

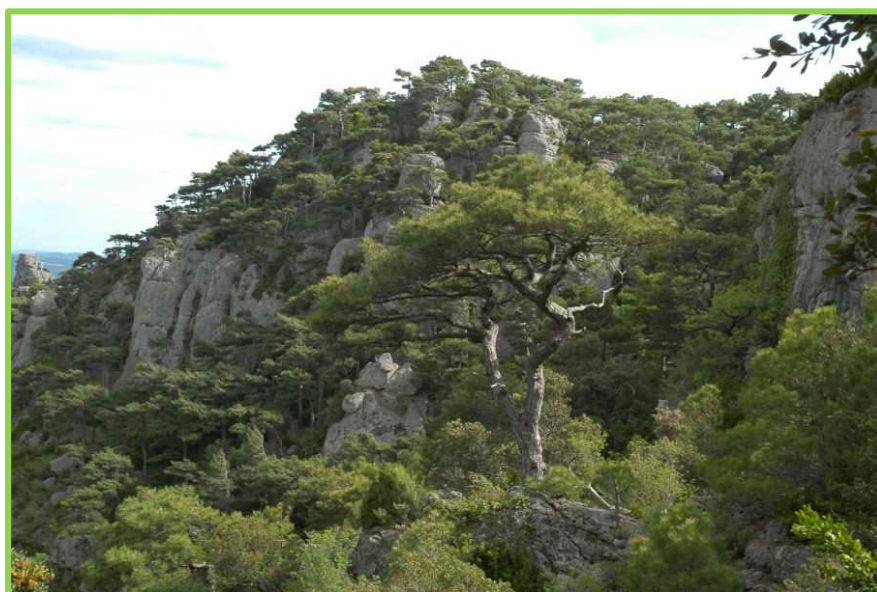
Université Montpellier II  
Master 1 Biologie, Géosciences, Agroressources, Environnement  
Spécialité Ingénierie en Ecologie et en Gestion de la Biodiversité  
Année 2008-2009

# Evaluation de l'état de conservation du peuplement de pins de Salzmann de la forêt domaniale de St-Guilhem-Le-Désert (Hérault, France)

Par : **Anis Chakib**

Du 02 mars au 31 juillet 2009

Encadrement : **Daniel Cambon**, responsable biodiversité et environnement, Office National des  
Forêts, Direction Territoriale Méditerranée



Office National des Forêts  
Direction Territoriale Méditerranée  
505, rue de la Croix Verte  
Parc Euromédecine  
34094 Montpellier cedex 5  
BP 74208



# REMERCIEMENTS

---



J'adresse en premier lieu tous mes remerciements à M. Daniel Cambon pour m'avoir permis de réaliser ce stage, pour ses conseils avisés ainsi que pour toutes les connaissances naturalistes et forestières qu'il m'a transmis durant ces 5 mois. Merci de m'avoir fait découvrir tant d'espèces de lépidoptères et d'avoir répondu à mes questions de botaniste amateur.

J'aimerais également remercier Guy Rhieff et Jean Medge pour m'avoir tant appris sur la forêt méditerranéenne et sur leur métier de forestier. Merci à Jean pour m'avoir fait découvrir le massif et pour m'avoir appris à distinguer un chêne d'un pin... Merci à Guy pour nos longues discussions et toutes ces journées de « bartasse ».

Je remercie aussi Michel Martel, responsable du pôle SIG ainsi que François Scola et Joseph Pérez pour leurs précieux conseils et leur disponibilité. Je leur souhaite beaucoup de courage pour l'adoption d'ArcGis qui m'a causé tant de soucis !

Je remercie chaleureusement Jocelyne Gilan pour m'avoir accueilli avec tant de gentillesse.

Je ne saurais oublier de remercier aussi Rémi Decoursière, Gilles Cloix, Lambri Zeraïa, Stephen Royer, Isabelle Bassi, Bruno Gaufre, Benjamin Fernandez et tous les autres...





<b>1) INTRODUCTION</b> .....	1
<hr/>	
<b>1.1 Le pin de Salzmänn</b> .....	1
1.1.1 Présentation et contexte général .....	1
1.1.2 Caractéristiques morphologiques .....	1
1.1.3 Autoécologie .....	2
1.1.4 Statut de protection et programme de conservation .....	2
<b>1.2 Le peuplement de la forêt domaniale de St-Guilhem-Le-désert</b> .....	2
1.2.1 Généralités .....	2
1.2.2 Eléments de phytosociologie .....	3
1.2.3 Risques et menaces .....	3
<b>1.3 Contexte, intérêts et objectifs de l'étude</b> .....	5
<b>2) MATERIEL ET METHODE</b> .....	6
<hr/>	
<b>2.1 Site d'étude</b> .....	6
<b>2.2 Description des peuplements</b> .....	6
2.2.1 Enjeux, contraintes et choix d'une méthodologie .....	6
2.2.2 Photo-interprétation .....	7
2.2.3 Elaboration d'une typologie forestière .....	7
2.2.4 Elaboration d'une fiche de description .....	8
2.2.5 Phase de terrain .....	8
<b>2.3 Description d'habitats</b> .....	9
<b>2.4 Traitement des données et cartographie</b> .....	9
2.4.1 Saisie de données .....	9
2.4.2 Traitements divers .....	10
2.4.3 Cartographie .....	10
<b>2.5 Evaluation de l'état de conservation du peuplement</b> .....	10
2.5.1 Principe de la méthode .....	10
2.5.2 Choix des critères .....	11
2.5.3 Notation des critères .....	12
<b>3) RESULTATS</b> .....	13
<hr/>	
<b>3.1 Photo-interprétation</b> .....	13
<b>3.2 Etude physique du peuplement</b> .....	13
3.2.1 Aire de présence .....	13
3.2.2 Peuplements .....	13
3.2.3 Dynamique .....	14





<b>3.3</b>	<b>Cartographie des habitats</b> .....	15
<b>3.4</b>	<b>Etat de conservation du peuplement</b> .....	15
3.4.1	Typicité dendrologique .....	15
3.4.2	Répartition des classes d'âge .....	16
3.4.3	Dynamique du peuplement.....	16
3.4.4	Bois mort.....	16
3.4.5	Atteintes .....	16
3.4.6	Résultat final.....	17
<b>4)</b>	<b>DISCUSSION</b> .....	17
<hr/>		
<b>4.1</b>	<b>Etat actuel du peuplement</b> .....	17
<b>4.2</b>	<b>Quelles solutions pour une amélioration de l'état de conservation ?</b> .....	17
4.2.1	Protection contre les incendies.....	17
4.2.2	Protection du patrimoine génétique .....	18
<b>4.3</b>	<b>Biodiversité et enjeux patrimoniaux</b> .....	19
<b>4.4</b>	<b>Critique de la méthode</b> .....	19
<b>5)</b>	<b>CONCLUSION</b> .....	20

---

## BIBLIOGRAPHIE

## ANNEXES





# ABREVIATIONS

---



**BRG** : Bureau des ressources génétiques

**CGAF** : Conservatoire génétique des arbres forestiers

**CRGF** : Commission nationale des ressources génétiques forestières

**DDA** : Direction départementale de l'agriculture

**DFCI** : Défense de la forêt contre les incendies

**DOCOB** : Document d'objectif (des sites Natura 2000)

**EUFORGEN** : Programme européen pour la diversité génétique forestière

**INRA** : Institut scientifique de recherche agronomique

**MCPFE** : Conférence ministérielle pour la protection des forêts en Europe

**ONF** : Office national des forêts

**RBD** : Réserve biologique dirigée

**RTM** : Reboisements en terrains de montagnes

**SIC** : Site d'intérêt communautaire

**SIG** : Systèmes d'informations géographiques

**ZNIEFF** : Zones naturelles d'intérêt écologique faunistique et floristique



## 1) INTRODUCTION

### 1.1 Le pin de Salzman

#### 1.1.1 Présentation et contexte général

Le pin de Salzman (*Pinus nigra* Arn. subsp *Salzmannii*) est une sous espèce de pin noir (*Pinus nigra* Arn.) endémique du nord-ouest de la région méditerranéenne (Annexe 1) découverte en 1810 à Saint-Guilhem-Le-Désert puis décrite scientifiquement par Dunal (1851). Son aire de répartition fut vaste et continue au Pléistocène avant d'être morcelée lors des glaciations de l'ère quaternaire (Vernet, 2006). Par la suite, la déforestation liée aux activités humaines (incendies volontaires, pâturage et utilisations diverses du bois) a entraîné un déclin important de ces pinèdes autochtones (Vernet, 1997). Plus récemment, lors des campagnes de Reboisement en Terrain de Montagne (RTM) qui ont eu lieu à la fin du XIXe et au début du XXe siècle, l'essence a été délaissée, la préférence ayant été accordée à une espèce exogène : le pin noir d'Autriche (Allemand, 1990 ; ONF, 1990 ; Cambon, 2008). Ainsi, le pin de Salzman est aujourd'hui présent uniquement en Espagne (environ 300 000 ha) et en France où il forme des peuplements restreints et isolés (Fig. 1). Les 7 stations françaises connues occupent une surface totale approximative de 3000 à 5000 hectares, ce qui fait du pin de Salzman l'une des essences forestières les plus rares de France (Debazac, 1963 ; Quézel, 1988). Il apparaît de plus que ces peuplements seraient tous plus ou moins menacés par trois grands facteurs (Cambon, 2008):

- Les risques de destruction par incendies
- Les risques de pollution génétique par introgression avec divers pins noirs introduits
- Les risques de dérive génétique liés à l'isolement et aux surfaces très faibles de certains peuplements

Le pin de Salzman constitue donc une essence autochtone à forte valeur patrimoniale qu'il convient d'étudier et de protéger.

#### 1.1.2 Caractéristiques morphologiques

Le pin de Salzman, en tant que sous-espèce, présente les caractères communs à tous les pins noirs (Barbero *et al.*, 1998 ; Debazac, 1991 ; Tanghe, 1991). Malgré une certaine variabilité phénotypique, il possède des caractéristiques morphologiques qui permettent de le distinguer clairement des autres pins noirs, notamment du pin noir d'Autriche (Annexe 2). La couleur vert clair des aiguilles qui sont droites, souples, non piquantes et mesurent entre 15 et 20 centimètres de long ainsi que les rameaux de l'année d'une couleur brun-orangé luisant et



**Figure 1 :** Carte de la répartition de *Pinus nigra* subsp. *Salzmannii* en France (Source : EUFORGEN Conifers Network, 2004)



**Figure 2 :** Jeune rameau et cône de pin de Salzmann (photo: A. CHAKIB)



**Figure 3 :** Vieux pin de Salzmann sur substrat rocheux (photo: A. CHAKIB)



généralement dénudés dans leur partie inférieure (Fig. 2), constituent notamment des éléments de reconnaissance évidents et fiables du pin de Salzman (Dunal, 1851 ; Calas, 1899 ; Debazac, 1991 ; Rameau *et al.*, 2008). Concernant le pin de Salzman, on conserve généralement l'image d'un arbre bas et tortueux impropre à la production de bois d'œuvre. Ceci est vrai lorsqu'il pousse sur des sols pauvres ou des substrats rocheux. Par contre, placé en sol fertile, il donne de beaux arbres forestiers dont la croissance et les caractères dendrométriques sont équivalents à ceux des autres sous-espèces (Tanghe, 1991).

### **1.1.3 Autoécologie**

Le pin de Salzman se caractérise avant tout par une forte plasticité écologique. Il est peu exigeant vis-à-vis de la composition chimique du sol (Braun-Blanquet, 1955 ; Quézel et Barbero, 1988). Il colonise en effet des substrats variés : grès, schistes, calcaires et dolomies et peut se maintenir sur des sols pauvres et peu profonds, parfois même dans les fissures de la roche (Fig. 3). Au niveau bioclimatique, il est présent aux étages montagnard, supra-méditerranéen, et méso-méditerranéen à des altitudes comprises entre 10 et 1200 mètres (Godron, 1988 ; Quézel et Barbero, 1988). L'essence résiste bien au stress hydrique et aux attaques de parasites, notamment à la chenille processionnaire du pin (Calas, 1899 ; Prioton, 1959 ; Tanghe, 1991).

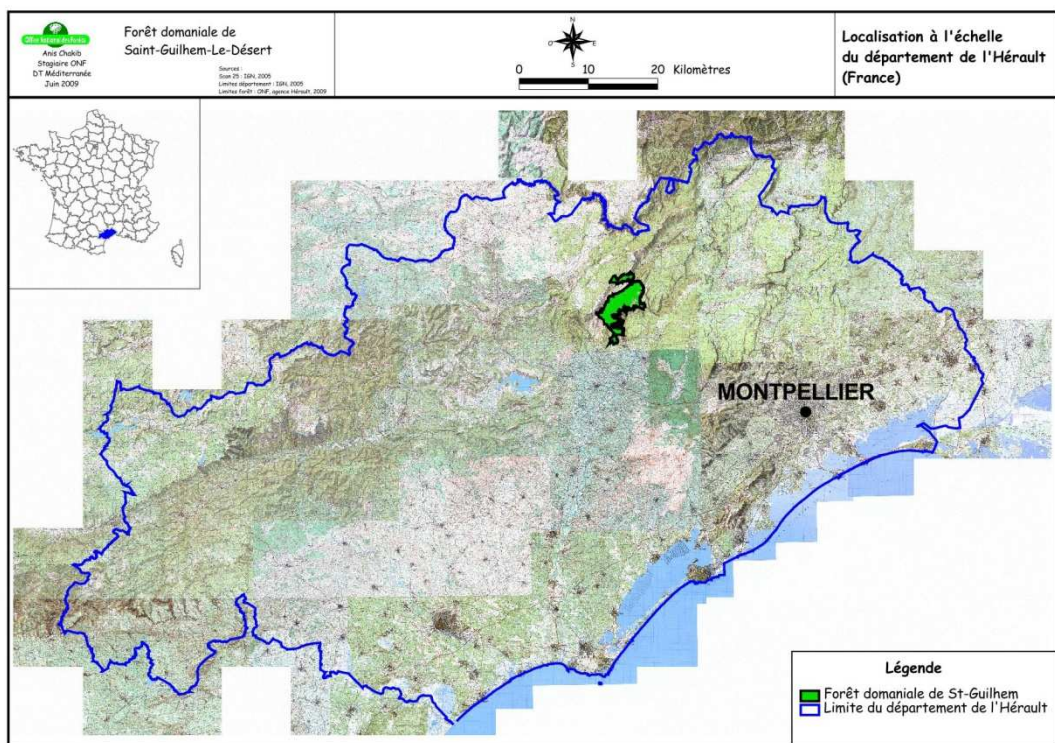
### **1.1.4 Statut de protection et programme de conservation**

Le Pin de Salzman représente un enjeu européen majeur car il constitue un habitat prioritaire au sens de la directive Habitats (D. 92/43 CEE, 1992) « 9530 - Pinèdes sub-méditerranéennes de pins noirs endémiques \* : Pin de Salzman ». L'essence étant particulièrement rare et menacée en France, l'Office National des Forêts a lancé en 2008 un « programme global de conservation des populations françaises de pin de Salzman sur 5 ans » (Cambon, 2008). Celui-ci vise à une meilleure connaissance de l'essence, des peuplements et de leur environnement. Il prévoit notamment (en collaboration avec l'INRA et le CGAF) la mise en place d'expertises physiques et génétiques sur les peuplements français ainsi que des actions de conservation in-situ et ex-situ.

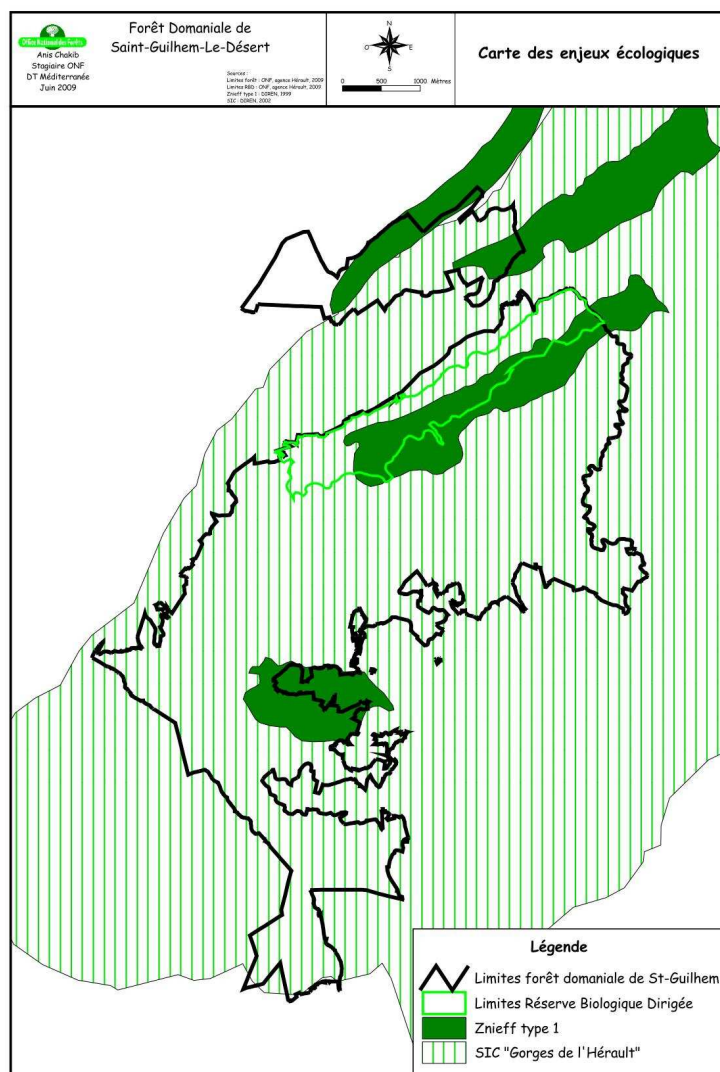
## **1.2 Le peuplement de la forêt domaniale de St-Guilhem-Le-désert**

### **1.2.1 Généralités**

Situé à trente cinq kilomètres au nord-ouest de Montpellier (Hérault, France) (Fig. 4), le chaînon montagneux de Saint-Guilhem-Le-Désert (43°43-N, 3°31-E), a souvent été cité comme présentant le peuplement de pin de Salzman le plus important et le plus remarquable



**Figure 4 :** Localisation de la forêt domaniale de St-Guilhem-Le-Désert à l'échelle du département de l'Hérault (Source : A. CHAKIB)



**Figure 5 :** Carte des enjeux écologiques de la forêt domaniale de St-Guilhem-Le-Désert (Source : A. CHAKIB)

de France (Braun-Blanquet, 1955 ; Calas, 1899 ; Debazac, 1963 ; Nègre, 1921 ; Prioton, 1959 ; Quezel et Barbero, 1988). Le dernier document d'aménagement forestier de la forêt domaniale de St-Guilhem-Le-Désert (2451,2 hectares) fait état d'un peuplement de pins de Salzmann d'environ 562 hectares (ONF, 1990). Cette dernière, propriété de l'Etat depuis 1898 est gérée par l'ONF mais n'est pas exploitée pour des raisons d'accessibilité et de rentabilité ainsi que du fait de son caractère patrimonial. Depuis de nombreuses décennies, les principaux enjeux de cette forêt sont donc principalement d'ordres écologiques, paysagers et sociaux (accueil du public, chasse).

Afin de répondre à la nécessité de conserver activement les peuplements de pins de Salzmann, une réserve biologique dirigée (RBD) d'une surface de 219,4 hectares a vu le jour en 1993 dans la partie nord-ouest de la forêt domaniale, pérennisant l'ancienne « réserve des Cévennes » créée en 1930. De plus, l'essentiel du peuplement de pin de Salzmann est inclus dans la ZNIEFF de type I n°4089.0001 d'une superficie de 511 hectares ainsi qu'au titre d'habitat prioritaire (D. 92/43 CEE, 1992) dans le Site d'Intérêt Communautaire (SIC) Natura 2000 « Gorges de l'Hérault » (SIC FR9101388), d'une surface de 21 640 hectares (Fig. 5).

### 1.2.2 Eléments de phytosociologie

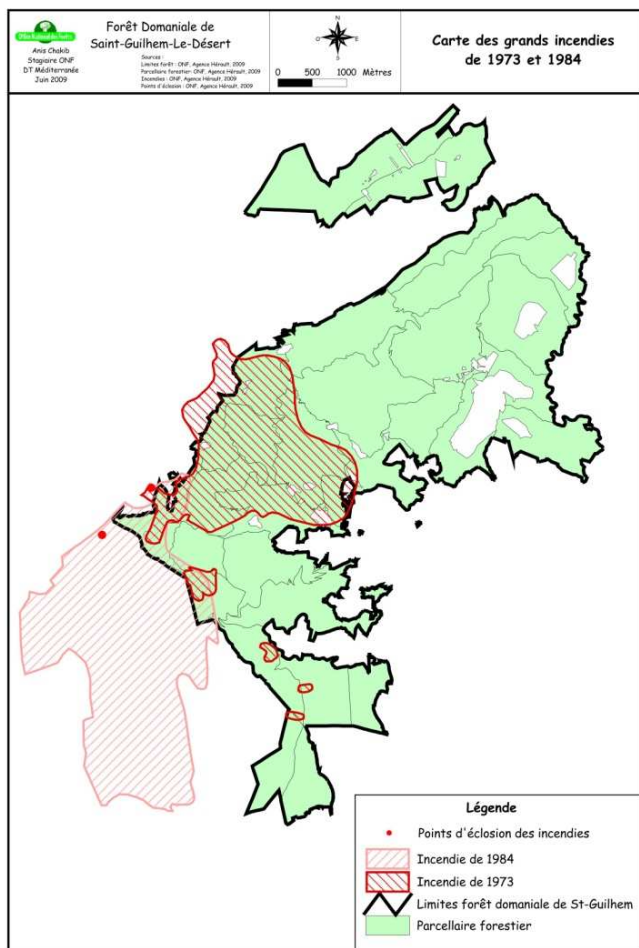
Plusieurs études menées à St-Guilhem-Le-Désert ont permis de caractériser les différentes associations végétales dans lesquelles le pin de Salzmann est présent (Braun-Blanquet, 1955 ; Gonelle, 1999 ; Quézel et Barbero, 1988). Dans une étude menée sur le peuplement de la RBD, Gonelle (1999) a caractérisé quatre types de groupements végétaux à pins de Salzmann présentant des cortèges floristiques particuliers (notamment un nombre restreint d'espèces indicatrices) liés aux conditions stationnelles et à l'exposition (Annexe 3) :

- Groupements d'Ubac (*Sesleria caerulea* et *Coronilla emerus*, exposition nord/nord-est)
- Groupements d'Adret (*Erica multiflora* et *Rosmarinus officinalis*, exposition sud/sud-ouest)
- Groupements de Combe (*Ilex aquifolium*, ravins et sols profonds)
- Groupements de Crêtes (*Teucrium aureum*, *Globularia vulgaris* et *Helianthemum montanum*, zones rocheuses et sommitales)

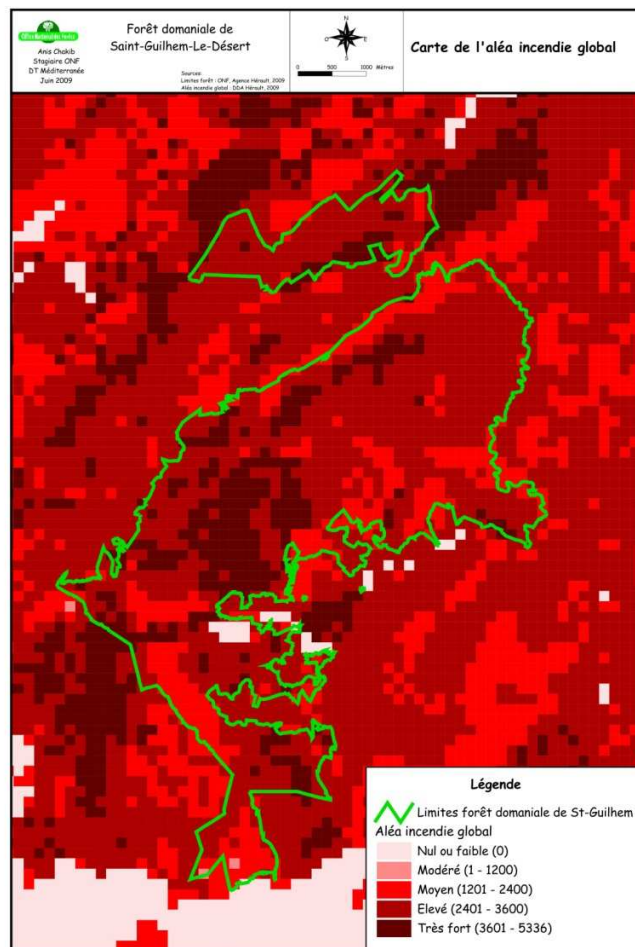
### 1.2.3 Risques et menaces

#### 1.2.3.1 Les incendies

Comme c'est généralement le cas pour la plupart des forêts en région méditerranéenne, le peuplement de pins de Salzmann de Saint-Guilhem-Le-Désert a considérablement été marqué par le facteur feu. Entre 1851 et 1984, plusieurs milliers d'hectares de garrigue et de forêt ont



**Figure 6 :** Carte des grands incendies de 1973 et 1984 sur la forêt domaniale de St-Guilhem-Le-Désert (Source : A. CHAKIB)



**Figure 7 :** Carte de l'aléa incendie global sur la forêt domaniale de St-Guilhem-Le-Désert (Source : A. CHAKIB)



brulé au cours de 21 incendies pour la plupart d'origine anthropique (Nègre, 1921 ; Braun-Blanquet, 1955 ; ONF, 1990). Récemment, les incendies de 1973 et 1984, particulièrement violents, ont ravagé respectivement 506 hectares et 55 hectares dont une grande partie de pinèdes de pins de Salzman (Fig. 6).

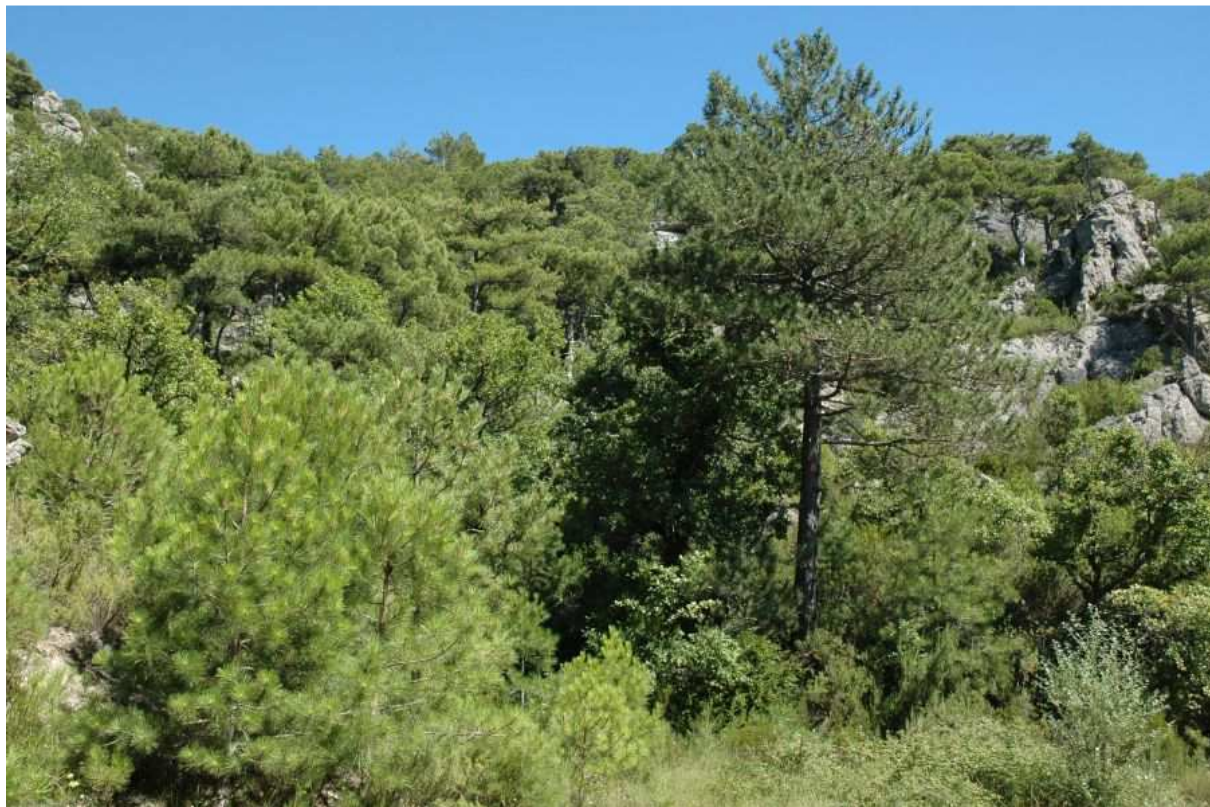
Des études réalisées à St-Guilhem-le-Désert sur ces zones incendiées ont montré qu'à l'inverse d'autres pins dits pyrophytes (pin maritime, pin d'Alep), le pin de Salzman, ne possédant pas de cônes sérotineux, a de grandes difficultés à recoloniser le milieu après un incendie violent (Campant, 1990 ; Trabaud, 1990). Ces conclusions ont été confirmées en Espagne par les travaux d'Ordonez *et al.* (2004). En effet, le taux de germination des graines de pins de Salzman après incendie est quasi nul (Escudero *et al.*, 1997), le stock séminal étant systématiquement détruit par le feu (Tapias *et al.*, 2004).

A la suite de ces incendies, l'ONF a mené des campagnes de reboisements au cours desquelles plusieurs dizaines d'hectares de pins de Salzman ont été plantés dans les zones mises à nu.

Malgré l'absence d'incendie dans la forêt domaniale de Saint-Guilhem-Le-Désert depuis environ 25 ans, le peuplement de pin de Salzman reste particulièrement menacé. En effet, l'aléa incendie global calculé en 2009 par la Direction départementale de l'agriculture (DDA) à partir d'une série de facteurs (inflammabilité de la végétation, vent, pentes, expositions et historique des incendies) met en évidence des risques très élevés d'incendies (fig. 7).

#### 1.2.3.2 La pollution génétique

Chez les conifères tout spécialement, hybridations et introgressions sont quasi générales (Barbero *et al.*, 1998). Le pin de Salzman étant une sous-espèce de pin noir, il peut s'hybrider avec tous les autres pins noirs. Au vu de la proximité de plantations de pins noirs d'Autriche (*Pinus nigra* Arn. Subsp. *nigra*) sur le massif de la Séranne (à moins de cinq kilomètres), il existe des possibilités d'introgressions liées aux capacités de dissémination du pollen sur de longues distances (Nanson, 2004). De plus, le pin noir d'Autriche est présent au sein de la forêt domaniale de St-Guilhem-Le-désert (Fig. 8), la localisation restant à préciser. D'après le dernier document d'aménagement de l'ONF (ONF, 1990), il semble qu'une partie de ces arbres soit issue de reboisements. En effet, l'importance des risques de pollution génétique n'ayant été prise en compte que très récemment, des pins noirs d'Autriche ont été plantés à plusieurs reprises depuis 1900. De ce fait, une pollution génétique du peuplement de pins de Salzman par des gènes de pins noirs d'Autriche est à craindre (Austerlitz *et al.*,



**Figure 8 :** Pin noir d'Autriche (sur la droite) au milieu de jeunes pins de Salzmann dans la forêt domaniale de St-Guilhem-Le-Désert (photo : D. CAMBON)

1999). L'existence même du pin de Salzmann à Saint-Guilhem-Le-Désert pourrait être mise en danger en cas de présence massive du pin noir.

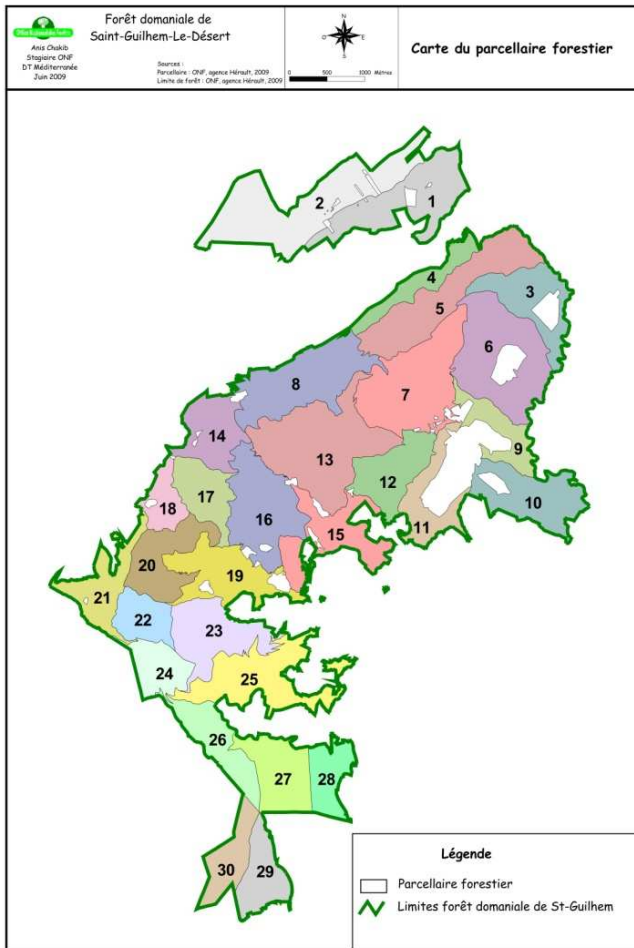
Des recherches destinées à identifier des marqueurs génétiques fiables pour évaluer les taux d'introgession et la pureté génétique du peuplement de pin de Salzmann sont actuellement en cours à l'INRA d'Avignon (Directeur de recherche : M. Bruno Fady, URFM-UR 629). Les résultats de celles-ci, s'ils s'avèrent concluants, pourraient permettre d'évaluer l'état de conservation génétique du peuplement.

### **1.3 Contexte, intérêts et objectifs de l'étude**

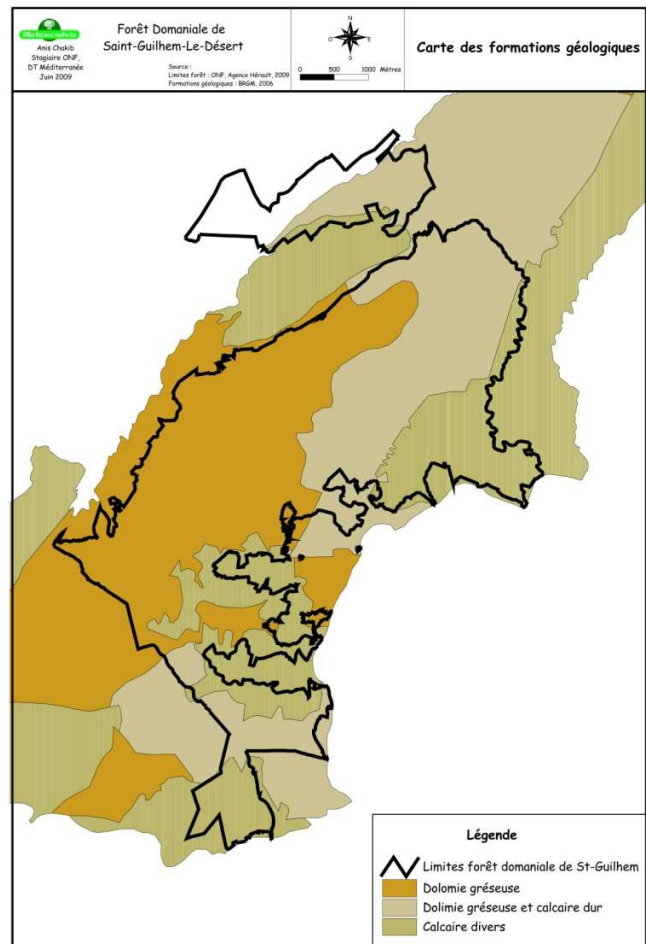
La nécessité de conserver la diversité génétique des essences forestière a été soulignée lors de la première conférence ministérielle pour la protection des forêts en Europe (MCPFE) dès 1990 à Strasbourg. La sauvegarde des conifères européens constitue en outre l'un des principaux thèmes du « Programme européen pour la diversité génétique forestière » (EUFORGEN). En France, la Commission nationale des ressources génétique forestière (CRGF) créée en 1992 et le Bureau des ressources génétique (BRG) pilotent conjointement le « Programme National de gestion et de conservation des ressources génétiques des arbres forestiers » qui vise à sauvegarder le patrimoine génétique forestier national. Le programme national de conservation des peuplements de pins de Salzmann (Cambon, 2008) lancé par l'ONF en 2008 s'inscrit dans le cadre de cette stratégie nationale. Celui-ci insiste notamment sur la nécessité de mieux connaître l'état physique des peuplements de pins de Salzmann afin d'en assurer la pérennité par une gestion adaptée.

La forêt domaniale de Saint-Guilhem-Le-Désert faisant actuellement l'objet de plusieurs projets au sein de l'ONF, c'est dans un contexte interne favorable qu'a émergé un projet d'étude de l'état physique de son peuplement de pins de Salzmann. Ce rapport, consistant en une expertise physique du peuplement de pins de Salzmann, fait donc également office de contribution à :

- La révision du document d'aménagement forestier de la forêt domaniale de Saint-Guilhem-Le-Désert
- La révision du plan de gestion de la Réserve Biologique Domaniale
- La description d'habitats pour le compte de la Direction Régional de l'Environnement (DIREN) dans la perspective de l'étude du document d'objectifs (DOCOB) du SIC Natura 2000 « Gorges de l'Hérault »



**Figure 9 :** Carte du parcellaire forestier de la forêt domaniale de St-Guilhem-Le-Désert-Désert (Source : A. CHAKIB)



**Figure 10 :** Carte simplifiée des formations géologiques de la forêt domaniale de St-Guilhem-Le-Désert (Source : A. CHAKIB)

Ainsi, l'objectif principal de cette étude est de dresser un état des lieux complet du peuplement, de sa dynamique et des menaces qu'il encoure afin d'en définir l'état de conservation et de proposer des mesures adaptées pour une gestion durable de celui-ci.

## 2) MATERIEL ET METHODE

### 2.1 Site d'étude

La zone d'étude est constituée de la forêt domaniale de Saint-Guilhem-Le-Désert d'une surface de 2451,20 hectares (24,512 km<sup>2</sup>). Afin d'en faciliter la gestion, celle-ci est organisée depuis de nombreuses années en 30 parcelles d'une superficie moyenne de 82 hectares (Fig. 9). Elle est située entre 70 et 819 mètres d'altitude et se caractérise par un relief très accidenté et des versants présentant des pentes supérieures à 30% pour 2/3 de la surface (ONF, 1990). D'un point de vue géologique, le substrat est essentiellement constitué de dolomies compactes du Bathonien et plus ponctuellement de calcaires (Fig. 10). La moyenne des précipitations y est de 1150 mm par an avec une forte variabilité saisonnière et interannuelle (ONF, 1990 ; Campant, 1990 ; Debazac, 1963). Dans la classification d'Emberger, le climat à Saint-Guilhem-le-désert est intermédiaire entre le méditerranéen et le subméditerranéen (Quézel et Barbero, 1988). Il se caractérise par un été chaud et sec, un hiver relativement doux et un automne pluvieux (Braun-Blanquet, 1955).

Malgré la présence de quelques pistes de défense des forêts contre les incendies (DFCI), la majorité du massif n'est accessible que par des sentiers moyennant plusieurs heures de marche à pied, voire inaccessible en raison du relief et de l'impénétrabilité de la végétation.

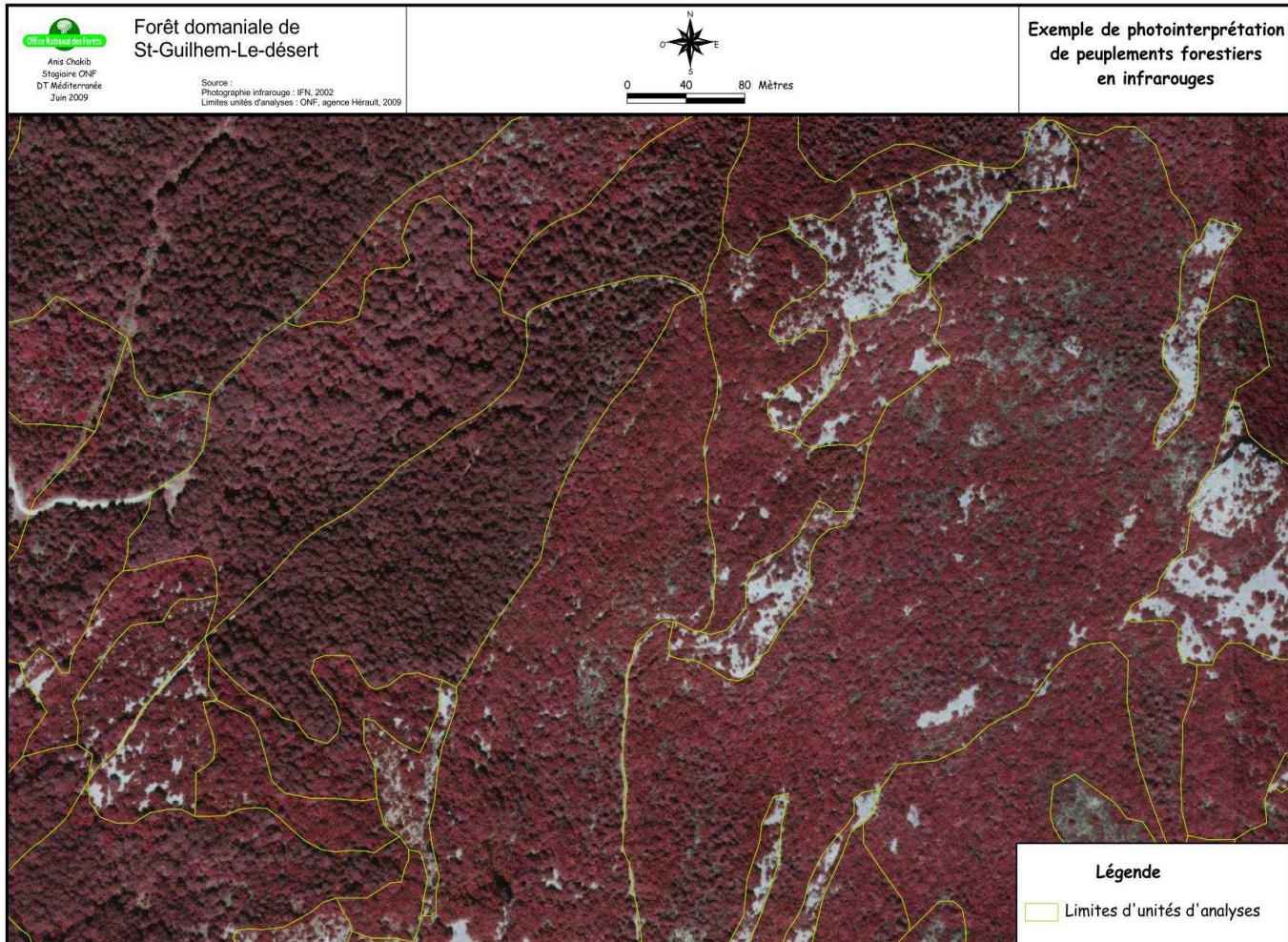
### 2.2 Description des peuplements

#### 2.2.1 Enjeux, contraintes et choix d'une méthodologie

Pour la description de peuplements, les forestiers pratiquent diverses méthodes :

- L'inventaire pied à pied : recensement et mesures dendrométriques de tous les arbres
- L'inventaire par échantillonnage systématique : concerne une fraction du peuplement selon un réseau de placettes implantées aux nœuds d'un maillage carré de taille variable.
- L'inventaire par échantillonnage aléatoire : Tirage au sort d'un nombre limité de placettes à traiter.
- L'inventaire par échantillonnage systématique ou aléatoire après stratification ou photointerprétation : permet de réduire la surface traitée.





**Figure 11** : Exemple de photo-interprétation de peuplements forestiers sur image en infrarouges (IFN, 2002) de la forêt domaniale de St-Guilhem-Le-désert (Source : A. CHAKIB)

- Photointerprétation et vérification systématique sur le terrain des unités d'analyses, avec ou sans prise de mesures dendrométriques.
- Photointerprétation avec phase de terrain limitée à la vérification de quelques unités par type de formation.

Ces méthodes, dans l'ordre où elles sont citées vont de la plus précise, mais plus longue et plus coûteuse, à la moins précise mais plus rapide et économique. Le choix d'une méthode est lié à un certain rapport qualité prix en fonction des enjeux, des surfaces à traiter, des difficultés du terrain, et des moyens disponibles. La forêt domaniale de St-Guilhem-Le-Désert ne présente aucun enjeux de production, il est étendu, difficile d'accès et souvent impénétrable. Au vu des objectifs, des moyens disponibles et des contraintes, la méthode choisie est donc basée sur une photo-interprétation avec visite de chaque unité complétée par des mesures dendrométriques ponctuelles.

### **2.2.2 Photo-interprétation**

Un travail de photo-interprétation sur photographies aériennes infrarouges (IFN, 2002) a été réalisé sur l'ensemble de la Forêt Domaniale de Saint-Guilhem-Le-Désert à l'aide du logiciel ArcView 3.2 sous la conduite de M. Michel Martel, expert SIG du bureau d'étude de l'agence Hérault-Gard de l'ONF. Cette étape a consisté à délimiter des zones homogènes de végétation en utilisant les différences de couleurs et de grains induites par le traitement infrarouge appliqué aux photographies aériennes (Annexe 4). Cette méthode permet de distinguer simplement les essences feuillues (rouges) des essences résineuses (grises-noires), mais également les zones de végétation plus claires (grain plus fin et couleurs moins denses) et les zones rocheuses (blanc-gris, grain fin) (Boureau, 2008) (Fig. 11). Il est néanmoins impossible de distinguer avec certitude les différentes essences forestières résineuses ou feuillues les unes des autres. Les peuplements de pins de Salzman ne peuvent donc pas être identifiés avec certitude. L'intérêt de la photo-interprétation réside dans une bonne préparation de la phase de terrain, notamment grâce à l'édition de cartes.

### **2.2.3 Elaboration d'une typologie forestière**

Afin de classer rapidement et simplement les différents types de végétation et de peuplements forestiers susceptibles d'être rencontrés, une typologie forestière a été élaborée spécifiquement pour la forêt domaniale de Saint-Guilhem-Le-Désert. En accord avec les typologies standards utilisées pour la description de peuplements à l'Office National des Forêt (Dubourdiou, 1997), elle comprend dix-neuf types de peuplements qui se distinguent par leur taux de recouvrement en espèces forestières, leurs types de végétation, les structures de





peuplement et les espèces en présence (Annexe 5). Pour les peuplements forestiers, certains codes de la typologie sont complétés par un code de l'essence dominante (Annexe 6).

#### **2.2.4 Elaboration d'une fiche de description**

Dans le cadre du renouvellement de l'aménagement forestier, une fiche de description des peuplements a été élaborée par l'aménagiste M. Rémi Decoursière selon les standards en vigueur à l'Office National des Forêts (Dubourdieu, 1997). Les principales informations recueillies pour chaque unité d'analyse sont le type de peuplement (défini à partir de la typologie), les espèces forestières en présence, leur taux de recouvrement, le taux de vides forestiers boisables (présence de sol et de végétation herbacée ou arbustive) et non boisables (substrat rocheux), l'âge moyen du peuplement, son origine (naturelle ou artificielle, d'après la physionomie du peuplement), le diamètre moyen ainsi que la hauteur moyenne des arbres, leur état sanitaire et toutes autres informations complémentaire jugées utiles (Annexe 7).

Etant donné les objectifs spécifiques de cette étude, des informations concernant uniquement le pin de Salzman ont été ajoutées à cette fiche :

- La présence éventuelle de régénération (semis) de pins de Salzman.
- La présence éventuelle de traces d'incendies.
- La présence éventuelle de pins noirs d'Autriche.
- La présence éventuelle de bois mort, sur pied et au sol ainsi que la quantité approximative de celui-ci.
- Un tableau présentant les différentes classes d'âge de pins de Salzman (par tranche de 30 ans), leur diamètre moyen, leur hauteur moyenne et leur taux de recouvrement.

#### **2.2.5 Phase de terrain**

La description des peuplements a consisté d'une part à vérifier la validité de la photo-interprétation en corrigeant si nécessaire les délimitations d'unités d'analyse et d'autre part à numéroter et décrire chaque unité d'analyse à l'aide de la fiche de description et de la typologie forestière. Les éventuelles corrections et la numérotation ont été effectuées sur des cartes d'échelle 1/7000 au format A3 avec fond infrarouge (IFN, 2002) et limites de photo-interprétation (Fig. 11)

Pour des raisons de sécurité et afin de limiter les erreurs liées à la subjectivité, les unités d'analyses ont été parcourues et décrites par des équipes de deux personnes comprenant toujours un forestier expérimenté. Les informations ont été recueillies par estimations avec mesures périodiques, pour calage, à l'aide d'une tarière de Pressler pour les âges, de la croix du bûcheron pour les hauteurs et du compas forestier pour les diamètres (Annexe 8). En



**Figure 12** : Régénération de pins de Salzmann sous futaie fermée adulte en forêt domaniale de St-Guilhem-Le-Désert (Photo : A. CHAKIB)

raison de l'inaccessibilité de certaines zones, les descriptions ont parfois été réalisées uniquement à distance à l'aide de jumelles. Les descriptions se sont étalées sur 19 jours et ont mobilisé 49 hommes/jours, soit environ 50 hectares par homme et par jour.

### **2.3 Description d'habitats**

Cette phase nécessitant l'intervention d'un spécialiste n'a pas pu être menée simultanément à la précédente. Le même mode opératoire a été retenu. Pour la caractérisation des divers habitats présents nous avons bénéficié de l'appui du professeur Lamri Zeraïa, spécialiste de la botanique et de la phytosociologie.

La typologie Corine Biotope (Bissardon *et al.*, 1997) ne différencie qu'un seul type d'habitat à pins de Salzman dans l'Hérault: « 42.631 : Forêts de Pins de Salzman des Causses », mais les cahiers d'habitats (MNHN, 2001) proposent une distinction entre peuplements de l'étage mésoméditerranéen et peuplements de l'étage supraméditerranéen. Lors des descriptions, le code Corine a donc été complété par deux chiffres supplémentaires. Le premier pour distinguer l'étage de végétation et le second pour différencier le type de groupement représenté d'après les travaux de Gonelle (1999) (cf. 1.2.2). Pour chaque unité d'analyse, souvent redécoupée, un ou plusieurs codes issus de la typologie Corine Biotope (modifiés pour le pin de Salzman) ont donc été attribués, accompagnés des taux de recouvrement des différents habitats lorsque l'unité présentait un faciès en mosaïque. Cette phase a été réalisée en 10 jours. Elle a mobilisé 20 hommes/jours en binôme, soit environ 120 hectares par homme et par jour.

### **2.4 Traitement des données et cartographie**

#### **2.4.1 Saisie de données**

Les fiches de description ont été saisies sur le logiciel Aidam 2.0 utilisé par l'ONF pour les Aménagements forestiers. Les données relatives aux habitats naturels et au tableau des classes d'âges ont été saisies sur un tableur Excel 2007. La couche de données issue de la photo-interprétation (cf. 2.2.2) a été mise à jour à partir des cartes de terrain modifiées, puis les données précédentes ont été importées dans un Système d'Information Géographique (SIG) par jointure de tables. Afin d'évaluer la dynamique du pin de Salzman, deux cartes papier des peuplements de pins de Salzman de la forêt domaniale de St-Guilhem-Le-Désert ont été scannées puis géo-référencées et digitalisées sur SIG :

- Une carte au 1/10000<sup>e</sup> réalisée en 1952 par l'inspection des Eaux et Forêts de Béziers



- Une carte des peuplements de pins de Salzman au 1/10000<sup>e</sup> réalisée en 1990 pour l'Aménagement forestier (ONF, 1990)

#### 2.4.2 Traitements divers

Pour l'obtention de données synthétiques, les données brutes ont été traitées à partir de requêtes dans le logiciel ArcView 3.2 et à partir de tris et application de formules de calculs dans le logiciel Excel 2007.

#### 2.4.3 Cartographie

Le travail de cartographie a été réalisé sur le logiciel SIG ArcView 3.2.

La mise en page des différentes cartes thématiques a été réalisée sur le modèle des cartes éditées par le bureau d'étude Hérault-Gard de l'ONF. Certaines informations ont été directement recueillies dans la base de données du SIG de l'ONF, par exemple celles liées à l'aléa feu de forêt.

### 2.5 Evaluation de l'état de conservation du peuplement

Au sens de la directive « Habitat-Faune-Flore » (D. 92/43 CEE, 1992) , l'état de conservation d'un habitat naturel résulte de « *l'effet de l'ensemble des influences agissant sur un habitat naturel ainsi que sur les espèces typiques qu'il abrite, et qui peuvent affecter à long terme sa répartition naturelle, sa structure et ses fonctions ainsi que la survie à long terme de ses espèces typiques sur le territoire européen des Etats membres* » (Art. 1). L'évaluation de l'état de conservation des habitats forestiers peut faire appel à diverses méthodes (Dufrière et Delescaille, 2003 ; Asael *et al.*, 2004 ; Bensettiti *et al.*, 2006 ; Michel, 2007 ; Carnino, 2008). Nous retiendrons celle développée par Carnino (2008), pour laquelle le présent travail constituera un test en forêt méditerranéenne.

#### 2.5.1 Principe de la méthode

Une note de 100 est attribuée à l'état de conservation théorique idéal (état objectif). Différents critères, s'ils sont défavorables au bon état de conservation, font baisser la note. Le résultat final (Nf) permet d'apprécier l'état de conservation en fonction de l'échelle suivante :

- $95 < Nf \leq 100$  : **Etat optimal**
- $90 < Nf \leq 95$  : **Etat bon**
- $80 < Nf \leq 90$  : **Etat altéré**
- $Nf \leq 80$  : **Etat dégradé**



### 2.5.2 Choix des critères

Deux catégories de critères ont été retenues pour cette étude:

- Fonctionnalité de l'habitat et intégrité de sa structure (1).
- Atteintes (2) : facteurs de dégradation de l'habitat engendrés par l'action anthropique ou faunistique et qui remettent en cause la typicité, le bon fonctionnement et la pérennité de cet habitat.

Les différents critères étudiés dans chacune des catégories sont :

- La typicité de la composition dendrologique (1) : Elle est évaluée par le pourcentage de recouvrement en essences allochtones. La simple présence de celles-ci est prise en compte mais un seuil critique de 30% a été fixé au delà duquel l'impact sur l'état de conservation est jugé « fort ». De plus, le pin noir d'Autriche étant capable de s'hybrider avec le pin de Salzman, son impact est plus important que d'autres espèces allochtones comme le cèdre ou le pin maritime. Ce critère a été évalué à l'échelle de l'unité d'analyse.
- La structuration des classes d'âge (1) : Les vieux peuplements ont un rôle important dans le cycle de vie de nombreuses espèces et dans le fonctionnement général de l'habitat forestier (dégradation de la matière organique, retour au sol des éléments minéraux, etc.). Le seuil minimal acceptable de vieux peuplements (d'âge supérieur à 120 ans) a donc été fixé à 20% de la surface totale des peuplements de la forêt domaniale. A l'inverse, une surreprésentation des jeunes peuplements constitue un élément défavorable pour l'état de conservation puisqu'elle indique un déséquilibre dans la structure des âges et accroît, en milieu méditerranéen, les risques de destruction par incendie (Ordóñez *et al.*, 2005). Un seuil maximal acceptable de 30% de jeunes peuplements (d'âge inférieur à 60 ans) sur la surface totale des peuplements de la forêt domaniale a donc été fixé. Ce critère a été évalué à l'échelle du site à partir des résultats synthétiques des tableaux des classes d'âge.
- La dynamique générale du peuplement (1) : En comparant l'état actuel du peuplement avec ce qu'il était par le passé, il est possible d'en évaluer la dynamique. Ce critère a été choisi car il met en évidence la progression ou la régression du peuplement comme un indicateur de son état de conservation. Ce dernier a été évalué par comparaison de cartes du peuplement datant de 1952 et 1990 avec une carte du peuplement en 2009.
- Le bois mort (1) : Il constitue un élément important qui intervient dans le bon fonctionnement de l'écosystème (cycles biogéochimiques, productivité) et contribue au maintien de la biodiversité, notamment d'une faune typique (espèces cavicoles et saproxyliques) et de certains champignons (Vallauri *et al.*, 2005). Un seuil acceptable de 3

Critère	Modalité	Valeurs
Typicité de la composition dendrologique	Absence d'essences forestières allochtones	0
	Présence de cèdre et/ou de pin maritime < 30% mais absence de pin noir	-10
	Présence de pin noir < 30% mais absence Cèdre et/ou pin maritime < 30%	-20
	Autres	-25
	Présence de pin noir >30%	-40
Structuration des classes d'âges	Moins de 30% de la surface totale en jeune peuplement et plus de 20 % de la surface en vieux peuplements	0
	Plus de 30% de la surface totale en jeune peuplement et moins de 20% de la surface en vieux peuplements	-10
	Autres	-5
Dynamique du peuplement	Positive ou stable	0
	Négative	-10
Bois mort	Plus de 60 % de la surface avec un minimum de 3 arbres morts de diamètre > 35 cm par hectare	0
	Moins de 30% de la surface avec un minimum de 3 arbres morts de diamètre > 35 cm par hectare	-10
	Autres	-5
Atteintes	négligeables	0
	fortes	-10

**Tableau 1** : Détails des modalités et valeurs pour chaque critère intervenant dans l'évaluation de l'état de conservation du peuplement de pins de Salzman de la forêt domaniale de St-Guilhem-Le-désert (Source : A. CHAKIB d'après Carnino, 2008)



arbres morts de 35 centimètres debout ou au sol par hectare a été retenu. Ce critère a été évalué à « dire d'expert » lors du cheminement dans les parcelles à l'échelle du site.

- Dégâts au sol et au peuplement (2) : Ce critère évalue les dégâts provoqués par les modes de gestion actuels des forêts (tassement des sols, orniérages, décapages, etc.) et par la grande faune sauvage (sanglier, chevreuil, etc.) sur l'écosystème forestier. Il a été évalué à « dire d'expert » à l'échelle du site.
- Impact de la fréquentation humaine sur l'habitat (2) : Une fréquentation humaine intensive peut avoir des conséquences néfastes sur l'habitat forestier (piétinement, traces de motos et quads, déchets épars, cueillette, etc.). Ce critère a été évalué à « dire d'expert » à l'échelle du site.

L'état optimal correspond donc à un peuplement théorique de pins de Salzmann ne présentant pas d'essences allochtones, ayant une structuration des classes d'âge équilibrée, une dynamique dans le temps positive, une présence de bois mort importante et n'ayant subi aucune atteinte.

### 2.5.3 Notation des critères

Une valeur ( $N_i$ ) est attribuée à chaque critère selon son état : « 0 » quand la situation est idéalement favorable ou que l'impact est jugé négligeable et une valeur négative de plus en plus forte à mesure que l'on s'éloigne de cet état « idéal » (Tab. 1).

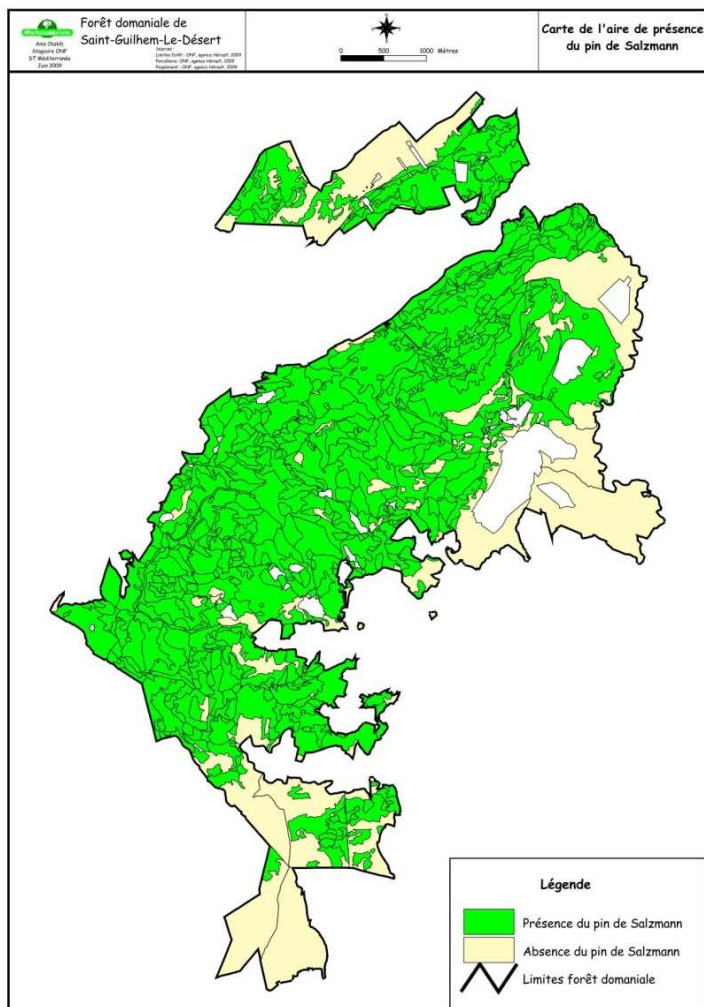
Une note finale ( $N_f$ ) est ensuite obtenue en ajoutant les valeurs ( $N_i$ ) de tous les critères à la note de départ attribuée à l'état théorique optimal (= 100).

Cette note finale ( $N_f$ ) permet ensuite d'évaluer l'état de conservation du peuplement d'après l'échelle présentée précédemment.

#### Détail du calcul de la note de typicité dendrologique :

La typicité dendrologique des peuplements est le seul critère à être évalué à l'échelle de l'unité d'analyse. L'attribution d'une note globale nécessite des calculs intermédiaires : Une valeur nulle a été attribuée à une unité d'analyse ne présentant aucune espèce ligneuse allochtone alors qu'à l'inverse, une note maximale de 40 a été attribuée lorsque le pin noir dépasse 30% de la surface totale. Des valeurs intermédiaires ont été attribuées à trois autres situations selon le degré de présence des essences allochtones. Pour chaque unité d'analyse, une note ( $N_{ua}$ ) a été calculée en ajoutant la valeur attribuée à la note de référence « 100 ». Une note finale ( $N_i$ ) à l'échelle du peuplement a ensuite été obtenue en calculant une moyenne pondérée (par les surfaces) des notes  $N_{ua}$  de toutes les unités d'analyses considérées

selon la formule suivante : 
$$\frac{\text{Somme } (N_{ua} \times \text{surface de l'unité d'analyse})}{\text{Surface totale des unités d'analyses}} = N_i$$



**Figure 13** : Carte représentant l'aire de présence du pin de Salzmann dans la forêt domaniale de St-Guilhem-Le-Désert (Source : A. CHAKIB)

**Figure 14** : Carte A3 présentant la répartition des différents types de peuplements de pins de Salzmann dans la forêt domaniale de St-Guilhem-Le-désert (Source : A. CHAKIB)

Type de peuplement	Nombre d'unités d'analyses	Surface totale (en hectares)	Surface réelle recouverte par le pin de Salzmann (en hectares)	Pourcentage de la surface totale du peuplement	Pourcentage du recouvrement total du pin de Salzmann
Futaie fermée de pins de Salzmann (FFPSA)	148	477,56	370,17	44,8%	67,2%
Futaie claire de pins de Salzmann (FRCPSA)	57	169,04	70,25	15,9%	12,7%
Futaie fermée résineuse mixte (FFRMixt)	12	19,05	5,51	1,8%	1,0%
Futaie claire résineuse mixte (FRCMixt)	16	25,37	5,13	2,4%	0,9%
Formation fermée mélangée (FOFMel)	70	142,88	54,9	13,4%	10,0%
Formation claire mélangée (FOCMEI)	51	124,8	26,22	11,7%	4,8%
Garrigue à pins de Salzmann (GPZ)	34	107,06	18,94	10,0%	3,4%
<b>TOTAL</b>	<b>388</b>	<b>1065,76</b>	<b>551,12</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

**Tableau 2** : Résultats détaillés des surfaces par type de peuplements de pins de Salzmann de la forêt domaniale de St-Guilhem-Le-Désert (Source : A. CHAKIB)

## 3) RESULTATS

### 3.1 Photo-interprétation

La photo-interprétation a permis de délimiter 1025 unités d'analyses d'une surface moyenne de 2,4 hectares qui ont servi de base au travail de description.

### 3.2 Etude physique du peuplement

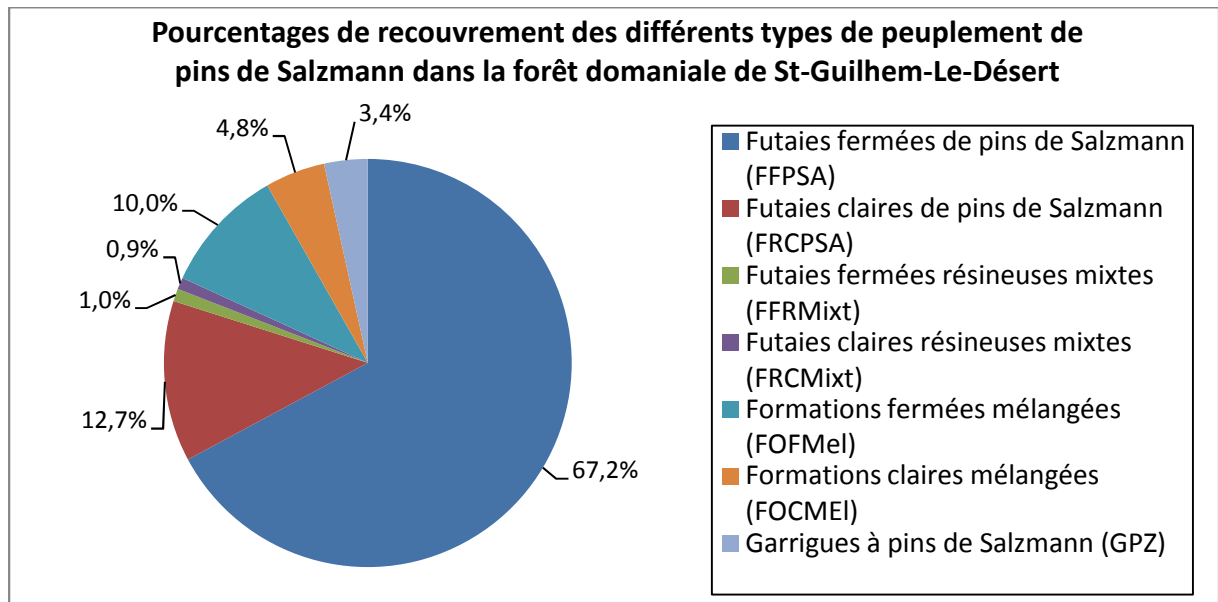
#### 3.2.1 Aire de présence

Le pin de Salzman est présent dans la quasi totalité de la forêt domaniale de St-Guilhem-Le-Désert sous forme de peuplements plus ou moins denses, de bouquets ou d'arbres isolés (Fig. 13).

#### 3.2.2 Peuplements

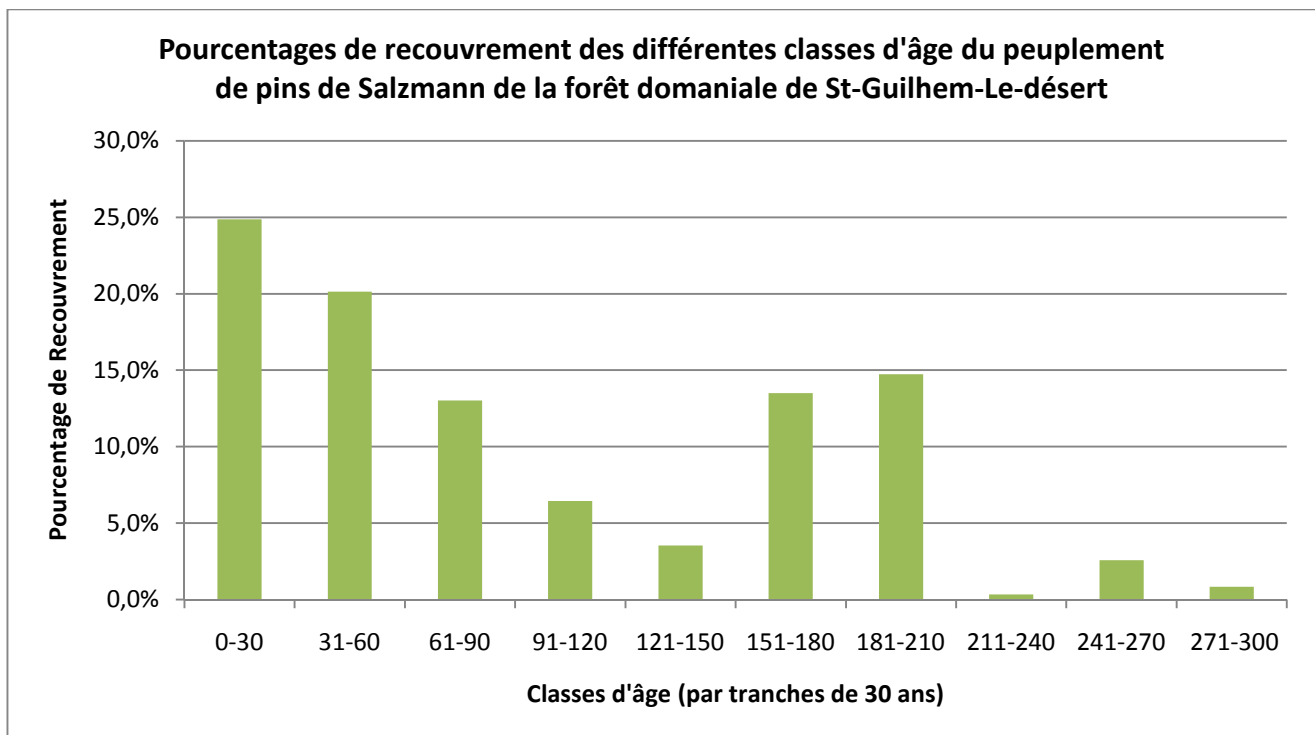
Les peuplements de pins de Salzman, purs ou mélangés, fermés ou clairs, occupent une surface totale d'environ 1065 hectares, soit 43% de la surface totale de la forêt domaniale (Fig. 14). La surface réelle de recouvrement de l'essence est d'environ 551 hectares soit un taux de recouvrement moyen de près de 52% au sein des peuplements et près de 25% de la surface totale de la forêt domaniale. Les futaies fermées de pins de Salzman (FFPSA) occupent près de 45% de la surface des peuplements et représentent 67,2% du recouvrement total de l'essence contre 12,7% pour les futaies claires (FRCPSA) et 10% pour les formations fermées mélangées (FOFMel). Les autres types de peuplement occupent quant à eux des surfaces plus limitées. Des résultats détaillés par type de peuplement sont présentés dans le tableau 2 et en figure 15. Globalement, il est également à noter que les peuplements à pins de Salzman sont localisés du nord à l'ouest de la forêt domaniale de St-Guilhem-Le-Désert principalement sur dolomies dans les parcelles 1, 5, 8, 14, 16, 17, 19 et 20. La RBD (parcelles 5 et 8) présente notamment des peuplements âgés absolument remarquables de part leur ancienneté et leur densité.

La répartition géographique des différentes classes d'âge du peuplement de pins de Salzman est présentée en Fig. 16. Les peuplements anciens, âgés de plus de 120 ans, sont majoritairement localisés dans la partie nord de la forêt au sein de la RBD ainsi que dans les parcelles 19 et 20 où ils forment quelques îlots de peuplements ayant survécus à l'incendie de 1973. Les jeunes peuplements (âgés de moins de 60 ans) sont principalement présents dans les zones incendiées en 1973 et 1984. Ces derniers sont constitués en partie de plantations effectuées après 1975 mais aussi de semis issus d'une régénération naturelle très active



**Figure 15 :** Diagramme représentant les pourcentages de recouvrement des différents types de peuplements de pins de Salzman dans la forêt domaniale de St-Guilhem-Le-Désert (Source : A. CHAKIB)

**Figure 16 :** Carte A3 représentant la répartition de trois classes d'âge (jeunes/intermédiaires/vieux) de peuplements de pins de Salzman dans la forêt domaniale de St-Guilhem-Le-Désert (Source : A. CHAKIB)



**Figure 17 :** Diagramme de pourcentages de recouvrement des différentes classes d'âge du peuplement de pins de Salzman de la forêt domaniale de St-Guilhem-Le-Désert (Source : A. CHAKIB)

**Figures 18, 19 et 20 :** Comparaison au format A3 de trois cartes du peuplement de pins de Salzman de la forêt domaniale de St-Guilhem-Le-désert datées de 1952, 1990 et 2009 (Source : A. CHAKIB)

provenant des peuplements adultes situés à proximité. Enfin, les peuplements d'âges intermédiaires occupent des surfaces plus restreintes et sont présents dans la parcelle 1 et dans la partie sud (principalement parcelles 23 et 25) de la forêt domaniale de St-Guilhem-Le-Désert.

Il apparaît que la répartition des différentes classes d'âges du pin de Salzman est déséquilibrée (Fig. 17). En effet, les arbres âgés de 0 à 60 ans représentent près de 45% du total et les vieux arbres âgés de 121 à 210 ans environ 28 %, alors que les classes d'âges intermédiaires (61 à 120 ans) sont sous représentées. Les très vieux arbres âgés de plus de 210 ans sont quant à eux peu nombreux mais quelques individus âgés de plus de 300 ans ont été observés (probablement les plus vieux de France).

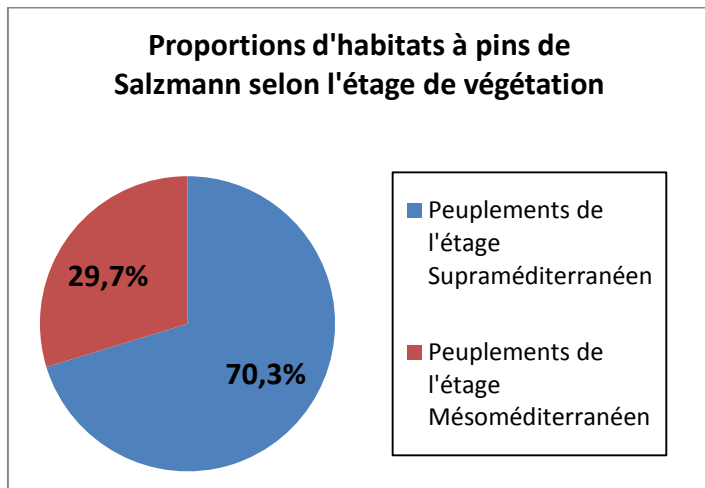
### 3.2.3 Dynamique

La comparaison de trois cartes datées de 1952, 1990 et 2009, montre clairement que la précision des descriptions a évolué positivement dans le temps (Fig. 18, 19 et 20).

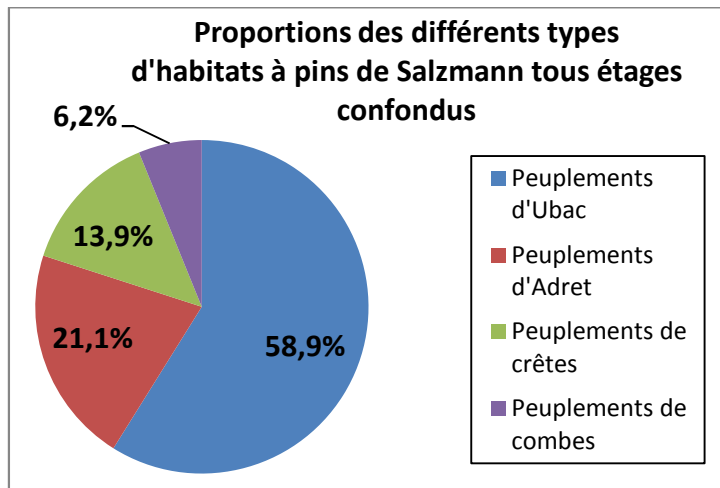
La carte de 1952 (Fig. 18) indique deux grandes zones de peuplements de pins de Salzman aux contours relativement linéaires le long de la limite nord/nord-ouest de la forêt domaniale représentant une surface d'environ 761 hectares. Rétrospectivement, on observe notamment que l'incendie de 1973 a principalement touché le peuplement de pins de Salzman, réduisant ainsi fortement sa surface.

La carte de 1990 (Fig. 19) montre que malgré les plantations effectuées après 1975, l'incendie de 1973 a profondément morcelé le peuplement de pins de Salzman qui a globalement vu sa surface se réduire à 560 hectares, dont près de 68 hectares de plantations. De petits incendies non cartographiés ayant eu lieu entre 1952 et 1990 ont également pu contribuer à cette diminution. Toutefois, il est à noter que des îlots de peuplements sont apparus plus au sud et à l'est, des plantations associées à la régénération naturelle ayant entraîné un accroissement de la zone de présence de l'essence.

Les typologies forestières utilisées en 1952 et 1990 n'étant pas connues avec exactitude, nous considéreront, pour une comparaison plus juste (au risque de sous estimer les surfaces actuelles), uniquement les peuplements purs de pins de Salzman (FFPSA et FRCPSA) cartographiés en 2009 (Fig. 20). Ces derniers occupent une surface de près de 650 hectares en 2009. Soit un taux de croissance moyen de 4,6 hectares par an depuis 1990. La cartographie de 2009 révèle également une extension de la zone de présence de l'essence par rapport à 1990 et une reconstitution progressive du peuplement incendié en 1973.



**Figure 21 :** Diagramme représentant les proportions d'habitats à pins de Salzman selon l'étage de végétation dans la forêt domaniale de St-Guilhem-Le-Désert (Source : A. CHAKIB)



**Figure 22 :** Diagramme représentant les proportions des différents types d'habitats à pins de Salzman dans la forêt domaniale de St-Guilhem-Le-désert tous étages de végétation confondus (Source : A. CHAKIB)

Etage de végétation	Types de peuplements	Code Corine (+ indicatif)	Surface totale de présence de l'habitat dominant (en hectares)	Surface de recouvrement de l'habitat dominant (en hectares)
Mésoméditerranéen	Peuplements de crêtes	42.631.11	31,82	23,89
	Peuplements d'Ubac	42.631.12	160,15	122,75
	Peuplements de combes	42.631.13	5,97	4,13
	Peuplements d'Adret	42.631.14	95,9	65,07
Supraméditerranéen	Peuplements de Crêtes	42.631.21	86,63	76,69
	Peuplements d'Ubac	42.631.22	334,93	304,8
	Peuplements de combes	42.631.23	43,78	40,61
	Peuplements d'Adret	42.631.24	99,91	88,03
<b>TOTAL</b>			<b>859,09</b>	<b>725,97</b>

**Tableau 3 :** Détails des surfaces occupées par les différents types d'habitats de pins de Salzman de la forêt domaniale de St-Guilem-Le-désert (Source : A. CHAKIB)

**Figure 23 :** Carte A3 représentant les différents types d'habitats de pins de Salzman de la forêt domaniale de St-Guilhem-Le-désert (Source : A. CHAKIB)

Le pin de Salzman semble donc être une essence dont la dynamique naturelle de recolonisation est lente, mais bien réelle dans la forêt domaniale de St-Guilhem-Le-Désert.

### 3.3 Cartographie des habitats

L'habitat naturel de pins de Salzman (Code Corine : 42.631) est présent dans la forêt domaniale de St-Guilhem-Le-Désert sur une surface approximative de 1150 hectares. Ce dernier a été identifié comme habitat dominant sur une surface de 859 hectares, recouvrant en réalité environ 756 hectares. Considérant les étages de végétation, les peuplements supraméditerranéens sont majoritaires puisqu'ils représentent environ 70% du total (Fig. 21). De manière plus détaillée, les peuplements d'Ubac représentent environ 59% de la totalité, les peuplements d'Adret comptent pour 21% alors que les peuplements de crêtes (13,9%) et de combes (6,2%) occupent des surfaces plus restreintes (Fig. 22). Le tableau 3 présente en détail les surfaces occupées par les différents types d'habitats de pins de Salzman. La carte présentée en figure 23 propose une vue d'ensemble de la répartition spatiale de ces peuplements. Les habitats de l'étage supraméditerranéen d'exposition nord (Ubac) occupent près de 40% de la surface totale des habitats à pins de Salzman. Ils se concentrent au nord et à l'ouest de la forêt entre 450 et 700 mètres d'altitude. Les habitats de l'étage mésoméditerranéen sont localisés à des altitudes moins élevées (entre 100 et 450 mètres) plus à l'est et au sud de la forêt.

### 3.4 Etat de conservation du peuplement

#### 3.4.1 Typicité dendrologique

La typicité dendrologique du peuplement est relativement élevée puisque la proportion d'essences allochtones est globalement faible. Il apparaît en effet que le pin noir d'Autriche n'est présent dans la plupart des cas que sous la forme d'arbres isolés ou de bouquets ponctuels ne représentant pas plus de 2% de la surface totale occupée par les peuplements de pins de Salzman. Le pin maritime et le cèdre, quoique présents ponctuellement en quelques peuplements denses mais peu étendus, n'ont qu'un recouvrement très faible au regard de la surface occupée par le pin de Salzman. La répartition des valeurs Ni attribuées aux différentes unités d'analyses est présentée dans le tableau 4. Près de 75% de la surface occupée par le pin de Salzman ne présente aucune trace d'essences allochtones. Les unités d'analyses concernées, largement majoritaires, ont donc toutes obtenues une note idéale de « 100 ». A l'inverse, les unités d'analyses présentant une typicité dendrologique fortement altérée (recouvrement en essences allochtones supérieur à 30%) ne représentent que 2,3% de

Note	Nombre d'unités d'analyses	Surface (en hectares)	Pourcentage de la surface totale du peuplement de pins de Salzman
<b>60</b>	1	4	0,4%
<b>80</b>	12	18,46	1,7%
<b>85</b>	40	186,17	17,5%
<b>90</b>	31	68,17	6,4%
<b>100</b>	304	788,96	74,0%
<b>TOTAL</b>	<b>388</b>	<b>1065,76</b>	<b>100,0%</b>

**Tableau 4** : Détail des notes intermédiaires pour le calcul de la note du critère de typicité dendrologique du peuplement de pins de Salzman de la forêt domaniale de St-Guilhem-Le-Désert (Source : A. CHAKIB)

**Figure 24** : Carte A3 représentant les essences forestières allochtones au sein du peuplement de pin de Salzman de la forêt domaniale St-Guilhem-Le-Désert (Source : A CHAKIB)



la surface totale des peuplements. La synthèse des résultats aboutit à une note globale pour ce critère de « 96,2 ».

La figure 24 présente une cartographie simplifiée des peuplements de pins de Salzman accompagnée d'une localisation des unités d'analyses qui présentent des essences allochtones. Une grande partie de ces unités sont localisées dans le périmètre de l'incendie de 1973 où le cèdre et le pin maritime ont été introduits ainsi que le pin noir, de manière plus ponctuelle. Ces derniers ont été localisés précisément dans une couche SIG de la base de données ONF.

### **3.4.2 Répartition des classes d'âge**

Comme cela a été expliqué précédemment, la répartition des classes d'âge est relativement déséquilibrée. Les jeunes peuplements sont surreprésentés avec 45% du recouvrement total tandis que les vieux peuplements (121-300 ans) représentent 35,5% du recouvrement total de l'essence. Une note intermédiaire de « -5 » a donc été attribuée à ce critère.

### **3.4.3 Dynamique du peuplement**

Malgré la disparition de surfaces importantes de peuplements de pins de Salzman lors de l'incendie de 1973, une dynamique favorable a été constatée sur la période 1990-2009 puisque le peuplement semble avoir progressé au minimum de 15% de sa surface en vingt ans. Une note favorable de « 0 » a donc été attribuée à ce critère.

### **3.4.4 Bois mort**

Le seuil de 3 arbres morts debout ou au sol de 35 centimètres de diamètre par hectare semble largement atteint dans les vieux peuplements de pins de Salzman. Cependant, les jeunes peuplements ne présentent que peu de bois mort car ils ont généralement été parcourus par le feu, ce qui a détruit une grande partie de la nécromasse. La proportion de peuplement présentant une quantité importante de bois mort est donc comprise entre 30% et 60% de la surface totale des peuplements de pins de Salzman. Une note intermédiaire de « - 5 » a donc été attribuée à ce critère.

### **3.4.5 Atteintes**

Les atteintes liées aux travaux forestiers, à la grande faune et à la fréquentation humaine ont été jugées négligeables. En effet, la forêt domaniale de St-Guilhem-Le-désert n'est pas exploitée. De plus, la grande faune, régulée par les chasseurs, ne cause pas de dégâts significatifs. La fréquentation touristique est quant à elle limitée aux sentiers et pistes forestières et ne peut être considérée comme dommageable au pin de Salzman. Une note favorable de « 0 » a donc été attribuée à ce critère.

Type de peuplement	Note « typicité dendrologique »	Note « structuration des classes d'âge »		Note « dynamique du peuplement »		Note bois mort	Note atteintes	Note finale (Nf)	Etat de conservation
		Note	Explication	Note	Explication				
Peuplement de pins de Salzman	96,2	-5	Plus de 30 % de jeunes et plus de 20% de vieux	0	Réduction des surfaces en 1973 et 1984 mais compensation par plantations et régénération naturelle	-5	0	<b>86,2</b>	<b>Altéré</b>

**Tableau 5** : Synthèse des résultats de l'évaluation de l'état de conservation du peuplement de pins de Salzman de la forêt domaniale de St-Guilhem-Le-Désert (Source : A. CHAKIB)

### 3.4.6 Résultat final

La note finale (Nf) attribuée au peuplement de pins de Salzman est de « 86,2 » (Tab.5). Celle-ci correspond à un état de conservation **altéré**.

## 4) DISCUSSION

### 4.1 Etat actuel du peuplement

La surface occupée par le pin de Salzman dans la forêt domaniale de St-Guilhem-Le-Désert a fortement régressé à la suite d'un grand incendie qui a parcouru environ 500 hectares en 1973. Le peuplement semble néanmoins se reconstituer puisqu'il a progressé d'environ 15% depuis 1990 (estimation basse). Cette progression est notamment due à la combinaison de deux facteurs : la réussite des plantations effectuées par le gestionnaire et une dynamique naturelle de recolonisation. En effet, malgré une croissance généralement lente des arbres plantés, leur état sanitaire est bon et leur survie semble assurée. Par ailleurs, 35 ans après l'incendie, le pin de Salzman semble se régénérer activement lorsque des îlots d'individus adultes ont survécu à proximité. L'état actuel du peuplement de pins de Salzman de la forêt domaniale de St-Guilhem-Le-désert est à présent connu de manière détaillée. Une analyse à l'échelle du massif de St-Guilhem dans son ensemble reste cependant à effectuer. En effet, une surface importante de peuplements anciens est présente immédiatement au nord de la forêt domaniale et il existe de îlots de peuplements dont la localisation et la description restent à réaliser. Une approche globale et scientifique du peuplement nécessiterait donc une étude complémentaire à celle-ci qui s'affranchirait des limites de propriétés.

### 4.2 Quelles solutions pour une amélioration de l'état de conservation ?

L'application d'une méthodologie développée par Carnino (2008) pour évaluer l'état de conservation du peuplement de pins de Salzman a permis de mettre en évidence l'état « altéré » de celui-ci. Il apparaît donc intéressant d'analyser les causes profondes de cette situation et de les hiérarchiser afin de proposer des solutions visant à restaurer un bon état de conservation du peuplement. Trois facteurs sont responsables de l'état de conservation altéré du peuplement : La surreprésentation des jeunes peuplements, l'insuffisance de très gros bois mort et la présence d'essences allochtones, notamment celle du pin noir d'Autriche.

#### 4.2.1 Protection contre les incendies

Les deux premiers facteurs sont liés par un élément prédominant en milieu méditerranéen : le feu. Celui-ci, en détruisant les peuplements, affecte simultanément les stocks de bois morts



accumulés au sein de ces derniers. Les mesures de reboisement prises par l'ONF, associées à une régénération naturelle ont permis de limiter la perte de surface nette en peuplements de pins de Salzman mais ont néanmoins entraîné une augmentation de la proportion de jeunes peuplements, créant ainsi une situation paradoxale. Les efforts du gestionnaire pour reboiser n'ont pas eu d'impact positif sur l'état de conservation du peuplement tel qu'il a été calculé puisqu'un critère a été favorisé (la surface) au détriment d'un autre (la répartition des classes d'âge). Il convient donc de souligner qu'objectivement, le choix du reboisement est de toute évidence un point positif car ces jeunes peuplements (âgés de 25 à 35 ans) évolueront, si aucun incendie ne s'y oppose, en futaies adultes de pins de Salzman, elles mêmes capables de produire des semis qui ainsi pérenniseront le peuplement. La forêt n'étant pas exploitée, les quantités de bois mort devraient également augmenter lentement avec la constitution de nouveaux peuplements adultes.

Il est important de signaler que ces jeunes peuplements, implantés dans des garrigues très inflammables, sont particulièrement sensibles aux incendies (Ordonez *et al.*, 2005). Le gestionnaire devra donc, s'il veut pérenniser son action, porter une attention toute particulière à la prévention des risques d'incendies ainsi qu'aux moyens d'action disponibles. Les pistes forestières et DFCI, pour certaines dans un état médiocre, constituent les seules voies d'accès au massif. Il est donc nécessaire d'envisager une rénovation et un entretien régulier de ces dernières pour permettre un accès rapide et sécurisé en cas d'incendie.

#### 4.2.2 Protection du patrimoine génétique

L'autre facteur important pour l'état de conservation du peuplement de pin de Salzman est la présence d'essences allochtones, en particulier celle du pin noir d'Autriche. Celle-ci est en partie également liée à l'incendie de 1973 puisque les plantations effectuées ont introduit de jeunes pins noirs parmi les pins de Salzman. Il apparaît que celui-ci est présent dans des proportions somme toute assez faibles mais néanmoins inquiétantes pour la pureté génétique du peuplement de pins de Salzman de la forêt domaniale de St-Guilhem-Le-Désert. Théoriquement, un seul pin noir adulte a la capacité de produire une descendance hybride qui, si elle présente un avantage sélectif, peut conduire à une dissémination rapide de nouveaux gènes dans le peuplement. Une éradication de pins noirs d'Autriche adultes dans la parcelle 17 avait été préconisée par le document d'aménagement forestier précédent (ONF, 1990). Celle-ci n'a pourtant pas eu lieu et ces derniers semblent produire des semis et notamment des hybrides avec le pin de Salzman. Afin de conserver la ressource génétique que constitue le pin de Salzman du massif de St-Guilhem-Le-Désert, il est donc primordial



d'envisager au plus vite une élimination du pin noir d'Autriche et des hybrides, ceci en commençant par les individus adultes de la parcelle 17 qui ont une capacité de nuisance importante. Ces travaux forestiers pourront notamment se baser sur la localisation précise des pins noirs effectuée dans la base de données SIG de l'ONF.

Le pin maritime, espèce pyrophyte, pourrait à terme profiter des incendies pour accroître la surface de ses peuplements et ainsi concurrencer le pin de Salzman dont la dynamique post-incendie est lente. Dans un deuxième temps, l'élimination des pins maritimes de la forêt domaniale de St-Guilhem-Le-Désert devra donc être envisagée. Le cèdre, généralement dans un état sanitaire médiocre et dominé par le pin de Salzman ne constitue pas un enjeu déterminant.

### 4.3 Biodiversité et enjeux patrimoniaux

La description des habitats naturels de la forêt domaniale de St-Guilhem-Le-Désert, en plus de préciser la répartition des différents types de peuplements de pins de Salzman a largement mis en évidence l'intérêt patrimonial de ce massif domaniale. Le pin de Salzman en constitue l'élément phare, mais on y rencontre une grande diversité d'habitats naturels (28 autres habitats dont 13 prioritaires au sens de la directive habitat) structurés selon une forte complexité. La richesse floristique et faunistique va de pair avec la présence de nombreuses espèces patrimoniales telles que *Armeria girardii*, *Centranthus lecoqii*, *Epipactis tremolsii*, *Cryptocephalus mayeti*, *Cerambyx cerdo*, *Lucanus cervus*, *Zerynthia polyxena*, *Zerynthia rumina*, *Zygaena radhamantus*, *Aquila chrysaetos* (aigle royal), *Hieraaetus fasciatus* (aigle de Bonelli) et *circaetus gallicus* (Circaète Jean-le-Blanc), etc.

La forêt domaniale de Saint-Guilhem-Le-Désert ayant essentiellement une vocation de préservation de la biodiversité et d'accueil du public, pourquoi ne pas l'ériger en une grande réserve biologique dirigée ? L'ONF pourrait ainsi protéger et mettre en valeur le territoire remarquable dont il a la charge tout en valorisant son action en faveur de la biodiversité auprès des nombreux touristes qui visitent le site de St-Guilhem-Le-Désert. Il s'agit là d'une piste d'actions à proposer dans le cadre de la rédaction du document d'objectifs (DOCOB) du site Natura 2000 « Gorges de l'Hérault ».

### 4.4 Critique de la méthode

La méthode utilisée pour la description du peuplement de pins de Salzman a consisté en une phase de photo-interprétation d'images en infrarouges complétée par une phase de terrain basée sur l'estimation plutôt que sur l'échantillonnage systématique. Ce choix peut être





discuté pour de nombreuses raisons (marges d'erreurs, absence d'échantillonnage, etc.). Des études complémentaires pourraient en effet permettre de mieux connaître le peuplement à travers des mesures précises basées sur l'échantillonnage (surfaces terrières, stockage de carbone, biodiversité floristique et faunistique, etc.). Néanmoins, au regard des objectifs, des contraintes et des résultats obtenus, la méthode utilisée semble adaptée puisque l'état actuel du peuplement de pins de Salzman ainsi que sa dynamique récente sont maintenant bien connus à l'échelle de la forêt domaniale.

L'adaptation de la méthode de Carnino (2008) au contexte de la forêt domaniale de St-Guilhem-Le-Désert semble plutôt réussie puisqu'elle a abouti à un résultat tout à fait cohérent et a permis de mettre en évidence les facteurs responsables de la dégradation de l'état de conservation du peuplement de pins de Salzman. La méthode a néanmoins fait l'objet de décisions qui pourraient être discutées tel que le choix des limites des différentes classes d'âges ou encore l'échelle de notation des critères. De même, l'impact de la seule présence du pin noir dans une unité d'analyse a pu être sous-estimé, les risques réels de pollution génétique restant à préciser par une étude génétique approfondie du peuplement.

## 5) CONCLUSION

Cette étude, qui s'inscrit dans le programme de conservation des populations françaises de pins de Salzman lancé en 2008 par l'ONF, avait pour objectif d'expertiser le peuplement de pins de Salzman de la forêt domaniale de St-Guilhem-Le-Désert. Il apparaît ainsi que ce dernier, sous ses différentes formes, occupe une surface de près de 1050 hectares, en progression depuis qu'aucun incendie n'a parcouru le massif. La structure du peuplement a néanmoins été altérée par de multiples incendies et celui-ci reste particulièrement menacé. De plus, le pin noir d'Autriche présent au sein même du peuplement altère l'état de conservation de ce dernier et constitue une menace importante de pollution génétique. Ainsi, pour protéger le peuplement de pin de Salzman, le gestionnaire devra prévenir les risques d'incendies en améliorant notamment l'accessibilité du massif et devra envisager une élimination rapide du pin noir d'Autriche. La forêt domaniale de St-Guilhem-Le-Désert présente un intérêt patrimonial élevé et ne fait l'objet d'aucune exploitation forestière. Elle pourrait donc devenir une grande réserve biologique dirigée qui permettrait une protection accrue du peuplement de pin de Salzman et de la biodiversité remarquable qui l'entoure.



# BIBLIOGRAPHIE

- Allemand P. (1990). *Espèces exotiques utilisables pour la reconstitution du couvert végétal en région méditerranéenne. Bilan des arboretums forestiers d'élimination*, Paris, INRA.
- Asael S., Boeuf R., Claudel M-H, Dietrich L., Dronneau C., Durand E., Gibet S., Grandet G., Jager C., Muller S., Sane R., Schnitzler A., Schortanner M. et Tremolieres M. (2004). *Référentiel des habitats reconnus d'intérêt communautaire de la bande rhénane. Description, états de conservation & mesures de gestion*. Conservatoire des Sites Alsaciens et Office National des Forêts, Programme LIFE.
- Austerlitz F., Brachet S., Couvet D., Frascaria-Lacoste N., Jung-Muller B., Kremer A. et Streiff R. (1999). *Flux génétique chez les arbres forestiers. Synthèse bibliographique*. Paris, Bureau des ressources génétiques.
- Barbero M., Loisel R., Quézel P., Richardson D. M. et Romane F. (1998). *Ecology and biogeography of Pinus: Pines of the Mediterranean Basin*. Cambridge : Cambridge Univ. Press.
- Bensettiti F., Combroux I. et Daszkiewicz. P. (2006). *Evaluation de l'état de conservation des habitats et espèces d'intérêt communautaire – Guide méthodologique*. Paris : SPN-MNHN.
- Bissardon M., Guibal L., Rameau J.-C. ( 1997). *Corine biotopes, version original, types d'habitats français*. Nancy : ENGREF-ATEN.
- Boureau J.-G. (2008). *Manuel d'interprétation des photographies aériennes infrarouges : Application aux milieux forestiers et naturels*. Saint-Jean-de-la-Ruelle : Inventaire Forestier National
- Braun-Blanquet J. (1955). Contribution à la connaissance des forêts méditerranéo-montagnardes : La forêt de Pinus Salzmanni de Saint-Guilhem-Le-Désert. *Collectanea botanica*, 33(4), 436-489.
- Calas J. (1899). Le Pin Laricio de Salzmann. *Bulletin de la Société Agricole, Scientifique et Littéraire des Pyrénées-Orientales*, XV, 5-40
- Calas J. (1900). *Restauration et conservation des terrains en montagne : Le pin laricio de Salzmann*. Paris, Imprimerie Nationale.
- Cambon D. (2008) *Programme global de conservation des populations françaises de pin de Salzmann*. Montpellier : Office National des Forêts, Direction territoriale Méditerranée.
- Campant C. (1990). *Capacité de régénération naturelle du Pin de Salzmann après incendie en forêt de Saint-Guilhem-Le-Désert (Hérault)*. Mémoire de fin d'études inédit, Ecole Nationale des Ingénieurs des Travaux Agricoles de Dijon.
- Conseil de la CEE (1992). *Directive 92/43/CEE du 21 mai 1992 concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages*. JO L 206 du 22.7.1992, p.7-50.
- Debazac E-F (1963). L'aire spontanée du Pin de Salzmann en France. *Revue forestière Française*, 10, 768-784
- Debazac E.-F. (1991). *Manuel des conifères*. Nancy, Ecole Nationale des Eaux et Forêts.
- Dubourdieu J. (1997) *Manuel d'aménagement forestier*. Paris, Office National des Forêts.
- Dufrêne M. et Delescaille L.-M. (2003). *Guide méthodologique pour la cartographie, l'inventaire et l'évaluation de l'état de conservation des habitats et des habitats d'espèces dans le cadre de la réalisation des arrêtés de désignation en Région Wallonne*. MRW/DGRNE/CRNFB, 78 p.
- Dunal F. (1851). *Description du Pinus salzmanni de la Forêt de Saint-Guilhem-Le-Désert*. Extrait de l'Académie des Sciences et des Lettres de Montpellier 2, 82-95.
- Gegout J.-C., Mortier F. (1990). *Etude préalable à la création d'une réserve biologique domaniale en vue de la conservation du Pin de Salzmann. Forêt domaniale de Saint-Guilhem-Le-Désert, Hérault*. Montpellier, Office National des Forêts, Conservatoire Botanique de Porquerolles.
- Gonelle M. (1999). *Etude et cartographie des groupements végétaux à Pinus nigra subsp Salzmannii de la Réserve Biologique Domaniale de Saint-Guilhem-Le-désert*. Mémoire de maîtrise inédit, Université Montpellier II.



# BIBLIOGRAPHIE



- Godron M. (1988). *Carte des étages de végétation du Languedoc-Roussillon*. Laboratoire de systématique et d'écologie méditerranéenne, Montpellier.
- Michel C. (2007). *Protocole d'évaluation de l'état de conservation des habitats forestiers, application aux sites Natura 2000 des Hautes Vosges*. Parc naturel régional des Ballons des Vosges.
- MNHN (2001). Cahiers d'habitats : tome 1, habitats forestiers. Récupéré le 16 mai 2009 de <http://inpn.mnhn.fr/inpn/fr/download/cahhab.htm>
- Nanson A. (2004). *Génétique et amélioration des arbres forestiers*. Presse Agronomiques de Gembloux.
- Nègre M. (1921). La région de Saint-Guilhem-Le-Désert et sa forêt de Pin laricio de Salzmann. *Revue des eaux et forêts, IV*, 97-108.
- Office National des Forêts (1990). *Forêt domaniale de Saint-Guilhem-Le-Désert : Aménagement 1990-2009*. Montpellier : Direction régionale Languedoc-Roussillon.
- Ordonez, J.L., Franco S., Retana J. (2004). Limitation of the recruitment of *Pinus nigra* in a gradient of post-fire environmental conditions. *Ecoscience*, 11, 296-304.
- Ordonez J.L., Retana J., Espelta J.M. (2005). Effects of tree size, crown damage, and tree location on post-fire survival and cone production of *Pinus nigra* trees. *Forest Ecology and Management*, 206, 109-117.
- Prioton J. (1959). *Les pinèdes du chaînon montagneux de Saint-Guilhem-Le-Désert. Souvenirs et réflexions d'un forestier moyen*. Société d'horticulture et d'histoire naturelle de l'Hérault. Extrait des Annales du 2<sup>e</sup> trimestre 1959, 55-73.
- Quezel P. (1980). *Biogéographie et écologie des conifères sur le pourtour méditerranéen. Actualités d'écologie forestière. Sol, flore, faune*. Paris : Bordas
- Quezel P. et Barbaro M. (1988). Signification phytoécologique et phytosociologique des peuplements naturels de Pin de Salzmann en France. *Ecologia Mediterranea*, XIV, 41-63.
- Rameau J.-C., Mansion D., Dumé G., Gauberville C. (2008). Flore forestière française, guide écologique illustré : Région méditerranéenne. Dijon : Institut pour le développement forestier.
- Tanghe C. (1991). Ecologie et croissance du pin de Salzmann en France. Mémoire ENITEF, CEMAGREF Aix-en-Provence.
- Tapias R., Climent R., Pardos R. A., Gil L. (2004). Life histories of Mediterranean pines. *Plant Ecology*, 171, 53-68.
- Trabaud, L. (1991). Difficulté de recolonisation naturelle du Pin de Salzmann après incendie. *Biological Conservation*, 53, 329-343.
- Vallauri D., Andre J., Dobelin B., Eynard-Machet R. et Rambaud D. (2005). *Bois mort et à cavités. Une clé pour les forêts vivantes*. Paris : Tec et Doc.
- Vernet J.-L. (1997). *L'homme et la forêt méditerranéenne de la Préhistoire à nos jours*. Paris : Errance.
- Vernet J.-L. (2006). History of the *Pinus sylvestris* and *Pinus nigra* ssp. *salzmanni* forest in the Sub-mediterranean mountains (Grands Causses, Saint-Guilhem-le-Desert, southern Massif Central, France) based on charcoal from limestone and dolomitic deposits. *Veget Hist Archaeobot*, 16, 23-42



# BIBLIOGRAPHIE

---



## RESSOURCES INTERNET :

Site de la conférence ministérielle pour la protection des forêts en Europe (MCPFE) :

<http://www.mcpfe.org> Consulté le 17 Avril 2009

Portail Natura 2000 du Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire (MEEDDAT) : <http://www.natura2000.fr/> Consulté le 17 avril 2009

Site du Museum National d'Histoire Naturelle (MNHN) :

<http://www.mnhn.fr/museum/foffice/transverse/transverse/accueil.xsp> Consulté le 17 avril 2009

Site du Bureau des ressources génétiques (BRG) :

[http://www.brg.prd.fr/brg/pages/les\\_rg\\_en\\_france/rgv\\_arbresForestiers.php](http://www.brg.prd.fr/brg/pages/les_rg_en_france/rgv_arbresForestiers.php) Consulté le 21 avril 2009

Site du Programme européen pour la diversité génétique forestière (ENFORGEN) :

<http://www.biodiversityinternational.org/networks/euforgen> Consulté le 21 avril 2009

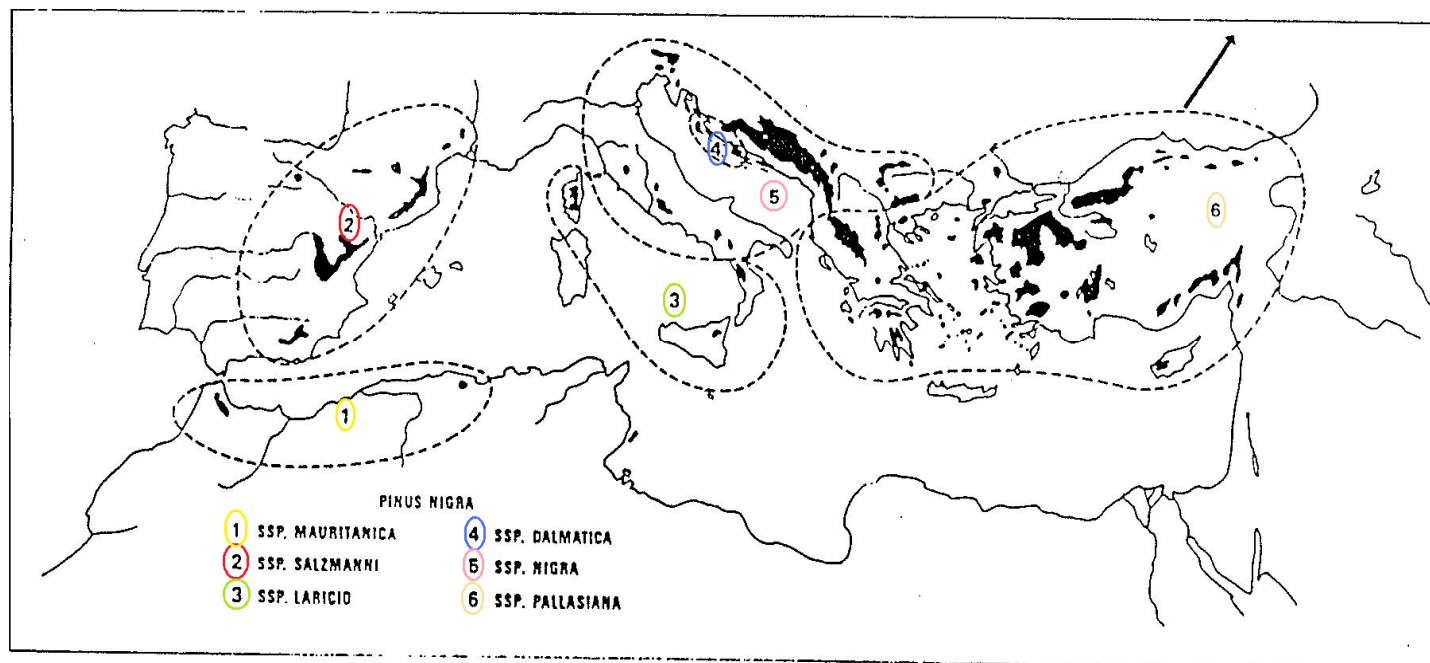
Site de l'Organisation des Nations Unis pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), département foresterie :

<http://www.fao.org/forestry/home/en/> Consulté le 13 mai 2009





## ANNEXES



**Annexe 1 :** Carte de la répartition des différentes sous-espèces de l'espèce collective *Pinus nigra* Arn. en région méditerranéenne (Source : Quézel, 1980)

Caractère	Pin de Salzmann	Pin noir d'Autriche
écorce	grisâtre et crevassée	noirâtre et profondément crevassée
Rameau de l'année	brun- <b>orangé</b> , luisant	brun clair, peu luisant
	<b>zone dépourvue d'aiguilles à la base</b> occupant la moitié de la pousse	<b>Pas de zone dépourvue d'aiguilles à la base</b> ou très réduite
Bourgeons	ovoïdes brusquement rétrécis au sommet, pointus	oblongs, pointus
Aiguilles	10-18 cm	8-14 cm
	<b>souples, peu piquantes</b> , droites	<b>rigides, piquantes</b> , droites
	peu écartées du rameau	presque perpendiculaires au rameau
Cônes	<b>vert clair</b>	<b>vert foncé</b>
	<b>sessiles</b>	<b>courtement pédonculés (7-8 mm)</b>

**Annexe 2 :** Tableau comparatif de quelques caractères morphologiques entre le pin de Salzmann et le pin noir d'Autriche (Sources : A. CHAKIB d'après Rameau, 2008 et Debazac, 1991)



	Versant nord	Versant sud	Crêtes	Combes
<i>Amelanchier ovalis</i> Med.	X	X	X	X
<i>Buxus sempervirens</i> L.	X	X	X	X
<i>Hedera helix</i> L.	X	X	X	X
<i>Lonicera etrusca</i> Santi	X	X	X	X
<i>Pinus Salzmanni</i> Dunal	X	X	X	X
<i>Quercus ilex</i> L.	X	X	X	X
<i>Quercus ilex semis</i> L.	X	X	X	X
<i>Rubia peregrina</i> L.	X	X	X	X
<i>Buxus sempervirens semis</i> L.	X	X	X	
<i>Deschampsia flexuosa</i> (L.) Trin.	X		X	
<i>Teucrium chamaedrys</i> L.	X	X		X
<i>Viola Dehnhardtii</i> Ten.	X			X
<i>Aphyllantes monspelliensis</i> L.	X	X	X	
<i>Pinus Salzmanni semis</i> Dunal	X	X	X	
<i>Genista pilosa</i> L.	X		X	
<i>Hieracium murorum</i> L.	X	X		
<i>Rhamnus saxatilis</i> Jacq.	X		X	
<i>Sorbus aria</i> (L.) Crantz	X			X
<i>Thymus vulgaris</i> L.	X		X	
<i>Coronilla emerus</i> L.	X			
<i>Sesleria caerulea</i> Ard.	X			
<i>Arbutus unedo</i> L.		X		X
<i>Asphodelus cerasifer</i> Gay.	X	X	X	
<i>Brachypodium ramosum</i> (L.) R. et S.		X	X	
<i>Dorychnium suffruticosum</i> Vill.		X		
<i>Helichrysum stoechas</i> (L.) D.C.		X	X	
<i>Erica multiflora</i> L.		X		
<i>Fumana ericoides</i> Cav.		X		
<i>Lonicera implexa</i> Aiton		X		
<i>Quercus pubescens</i> Willd.		X		
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.		X		
<i>Thymus serpyllum</i> L.		X		
<i>Globularia vulgaris</i> L.			X	
<i>Helianthemum montanum</i> Vis.			X	
<i>Teucrium aureum</i> Schreb.			X	
<i>Acer monspessulanum</i> L.				X
<i>Rosa sempervirens</i> L.				X
<i>Ilex aquifolium</i> L.				X
<i>Piotatherum paradoxum</i> (L.) P. Beauv.				X
<i>Rubus</i> sp.				X

Annexe 3 : Tableau des principales espèces végétales rencontrées dans chacun des quatre types d'habitats à pins de Salzmann de la forêt domaniale de St-Guilhem-Le-Désert (Source : Gonelle, 1999)

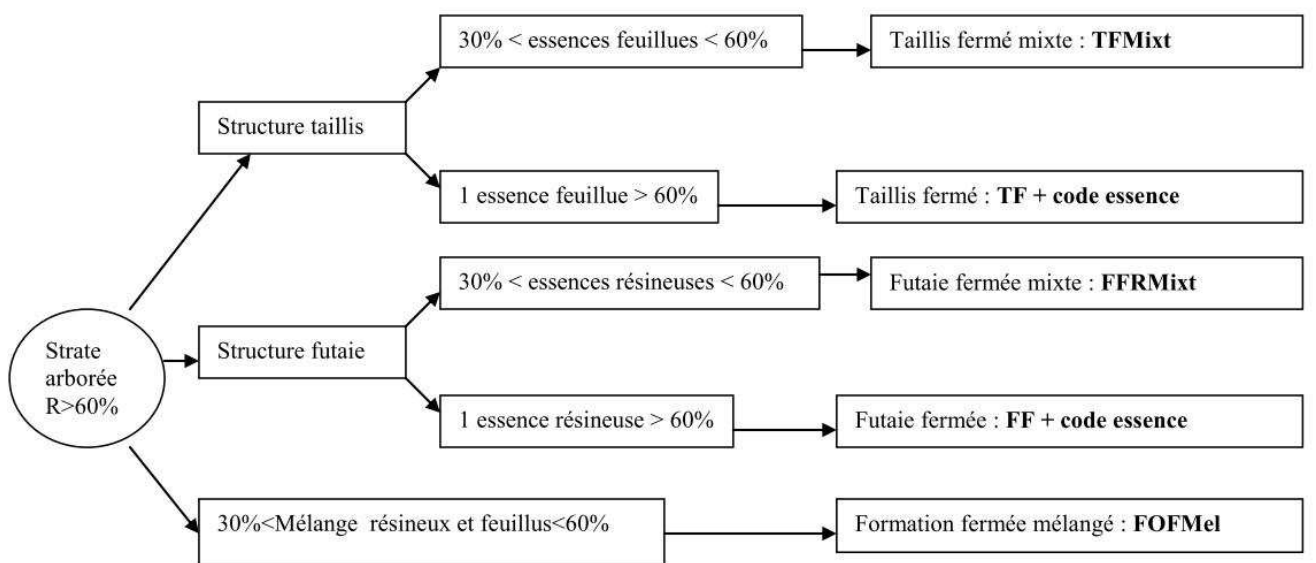
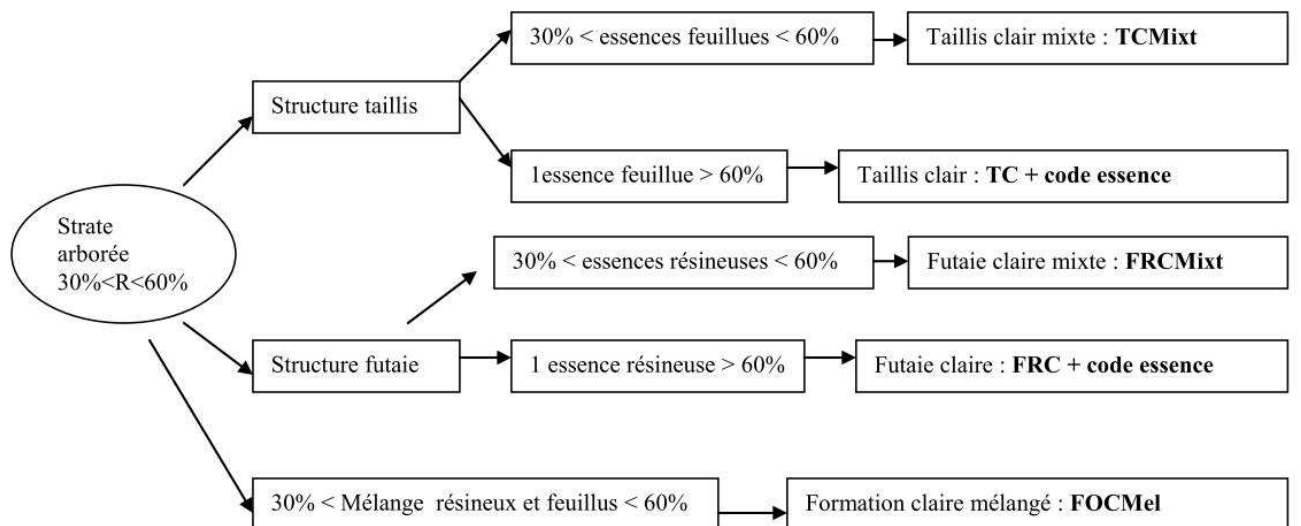
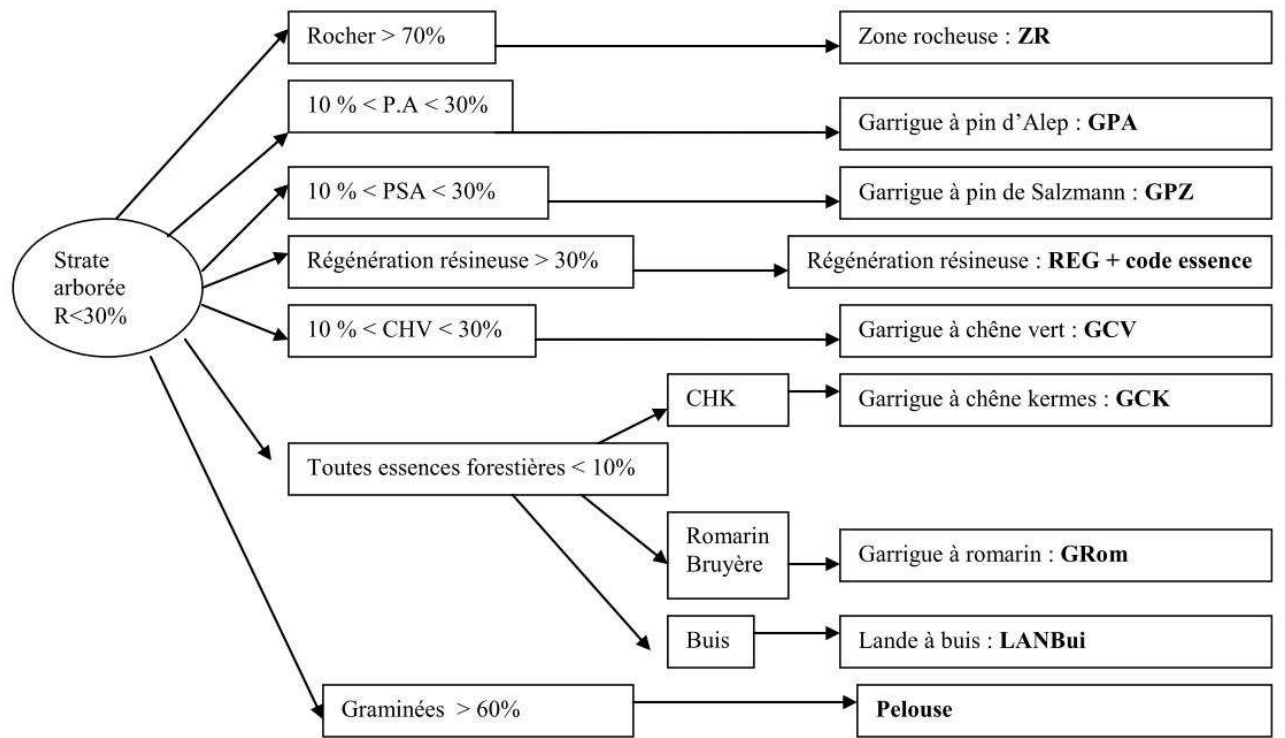


Code	Type de végétation	Caractéristiques sur photographie en infrarouges
1	Peuplements denses de résineux	Densité élevée de houppiers de couleur gris-noirs. Recouvrement des houppiers supérieur à 60%.
2	Peuplements clairiérés de résineux	Densité moyenne de houppiers de couleur gris-noirs. Recouvrement des houppiers entre 30 et 60 %.
3	Peuplement diffus de résineux	Densité faible de houppiers couleur gris-noir. Recouvrement des houppiers entre 10 et 30 %.
4	Peuplements denses de feuillus	Densité élevée de houppiers rouges. Recouvrement des houppiers supérieur à 60%.
5	Peuplements clairiérés de feuillus	Densité moyenne ou faible de houppiers rouges. Recouvrement des houppiers entre 10 et 60 %.
6	Peuplements mélangés de résineux et feuillus	Mélange de houppiers gris-noirs et rouges. Recouvrement des houppiers supérieur à 30 %.
7	Zone ouverte (garrigue) avec présence de résineux	Grain fin avec quelques houppiers gris-noir. Recouvrement des houppiers inférieur à 10 %.
8	Zone ouverte (garrigue) avec présence de feuillus	Grain fin avec quelques houppiers rouges. Recouvrement des houppiers inférieur à 10 %.
9	Pelouse	Surface lisse (peu granuleuse) couleur claire gris-jaune. Recouvrement des houppiers inférieur à 10 %.

**Annexe 4** : Tableau récapitulatif des caractéristiques observables sur photographies aériennes infrarouges des différents types de végétation présents dans la forêt domaniale de St-Guilhem-Le-Désert (Source : A. CHAKIB d'après M. Martel et Boureau, 2008)







**Annexe 5 :** Typologie forestière utilisée pour la description de peuplements de la forêt domaniale de St-Guilhem-Le-Désert (Source : R. DECOURSIERE et A. CHAKIB)



Essence forestière	Code
Chêne vert	CHV
Chêne pubescent	CHY
Autres feuillus	A.F
Pin de Salzman	PSA
Pin noir d'Autriche	P.O
Pin maritime	P.M
pin d'Alep	P.A
Pin sylvestre	P.S
Cèdre de l'Atlas	CEA
Cypres	CYP
Sapin	SAP

**Annexe 6** : Codification des principales essences forestières rencontrées dans la forêt domaniale de St-Guilhem-Le-Désert (Source : R. DECOURSIERE)



**FICHE DE DESCRIPTION D'UNITE D'ANALYSE**

Forêt :	GUI	Unité d'analyse (parcelle+lettre)	
Date :		Type de peuplement :	

**PEUPEMENT**

	Composition		Essences secondaires	
Essences principales	1 :	%	1 :	%
	2 :	%	2 :	%
Vides diffus boisables		%		
Vides diffus non boisables		%		
<i>total 100 %</i>				

Stade d'évolution	fourré - gaulis - perchis- futaie		
		Age :	
Durée de survie			
Diamètre moyen :		Problèmes sanitaires :	
Hauteur moyenne :			
Origine	naturelle - artificielle		
Présence de régénération	oui - non		Bois mort
Traces d'incendie	oui - non		sur pied - au sol
Présence de P.O < seuil de perception	oui - non		peu - moy - bcp
% de recouvrement de la strate dominante	R<30%	30%<R<60%	R>60%

**PROPOSITIONS**

TRAVAUX SYLVICOLES :

		quantité	Coût /ha/km
<input type="checkbox"/> Dégagement	=> Année :		
<input type="checkbox"/> Dépressage	=> Année :		
<input type="checkbox"/> Elagage	=> Année :		
<input type="checkbox"/> élimination P.O	=> Année :		
<input type="checkbox"/> Autres			

COUPES :

Année :	
Type de coupe : AME - REG - SAN - SEC	
Volume estimé (prel m3/ha) :	
Mécanisable : oui / non	

Proposition de classement en serie :	AP	IEG	IEP
--------------------------------------	----	-----	-----

**OBSERVATIONS**

**Si peuplement de PSA irrégulier, par classes de 30 ans :**

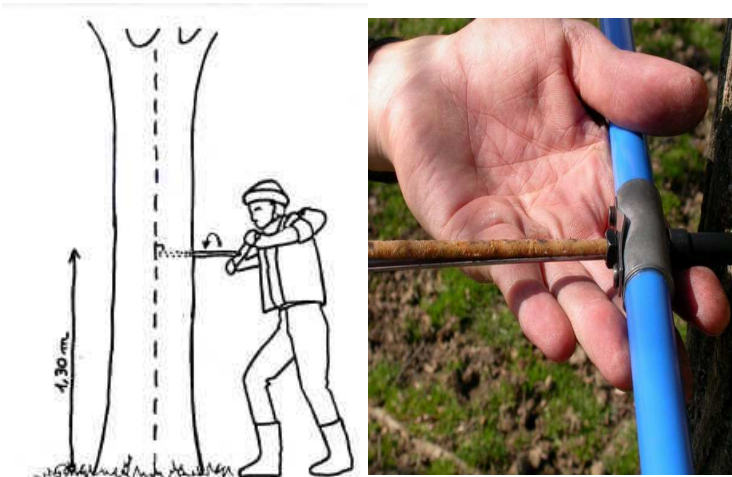
Classe d'âge	Diamètre moyen	Hauteur moyenne	Pourcentage de recouvrement



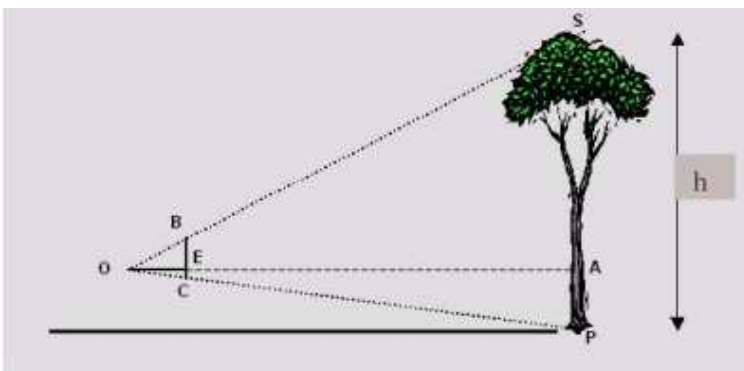




**Le compas forestier** : Il est composé d'une règle graduée et de deux bras parallèles : l'un fixe, l'autre coulissant. Tenu perpendiculairement à l'axe de l'arbre, il permet de mesurer facilement le diamètre d'un arbre à hauteur d'homme.



**La tarière de Pressler** : Elle est composée d'un cylindre terminé par une visse creuse, d'une baguette servant à effectuer des rotations et d'un extracteur. La tarière est vissée jusqu'au cœur de l'arbre puis une carotte de bois est extraite sur laquelle l'âge de l'arbre peut être estimé en comptant les cernes d'accroissement.



**La croix du forestier** : Elle nécessite uniquement deux baguettes de taille identique. Cette méthode repose sur un principe simple de trigonométrie que nous ne détaillerons pas ici. Une baguette est tenue à hauteur des yeux et dirigée parallèlement au sol et l'autre est tenue au bout de la première, verticalement. Le descripteur doit alors se placer de telle manière que la base de cette baguette verticale coïncide avec la base de l'arbre et l'extrémité supérieure avec la cime de l'arbre. La hauteur de l'arbre correspond alors à la distance d'éloignement de l'opérateur, celle-ci étant généralement mesurée au pas.

## **RESUME :**

Le pin de Salzman, sous espèce de pin noir endémique du nord-ouest de la région méditerranéenne, est l'une des essences forestières les plus rares et les plus menacées de France. Face à ce constat, un programme national de conservation des populations françaises de pins de Salzman a été lancé par l'Office National des Forêts (ONF) en 2008. La présente étude consiste en une expertise physique du peuplement de pins de Salzman de la forêt domaniale de St-Guilhem-Le-Désert (Hérault) ainsi qu'en une évaluation de l'état de conservation de ce dernier. Une photo-interprétation sur images infrarouges combinée à une phase de description de terrain ont permis de cartographier avec précision le peuplement. L'état de conservation de celui-ci a ensuite été évalué à partir d'une méthode basée sur la notation d'une série de critères. Il apparaît ainsi que le peuplement occupe sous ses différentes formes une surface de plus de 1000 hectares et que sa dynamique est positive. Cependant, celui-ci est menacé par des risques d'incendies élevés et des risques de pollution génétique liés à la présence du pin noir d'Autriche. Pour protéger le pin de Salzman, le gestionnaire devra donc envisager d'éliminer les essences allochtones et d'améliorer l'accessibilité du massif pour les véhicules de lutte contre les incendies. Cette forêt patrimoniale pourrait enfin être protégée et mise en valeur par la création d'une grande réserve biologique dirigée sur toute l'étendue de la forêt domaniale.

**Mots clés :** *pin de Salzman, Saint-Guilhem-Le-Désert, forêt méditerranéenne, conservation, incendies, pollution génétique*

## **ABSTRACT :**

Salzman's pine is an endemic black pine subspecies of the north-west of the Mediterranean region. It is one of the rarest and most endangered trees of France. According to that fact, a national program of conservation of Salzman's pine French populations has been launched in 2008 by the French National Forests Organization (ONF). This study is a valuation of physical settlement of Salzman's pine population and an evaluation of the conservation in the public forest of St-Guilhem-le-Désert (Hérault). First, a photointerpretation of infrared images combined with a description of the sector has been used to map precisely the population. Then, the conservation status has been evaluated from a method based on the scoring of some criteria. Thus, it appears that the population (in its different forms) occupies an area of over 1000 hectares and its dynamic is positive. However, it is highly threatened by fire risks and genetic pollution due to the presence of Austrian's pine. To preserve Salzman's pine, the manager should consider to eliminate all allochthonous species and to develop the accessibility in the massif for the vehicles to improve the fight against fire. The establishment of a large biological reserve would also managed to protect and enhance the value of this forest.

**Key words :** *Salzman's pine, Saint-Guilhem-Le-Désert, Mediterranean forest, conservation, fires, genetic pollution*