ces épisodes de feux. Les résultats du delta <sup>13</sup>C ont été comparés à un référentiel de pinède du Causse Méjean qui donne une marge actuelle comprise entre -26 et -28, donc largement plus « humide » (Vernet, soumis).

## 5. - Discussion

La courbe continue de *Juniperus*, qui commence à l'Holocène ancien et se continue presque jusqu'au bout pour la mare du Pont d'Agre, témoigne d'une pinède préforestière quasi présente tout le temps. Toutefois, les niveaux extrêmes (PAG1 et PAG6) ne répertorient pas le genévrier. *Juniperus* occupe actuellement les crêtes bordant la mare du Pont d'Agre alors que *Populus* se situe au fond du talweg. Ainsi, est-il possible de penser qu'au niveau le plus ancien PAG1, seul le fond de la dépression aurait brûlé comme en témoigne la présence de *Populus*, épargnant les crêtes et donc les genévriers. Néanmoins, ceci montre la quasi pérennité des formations qualifiées par Quézel et Barbéro (1988) de préforestières du mésoméditerranéen supérieur, correspondant à l'association *Pino salzmannii-Juniperetum phoeniceae*.

La plus ancienne date obtenue est contemporaine de l'Holocène ancien moyen (vers 7000 BP). Les conditions de mise en place de la forêt étaient donc déjà réalisées antérieurement, au sortir du dernier glaciaire. A la fin du dernier glaciaire, les résultats obtenus permettent de suggérer une hypothèse hautement probable de peuplements mixtes de pins sylvestres et de pins de Salzmann formant des forêts pré-steppiques avec plusieurs *Juniperus* dont *J. phoenicea*. Avec l'amélioration climatique, ces peuplements ont gagné en altitude et se sont enrichis de composantes supraméditerranéennes. L'extension du peuplement vers les formations mésoméditerranéennes de *Quercus ilex* paraît davantage être en relation avec l'anthropisation qui a ouvert des espaces dans les boisements thermophiles.

Un autre aspect intéressant est la contribution de *Pinus sylvestris* qui démontre l'hétérogénéité du peuplement ancien. Les seules populations actuelles où le pin sylvestre est un élément important avec le pin de Salzmann sont les populations des gorges du Tarn situées selon Quézel et Barbéro (*loc.cit.*) au sein de l'étage montagnard-médi-

terrannéen. Ces formations cohabitent avec des associations herbacées riches en espèces arcto-alpines dont *Gentiana costei*. Nos données, éclairent l'authenticité des peuplements des gorges du Tarn d'une part, et d'autre part semblent montrer l'origine complexe des peuplements actuels de pins de Salzmann de la forêt de St Guilhem, l'homogénéité actuelle étant due à la gestion anthropique.

La gestion anthropique nous paraît particulièrement évidente dans cette recherche puisque tous les niveaux supérieurs à la fondation de l'abbaye montrent une recrudescence de *Buxus sempervirens* témoignant d'une ouverture considérable de la forêt mature. En effet, la colonisation d'un site par le buis représente le deuxième stade post-traumatique succédant aux pelouses à graminées. Au sein de la forêt de St Guilhem, les traumatismes possibles ont essentiellement une origine anthropique, ils peuvent être la conséquence de déprises pastorales, d'écobuages, etc. Cette interprétation se voit confirmée par l'accélération de l'érosion, et l'augmentation de la masse de charbons dans ces mêmes périodes.

Cependant, il est possible aussi que la forêt ait été stable pendant très longtemps et qu'à une certaine époque elle fut victime de perturbations par des feux d'origine naturelle. Le régime des feux aurait-il changé ? La présence d'écailles de cône de pin, distribuées de façon non aléatoire dans les niveaux historiques de la Citerne et de la Combe de la Louet nord, pourrait résulter de feux très importants, très violents, brûlant et éclatant les cônes présents en hauteur sur les pins, tandis que des feux plus courants d'une moins grande envergure n'affectent que le sous bois ou faiblement les pins. C'est ce qui est essentiellement visible à Saint-Guilhem-le-Désert.

Les feux très violents, à la fréquence d'un incendie tous les dix ans, peuvent devenir des agents de destruction de la forêt de pins de Salzmann. L'espèce serait réellement en danger si tout le peuplement brûlait à cause de la difficulté de régénération du pin à la suite de très forts incendies (Trabaud et Campant, 1991).

## Conclusion

Les sondages ont atteint la base des remplissages. Une active sédimentation a commencé dès l'Holocène ancien, à l'optimum climatique. Les trois diagrammes anthracologiques résumant l'éco-histoire holocène de la forêt. Une première phase d'incendie témoigne d'une pinède mésoméditerranéenne à *Quercus ilex*. La deuxième phase est contemporaine du Néolithique récent. L'apparition de *Quercus pubescens* montre une tendance vers une pineraie supraméditerranéenne. La tendance à la pinède mésophile supraméditerranéenne s'accroît avec la troisième phase contemporaine de la période romaine. La dernière phase qui englobe les niveaux historiques semble marquer une altération importante de la pinède avec des



fréquences importantes de *Buxus sempervirens*. Il faut ajouter à ceci la présence de façon continue de *Juniperus* qui pourrait témoigner de la présence discrète de préforêts.

La forêt de St Guilhem avec ses arbres pouvant atteindre aujourd'hui près de 15 m de haut devait apparaître dès le Moyen Age comme un massif forestier particulièrement intéressant, en particulier pour le bois d'œuvre, surtout par rapport à la chênaie méditerranéenne déjà fortement délabrée. Les fondateurs de l'abbaye ne s'y sont pas trompés. La gestion anthropique y est particulièrement patente. Quant au climat, les données isotopiques convergent toutes vers de forts impacts de la sécheresse. On ne sait si les feux anté-historiques sont naturels ou non, en revanche à partir de la fondation de l'abbaye de Gellone, l'anthropisation ne fait plus de doute, même si la sécheresse est avérée. On ne doit le bon état actuel du peuplement qu'à la convergence de deux phénomènes, la déprise généralisée des activités agro-pastorales et la conservation raisonnée sous l'égide de l'ONF.

## Bibliographie

- AMBERT P., QUINIF Y., ROIRON P., ARTHUIS R., 1995, Les travertins de la vallée du Lez, datations  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$  et environnements pléistocènes, *C.R. Acad. Sci. Paris*, t. 321, série II a, p. 667-674.
- ARBEZ M., MILLER C., 1971, Contribution à l'étude de la variabilité géographique de *Pinus nigra* Arn, *Ann. Sci. for.*, p. 23-49.
- BAZILE-ROBERT E., 1979, *Flore et végétation du sud de la France pendant la dernière glaciation*, Thèse de Doctorat de 3<sup>ème</sup> cycle, Université de Montpellier II, 154 p.
- BERGER J-F., THIÉBAULT S., 2002, The study and significance of charcoal as an indicator of ancient fires: an application to the middle Rhone valley (France), in Stéphanie Thiébault (ed): *BAR International Series* 1063, p. 25-41.
- BLACKFORD J.J., 2000, Charcoal fragments in surface samples following a fire and the implications for interpretation of subfossil charcoal data, *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 164 (1-4), p. 33-42.
- BOJOVIC S. R., 1995, *Biodiversité du pin noir (Pinus nigra Arn.) en région méditerranéenne*, Thèse de Doctorat en Sciences, Université d'Aix-Marseille III, 72 p.
- BONNET-MASIMBERT M., BIKAY-BIKAY V., 1978, Variabilité intraspécifique des isozymes de la glutamate-oxalacetate-transaminase chez *Pinus nigra* Arnold. Intérêt pour la taxonomie des sous-espèces, *Silvae Genet.*, p. 71-79.
- BRAUN-BLANQUET J., ROUSSINE N., NÈGRE R., EMBERGER L., 1952, *Les Groupements Végétaux de la France Méditerranéenne*, Centre national de la recherche scientifique, 289 p.
- BRAUN-BLANQUET J., FUKAREK P., 1955, La forêt de *Pinus salzmannii* de Saint-Guilhem-le-Désert, *Collect. Bot.*, (Barcelona) 4, p. 435-489.
- CALAS J., 1900, *Le pin laricio de Salzmann*, Exposition Universelle Internationale, Ministère de l'Agriculture, Paris.
- CARCAILLET C., TALON B., 1996, Stratigraphie et datations de charbons de bois dans les Alpes : quelques aspects taphonomiques, *Géographie, physique et Quaternaire*, 50, p. 233-244.
- GONELLE M., 1999, *Etude et cartographie des groupements végétaux à Pinus nigra ssp. Salzmanni de la Réserve Biologique Domaniale de Saint Guilhem-le-Désert*, Mémoire d'initiation à la recherche, Université Montpellier II, 12 p.
- FARIZIER M., 1980, *Recherches sur les macroflores des tufs quaternaires du sud de la France*, Mémoire Ecole Pratique des Hautes Etudes, Montpellier.
- PALAMAREV E., 1987, Paleobotanical evidences of the Tertiary history and origin of the Mediterranean sclerophyll dendroflora, *Pl. Syst. Evol.*, 162, p. 93-107.
- QUILÈS D., ROHR V., JOLY K., LHUILLIER S., OGEREAU P., MARTIN A., BAZILE F., VERNET J.-L., 2002, Les feux pré-historiques Holocènes en montagne sub-méditerranéenne : premiers résultats sur le Causse Méjean (Lozère, France), *C. R. Palevol* 1, p. 59-65.
- QUÉZEL P., 1980, Biogéographie et écologie des conifères sur le pourtour méditerranéen, in Pesson, Document d'Ecologie forestière, Bordas éd. (N 2760), Paris, p. 205-265.
- QUÉZEL P., BARBÉRO M., 1988, Signification phytoécologique et phytosociologique des peuplements naturels de Pin de Salzmann en France, *Ecologia Mediterranea*, XIV, p. 42-63.
- QUÉZEL P., MÉDAIL F., 2003, *Ecologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen*, Editions scientifiques et médicales Elsevier SAS, 571 p.
- RAFII Z.A., DODD R.S., ZAVARIN E., 1996, Genetic diversity in foliar terpenoids among natural populations of European Black Pine, *Biochem. Syst. Ecol.*, 24, p. 325-339.

SCALTSOYIANNES A., ROHR R., PANETSOS K.P., TSAKTSIRA M., 1994, Allozyme frequency distribution in five European populations of black pine (*Pinus nigra* Arn.), *Silvae Genet*, 43, p. 20-30.

SCHWEINGRUBER F.H., 1900, *Anatomie of European woods*, WSL/FNP, 800 p.

SCOTT A.C., 2000, The Pre-Quaternary history of fires. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 164 (1-4), p. 297-345.

SCOTT A.C., CRIPPS J.A., COLLINSON M.E., NICHOLS G., 2000, The taphonomy of charcoal following a recent heathland fire and some implications for the interpretation of fossil charcoal deposits, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 164 (1-4), p. 1-31.

TRABAUD L., CAMPANT C., 1991, Difficulté de Recolonisation Naturelle du Pin de Salzmann *Pinus nigra* Arn. ssp. *Salzmannii* (Dunal) Franco Après Incendie, *Biol. Conserv.*, 58, p. 329-343.

VERNET J.-L., 1997, *L'homme et la forêt méditerranéenne de la Préhistoire à nos jours*, Editions Errance, Paris, 248 p.

VERNET J.-L., soumis, History of the *Pinus sylvestris* and *Pinus nigra* ssp. *Salzmannii* forest in the Sub-Mediterranean mountains (Grands Causses, St Guilhem, southern Massif Central, France) based on charcoal from limestone and dolomitic deposits.

VERNET, J.-L., METER, A., ZÉRAÏA, L., 2005, Premières datations de feux holocènes dans les Monts de Saint-Guilhem-le-Désert (Hérault, France), contribution à l'histoire de la forêt relique de *Pinus nigra* Arnold ssp *Salzmannii* (Dun.) Franco, *C R. Geosciences*, 337, 5, p. 533-537.

VERNET J.L., OGHEREAU P., FIGUEIRAL I., MACHADO YANES M. DEL C., UZQUIANO P., 2001, *Guide d'identification des charbons de bois préhistoriques du sud-ouest de l'Europe*, CNRS éditions, 395 p.

VERNET J.-L., PACHIAUDI C., BAZILE F., DURAND A., FABRE L., HEINZ C., SOLARI M.-E., THIÉBAULT S., 1996, Le  $\delta^{13}\text{C}$  de charbons de bois préhistoriques et historiques méditerranéens, de 35 000 BP à l'actuel. Premiers résultats, *C.R. Acad. Sci. Paris*, t. 323, série II a, p. 319-324.

VERNET J.-L., WENGLER L., SOLARI M.-E., CECCANTINI G., FOURNIER M., LEDRU M.-P., SOUBIÈS F., 1994, Feux, climats et végétations au Brésil central durant l'Holocène : les données d'un profil de sol à charbons de bois (Salitre, Minas Gerais), *C.R. Acad. Sci. Paris*, t. 319, série II, p. 1391-1397.