

Livret I

# Gonfaron

Elaboration du programme  
de réhabilitation des espaces  
naturels et forestiers incendiés

 <b>2021   2026</b>		16 août 2021	Le Cannet-des-Maures Le Luc Gonfaron Vidauban La Garde-Freinet Les Mayons La Môle Cogolin Grimaud	<b>E.G.A</b> Environnement Gestion Aménagement
	 LE DÉPARTEMENT	 Réserve Naturelle PLAINE DES MAURES		6 832 hectares



*pinède mûre partiellement calcinée, Bois du Rouquan, Vidauban ©Rascas Biodiv*

#### MENTIONS LEGALES - DROITS D'AUTEUR

La structure générale ainsi que tous les éléments composant ce document (textes, images, iconographie...), propriétés des auteurs (ou du tiers détenteur du droit d'auteur) autorisant l'utilisation de leurs œuvres (photographiques, représentations graphiques...) par l'organisme, sont protégés par le droit d'auteur.

En application de l'article L 122-4 du code de la propriété intellectuelle, toute reproduction, représentation, adaptation, transformation, diffusion, intégralement ou partiellement, des éléments figurant dans le présent dossier, par quelque moyen et sur quelque support que ce soit, sans autorisation expresse, écrite et spéciale aux auteurs (ou du tiers détenteur du droit d'auteur) est interdite. Toute utilisation non autorisée constitue une contrefaçon, délit pénalement sanctionné par les articles L 335-2 et suivants du code de la propriété intellectuelle.

# Gon faron

## Elaboration du programme de réhabilitation des espaces naturels et forestiers incendiés

 <b>2021   2026</b>	 <b>LE DÉPARTEMENT</b>	16 août 2021 6 832 hectares	Le Cannet-des-Maures Le Luc Gonfaron Vidauban La Garde-Freinet Les Mayons La Môle Cogolin Grimaud	<b>E.G.A</b> Environnement Gestion Aménagement <b>Alcina</b> Forêts
	<b>RÉGION SUD</b> PROVENCE ALPES CÔTE D'AZUR	 Réserve Naturelle PLAINE DES MAURES		<b>Safran</b> Conceptions urbaines <b>Rascas Biodiv</b> <b>Pyénées</b> Cartographie

*Bien que chaque membre du groupement possède ses propres spécificités, le traitement des différentes thématiques n'est pas cloisonné et chacun aura été associé au déroulement de l'ensemble de l'étude, permettant ainsi d'assurer une cohérence d'ensemble par une transversalité permanente. La réalisation des études cohérentes et respectueuses des exigences méthodologiques du programme de réhabilitation passe par une totale transparence et une constante circulation d'informations entre les membres du groupement et la maîtrise d'ouvrage.*

*Chacun apporte son regard et sa sensibilité lors des diagnostics : si certains thèmes sont abordés plusieurs fois (la suberaie, le changement climatique, le pastoralisme...), il ne s'agit pas pour autant de « répétitions » ; nous avons volontairement souhaité une approche pluridisciplinaire, avec un regard propre à chacun et à son expertise.*

*Le groupement s'est également appuyé sur l'expertise et les retours d'expérience des partenaires de l'étude, qu'ils soient membres du comité technique (COTECH) en charge du suivi de la mission, des services de l'Etat, des collectivités (COPIL) ou des acteurs sur le territoire avec des domaines de compétences variés tels que l'animation et la gestion forestière, le suivi scientifique des espèces et/ou des espaces protégés, les études et travaux sylvicoles ou d'aménagement du territoire.*

*C'est cette approche transversale qui a permis d'intégrer l'ensemble des enjeux présents lors de la programmation des actions pour lesquelles l'ensemble des parties prenantes aura participé de façon concertée, ouverte et impliquée. Le résultat de ce processus collégial se présente en trois tomes, consultable de façon linéaire ou en ciblant une action opérationnelle particulière avec des renvois vers des chapitres théoriques ou techniques.*

# Livret 1

Introduction : présentation de l'équipe & méthodologie .....	6
--	---

## Diagnostiques des conséquences de l'incendie sur le milieu naturel et forestier

Diagnostic érosion sols .....	12
Diagnostic paysager .....	32
Diagnostic forestier .....	62
Diagnostic écologique .....	86
Diagnostic économique .....	134
Diagnostic adaptations aux changements climatiques .....	152
Diagnostic sylvopastoral .....	176

## Synthèse des diagnostics & définition des orientations

Synthèse avec adaptations aux changements climatiques et réduction de la vulnérabilité .....	194
Définition des grandes orientations du programme .....	206
Sigles & bibliographie .....	230

# Livret 2

## Définition du programme des travaux prioritaires pour 2022

Méthodologie des travaux : valorisation des bois brûlés .....	08
Prise en compte des enjeux de biodiversité & identification des surcoûts .....	12
Evaluation des enjeux paysagers (covisibilités, pratiques sociales) .....	16
Les modalités d'exploitation préconisées .....	18
Identification des coûts de maîtrise d'oeuvre .....	24
Secteur 1 à 15 (38 zones) .....	26 à 200
Méthodologie des travaux : lutte contre l'érosion .....	206
Secteur 4 à 15 (33 zones) .....	212 à 300

# Livret 3

## Définition du programme sur 5 ans et des orientations de gestion à longs termes

Orientations de gestion à longs termes	
Nomenclature des fiches "zones charnières" et "peuplements" .....	10
Fiches - Zones Charnières .....	14 à 28
Fiches - Peuplements .....	32 à 60
Fiches - Autres .....	68 à 106

# Introduction

*L'élaboration d'un programme de réhabilitation des espaces incendiés, qu'ils soient forestiers ou naturels, implique de prendre en compte toutes les composantes du territoire, pour permettre d'intervenir dans la durée en intégrant les différents enjeux en présence, environnementaux, paysagers, sociétaux.*

## Notice à l'attention du lecteur

Le feu de Gonfaron, par sa surface et la diversité des contextes en présence, impose l'intervention d'une équipe pluridisciplinaire, formée de spécialistes susceptibles d'être force de proposition et relais des attentes des élus et partenaires de l'étude. Ce groupement est composé de quatre intervenants spécialisés dans les démarches d'expertise, avec, pour chacun, de solides références propres à leur spécialité et la thématique qu'ils aborderont, appuyés par un géomaticien disposant d'une forte expérience dans le domaine forestier. L'équipe proposée allie des compétences et des expériences très variées dans les domaines de l'expertise forestière, environnementale et paysagère : chacun étant également rompu au travail d'équipe, d'animation et de communication. Elle possède également une très bonne connaissance du territoire et des acteurs, permettant de réaliser une prestation en toute indépendance.

Si chaque membre du groupement possède ses propres spécialités, chacun aura été associé au déroulement de l'ensemble de l'étude, permettant ainsi de ne pas cloisonner les différentes thématiques abordées et d'assurer une cohérence d'ensemble par une transversalité permanente.

## Pôle d'expertise forestière & cartographique



### EGA | Environnement Gestion Aménagement

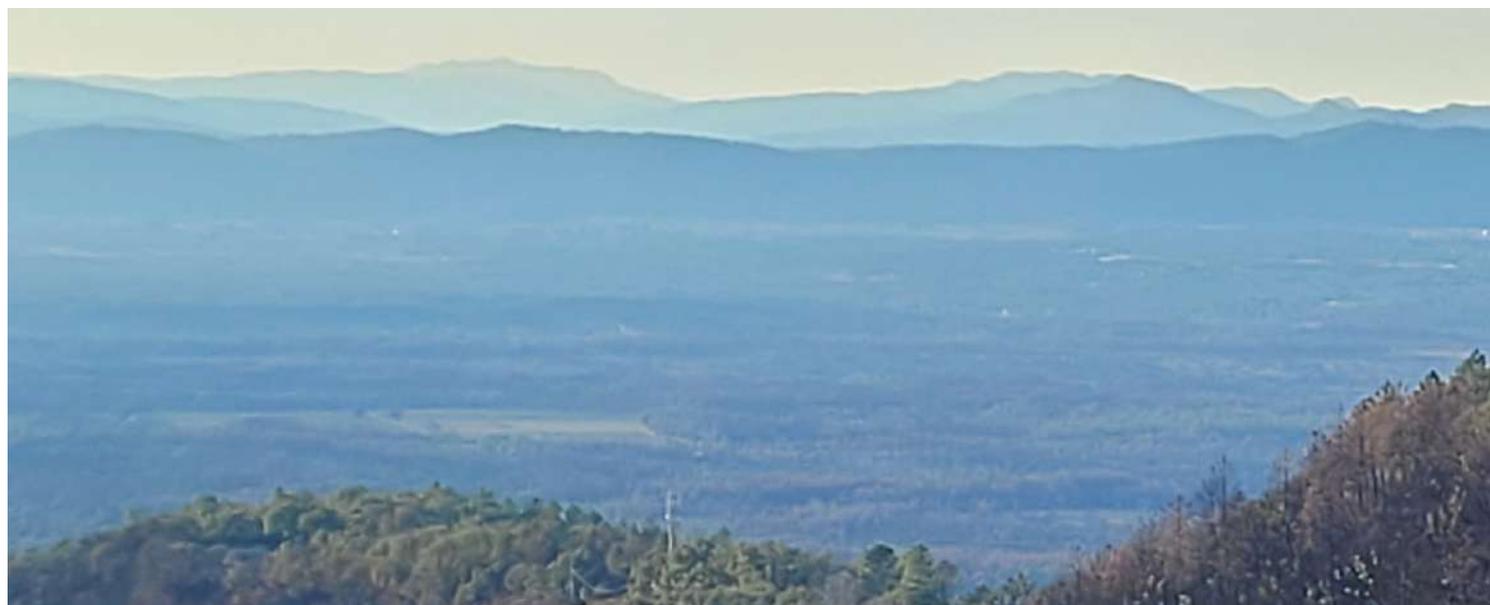
→ François JOLICLERCQ, ingénieur forestier

Créé en 1990, l'activité de ce bureau d'étude repose majoritairement sur les thématiques de la D.F.C.I, de gestion forestière et la valorisation des produits en filières courtes intégrées aux territoires.

Son gérant, François JOLICLERCQ, ingénieur forestier et gestionnaire forestier professionnel, connaît particulièrement le massif des Maures ; spécialiste de la suberaie, il a conduit de nombreuses actions de DFCI, géré des opérations sylvopastorales, et participé au développement de filières, dont celles du liège et du Bois Energie.

Par sa connaissance du territoire et des principaux acteurs sur le massif des Maures, EGA est désigné comme mandataire du groupement ; il assure à ce titre le pilotage de la mission et la coordination de l'équipe.

**Plus spécifiquement, François JOLICLERCQ apporte au sein de l'équipe une expertise méthodologique, technique et économique. Lors de la première phase, et en relation avec ses expériences professionnelles, EGA intervient plus spécialement sur les diagnostics forestiers, économiques et pastoraux, en s'appuyant notamment de son expérience issue des retours des incendies de 1990, 2003, 2017.**



Vue d'ensemble de l'incendie, Plaine et Massif des Maures, Serre Long, La Garde-Freinet ©Rascas Biodiv



## Alcina

- *Olivier CHANDIOUX, ingénieur forestier & expert DFCI ;*
- *Rémi MAZERON, ingénieur forestier spécialisé DFCI ;*
- *Samantath CHARLEZ, master "Ingénierie et gestion des projet environnementaux & sapeur-pompier volontaire ;*

Alcina est une société créée début 2006 par deux ingénieurs forestiers issus du pourtour méditerranéen. La vocation d'Alcina est la gestion et la valorisation des forêts méditerranéennes, par la prise en compte de l'ensemble de leurs ressources (bois, champignons...) et fonctions (accueil, protection...).

Depuis 2017, la compétence d'expertise forestière s'est vue renforcée par l'intégration du gérant, M. Sébastien DIETTE, et de M. Olivier CHANDIOUX, en tant que membre stagiaire des Experts Forestiers de France.

Sur la thématique spécifique de la DFCI, Alcina intervient depuis fin 2006, à compter du recrutement d'Olivier Chandioix, expert en la matière, dont les compétences ont été mises à profit d'une part pour réaliser diverses prestations d'études, d'autre part pour assurer la formation en interne du personnel d'Alcina. En termes de DFCI, nous privilégions une approche de terrain opérationnelle, proche de notre cœur de métier de gestionnaire forestier et intégrant les fonctions multiples du territoire. Ainsi, nous assurons principalement les prestations suivantes :

- ▶ *Élaboration et actualisation de PIDAF, PMPFCI, SDAFI ...*
- ▶ *Analyse du risque, cartographie de l'aléa*
- ▶ *Assistance technique pour les mises en œuvre de ces plans et maîtrise d'œuvre de travaux*



## Pyrénées Cartographie

- *Guillaume ARLANDES, géomaticien spécialisé Forêt*

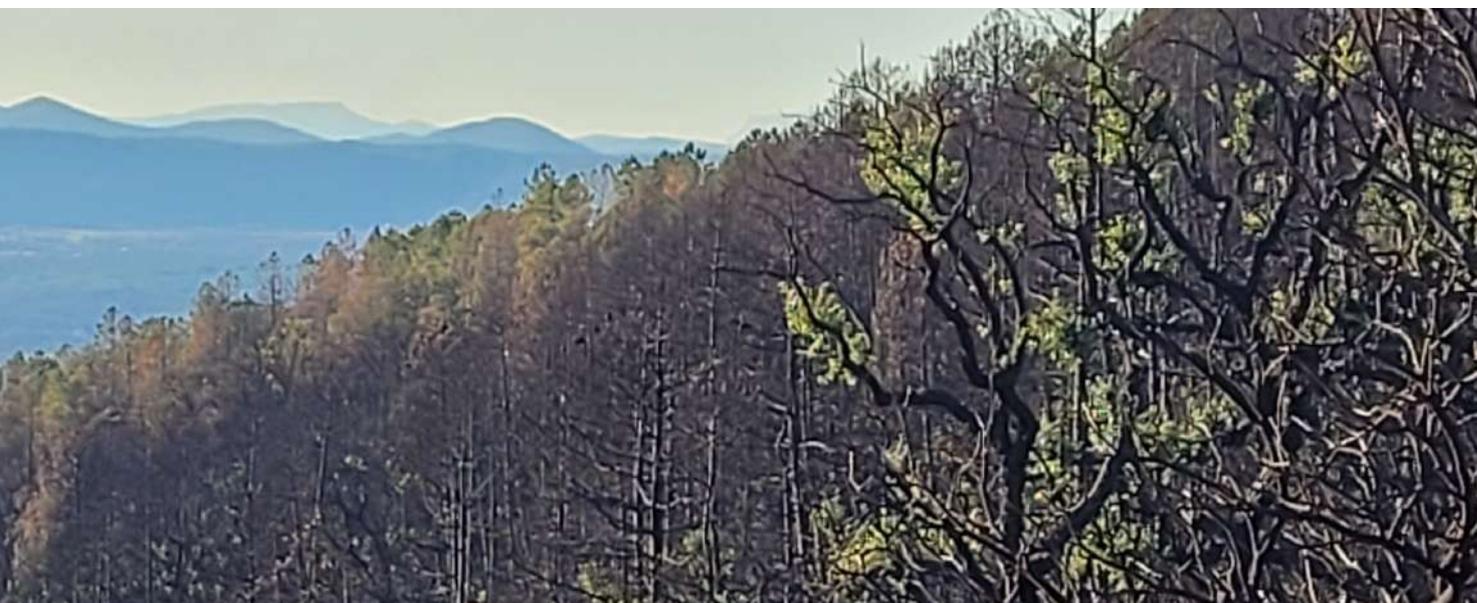
Pyrénées Cartographie est une entreprise libérale créée en 2006 par Guillaume Arlandes et a pour vocation de proposer l'ensemble des services associés à la géomatique à destination d'acteurs publics comme privés et notamment :

- ▶ *L'assistance technique et logistique*
- ▶ *L'ingénierie de la donnée*
- ▶ *Le traitement de données BIG DATA*
- ▶ *La cartographie*

Pyrénées Cartographie possède ainsi un large panel de compétences dans le traitement de l'information géographique incluant :

- *La numérisation, le géoréférencement et la vectorisation de documents*
- *La conversion des données depuis et vers différents formats de données et notamment les standards nationaux CNIG/COVADIS*
- *La création ou la mise à jour de données par l'emploi de méthodes de photo-interprétation à partir d'imagerie satellites, aérienne, drone*
- *Le relevé par GPS suivant des précisions décimétriques, métriques ou centimétriques*
- *La conception et le développement de modèles spatiaux prédictifs pouvant servir d'aide à la décision*
- *Le traitement de données en masse*
- *L'assistance à maîtrise d'ouvrage*
- *L'infogérance de SIG*

Plus spécifiquement, Guillaume ARLANDES apporte au sein de l'équipe une expertise en traitement de données spatiale notamment dans la mise en place de modèle d'expertise territoriale tel que l'analyse des covisibilités ou la modélisation de la sensibilité à l'érosion des sols.



## Pôle d'expertise paysagère & communication



### Safran | conceptions urbaines

- *Jordan SZCRUPAK, paysagiste-concepteur (DPLG), enseignant vacataire ENSA Marseille | D.E 4 "Soutenabilité & Hospitalité"* ;
- *Olivier SIMON, graphiste, designer*

SAFRAN est une agence d'architecture spécialisée en urbanisme opérationnel, paysage, design et démarches participatives. Les membres de l'agence disposent d'une solide expérience dans le domaine de l'aménagement en milieu urbain et dans les territoires méditerranéens, sous toutes ses formes, depuis les études jusqu'à la réalisation, et de documents de planification ou de gestion, enrichie d'une capacité de communication et de coproduction avec les acteurs du territoire.

La production du diagnostic paysager, dans ses différentes échelles et dans ses différentes composantes est portée principalement par Jordan SZCRUPAK, paysagiste-concepteur DPLG qui développe un panel de compétences sur les sujets de développement territorial, de transition écologique croisée avec l'appréhension des risques naturels (incendie, inondation, érosion) par la valorisation des espaces naturels, forestiers et agricoles méditerranéens.

**Le volet communication de la mission est porté par SAFRAN. De la charte graphique à l'identité visuelle, Jordan SZCRUPAK, sous la direction par Olivier SIMON, a réalisé le projet éditorial de l'ensemble des livrets I, II, III, et guide méthodologique à l'attention des propriétaires qui rassemblent l'intégralité des productions du groupement dans un format communicant et accessible.**

## Pôle d'expertise écologique & biodiversité



### Rascas Biodiv

- *Antoine CATARD, écologue spécialiste de la Tortue d'Hermann*

Créé en 2021 par Antoine CATARD, ce bureau d'étude est spécialisé en expertises et en gestion des espaces naturels et ruraux méditerranéens. Diplômé en biologie et en sciences de l'environnement (DESS « Espace rural et environnement »), naturaliste professionnel, Antoine CATARD dispose de 28 ans d'expérience, notamment en matière d'études naturalistes, de conservation et de gestion des écosystèmes dans le Var.

Ses expériences passées sont aussi variées que la coordination ou la contribution à la rédaction de Documents d'Objectifs Natura 2000, la rédaction et la mise en œuvre de plans de gestion d'espaces naturels, de programmes de conservation, la coordination de programmes d'inventaires comme pour les zones humides du Var et divers sites des collectivités, la mise à jour des ZNIEFF du département. Actuellement, ses missions portent plus spécialement sur les inventaires et l'expertise de territoires de diverses échelles en lien avec les activités agricoles ou forestières qui s'y déroulent.

RASCAS BIODIV aura particulièrement la charge du diagnostic écologique et biodiversité mais son approche transversale et sa fine connaissance du territoire et de ses acteurs permettra d'assurer une prise en compte efficace des différents enjeux dans le programme de réhabilitation des sites incendiés.

**RASCAS BIODIV s'est attaché à ce que le programme proposé apporte de réelles plus-values à la biodiversité et à la résilience des écosystèmes.**



*Le passage du feu a repris la trace de l'incendie de 2003 ouvrant de nouveaux secteurs aménagés d'anciennes restanques en contre-bas des crêtes, à l'axe des vallons de sorte à fixer l'érosion des sols (colluvionnement) - Sortie de terrain du Groupe de travail n°1 - Route des Crêtes, La Garde-Freinet ©Safran*

# Diagnostics des conséquences de l'incendie sur le milieu naturel et forestier

# Livret I



*Domaine de Reillane, Le Cannet-des-Maures, pinède mûre sur blocs rocheux ©Rascas Biodiv*

## Livret 1

# Diagnostiques des conséquences de l'incendie sur le milieu naturel et forestier

*Le Syndicat Mixte du Massif des Maures a souhaité que les multiples enjeux liés aux travaux de réhabilitation post-incendie soient pris en compte dans à travers une série de sept diagnostics thématiques.*

*Chaque chapitre fourni aux lecteurs, les clés de compréhension suivant un angle d'expertise particulier afin de mieux cerner la complexité du phénomène incendie et des conséquences sur les dynamiques à l'œuvre au sein du territoire des Maures.*

Diagnostic érosion sols .....	12
Diagnostic paysager .....	32
Diagnostic forestier .....	62
Diagnostic écologique .....	86
Diagnostic économique .....	134
Diagnostic adaptations aux changements climatiques .....	152
Diagnostic sylvopastoral .....	176

## Diagnostic érosion des sols



Apport de sédiments dans le lit d'un ruisseau temporaire, Val Rouvier, Le Cannet-des-Maures ©Rascas Biodiv

*“Le sol est affecté de manière immédiate lors d'un feu mais aussi à plus ou moins longs termes. Comprendre l'impact d'un incendie sur le sol peut se révéler complexe si l'on veut vraiment prendre en compte l'ensemble des facteurs qui entrent en jeu et le moment où ils entrent en jeu (Raison 1979). Ces facteurs peuvent être liés aux caractéristiques de l'incendie (intensité, sévérité, etc.) ou du sol lui-même (type de végétation présente, nature du sol, etc.) (Valette 1999). L'impact du feu est ainsi considéré comme hétérogène selon les écosystèmes... »*

*(...) L'érosion des sols dépend ainsi de nombreux facteurs comme l'intensité du feu, la nature des sols, la pente, la végétation ou encore le régime des précipitations faisant suite à l'incendie... ” - Karine JACQUET & Marc CHEYLAN\**

La prise en compte de cet enjeu, impact fort et connu des incendies de forêt, vise à préserver de la qualité du milieu naturel et forestier et le capital « sol » nécessaire à la régénération naturelle. Il doit permettre de définir des secteurs prioritaires d'intervention pour la lutte contre l'érosion et des secteurs où les sols ont déjà été particulièrement fragilisés, sur lesquels il s'agira de prendre des précautions afin de prévenir et limiter le tassement et l'appauvrissement des sols par les éventuels travaux post incendie.

On distinguera dans ce chapitre deux notions :

→ *Le risque d'érosion des sols qui correspond à une sensibilité du milieu aux phénomènes érosifs dans le cadre de l'incendie de forêt. Cette notion traduit l'impact potentiel du feu sur des phénomènes érosifs et peut permettre de prioriser des opérations de lutte contre l'érosion,*

→ *La sensibilité des sols qui traduit l'impact que pourraient avoir les phénomènes érosifs ou les dégradations du sol liées aux activités forestières sur la fertilité et la qualité des sols.*

### Risque d'érosion des sols

#### Méthodologie

La méthode mise en œuvre pour cartographier le risque d'érosion des sols est issue d'une publication d'une équipe de chercheurs de l'Université de Nice et de l'INRA d'Orléans ayant porté sur la même problématique après l'incendie du 1<sup>er</sup> Septembre 2003 ayant parcouru une partie de la zone incendiée en 2021 (Dennis Fox, W. Berolo, P. Carrega, Frédéric Darboux. *Mapping erosion risk and selecting sites for simple erosion control measures after a forest fire in Mediterranean France. Earth Surface Processes and Landforms*, Wiley, 2006).

\* extraits du rapport Karine JACQUET & Marc CHEYLAN « Synthèse des connaissances sur l'impact du feu en région méditerranéenne » - Décembre 2008

La méthode développée par *D. Fox et al.* a été adaptée aux effets érosifs constatés sur le terrain sur la zone d'étude. Les données utilisées sont également différentes, la résolution des données cartographiques ayant considérablement évolué dans les 20 dernières années.

La méthode proposée par *D. Fox et al.* est basée sur une simple équation :

**Indice d'érosion = Pente X Densité de végétation X Puissance du feu X Sensibilité à l'érosion**

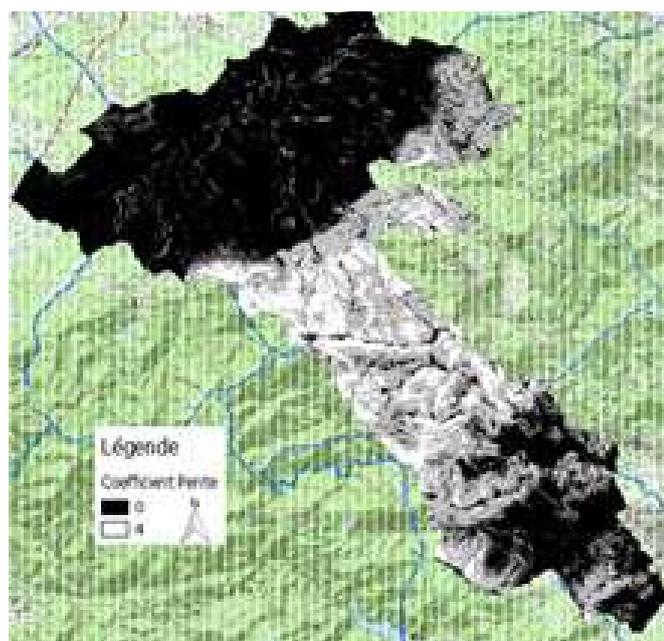
Cette équation est très proche sur son principe de l'équation de Wischmeier (Wischmeier et Smith 1978), mise au point aux Etats Unis pour qualifier les risques d'érosion des terres agricoles en plaine.

### Pente

La pente est prise en compte à partir du Modèle Numérique de terrain, au pas de 10 mètres, classifiée en 5 classes. Suite à l'observation des effets de l'érosion sur le terrain, nous avons adapté les coefficients proposés par *D.Fox et al.*

Le coefficient 0 affecté aux pentes inférieures à 12 % correspond aux observations réalisées à la fois dans la Plaine des Maures et sur les plateaux sommitaux, d'absence de phénomènes érosifs notables (au-delà de déplacement de cendres et fines à faible distance) sur les zones planes. En revanche, des décapages de surface sont observés sur des pentes plus prononcées et des griffes d'érosion sur les pentes les plus fortes.

PENTE	0-12%	12-20%	20-30%	30-50%	>50%
COEFF.	0	1	2	3	4



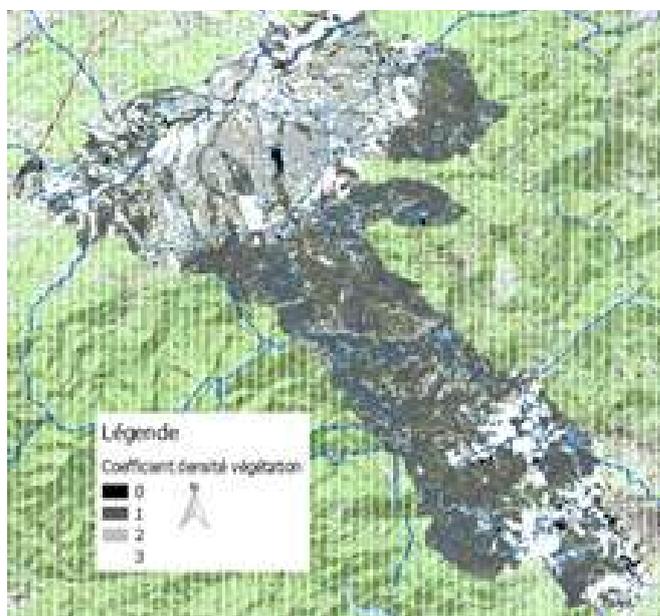
### Densité de végétation

La densité de végétation avant-feu est évaluée à partir de la cartographie de la végétation 2020 réalisée pour les besoins de l'étude à partir d'une classification de l'image satellite SENTINEL 2B. L'effet de la végétation pré-existante se manifeste par les troncs et tiges encore en place favorisant l'infiltration de l'eau, l'interception de la pluie et réduisant la circulation de l'eau sur le versant.

**Densité moyenne :** pinèdes, pins pignons, Reboisements, Mélanges, Maquis boisés, Maquis hauts à feuillus sempervirents, Suberaies, Feuillus à feuilles caduques, Ripisylves, Châtaigneraies, Mimosa

**Densité faible :** Arbres épars, bandes débroussaillées, Jardin, Matorral à pin pignons

**Densité éparse :** Agricole, Friches, Maquis clairs, Sols nus



DENSITÉ DE VÉGÉTATION	NON VÉGÉTAL	MOYENNE	FAIBLE	EPARSE
COEFFICIENT	0	1	2	3

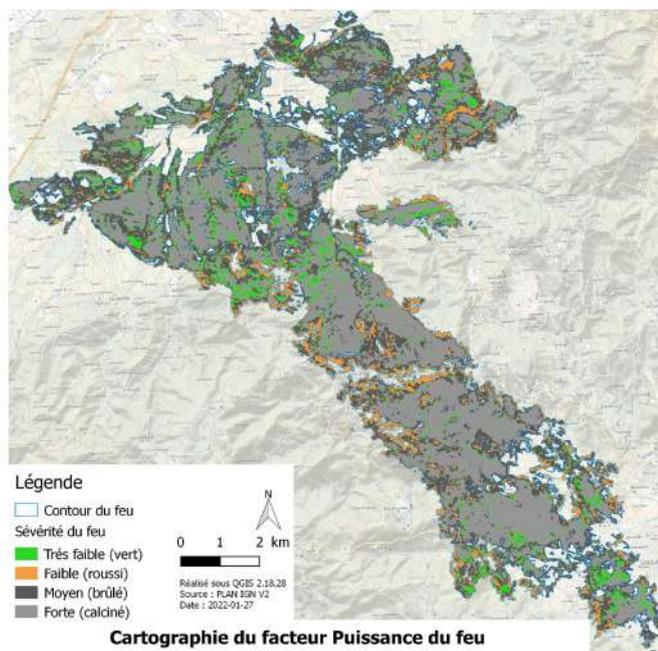
### Puissance du feu

La puissance du feu est un facteur majeur de l'érosion post-feu, les phénomènes de destruction de la qualité du sol et de sensibilisation à l'érosion, décrits dans le paragraphe suivant, étant directement liés à la puissance du feu. Nous avons cartographié cette puissance par le biais d'une classification des images satellite SENTINEL 2B du 22 Aout 2021 et du 11 Septembre 2021. Ces deux images, de belle qualité permettent de distinguer 4 niveaux d'impact du feu : des zones vertes où seul le sous-étage a brûlé, des zones roussies où l'incendie des strates basses a induit un roussissement des feuillages des arbres, des zones « noires » où l'incendie des strates basses n'a pas calciné les arbres en place, des zones « grises » où l'ensemble de la végétation présente a été calcinée.

Les observations de terrain visant à vérifier cette cartographie de la puissance du feu ont montré que les zones « noires » étaient caractérisées par des branchages brûlés de très faible diamètre et un incendie dans les houppiers limité aux feuilles et aiguilles. Cela correspond à des intensités de feu modérées. Ces zones « noires » correspondent à des peuplements fermés (souvent des pinèdes) dans lesquelles le feu était courant.

Les zones « grises » sont caractérisées par des branchages brûlés jusqu'à des diamètres assez importants, des squelettes de végétaux figés par le feu dans le sens du vent, des souches entièrement calcinées voire éclatées. Ces phénomènes correspondent à des niveaux de feu très puissants. Ils sont plus fréquents dans les peuplements feuillus clairs dans lesquels le maquis était haut.

PUISSANCE DU FEU	FAIBLE	MOYENNE	FORTE
	PEUPELEMENT VERT OU ROUSSI	SOUS-ETAGE INCENDIÉ "NOIR"	VÉGÉTATION ENTIÈREMENT CALCINÉE
COEFFICIENT	1	2	3



Cartographie du facteur Puissance du feu ©Alcina Forêts & PyrénéesCartographie

## Sensibilité à l'érosion

La sensibilité des sols à l'érosion est prise en compte à partir du croisement de 2 données géographiques permettant de reconstruire une carte des sols à échelle assez fine sur l'ensemble de la zone d'étude :

- Carte géologique BRGM au 1/50 000ème qui renseigne sur le substrat géologique mais n'informe pas sur la manière dont le sol s'est formé au-dessus de la roche-mère, le substrat donne des indications sur certains phénomènes pédogénétiques, sur les charges en cailloux, les textures dominantes. La carte géologique est simplifiée en 11 types géologiques (Alluvions récentes, Alluvions anciennes, Eboulis, Colluvions, Gneiss, Basalte, Granite, Micaschiste, Grès permien, Quartzites, Rhyolite),
- Carte des unités cartographique de sols du GIS Sol (Groupement d'Intérêt Scientifique sur les Sols (GIS Sol) et Réseau Mixte Technologique Sols & Territoires, Pédologie – Les sols dominants de France métropolitaine, 2019), au 1/250 000ème qui décrit des regroupements d'Unités Typologique de Sols qui elles, donnent des indications sur la profondeur du sol, l'altération de la roche mère, ...

Les Unités Typologiques de Sol sont retrouvées par l'effet de la position topographique sur les processus de formation des sols. Ainsi, les sols colluviaux profonds se trouvent plutôt en bas de pente, les sols squelettiques plutôt dans les hauts de pente et sur les crêtes. Le croisement entre la carte des unités cartographiques de sol et un modèle de position topographique (type Index de Position Topographique) calculé à partir du Modèle Numérique de Terrain nous permet de proposer une carte des Unités Typologiques de Sol potentielles. Cette carte sera également utilisée pour l'évaluation de la sensibilité des sols.

Ce croisement permet de distinguer 44 situations différentes (croisement Unité Géographique de sol, Unité géologique, position topographique).

Cette solution de cartographie des sols prenant en compte la topographie avait été utilisée par D. Fox et al. en 2006. Ceux-ci n'avaient alors pas pris en compte la géologie

La sensibilité à l'érosion des sols est largement liée aux facteurs suivants :

- La texture, les matériaux argileux sont cohérents et les sables grossiers ont des particules lourdes qui nécessitent une force d'arrachement plus grande que les limons qui d'autres part favorisent l'effet érosif par la croute de battance dont ils favorisent la formation,
- La profondeur, principal facteur pris en compte par D. Fox et al., les sols peu épais ou superficiels étant peu susceptibles d'érosion,
- La charge en cailloux, joue un rôle important, les cailloux situés

## Unité Cartographique de sol :

Massif Cristallin

## Couche géologique :

Micaschiste (Micaschistes à grenats et staurotide)

## Position topographique :

Mi versant orienté au sud

## Unité typologique :

Rankosol sur micashiste (UTS 31)

- Sol peu épais
- Texture sableuse
- Charge en cailloux faible
- Peu organique

> Sensibilité à l'érosion moyenne



Exemple d'Unité Typologique de Sol potentielle

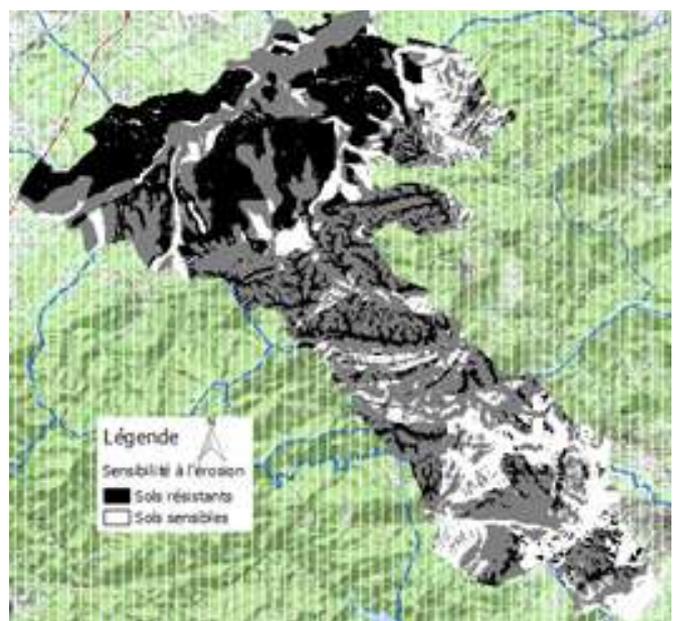
en surface limitant l'effet de la pluie sur le sol, ralentissant les écoulements et ne pouvant être eux-mêmes transportés, ce facteur est souvent majeur dans les indices d'érodibilité du sol (Dumas 65 in Roose 1994)<sup>1</sup>

- La présence de matière organique assurant enfin un rôle de cohérence du sol et d'amélioration de la porosité, donc de capacité d'infiltration de l'eau, elle fait partie des facteurs intégrés à l'indice de Wischmeier.

A partir des descriptions des Unités Typologiques de Sol dans le référentiel du GIS Sol (GIS Sol, RMT Sol&Territoire, 2019), chacune de ces unités typologiques est qualifiée sur la base de ces 4 caractéristiques, notées de 0 à 3 pour la texture, de 0 à 2 pour la matière organique, de 1 à 4 pour la profondeur et de 1 à 5 pour la charge en cailloux. La note obtenue (entre 2 et 14) permet de qualifier la sensibilité à l'érosion en 3 niveaux.

NOTE DE SENSIBILITÉ À L'ÉROSION	≤ 7	8-9	≥ 10
CARACTÉRISTIQUES ASSOCIÉES	SOLS SUPERFICIELS, SABLEUX À FORTE CHARGE EN CAILLOUX	VARIABLES	SOLS ÉPAIS À TRÈS PROFONDS, À FAIBLE CHARGE EN CAILLOUX, ÉVOLUÉS
COEFFICIENT	1	2	3

Les différentes hypothèses posées sur la sensibilité à l'érosion et sur les informations utilisées pour la cartographie ont fait l'objet de vérifications sommaires de terrain. Du fait du temps imparti, ces vérifications ne pouvaient être systématiques mais ont visé les types de sol et les situations sur lesquelles l'on pouvait avoir des doutes. Ces vérifications ont consisté en une validation des données cartographiques, des caractéristiques prédites des sols (profondeur, texture, charge en cailloux) ainsi que des traces d'érosion.



Cartographie du facteur Sensibilité à l'érosion ©Alcina Forêts & PyrénéesCartographie

1 - E. Roose, 1994, Introduction à la gestion conservatoire de l'eau, de la biomasse et de la fertilité des sols (GCES), ORSTOM Montpellier, FAO 1994

## Occurrence du feu

Les effets du feu sur le milieu sont d'autant plus importants que leur récurrence est élevée (*voir chapitre suivant*). Les feux ont des effets à longs termes sur la qualité des sols par combustion ou transformation des matières organiques et création de matériaux hydrofuges. Sur la zone incendiée en 2021, le feu passait par endroit pour la 3<sup>ème</sup> ou 4<sup>ème</sup> fois depuis 1962.

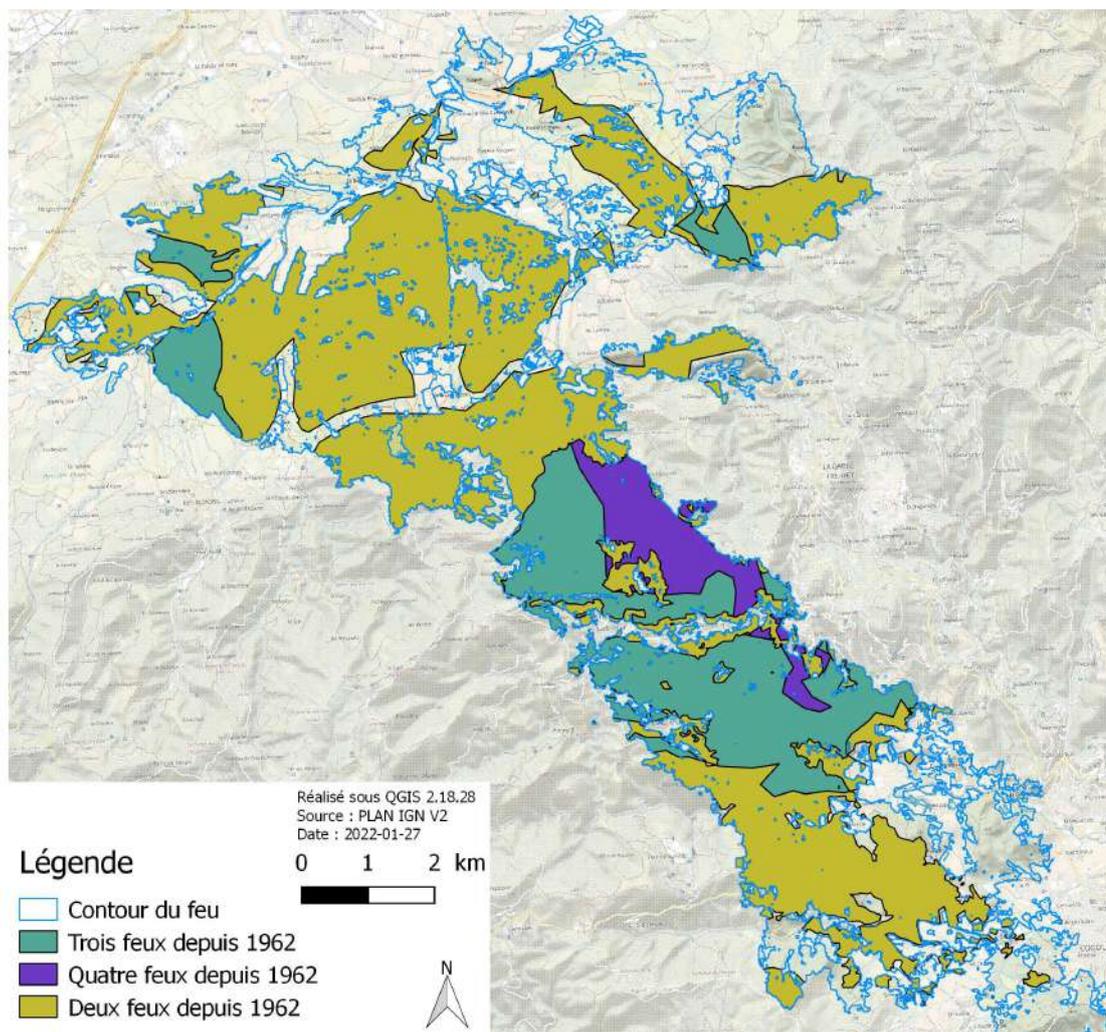
L'occurrence du feu a été intégré comme un facteur supplémentaire de l'indice d'érosion.

NOMBRE DE FEUX DEPUIS 1962 (Y COMPRIS 2021)	≤ 2	3 OU 4 (DERNIER FEU EN 1989, 1999, 2003)
COEFFICIENT	1	2

## Potentiel de Restauration des Terrains Incendiés

Au vu des résultats de la cartographie de l'Indice d'Erosion, il nous a semblé nécessaire de pouvoir croiser celui-ci avec le potentiel de Restauration des Terrains Incendiés. Les deux principales techniques utilisées (fascinage, micro-barrages) nécessitent des bois incendiés pris sur place. Ainsi, la disponibilité en bois est déterminante des travaux susceptibles d'être réalisés.

Les peuplements avant feu susceptibles de fournir des bois permettant la réalisation de fascines ou de micro-barrages sont : les pinèdes, les pinèdes à pin pignons, les mélanges, les taillis de feuillus à feuilles caduques et les ripisylves.



Cartographie du facteur Occurrence du feu ©Alcina Forêts & PyrénéesCartographie

## Calcul de l'Indice d'Erosion

La formule retenue est celle proposée par D. Fox et al. à laquelle est ajoutée l'occurrence des feux :

**Indice d'érosion = Pente X Densité de végétation X Puissance du feu X Sensibilité à l'érosion X Occurrence**

Les coefficients affectés à chacun des facteurs ayant été légèrement adaptés et l'intégration de l'occurrence des feux, la gamme des résultats de cet indice d'érosion est également modifiée. **La note finale est étagée de 0 à 216. La note maximale enregistrée est ici de 108.**

**L'Indice d'Erosion est donc classé en 4 niveaux, selon 4 quartiles (4 classes d'effectifs égaux). Une simplification de la cartographie est ensuite réalisée sur une fenêtre glissante de 5 hectares. Cela permet d'obtenir une cartographie valide à une échelle opérationnelle.**

## Effet du feu sur le sol

Les sols sont la base de la vie biologique sur terre, l'impact des feux sur le sol est déterminant de son impact sur l'écosystème. L'effet direct du feu sur le sol est lié à la crémation de la litière et à l'élévation de température. Les effets indirects sont liés à l'apport de cendres et aux modifications environnementales induites par le feu. La couverture du sol par la végétation et la qualité (au sens des paramètres physico-chimiques) des sols sont deux facteurs majeurs du cycle de l'eau dans les milieux naturels. Le très fort impact du feu sur ces deux compartiments, au moins dans les mois suivant le feu, impacte donc fortement le cycle de l'eau.

La destruction de la végétation entraîne la suppression de son effet sur l'arrivée de l'eau au sol (captation d'une partie des pluies, réduction de l'effet de martellement de l'eau sur le sol, infiltration de l'eau en profondeur suivant les systèmes racinaires, maintien de la cohésion du sol par le feutrage racinaire). D'autre part, l'effet physico-chimique du feu sur le sol (notamment les pertes en matière organiques, réduction de la stabilité structurale et les effets hydrophobes) accélèrent la circulation de l'eau sur le sol.

Ainsi, le feu augmente très significativement la rapidité de l'écoulement des eaux sur le sol entraînant des effets de crue plus forts (Martin 1996). Ces effets de crue sont favorisés par la pente, l'intensité du feu, la proportion de sol fin en surface (Fox et al, 2006)<sup>2</sup>. A l'échelle d'un bassin versant sur roche sédimentaire, le débit des crues peut augmenter de 50 à 100% (Brun 2014)<sup>3</sup>. Ils s'accompagnent, du fait des effets érosifs déjà mentionnés de charges en éléments fins et en nutriments (notamment en ammonium et en phosphore) qui vont modifier la qualité des eaux dans les cours d'eau à l'aval (modification du milieu dans l'écosystème rivière et modification de la qualité des eaux potables dans le cas de bassins de rétention d'eau potable). Les effets du feu sur l'eau potable peuvent également être liés aux retombées de composés organiques volatils, parfois toxiques, transportés par le panache de fumée. La qualité des nappes phréatiques est donc mise en jeu par ces incendies (ANSES 2012)<sup>4</sup>.

Ces effets sont globalement temporaires, très intenses au moment du feu et vont en s'atténuant avec la reprise de la végétation (impacts mesurés pendant 3 ans sur le bassin versant du Réal Collobrier. Ils sont d'autant plus forts que le feu est puissant et de grande ampleur. Les effets du feu sur l'érosion ont surtout été mesurés dans des bassins versants sur sols acides, le massif des Maures constituant le principal bassin d'observation de ce phénomène. D'après Martin (1996)<sup>5</sup>, dans ces conditions, les volumes érodés peuvent atteindre 500 à 2000 t/km<sup>2</sup>/ an, se poursuivant pendant environ 3 ans (soit 1,5 à 6 mm d'épaisseur de sol). Des valeurs d'érosion atteignant 8000 ou 25 000 t/km<sup>2</sup> ont pu être observées ailleurs dans le monde (Martin et al ; 1993)<sup>6</sup>. A cette érosion vient s'ajouter la perte due à la combustion des matières organiques du sol.

Une source importante d'informations sur l'impact des feux sur le sol se trouve dans la thèse de R. Guénon (2010)<sup>7</sup> qui s'appuie également sur une zone d'étude située dans les Maures (feu de Saint Maxime 2003). Le feu (selon sa puissance notamment) détruit ou transforme une partie ou la totalité de la matière organique de surface et jusqu'à 10 cm de profondeur. Gonzalez-Pérez et al. (2004) parlent de formation de pyrohumus par transformation des composés carbonés lors du feu.

2- D.Fox; Mapping erosion risk and selecting sites for simple erosion control measures after a forest fire in Mediterranean France; Earth Surf. Process. Landforms 31; 2006

3- J. Brun, LM Duhen; Paiement des services environnementaux ou quand les acteurs de l'eau participent à l'entretien de la forêt; forêt méditerranéenne t. XXXV, n° 1, 2014

4- Effets sanitaires liés à la pollution générée par les feux de végétation à l'air libre; Avis de l'Anses, Saisine n° 2010-SA-0183; 2012

5- C. Martin; L'érosion hydrique à l'échelle de la parcelle et d'un petit bassin versant après incendie de forêt dans le Massif des Maures; Etude et Gestion des sols, 3,3; 1996

6- C. Martin et al.; Conséquences de l'incendie de forêt de l'été 1990 sur l'érosion mécanique des sols dans le massif des Maures; Bull. Assoc. Géogr. Franç. n°5; 1993

7- R. Guénon; Vulnérabilité des sols méditerranéens aux incendies récurrents et restauration de leurs qualités chimiques et microbiologiques par des apports de composts. Ecologie, Environnement. Université Paul Cézanne - Aix-Marseille III, 2010

8- J-C. Valette; Etat des connaissances sur l'impact des incendies. Mise en place de protocoles expérimentaux pour le suivi des incendies de forêt et de la reconstitution des écosystèmes forestiers; 1999



Suberaie, Serre Long, La Garde-Freinet ©Rascas Biodiv

\* extraits de M. Vennetier, [Les impacts du feu sur l'environnement](#), Forêt-entreprise n°185-Mars 2009

9- D.Gillon; [Les effets des feux sur la richesse en éléments minéraux et sur l'activité biologique du sol](#); Rev. For. Fr. XLIII - n° sp. 1990

*“En milieu forestier méditerranéen, la plupart des paramètres physico-chimiques modifiés par le feu récupèrent quantitativement en 15 à 25 ans. Mais il faut 50 ans pour une bonne résilience qualitative de l'écosystème : en dessous de ce seuil, les communautés bactériennes et la faune du sol sont moins diversifiées et moins efficaces, la matière organique produite contient des substances difficilement biodégradables, le cycle de l'azote n'est pas équilibré.*

*Avec une fréquence d'un feu tous les 25 à 50 ans, le niveau de potentialités reste bas, en limite de rupture. L'essentiel de la matière organique se cantonne aux premiers centimètres du sol, où se concentre l'activité biologique avec des effectifs faibles et fragiles. Un seul épisode d'érosion intense peut compromettre durablement l'avenir de l'écosystème. Avec des fréquences de feux plus élevées, de l'ordre de 4 feux ou plus en 50 ans, les paramètres chimiques et biologiques sont durablement altérés, marquant une dégradation des potentialités.”-Michel VENNETIER\**

Le feu volatilise l'azote organique (d'autant plus que le feu est puissant). La fertilité du sol subit des modifications brutales (minéralisation très rapide des éléments et lessivage très puissant, notamment dans les zones de pente). Les cendres déposées au sol suite à l'incendie assurent un apport en nutriment (cations rendus solubles) qui induisent une hausse de pH et sont associées à la stimulation post-incendie de l'activité des micro-organismes et de la végétation (Valette 1999)<sup>8</sup>. Cependant, les nutriments contenus dans ces cendres sont très vulnérables aux pertes par érosion. La disponibilité des nutriments et leur perte principalement après incendies dans les couches supérieures sont contrôlées par les phénomènes d'érosion induits par le ruissellement de l'eau (R. Guénon).

L'incendie réduit la stabilité structurale du sol et ses propriétés physico-chimiques sont altérées, par la modification des matières organiques d'autant plus que l'intensité du feu est forte (avec des intensités faibles, on note même une amélioration de la stabilité structurale). Ces modifications réduisent la capacité du sol à retenir les nutriments et donc leur fertilité.

L'effet direct du feu sur les microorganismes est lié à l'incinération et à l'élévation de température et sera d'autant plus intense que le feu sera puissant et que l'on se trouve en surface. Ces couches superficielles peuvent être stérilisées (disparition de toute biomasse microbienne) mais un brûlage dirigé pourra induire une activité microbienne supérieure à un témoin non brûlé (D. Gillon 1990)<sup>8</sup>. Le feu a des effets



Radier sur le Ruisseau de Val de Gilly – ensablement jusqu’au niveau du radier béton ©Alcina Forêts

variés sur les champignons (disparition des basiodimycètes et levée de dormance des ascomycètes). Il a également des effets indirects par les modifications engendrées sur l’ensoleillement, le micro-climat et les changements physico-chimiques du sol. Les sources avancées par Jacquet et Cheylan (2008) montrent que sur divers groupes de microorganismes du sol, la résilience est très rapide, cependant les données font souvent référence à des brûlages dirigés pour lesquels les organismes peuvent échapper à l’élévation de température sous terre.

Ces effets sur la fonctionnalité des sols s’estompent petit à petit avec la dynamique de végétation et les micro-organismes du sol, comme les plantes, ont été sélectionnés sous l’influence d’un régime de perturbations fréquente. Il a cependant été démontré que la récurrence des feux modifie durablement la qualité chimique de la matière organique des sols la rendant peu disponible pour la minéralisation microbienne. Ce seuil de récurrence induisant une érosion de la qualité du sol, en plus des pertes directes liées au feu et une perte de résistance au stress hydrique, est compris entre 1 et 2 feux en 25 ans.

Les effets érosifs sur le sol sont proportionnels à la quantité d’eau tombant sur le sol mis à nu par l’incendie. La réduction progressive de cet effet sur une période de 3 ans, enregistrée sur le bassin du Real Collobrier, est liée au retour progressif d’une végétation couvrant le sol (herbacées, petits ligneux, rejets des arbustes et feuillus). La puissance des phénomènes érosifs est également liée à l’intensité des pluies touchant les sols mis à nu.

Dans le cas du feu du 16 Aout 2021, plusieurs épisodes pluvieux violents sont intervenus après le feu (44 mm aux Mayons le 24 Aout, 61 mm au Mayons le 4 Octobre, 72 mm du 24 au 25 novembre). Ces différents épisodes pluvieux ont provoqué des phénomènes érosifs visibles (disparition des cendres, disparition des fines en surface, griffes d’érosion très localisées). L’état des fossés, ravins et seuils des rivières témoigne de ces phénomènes érosifs en cours.

**Les interventions visant à réduire ces phénomènes érosifs, à leur source, sur les zones sensibles à l’érosion, ont un caractère d’urgence dans la mesure où elles permettent de réduire la perte de fertilité du sol déjà engagée.**

# Sensibilité des sols à l'érosion après-feu

**Du fait de l'absence de pentes prononcées dans la Plaine des Maures, la sensibilité à l'érosion y est faible et limitée aux bordures de ravins**

Les plus fortes sensibilités à l'érosion sont concentrées sur le versant nord dans les bassins versants du ravin du Limage et du vallon du Débat, ainsi que sur le versant sud entre la route des Crêtes et Val de Gilly, à l'exception des secteurs de Val Verdun, la Haute Cour, Camp de la Suyère. Il est notable que ces zones étaient peu boisées ou boisées de suberaies qui ne permettent pas de réaliser de travaux de restauration des terrains, à l'exception de bouquets localisés.

Le croisement entre les plus fortes sensibilités du sol à l'érosion et le potentiel de restauration des terrains incendiés permet de déterminer des zones d'intervention RTI (fascinage, micro-barrages). Avant validation de terrain, ces zones représentent 40 entités pour 117 hectares.

## Sensibilité des sols à l'érosion

-  Faible
-  Moyen
-  Fort
-  Très fort

## Potentiel de restauration

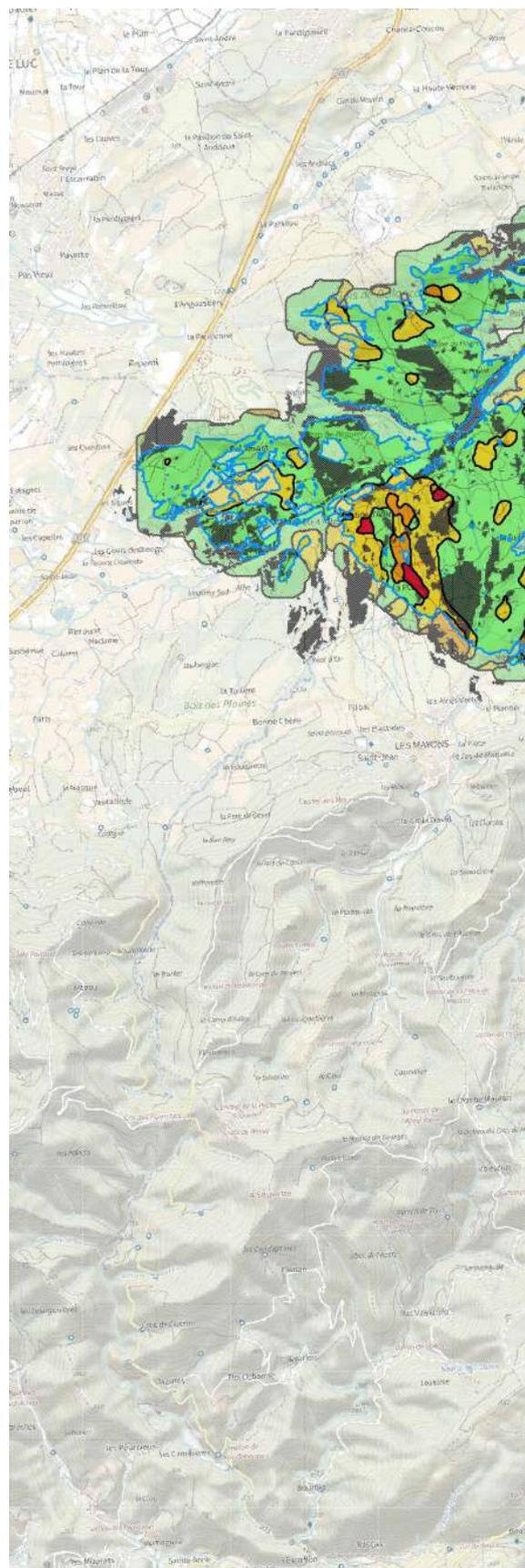
-  Présent

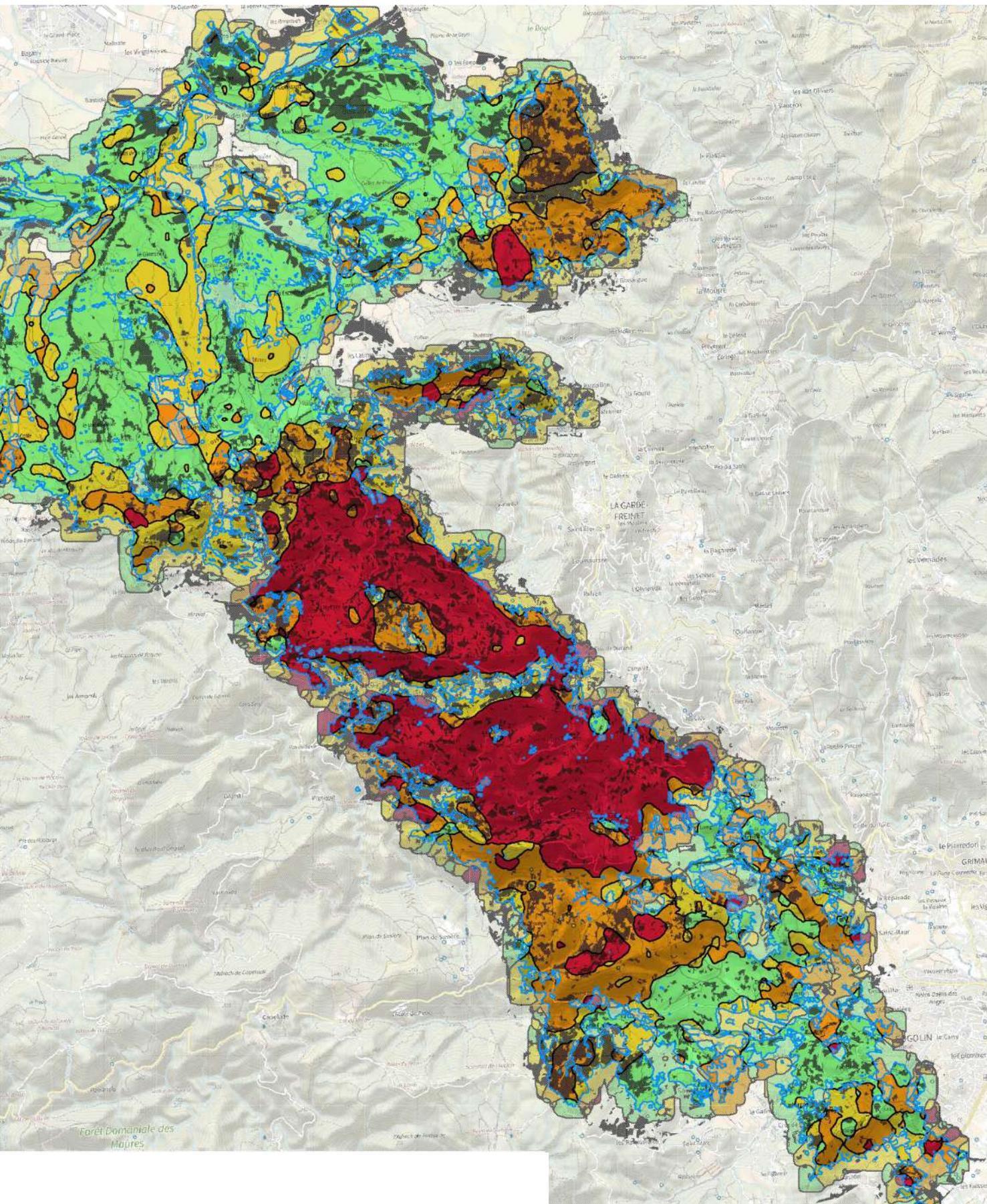


0 1 2 km



Réalisé sous QGIS 2.18.28  
Source : XXXX  
Date : 2022-01-27





Réhabilitation post-feu du 16/08/2021 - Sensibilité des sols à l'érosion ©Alcina Forêts & PyrénéesCartographie



Crête rocheuse, La Garde-Freinet ©Rascas Biodiv

## Sensibilité des sols

### Méthodologie

Nous faisons le choix de prendre en compte les mêmes données que celles utilisées pour la cartographie du risque d'érosion des sols. Elles sont réinterprétées au regard des critères connus de sensibilité du sol aux tassements ainsi qu'au regard des critères disponibles fondant la fertilité des sols.

Pour chacune des Unités Typologiques de Sols (*voir chapitre précédent*), nous évaluons l'effet des caractéristiques connues de ces unités typologiques sur le tassement (d'après le guide *Pratic'sol*)<sup>10</sup> et la fertilité (d'après la typologie des stations locale)<sup>11</sup>.

### Texture

La texture du sol impacte la fertilité au travers de la perméabilité du sol ainsi que de son impact sur la réserve utile.

INDICE DE FERTILITÉ	TRÈS FAIBLE	FAIBLE	MOYEN	FORT
TEXTURE	SABLE PUR	SABLES LIMONNEUX	DIVERSES COMBINAISONS DE SABLES ET ARGILES	EQUILIBRÉE

<sup>10</sup> - Prosol - Guide pour une exploitation forestière respectueuse des sols et de la forêt, Office national des forêts / FCBA, 2009

<sup>11</sup> - Les stations forestières de la Provence cristalline (cap Sicié, îles d'Hyères, Mures, Tanneron); Ladier, J., Ripert, C. - CEMAGREF-1996

La texture du sol est un des critères principaux de la sensibilité au tassement des sols.

SENSIBILITE AU TASSEMENT	FAIBLE	MOYEN	FORT
TEXTURE	LIMONS DOMINANTS	ARGILE DOMINANTE	TRÈS SABLEUX

### Matière organique

La matière organique contribue aux qualités physico-chimiques du sol et sa dégradation constitue la principale source d'alimentation minérale de la végétation.

INDICE DE FERTILITE	FAIBLE	MOYEN	FORT
MATIERE ORGANIQUE	RARE	PRÉSENTE	IMPORTANTE

La matière organique contribue à la résistance au tassement des sols par sa contribution à la stabilité structurale du sol.

SENSIBILITE AU TASSEMENT	FAIBLE	MOYEN	FORT
MATIERE ORGANIQUE	IMPORTANTE	PRÉSENTE	RARE

### Profondeur

En région méditerranéenne, la fertilité des sols forestiers est guidée par la disponibilité en eau. La profondeur est le principal guide de la disponibilité en eau, surtout sur sols acides à roche imperméable.

INDICE DE FERTILITÉ	FAIBLE	MOYEN	FORT	TRÈS FORT
PROFONDEUR	SUPERFICIEL	PEU ÉPAIS	ÉPAIS	TRÈS ÉPAIS

La profondeur du sol a un impact sur sa sensibilité au tassement au travers de l'impact que la profondeur a sur la présence d'affleurements rocheux qui peuvent annuler les effets de tassement.

SENSIBILITE AU TASSEMENT	FAIBLE	MOYEN À FORT
PROFONDEUR	SUPERFICIEL	AUTRES

*La sensibilité des sols traduit l'impact que pourraient avoir les phénomènes érosifs ou les dégradations du sol liées aux activités forestières sur la fertilité et la qualité des sols. La perte de 5 mm de sol sur un sol de 20 cm de profondeur prospectable (2,5 %) sera plus préjudiciable que sur un sol d'un mètre de profondeur prospectable (0,5 %). De même que la disparition des matières organiques sera plus grave sur un sol pauvre en éléments minéraux que sur un sol riche.*

### Charge en cailloux

La charge en cailloux réduit la fertilité du sol par la part du profil de sol occupé par des matériaux ne contribuant pas à la rétention en eau et aux processus physico-chimique à la base de la fertilité

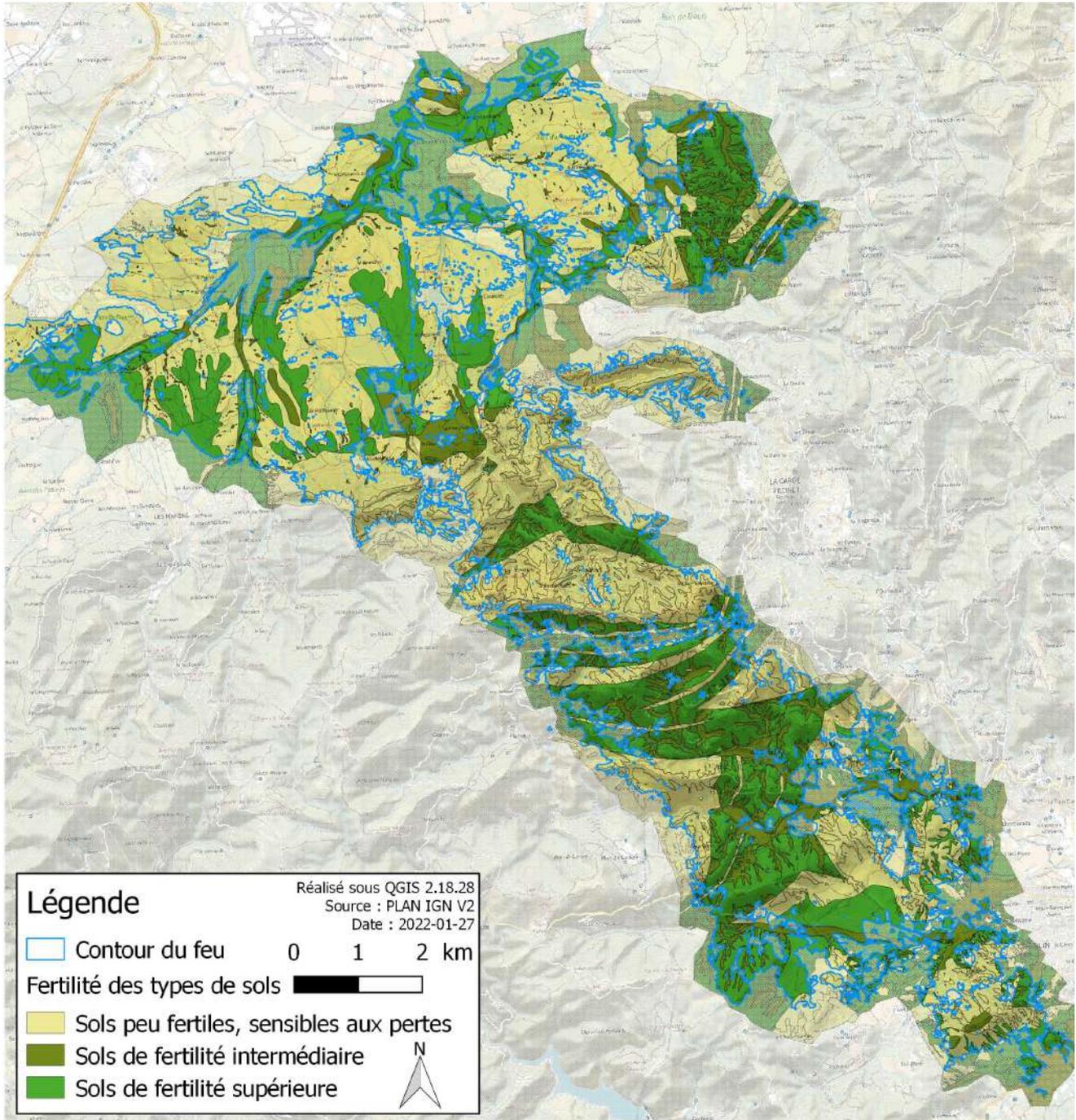
**La charge en cailloux a un impact sur sa sensibilité au tassement au travers de l'impact que les cailloux ont sur la dissipation des forces imprimées sur le sol par les engins.**

INDICE DE FERTILITÉ	FAIBLE	MOYEN	FORT	TRÈS FORT	SENSIBILITE AU TASSEMENT	FAIBLE	MOYEN À FORT
CHARGE EN CAILLOUX	TRÈS FORTE	FORTE	MOYENNE	NULLE À FAIBLE	CHARGE EN CAILLOUX	FORTE À TRÈS FORTE	AUTRES

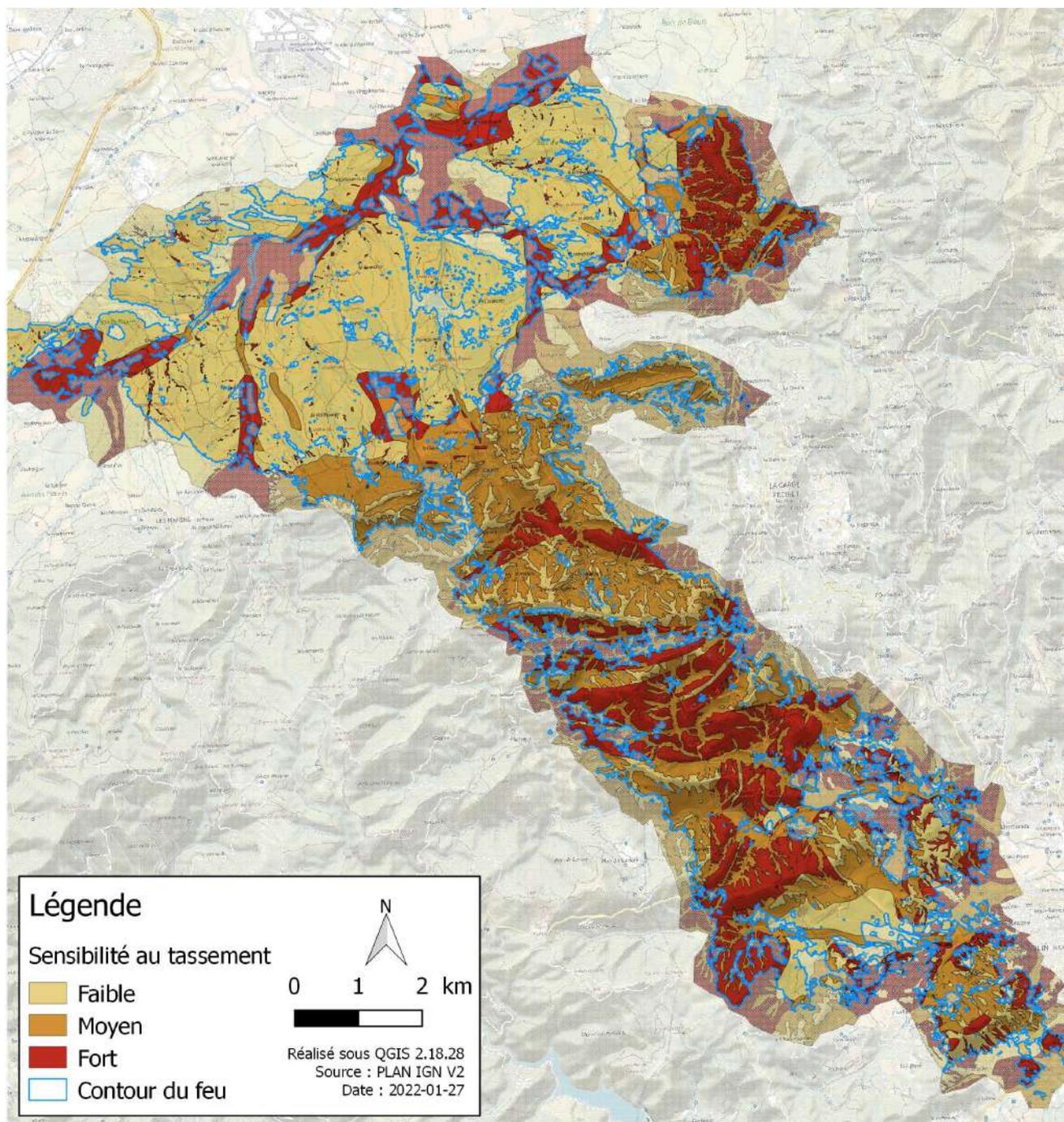


Réitérations du chêne liège ©Rascas Biodiv

## Niveau global de fertilité des types de sols



## Sensibilité des types de sols au tassement par engins forestiers





Suberaie pure avec repousse dans les houppiers et rejets au sol ©Alcina Forêts

## Identification des travaux de prévention de l'érosion

L'objectif des travaux de prévention de l'érosion est de limiter les effets érosifs induits par le feu lors des gros épisodes pluvieux. Les études du Cemagref citées précédemment, réalisées sur le Real Collobrier ont montré que les phénomènes de transports de matériaux sur le versant peuvent durer pendant 3 ans après le feu, la repousse de la végétation assurant progressivement un rôle de protection des sols. Près d'un année s'étant écoulée depuis le feu, il s'agit donc de limiter ces effets pour 2 ans.

Pour rappel, les effets sont liés :

- à l'effet mécanique de la pluie sur un sol nu, non interceptée par des végétaux,
- à l'entraînement des matériaux fins organiques et minéraux sur la pente, par l'eau, renforcés par l'impact du feu sur la structure du sol.

Les travaux habituellement mis en œuvre pour limiter ces effets érosifs consistent principalement à mettre en place des fascines. On parle de fascinage.

Les fascines sont constituées par des assemblages de troncs et de branches disposés à l'amont de souches conservées à 50 cm à 1 mètre de hauteur. Ces fascines disposées en courbe de niveau utilisent les végétaux brûlés en place pour former de petits barrages végétaux en travers de la pente derrière lesquels, les matériaux fins transportés par l'eau sur la pente vont pouvoir s'accumuler. Les fascines permettent également de conserver, avec la terre fine, des graines. Elles constituent des zones freinant l'écoulement de l'eau sur le versant, interceptant l'érosion et sur lesquelles la régénération de la végétation est favorisée.

On distinguera dans cette étude une forme allégée de travaux visant à limiter l'érosion que l'on appellera « travaux de restauration ». Ces travaux sont envisagés sur des zones à fort enjeu érosif mais où les matériaux disponibles sont limités aux végétaux du maquis (bruyère, filaire, arbousier, ...). On ne dispose donc pas de végétaux qui puissent être coincés entre 2 souches, ni de souches dont les troncs sont suffisants pour porter des fascines. Dans cette situation, on laissera les végétaux coupés à ras, au sol, disposés en courbes de niveau. L'objectif est de permettre de constituer de petites zones sur lesquels pourront être coincés quelques matériaux fins et surtout des graines.

Pour être efficaces, ces fascines doivent être placées sur des zones :

- de pente forte (>30%),
- de concentration des écoulements (tête de vallon, ruptures de pente, bas de versant),
- sur lesquelles l'érosion est active du fait d'une absence de couverture du sol,
- disposant de matériaux permettant de créer les fascines (tiges enracinées permettant de tenir les fascines, troncs et branches formant la fascine).



Travaux de fascinage réalisé par un propriétaire privé - Piste du Pic Martin, La Garde-Freinet ©Alcina

## Détermination des zones favorables aux travaux de prévention de l'érosion

Ces zones sont déterminées par le croisement de :

- la carte de sensibilité des sols à l'érosion (sont retenus les niveaux fort et très forts correspondant aux conditions listées ci-dessus),
- la carte de sévérité du feu (les zones vertes et roussies sont considérées comme disposant d'une protection du sol suffisante),
- la carte de peuplements forestiers (sont retenus les peuplements forestiers offrant des matériaux pour constituer les fascines, les suberaies pures dont la reconstitution naturelle à partir du houppier limite l'intérêt de couper les sujets sont exclues).

Une photo-interprétation des zones identifiées permet d'affiner les zones d'intervention potentielles. Environ 130 hectares répartis en une cinquantaine de zones sont identifiés à cette étape. L'ensemble des zones identifiées est ensuite visité.

Sur le terrain, la réalité des phénomènes érosifs, les éléments végétaux couvrant le sol et la disponibilité en éléments végétaux sont évalués. Ces visites permettent d'écarter une partie des zones initialement identifiées et de rajouter d'autres zones qui avaient échappé à l'analyse cartographique mais semblaient favorables. Les zones écartées sont de différents types :

- peuplements simplement roussis dans lesquels la chute des aiguilles de pin constitue déjà, en Janvier 2022, une couche de litière protégeant le sol,
- peuplements verts ou partiellement roussis dans lesquels les branches mortes et la végétation présentent assurent une protection contre l'érosion,
- suberaies dans lesquelles l'on ne dispose pas de matériaux pour constituer des fascines.



Litière d'aiguilles de pin reconstituée en Janvier 2022 ©Alcina Forêts

# Ce qu'il faut retenir

## Synthèse du diagnostic érosion des sols

### Impact des feux sur le sol

Le feu de forêt est un phénomène très puissant qui a des impacts visibles sur la végétation mais dont les impacts sur le sol sont moins visibles tout en étant au moins aussi dévastateurs. Le massif des Maures est un territoire dans lequel les effets du feu sur le sol sont les mieux documentés. Le feu a des effets immédiats sur la composition chimique et les microorganismes du sol et à plus longs termes sur les matières organiques du sol qui conditionnent sa stabilité et nombre de fonctionnalités biologiques de ce support de la vie. Ces effets peuvent avoir des impacts sur le cycle de l'eau et sa qualité au sein des bassins versants. L'impact le plus visible du feu sur le sol est lié à l'effet érosif. L'érosion suivant un incendie peut mobiliser des volumes de terre de l'ordre de quelques milliers de tonnes par km<sup>2</sup> incendié et par an, soit des épaisseurs de sol érodé de l'ordre 1,5 à 6 mm de sol, ce qui correspond à des dizaines ou centaines d'années de formation du sol. Les capacités de résilience du milieu permettent de récupérer les fonctionnements normaux du sol en quelques années. Ces phénomènes d'érosion, liés aux fortes précipitations, peuvent durer pendant environ 3 ans jusqu'à ce que la repousse de la végétation protège de nouveau le sol. L'on sait également qu'un temps de retour du feu inférieur à 25 à 50 ans érode non seulement la superficie du sol mais aussi ses capacités productives.

### Evaluer la sensibilité du sol à l'érosion

Une méthode développée par des chercheurs de l'Université de Nice suite au feu de la Garde Freinet de 2003 a été adaptée aux données disponibles et à l'amélioration de la précision des données depuis 2003. Cette méthode combine la pente (plus un versant est pentu plus l'érosion y sera vive), la densité de végétation (qui protège le sol contre l'effet érosif de la pluie), la puissance du feu et les caractéristiques du sol (profondeur du sol, texture et charge en cailloux et en matière organique) auxquels nous ajoutons la récurrence des feux qui réduit les capacités de résilience du sol.

Cette méthode permet d'identifier 4 niveaux de sol du sol à l'érosion cartographiés sur l'ensemble de la zone incendiée. Ces zones sont croisées avec une cartographie de la disponibilité de matériaux pour la mise en œuvre de fascines destinées à limiter les effets érosifs. Les fascines sont des sortes de petits barrages végétaux constitués en travers de la pente avec des branchages disposés à l'arrière de souches pour retenir la terre et les graines lors des épisodes pluvieux.

Cette démarche a permis d'identifier 40 zones représentant 117 hectares sur lesquelles la constitution de fascines est possible et permettra de limiter l'érosion sur des sols particulièrement sensibles.

## Protéger les sols de dégâts supplémentaires

L'impact du feu sur les sols est largement démontré. Il nous a semblé nécessaire d'identifier la sensibilité des sols à des dégradations supplémentaires qui pourraient être liées aux travaux de réhabilitation envisagés. Nous avons procédé par une double approche associant une évaluation de la fertilité des sols et une évaluation de leur sensibilité aux tassements dus aux engins. Nous considérons que les sols pauvres sont plus sensibles à un même niveau de dégradation qu'un sol profond et riche. Pour ces deux évaluations sont utilisées les mêmes types de données que pour la sensibilité du sol à l'érosion.

La combinaison des informations sur la sensibilité des sols ainsi que des vérifications de terrain ont permis d'identifier environ 50 zones propices à des travaux de prévention de l'érosion, pour une surface de 130 hectares. Ce zonage a été intégré à la programmation des travaux prioritaires.

## Diagnostic paysager



Régénération végétative par rejets adventifs d'arbutus depuis la souche (Ligustrum) Route des Crêtes, La Garde-Freinet ©SAFRAN

1- RIGOLOTE, DUPUY J.-L., PIMONT F. et RUFFAULT J. - "Les incendies de forêt catastrophiques", in Annales des Mines - Responsabilité et environnement - Avril 2020

2- DEREIX C., DUHEN L.-M. & RIGOLOT É. (2019), « Changer notre regard sur les incendies de forêt... Et agir sans délais », Forêt méditerranéenne, XL(2), pp. 159-172.

*“Le « succès » d'une politique de gestion des feux, s'il est mesuré par la réduction de la superficie incendiée au cours d'une période donnée, signifiera un échec à longs termes, car les méga-feux ne seront que reportés dans le temps. Par conséquent, l'efficacité des politiques de gestion des feux ne devrait pas être principalement mesurée à l'aune de la superficie brûlée, mais plutôt en fonction des dommages socio-écologiques évités. (...) En effet, il est probable que les services de prévention et de lutte ne pourront pas maintenir leur efficacité dans un contexte où ils seront beaucoup plus largement sollicités et devront faire face à des incendies plus puissants et rapides.” - Éric RIGOLOT et Al, 2020<sup>1</sup>*

L'incendie représente le phénomène écologique des régions du monde appartenant au biome méditerranéen. Il se caractérise dans les pays du sud de l'Europe par la prévalence de feux d'origine anthropique. Actuellement, malgré les progrès techniques, aucune société exposée ne parvient à composer avec cet élément.

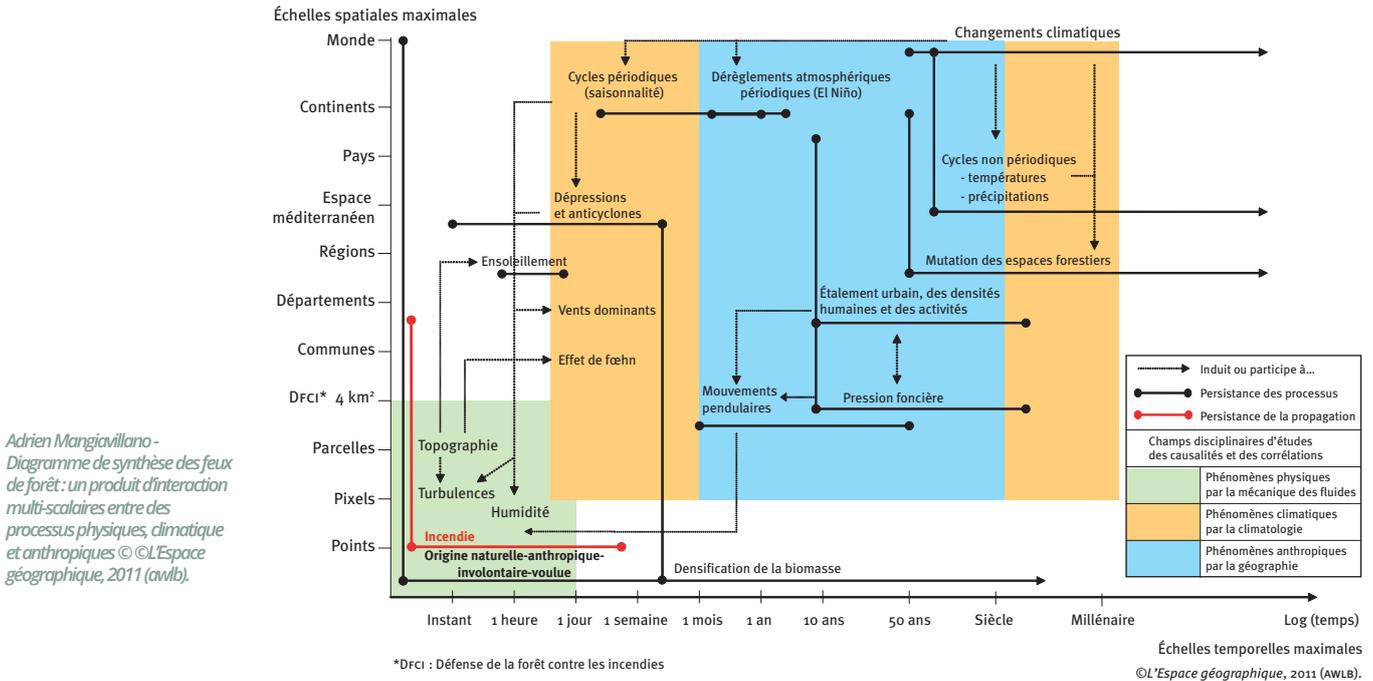
**Aborder la thématique du feu à travers le prisme du paysage contemporain n'est pas sans soulever certains paradoxes : perturbation majeure pour les écosystèmes méditerranéens, l'incendie constitue par ailleurs une menace pour les populations.**

Aujourd'hui, de nombreuses activités économiques dépendent de la qualité et de la diversité des paysages méditerranéens. Selon l'organisation mondiale du tourisme (OMT), le bassin méditerranéen est aujourd'hui la première destination touristique au monde.

Les arrivées de touristes internationaux sont passées de 58 millions en 1970 à près de 314 millions en 2014, ce qui représentait alors près de 30 % du nombre total des arrivées de touristes internationaux à travers le monde dont près de 50 % de ces arrivées ciblaient les zones côtières. A l'horizon 2030, fort de cette tendance progressive, les prévisions fixent le seuil de 500 millions. Reconnus comme des paysages

emblématiques, ils contribuent à la qualité de vie des populations, mais polarisent les économies (littoral, arrière-pays). Ces terroirs remarquables, s'affirment alors comme des éléments économiques à part entière. Les populations locales se soucient de plus en plus de préserver leurs richesses naturelles, économiques et sociales des impacts négatifs qui peuvent résulter du développement d'installations touristiques dont l'attractivité dépend souvent de la qualité des sites remarquables et des paysages, par ailleurs très vulnérables aux feux de forêt.

Avec la crise climatique, les préoccupations sur la résilience des peuplements à une modification des régimes de feu sont de plus en plus saillantes. La complexité de ce phénomène, croise des enjeux urbains via des épisodes d'incendie d'envergures et de magnitude accrue. En réalité, cette inflammabilité totale s'explique par l'augmentation du volume de végétation combustible en Provence avec un accroissement biologique, parmi les plus élevés de France : de 1% à 2% ; effet combiné d'un changement d'usage du sol (déprise agricole, accroissement biologique, enrésinement de friches agricoles) et du "paradoxe de l'extinction" correspondant aux résultats positifs de la politique de lutte active, qui induit des continuités et des maturités des peuplements à l'échelle du territoire. En



cas d’alignement de paramètres défavorables : sécheresse, chaleur et vents violents, les forces d’intervention devront affronter des feux extrêmes et évoluant très rapidement. Les écosystèmes sont donc parcourus par des flux d’énergie. Par photosynthèse, les plantes créent une nouvelle biomasse, donc un stock d’énergie prêt à être transformé en chaleur. Ainsi, [Adrien Mangiavillano](#)<sup>3</sup>, démontre que les incendies de forêt, à l’interface des dynamiques environnementales et anthropiques, sont régis par de nombreuses variables, déjà largement connues, mais dont les interactions non-linéaires et multi-scalaires (figure ci-dessus) conduisent à une prédictibilité limitée.

L’approche énergétique des écologues confirme la complexité des incendies. A l’issue de la journée « Changer notre regard sur les incendies de forêt » organisée par l’association Forêt Méditerranéenne le 12 mars 2019 à Carry-le-Rouet, les auteurs rédigeaient un [article de synthèse](#)<sup>2</sup> qui propose des pistes à approfondir et anticipe le risque de méga-feux par la conjonction de trois facteurs aggravants :

- *Un changement de paradigme en matière de débroussaillage et de réduction du combustible, qui implique la combinaison des techniques alternatives comme les brûlages dirigés, le sylvopastoralisme. La valorisation des produits et des services rendus par les espaces forestiers dans une logique d’économie circulaire s’inscrit comme une boucle de rétroaction positive utile pour la protection des espaces naturels et forestiers.*
- *Une gestion intégrée du risque feux de forêt à travers la révision de la planification territoriale à l’échelle communale (PLU, ZAP, PAEN) voire intercommunale (PLUi, OAP) qui veillera à restaurer une “mosaïque paysagère” en combinant en cohérence avec les PIDAF et PPFCl : espaces urbains, terres agricoles et peuplements forestiers ;*
- *Agir pour la réduction de la vulnérabilité des biens et des personnes, par le développement d’une “culture du risque” (OLD, comportements adaptés, autoprotection du bâti). Cette sensibilisation collective devra également trouver une traduction réglementaire pour les secteurs stratégiques des interfaces*

### Habitat-Forêt.

Il est vrai que les paysages forestiers méditerranéens sont le fruit d’une succession des différents modèles socio-économiques des sociétés locales. Ils sont depuis des millénaires, inféodés à la main de l’homme. Sur bien des aspects, les forêts méditerranéennes européennes se distinguent des modèles sylvicoles des forêts tempérées du reste de l’Europe. De nos jours, face à l’évolution d’une demande sociale qui possède souvent une vision réductrice de la forêt, l’approche historique du paysage permet d’éclairer l’influence anthropique dans la fabrication des paysages méditerranéens. Parce qu’il est le marqueur des évolutions socio-économiques, le paysage rend compte dans le temps long, de l’empreinte des sociétés sur un territoire, désormais soumis à une culture mondialisée. D’un point de vue politique, le paysage occupe davantage la place d’un indicateur passif, relevant plutôt d’une “vision esthétisante” du territoire. Il repose sur une rhétorique et des pratiques focalisées sur la perception visuelle (étude d’impact, sensibilités paysagères, gommage paysager, cônes de vue, résorption des points noirs, périmètres de co-visibilité, etc) sans pour autant participer à une véritable politique opérationnelle.

Pour cela, le diagnostic paysager se décompose en trois axes permettant d’appréhender la méthode et les outils mobilisés par la démarche paysagère, par la compréhension de la notion même de paysage, de son évolution légale depuis le XX<sup>e</sup> siècle et des dynamiques paysagères à l’œuvre sur le périmètre d’étude. Puis, une synthèse sur les connaissances en matière d’incendie permettra aux lecteurs d’identifier les facteurs de réussite d’une gestion intégrée du risque. Enfin, une prise de recul sur le biome méditerranéen et la reconstitution d’une mosaïque paysagère posera les jalons d’une planification transcalaire et multi-partenaire, afin d’améliorer la résilience du territoire habité des Maures et des peuplements méditerranéens aux feux de forêt.

2- MANGIAVILLANO A. (2008). Multi-scalarité du phénomène feu de forêt en régions méditerranéennes françaises de 1973 à 2006. Avignon : Université d’Avignon et des Pays de Vaucluse, thèse de doctorat en géographie,



Ferdinand Knab - Jardins suspendus de Babylone, (1886) ©Domaine public, via Wikimedia Commons



Paul Cézanne - Montagne Sainte-Victoire et le viaduc de l'Arc. 65,5 x 81,7 cm. © Metropolitan Museum of Art

## Apprendre à regarder le paysage

### Une affaire de point de vue

Augustin Berque, géographe, orientaliste, philosophe propose une nouvelle lecture des rapports que les sociétés entretiennent avec l'espace et la nature. Il explique à travers la notion de "médiance"<sup>4</sup> que ces rapports, ne sont pas seulement écologiques. Ils sont aussi:

- techniques, à travers l'exploitation agricole, l'aménagement du territoire ;
- esthétiques par la reconnaissance des qualités paysagères ;
- axiologiques grâce aux systèmes de valeurs morales et philosophique qu'ils mobilisent ;

Pour les sociétés occidentales, le paysage est donc un objet social reposant sur une construction culturelle du regard. En effet, cette influence provient dans un premier temps de l'art pictural dans lequel le paysage désignait un style de tableaux. L'artiste réalisait une transformation subjective des lieux. Ce que Alain Roger désigne ensuite le paysage à travers le processus "d'artialisant"<sup>5</sup>, concept philosophique désignant l'intervention de l'art dans la représentation de la nature (in situ, in visu). Progressivement, la notion de paysage élargi le cadre de réflexion pour embrasser le champ de la géographie où elle caractérise l'organisation et la différenciation des espaces. En 2000, à Florence, les états membres du Conseil de l'Europe, sont conscients que le paysage concourt à l'élaboration des cultures locales et qu'il représente une composante fondamentale du patrimoine culturel et naturel de l'Europe. Ils enterinent par l'article-1 de la Convention Européenne du Paysage la définition suivante :

**"Paysage"<sup>6</sup> désigne une partie de territoire telle que perçue par les populations, dont le caractère résulte de l'action de facteurs naturels et/ou humains et de leurs interrelations.**

4-BERQUE A, Médiance. De milieux en paysages, 1990, rééd. Belin, 2000. Sylvain Allemand

Depuis l'Antiquité à nos jours, l'histoire de l'Art des jardins a participé à la diffusion d'une esthétique de chaque civilisation à travers le monde. Au même titre que l'architecture elle témoigna d'un rapport culturel et formel avec la nature : *une manière d'habiter le monde*. En 1336, dans ses confessions, Pétrarque livre lors de l'ascension du Mont Ventoux un témoignage chargé d'émotions sur le paysage qui s'offre à ses pieds, et dont le terme ne sera inventé qu'un siècle plus tard. A travers cet événement fondateur, il ouvre en Occident la voie de la modernité en portant un regard dominateur sur le monde, par le sens de la vue sur la nature.

De la philosophie à la géographie, de l'anthropologie à l'architecture, de la sociologie à l'urbanisme ou l'histoire, la notion de paysage s'est peu à peu structurée en tant qu'outil de conception, d'aménagement urbain, et du territoire. Elle est capable d'appréhender la complexité des échelles et de l'espace grâce aux connaissances et aux outils empruntés à la géographie, à l'urbanisme et à l'architecture mais, l'expertise paysagère s'appuie également sur l'approche dynamique des sciences du Vivant. L'écologie du paysage étudie alors la structure et l'organisation des processus écologiques logiquement inscrit dans le temps. A la lumière de ces acquis, le projet de paysage, bien plus qu'un modèle répliquable, se comprend alors comme un outil (politique, opérationnel) et un processus de médiation (graphique et technique). C'est une démarche de conception créative et ouverte, visant à élaborer un récit collectif et définir les modalités de mise en œuvre sur un périmètre donné.

### Influence du paysage sur le cadre légal français

**La loi du 2 mai 1930** est une loi française ayant pour objet de réorganiser la protection des monuments naturels et des sites de caractère artistique, historique, scientifique, légendaire ou pittoresque. Elle prévoit les sites naturels inscrits et sites naturels classés et atteste de la volonté du législateur de protéger la dimension sensible attachée à la notion de paysage.

5-ROGER A. Court traité du paysage Broché, 1997

6-Convention européenne du paysage STE 176 - Florence, 20.X.2000



Gustave Courbet - La Mer en automne, v. 1867. L. 73 cm. (1886) ©Musée d'art Ôhara Réalisme



William Turner - L'Incendie du Parlement, 1835 © Cleveland, Museum of Art

**La loi du 9 janvier 1985 relative au développement et à la protection de la montagne, dite « loi Montagne »**, constitue en France le principal cadre législatif spécifiquement destiné aux territoires de montagne. Il s'agit du premier acte législatif proposant une gestion intégrée et transversale des territoires de montagne, et c'est la première fois en France qu'un espace géographique en tant que tel fait l'objet d'une loi. La loi Littoral, votée l'année suivante, suit le même esprit.

**La loi relative à l'aménagement, la protection et la mise en valeur du littoral, dite « loi Littoral »**, est entrée en vigueur le 5 janvier 1986. C'est une loi française qui vise à encadrer l'aménagement de la côte pour la protéger des excès de la spéculation immobilière et à permettre le libre accès du public aux sentiers littoraux. Elle comporte un ensemble de mesures relatives à la protection et à l'aménagement du littoral et des plans d'eau intérieurs les plus importants.

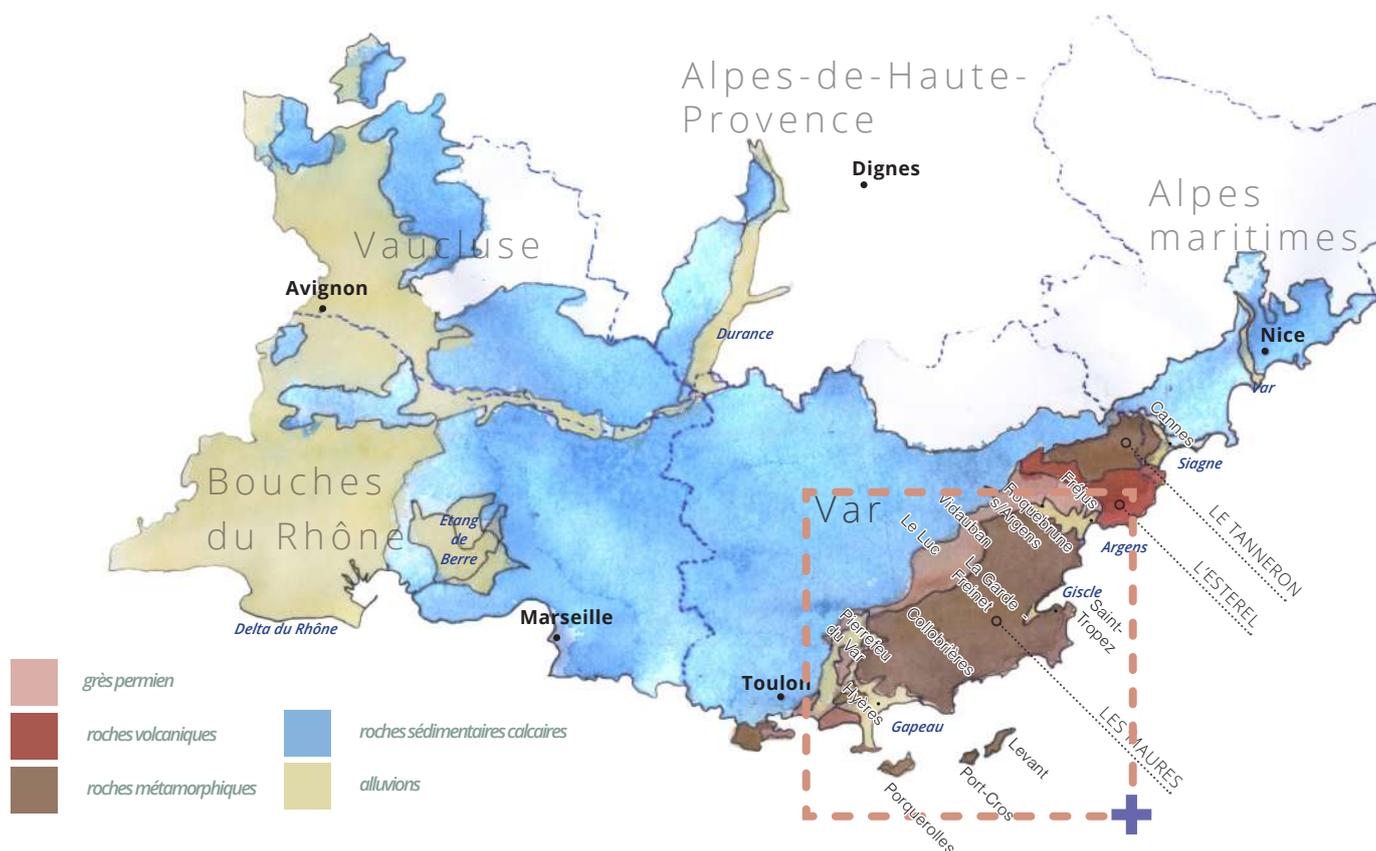
Ces deux grandes lois relatives au paysage, ont en commun d'avoir fait l'objet d'un art paysager (jardins et peinture) avec de nombreuses représentations sous la forme de tableaux depuis le XVII<sup>e</sup> depuis le style pittoresque (de l'italien *pittoresco* : "digne d'être peint") puis le style sublime. Ces derniers ont inspiré le courant de pensée du Romantisme, mouvement majeur qui a traversé toutes les formes d'art du XVIII<sup>e</sup> jusqu'au XIX<sup>e</sup>. Les classes les plus hautes de la société européenne, en particulier britannique, avaient l'habitude d'envoyer les jeunes gens parfaire leur éducation classique par ce qu'on appelait alors "le Grand Tour" : c'était un voyage au cœur de l'Europe classique qui durait parfois plus d'un an, souvent en compagnie d'un tuteur. Au XIX<sup>e</sup> siècle, les peintres impressionnistes contribuent à la naissance d'un mouvement et d'une esthétique du plein-air, de la notation rapide, avec un travail sur la lumière et l'emploi de couleurs vives. Grâce à cette médiation artistique, les figures du littoral et de la montagne sont alors élevées au rang de "monuments paysagers".

D'une certaine manière l'invention de ces archétypes de Nature, a permis une éducation du regard en Occident, par la peinture, puis la photographie ou encore le cinéma, car *on ne voit que ce que l'on a appris à regarder*.

**La loi n° 93-24 du 8 janvier 1993** sur la protection et la mise en valeur des paysages dite « Loi Paysage », est une loi française d'aménagement et d'urbanisme qui vise à protéger et mettre en valeur les paysages qu'ils soient naturels, urbains, ruraux, banals ou exceptionnels. Elle modifie certaines dispositions législatives en matière d'enquêtes publiques, et vient compléter les lois « Montagne » (1985) et « Littoral » (1986).

Enfin la **loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages** a été promulguée le 9 août 2016. Cette loi inscrit dans le droit français une vision dynamique et renouvelée de la biodiversité par la création de l'Agence Française pour la Biodiversité. L'article 174 de cette même loi crée le titre professionnel de paysagiste-concepteur et régit la profession de paysagiste dont est désormais soumis à certaines conditions de formation et de qualification.

Notons que dans l'art, le feu a toujours eu une position ambivalente: il pouvait caractériser des forces créatrices divines mais aussi des forces destructrices infernales. Du soleil à la flamme, qu'elle soit d'une bougie, de l'enfer, ou d'incendies historiques, le feu possède une forte puissance symbolique. Le feu d'abord stylisé par des forces manichéennes et devient au fur et à mesure un prétexte de peinture. Plastique et changeant, à l'image de l'approche élémentaire représentant l'eau, de l'air et de la terre, il est un élément plastique, pictural à part entière. Ce filtre esthétique et sensible, s'appuie sur des connotations lourdement péjoratives de la violence, du drame, de la catastrophe et sont souvent associées à une charge émotive, qui nous traverse collectivement lorsque nous sommes témoins de grands feux de forêts.



Carte des formations géologiques régionales - TPFE Jordan SZCRUPAK - Le pouvoir du feu, 2014 (ENSP) ©SAFRAN

## Singularités géologiques à l'échelle régionale

### Les Maures : un territoire du feu

Il est un territoire du feu géologique dans l'actuelle Provence dite cristalline, dont le massif des Maures est l'héritage orographique. À la différence de la Provence calcaire, ancien plancher sédimentaire marin, ayant surgi au cours de l'histoire alpine ; et qui constitue la majorité du socle régional. Le massif des Maures est un segment mémoire de la Tyrrhénide, continent pyrénéo-corsu-sarde d'origine hercynienne qui occupait il y a 24 millions d'années le bassin occidental de la Méditerranée actuelle. Comme la Corse, ce pays cristallin est hérité d'une suite d'événements tectoniques et érosifs qui s'étalent sur plus de 300 Ma.

En surplomb sur la Méditerranée, du cap Sicié à Sanary à Saint Raphaël et Fréjus, il s'étend vers l'intérieur du département du Var sur 30-35 km environ. Le massif des Maures s'étire sur 65 kilomètres, séparé au nord par un liséré ininterrompu de terrains permien (-280 à -225 millions d'années) allant de Toulon à Cannes, et emprunté de nos jours par les infrastructures régionales de transport.

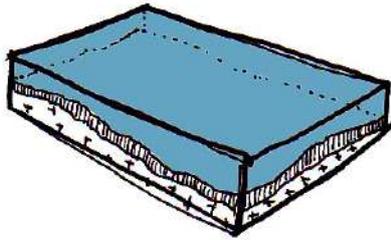
### L'inversion du littoral de la Pangée

Quatre lignes de relief parallèles orientées nord-est/sud-ouest se distinguent sur le territoire.

- ▶ *le chaînon septentrional de la Garde-Freinet, de Notre-Dame-des-Anges à Roquebrune, culminant à la Sauvette à 779 m.*
- ▶ *le chaînon de la Verne, culminant à 648 m et aboutissant dans le bassin de Cogolin;*
- ▶ *le chaînon littoral de Bormes-les-Mimosas à Saint-Tropez, culminant aux Pradels à 528 m;*
- ▶ *Les îles d'Hyères, culminant à 197 m à Port-Cros ;*

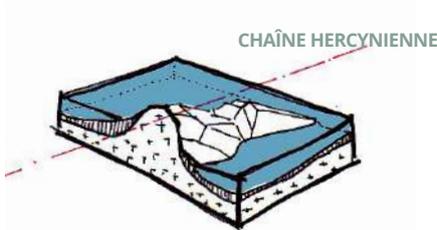
L'archipel des Iles d'Hyères (Levant, Port-Cros, Porquerolles) est de même nature que le massif des Maures. Ce dernier est borné à l'est par le rocher de Roquebrune qui domine une vallée d'effondrement tectonique, soulignée par le fleuve côtier de l'Argens qui sépare le massif de celui de l'estérel. À l'ouest la vallée du Gapeau débouche sur le littoral d'Hyères.

L'embouchure de la Gisle sépare de part et d'autre du golfe de Grimaud les versants littoraux qui constituent une double corniche dont le seuil est la presqu'île de Saint-Tropez. Le réseau hydrographique de régime méditerranéen est alimenté par de robustes bassins versants, et de nombreux thalwegs convergent pour alimenter les principaux fleuves côtiers, soit du nord au sud : l'Argens, la Gisle et son affluent la Môle et le Gapeau. Seules la Gisle et la Môle prennent leur source dans le massif ainsi que le Reyran, affluent de l'Argens.



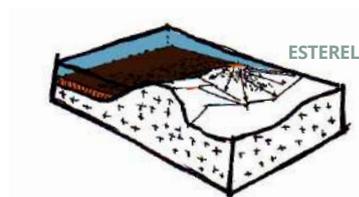
### A partir de -600/-500 Ma

L'eau occupe la quasi-totalité de la surface du globe. Une phase de sédimentation dépose à de très grandes profondeurs les éléments constitutifs des Maures.



### De -600/-500 Ma

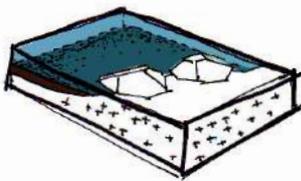
Les mouvements géologiques hercyniens font émerger les roches métamorphisées, sur une chaîne de montagne qui atteint 6000m d'altitude ! C'est le socle ancien des Maures et de Tanneron qui formait un véritable Himalaya varois.



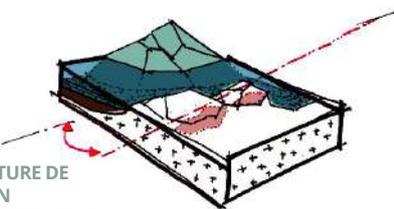
### De -240 à -70 Ma

L'ouverture de l'océan atlantique entraîne le rapprochement progressif des masses africaines et européennes dans un mouvement de rotation dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, qui amorce la formation de la chaîne des Pyrénées.

Les épanchements volcaniques rehaussent ce qui deviendra l'estérel.



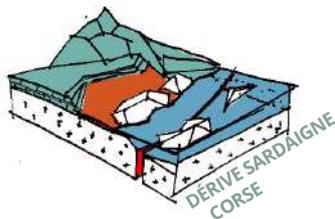
L'érosion active du massif dépose des grès et des schistes rouges dont la présence visuelle est clairement perceptible dans le paysage d'aujourd'hui de la plaine des Maures. L'océan Téthys s'étend sur l'emplacement actuel des Alpes et positionne le littoral au nord des Maures.



OUVERTURE DE L'OCÉAN LIGURO-PROVENÇAL

### De -50 à -30 Ma

La surrection alpine provoque l'émergence du relief actuel du massif des Maures. La rotation des plaques continentales (africaine, européenne) se poursuit par ouverture progressive de l'océan liguro-provençal et le relief actuel se met en place.

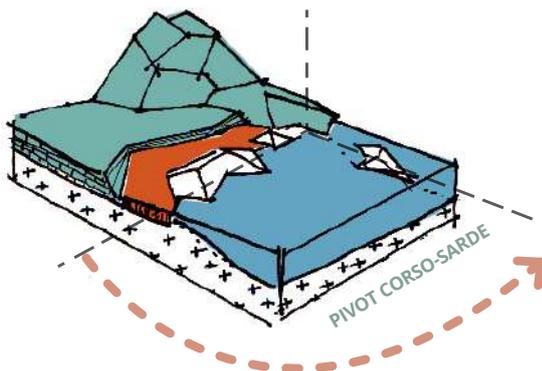


DÉRIVE SARDAGNE CORSE

### De -30 à -2 Ma

L'élévation provençale du plateau calcaire mène à une inversion de la pente. Le sillon permien draine les eaux vers l'actuelle mer Méditerranée. Après le détachement de la chaîne Hercynienne, la dérive Corso-Sarde est amorcée par un lent pivot.

Des accidents Pyrénéens d'orientation est-ouest entraînent la formation de failles transversales qui séparent les trois chainons actuels entre la Plaine des Maures et le littoral



PIVOT CORSO-SARDE

### De -2 à -0,5 Ma

Les phases de glaciation entraînent une progression marine, faisant apparaître le massif des Maures comme une île. Puis la mer se retire par le sillon permien et se positionne autour des reliefs que nous connaissons aujourd'hui.

La configuration morphologique de la baie d'Hyères, a produit le double tombolo, composé des sédiments déposés par les courants marins et fixés à l'aide des herbiers de posidonie.

Synthèse géomorphologique du massif des Maures - TPFE Jordan SZCRUPAK - Le pouvoir du feu, 2014 (ENSP) d'après les travaux d'APR PACA (2008) A. Fauchoux, A.C. Jacquot et L. Lasanté, paysagiste dplg / - APR : Diagnostic et orientations d'aménagement préparatoires à l'élaboration d'un plan de paysage du Massif des Maures (ENSP) & Région SUD ©SAFRAN

## Les roches sédimentaires

Elles constituent essentiellement la plaine des Maures encore appelée «dépression permienne» en raison de l'âge de leur dépôt (matériaux arrachés du vaste massif silico-silicaté situé au sud). Ce sont :

- des argiles et limons compactés sous la forme de pélites ;
- des grès fins à grossiers, voire même des poudingues.

Les strates sont d'épaisseur décimétrique à métrique et à faible pendage. Ce dernier est plutôt sud dans la partie septentrionale de la dépression permienne, plutôt nord dans la partie méridionale, à proximité du massif des Maures. Les bancs de grès sont en général durs et mal fracturés. La profondeur à laquelle ils se trouvent, a une influence majeure sur l'aptitude à l'enracinement des végétaux notamment des arbres et des arbustes.

## les roches volcaniques

Au sein de la plaine des Maures, lors des phases de sédimentation à l'époque permienne, sont venus s'intercaler des épanchements de rhyolite. Un de ces derniers affleure sous la forme d'une bande étalée d'est en ouest, et qui est traversée par la route départementale 558.

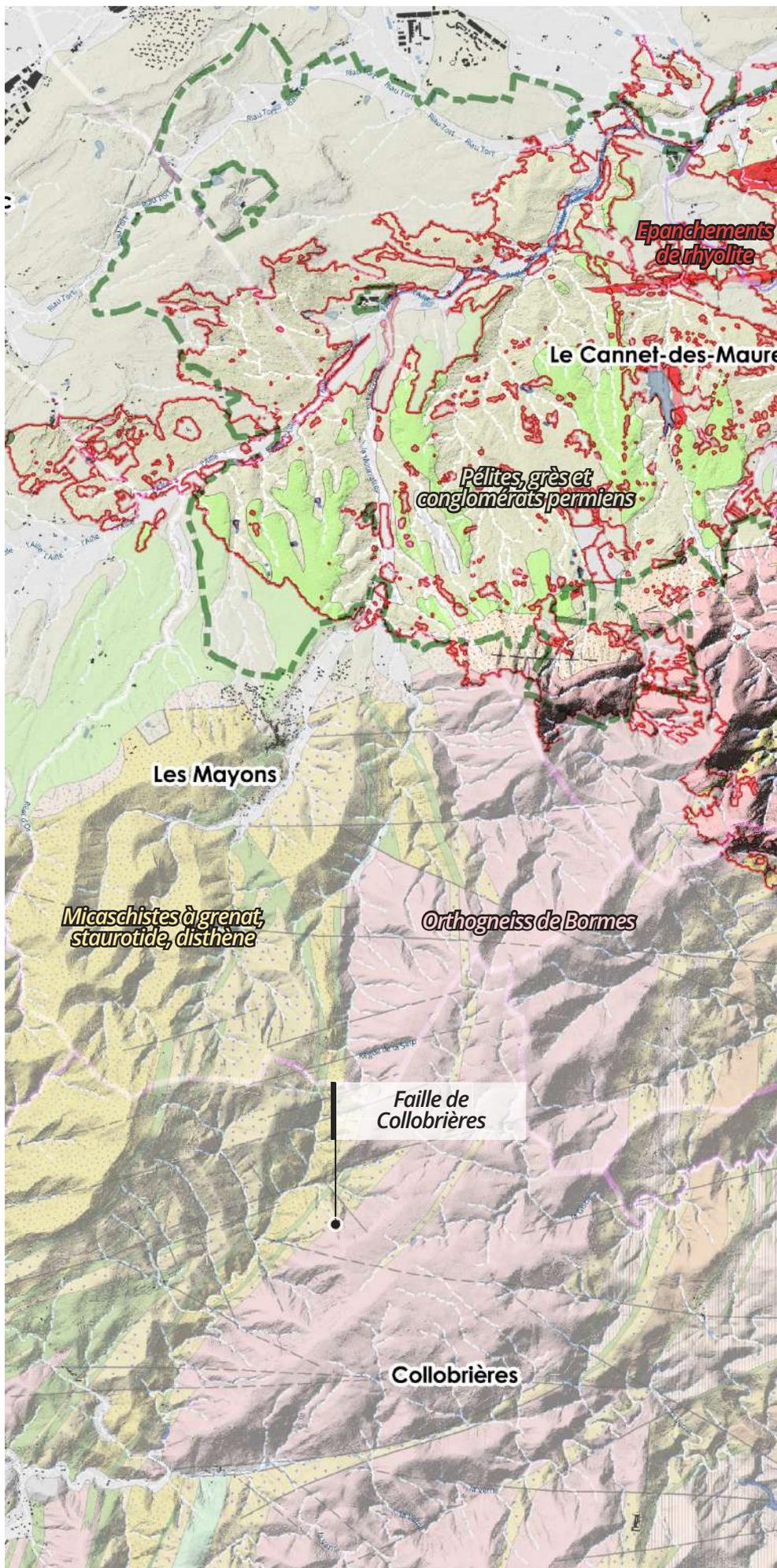
## les roches métamorphiques

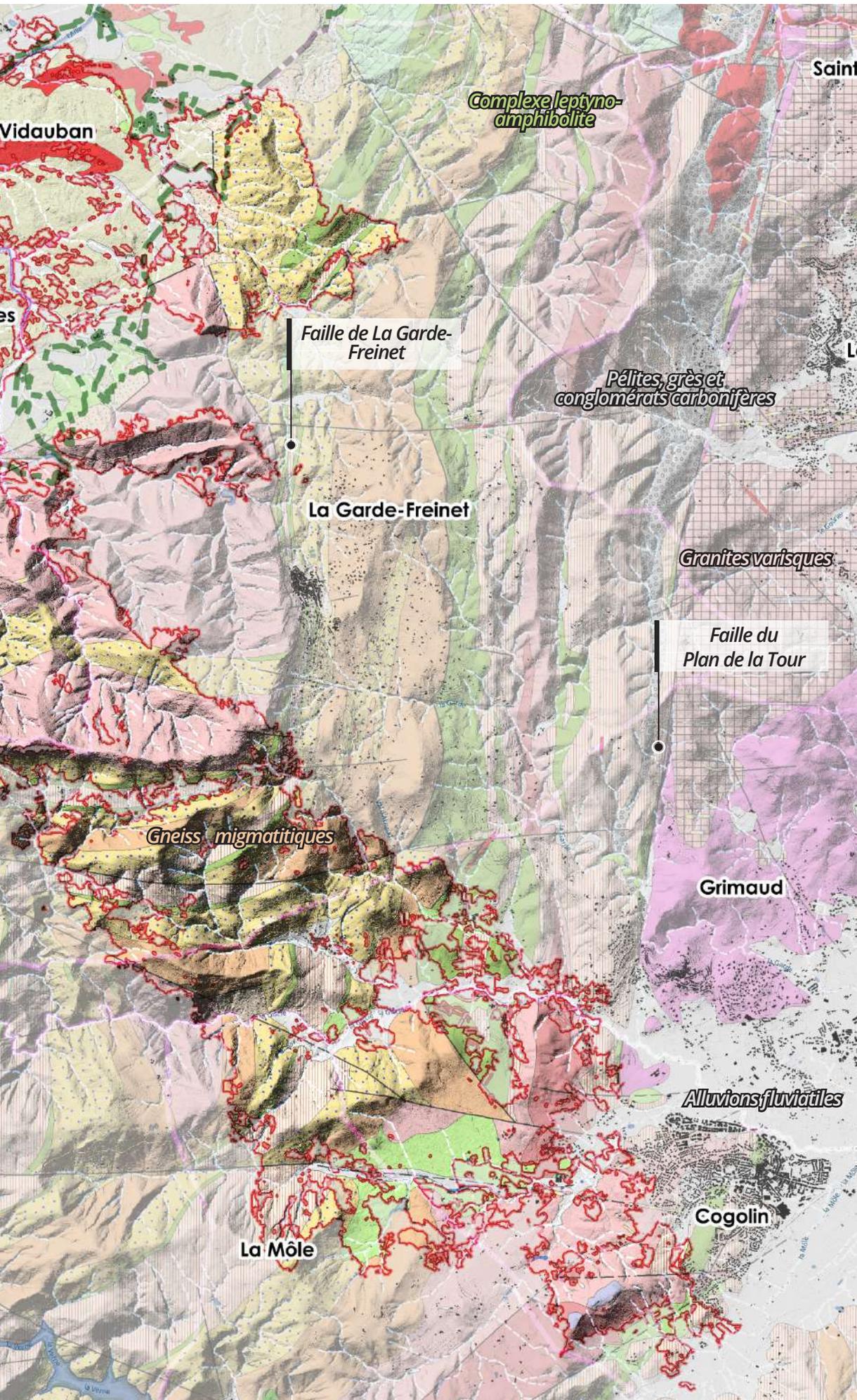
Le massif des Maures s'organise selon un plan original d'unités métamorphiques qui se recouvrent d'ouest en est, suivant un gradient métamorphisme croissant.

- ▶ *A l'ouest de Collobrières les Maures sont essentiellement formés de roches dites cristallophylliennes (gneiss et micaschistes).*
- ▶ *A l'est granites et phyllades s'étendent jusqu'à la vallée de l'Argens.*
- ▶ *Trois accidents transversaux d'âge pyrénéen, découpent le massif en éléments orientés ouest-est qui déterminent la structure des vallées parallèles au trait de côte.*

La structure en feuillets ou la foliation des roches métamorphiques résulte de la pression exercée lors des phases de métamorphisme. Les affleurements constitués de roches métamorphiques du type «phyllade», «micaschiste» ou «gneiss» présentent une multitude de variantes et peuvent apparaître localement des quartzites ou des amphibolites.<sup>7</sup>

7- AUBERT G. / ONF, 2007 Notice explicative : Itinéraire "Plaine et Massif des Maures", Guide pour l'observation sur le terrain des principaux types de stations dans le département du Var.





Mz	Quaternaire : cordon littoral (sables, galets)
Q2	Quaternaire : alluvions fluviales récentes (sables, limons, graviers, galets)
Mz(d)	Flandrien (Holocène marin) : dunes marines
Q	Quaternaire : colluvions d'âge indéterminé (limons, cailloux)
Ez	Éboulis récents
Et	Étanchages d'âge indéterminé à éléments cristallins, jurassiques intralittoraux et trassiques
Fy	Würm : cailloux, graviers, sables
Py	Würm : épandages locaux, colluvions, cailloux, limons
Ry	Riss : alluvions de la moyenne terrasse (cailloux et graviers)
U	Tufs anciens
m2-4_C	Vindobonien : poudingues et galets
m6-7_D	Jurassique supérieur indifférencié dolomitique
m8_m	Bathonien supérieur : marnes et marne-calcaires
m9_1	Baccon et Bathonien non différenciés : calcaires massifs, calcaires phosphatés
m10_2	Dordénién à Bajocien : calcaires à stèles, marnes jaunes
m10_1	Flanacoélien, Toarcien et Aalenien non différenciés
m11	Hettangien : dolomies blanches et grès tendre, calcaires, marne
m17	Rhénén : calcaires en plaquettes, conglomères, marnes vertes, reseda
m16-7	Kaufer : argiles rouges, gypse, dolomies, conglomères
m10_D	Muschekalk supérieur : dolomies
m14_c	Muschekalk moyen : calcaires
m10_CD	Muschekalk inférieur : dolomies, marnes dolomitiques, calcaires
m11_1	Tras inférieur (grès bigarré provençal) : grès arkosiques à drapées de quartz
m11_2	Tras supérieur : grès grossiers à la base
m13	Carbonifère : série supérieure, conglomères et grès talspatritiques, à lentilles de charbon à traces de végétaux
rh	Rhyolite
h	Carbonifère : calcaires et schistes
B	Basaltites
a	Amphibolites
and	Andésites
51103	Amphibolites et leptynites associées
gr2-4	Granite porphyroïde (Granite du Plan de la Tour)
Q	Quartz
ser	Serpentine
peg	Pegmatite
ph	Phylades bleues du Real Martin
phc	Phylades grossières et détritiques de Carmaux
phn	Phylades bleues de N.D. des Angès
phq	Quartzites
phs	Phylades détritiques des Gouvettes
g01	Colobonides
g	Micaschistes à granats
g2	Gneiss migmatitiques (Gneiss de Bornes)
g3	Micaschistes
g3(1)	Micaschistes à grenats et staurolite fréquente
g4	Para-gneiss souvent albiques
g5	Granite de l'Hermitan
my1/2a	Mylonites de micaschistes
my1/2b	Mylonites d'amphibolites et de leptynites associées
my1/2c	Mylonites de micaschistes à grenats et staurolite fréquente
my1/2d	Mylonites de para-gneiss souvent albiques
my1/2e	Mylonites de gneiss migmatitiques
my1/2f	Mylonites de granite de l'Hermitan
g6	Phylades détritiques de Carmaux
g7	Grès fins et outils de soies méamorphosés en amphibolites (St-Eulie et Le Fenouillet)
g8	Facès micaschisteux sur le flanc occidental de l'antiformal de Bornes
g9	Micaschistes stratigraphiquement indifférenciés
g10	Micaschistes détritiques à faciès de gneiss
g11	Micaschistes à minéraux, staurolite et grenat
g12(1)	Faciès à diorites
g12(2)	Gneiss en dalles, à tourmaline
g13	Gneiss de Bornes à grands phénocristaux et enclaves
g14	Granite à biotite de Barra
g15	Porphyrite du Lavandou (andésite altérée) invisible sur fond de gneiss
g16(1)	Gneiss tantôt micaschisteux tantôt très talispatritiques (localement cailloux)
g16(2)	Gneiss associés à ces bases
g17	Alternances de lits (de quelques cm à quelques dm) de gneiss fins et de gneiss micacés
g18	Gneiss cristallins à Amphibolites
g19	Granite de Camerat
g20	Granite à cordérite de Moulin Blanc
g21	Granite leucogranite orienté
g22	Microgranite
g23	Myrte Réseau hydrologique

Extrait de la carte géologique simplifiée sur la trace de l'incendie de Gonfaron, BRGM-IGN ©SAFRAN

## Un gisement de ressources minières

Depuis l'époque gallo-romaine cette diversité géologique a été exploitée par de nombreuses mines : houille (Plan de la Tour), fluorine (Cogolin), barytine (mine du Pic Martin), plomb, antimoine, zinc et argent (La Londe les Maures), fer (Collobrières, les Mayons), chrome (Cavalaire). Dès que l'on créait une portion de galerie ou attaquait un front de taille, "les boiseurs" entraient en action pour étayer les terrassements souterrains. Dans les Maures, les forêts fournissaient du chêne, du pin maritime. Mais le pin était le plus apprécié, car comparé aux autres essences, il avait la particularité de « parler ». Son craquement pouvait annoncer un danger imminent, sous la pression de certains terrains.

## Unités paysagères

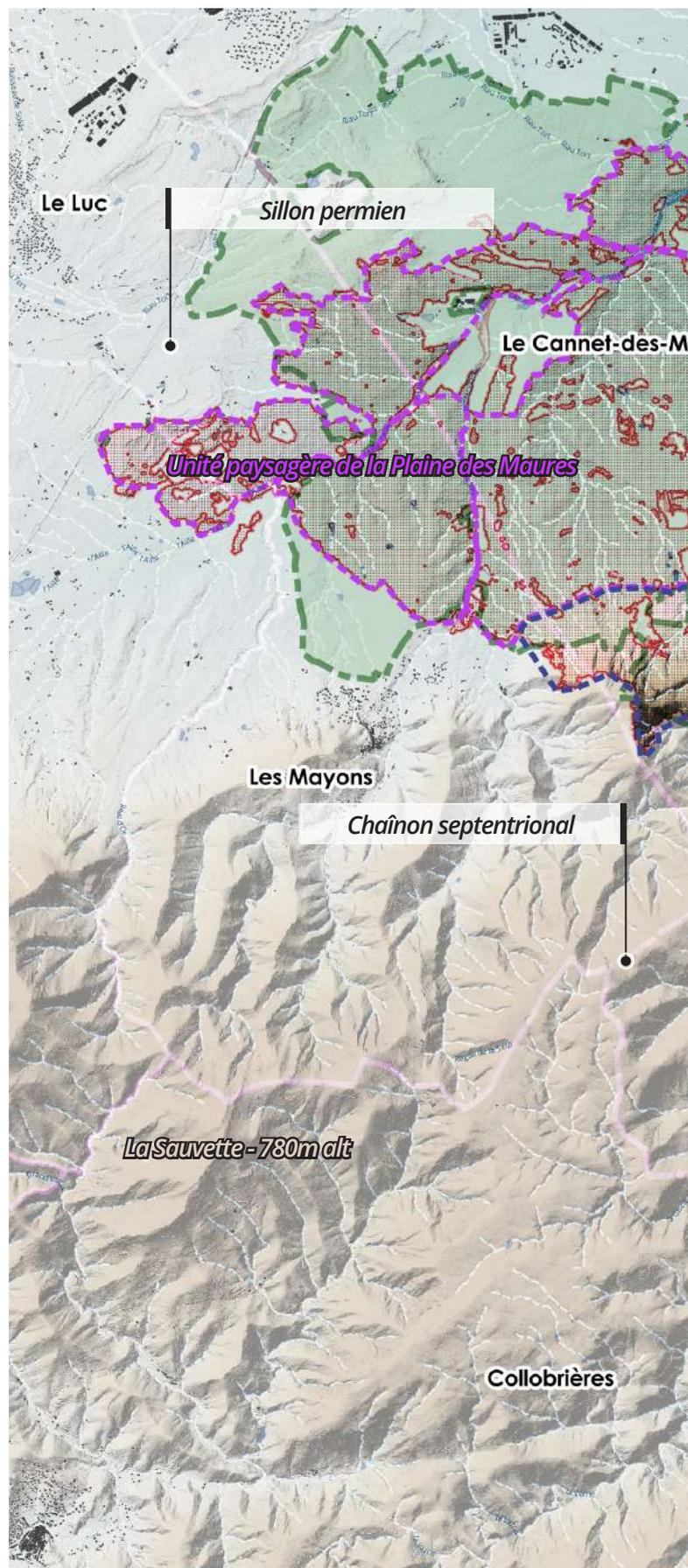
La trace de l'incendie de Gonfaron traverse quatre unités paysagères différentes depuis la Plaine des Maures en direction du Golf de Saint-Tropez en passant par le massif des Maures. Ce secteur est malheureusement connu par les forces de sécurité civile comme le "Couloir du feu", sous l'influence du vent dominant : le Mistral d'orientation nord-ouest sud-est. En effet, l'incendie de du 10 août 1979 avait ravagé 6 033ha, puis celui de du 31 août 2003 - 3 103ha et enfin celui de Gonfaron brûlant officiellement 6 832ha.

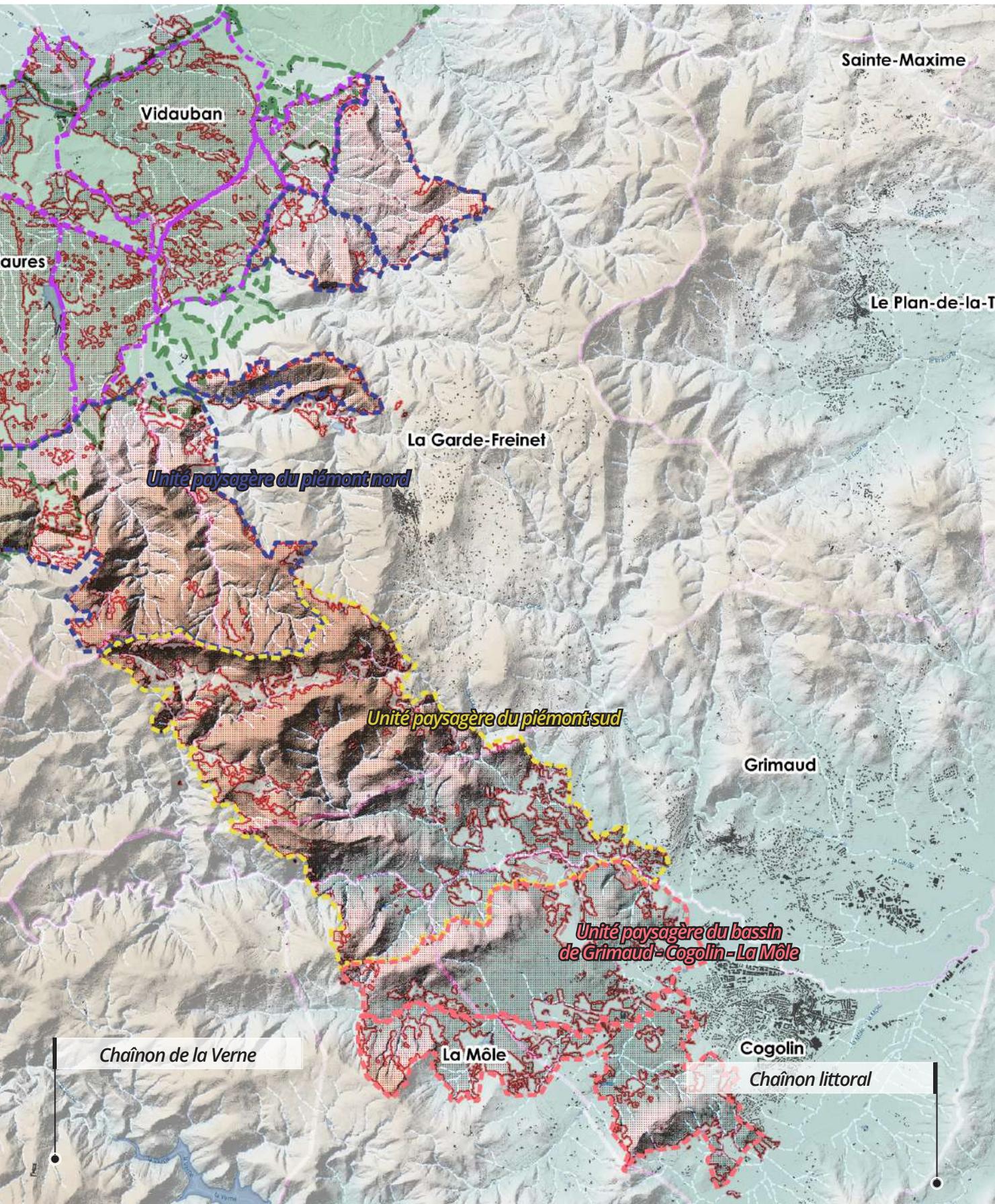
Les unités paysagères présentées dans les pages suivantes se décomposent du nord au sud, de la manière suivante :

- ▶ *La plaine des Maures ;*
- ▶ *Le piémont nord ;*
- ▶ *Le piémont sud ;*
- ▶ *Le bassin de Grimaud - Cogolin - La Môle ;*

Chaque transition est de nature topographique, marquant des lignes d'articulation entre les principales exposition des versant (Ubac/Adret) qui influence les conditions pédo-climatiques des station, la dynamique des peuplements et donc du comportement du feu ;

- ▶ *Le secteur des "Jaudelières" assurent la transition entre l'unité de la Plaine des Maures et celle du Piémont nord ;*
- ▶ *Le secteur de "La route des Crêtes" et de "La Nible" relie l'unité du Piémont nord et celle du Piémont sud ;*
- ▶ *Le secteur du "Plateau de Trimurti" connecte l'unité du Piémont sud et celle du Bassin de Grimaud - Cogolin-La Môle*





Cartes des unités paysagères du périmètre incendié- IGN ©SAFRAN



## Unité paysagère de la plaine des Maures



Repérage de l'unité paysagère sur la trace de l'incendie

Abrité des influences maritimes par l'ubac des Maures, la plaine des Maures constitue une transition avec le sillon permien contigu au massif. Les dalles rocheuses peuplées de pins parasol offre est surnommée "La petite Afrique". Ces dernières constituent le bassin-versant de l'Aille, affluent de l'Argens, et sont classées pour la protection d'espèces patrimoniales notamment trois reptiles emblématiques que sont la tortue de Hermann, la Cistude d'Europe et le Léopard ocellé.

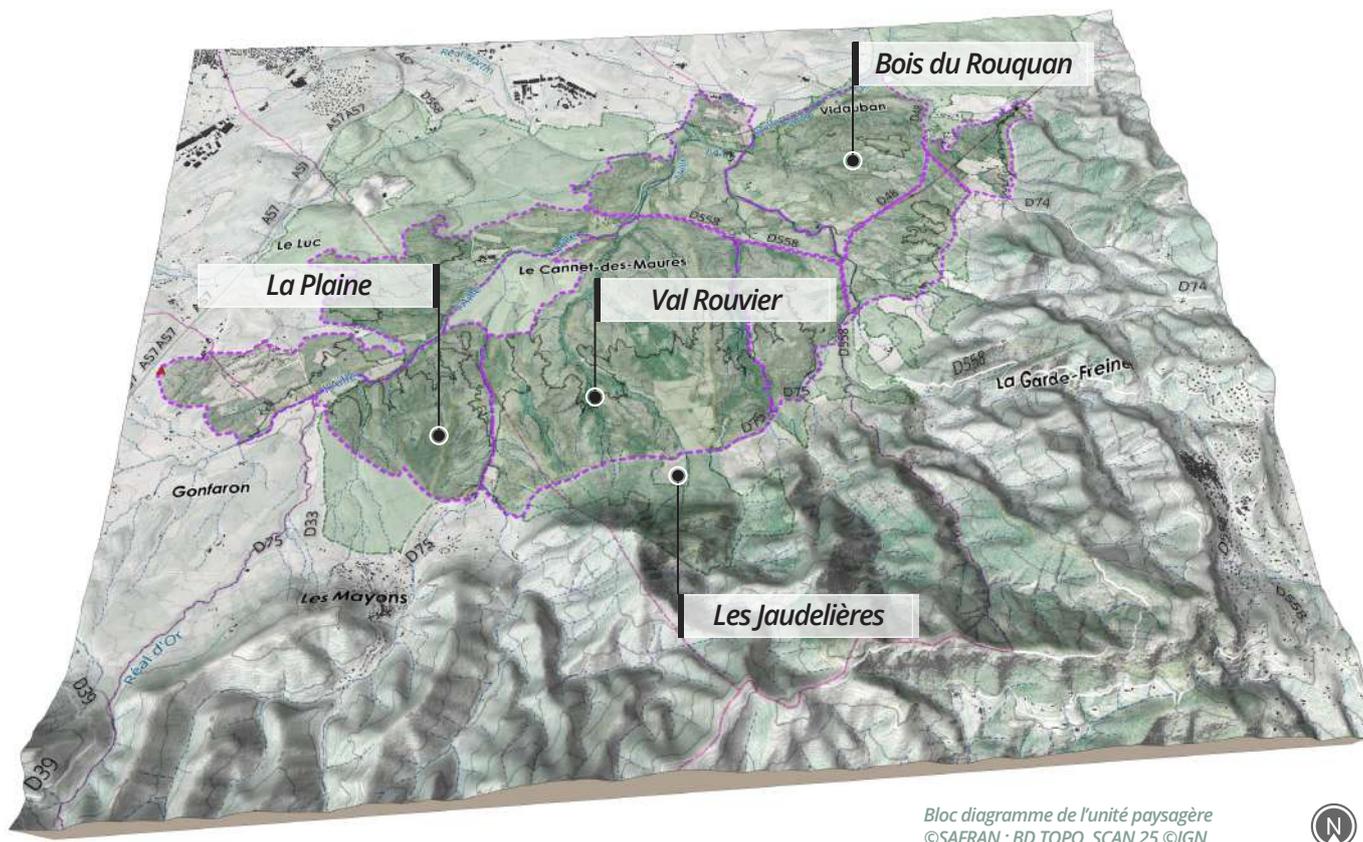
La Plaine des Maures s'étend sur une surface de plus de 13 000 ha et a été classée en Réserve Naturelle Nationale par décret n°2009-754 du 23 juin 2009. Il s'agit de la seule Réserve Naturelle du Var et de la 163<sup>ème</sup> au niveau national. Les sédiments stratifiés au sein de la dépression permienne, offrent certes une alternance de roches dures et de roches friables, mais aussi un pendage relativement faible et

de direction variable selon les ondulations engendrées par des déformations locales d'origine tectonique.

La disposition spatiale des différentes couches de sédiments, et leur pendage participent à la destinée des eaux de pluie (ruissellement sur les dalles de grès, sur les couches de pélites, puis circulation oblique et latérale si les dalles de grès ou les couches argilo-limoneuses compactées sont recouvertes de sols d'épaisseur pluri-décimétrique, accumulation d'eau dans les dépressions). Après des épisodes pluvieux, il est fréquent de constater çà et là, des circulations d'eau temporaires et superficielles dans les thalwegs.

La succession d'habitats ouverts, temporairement humides et de milieux forestiers, multiplie les effets de lisières et dynamise les interactions faunistiques entre biotopes (avifaune, chiroptères, reptiles, grands mammifères).





Bloc diagramme de l'unité paysagère  
©SAFRAN ; BD TOPO, SCAN 25 ©IGN

### Analyse diachronique

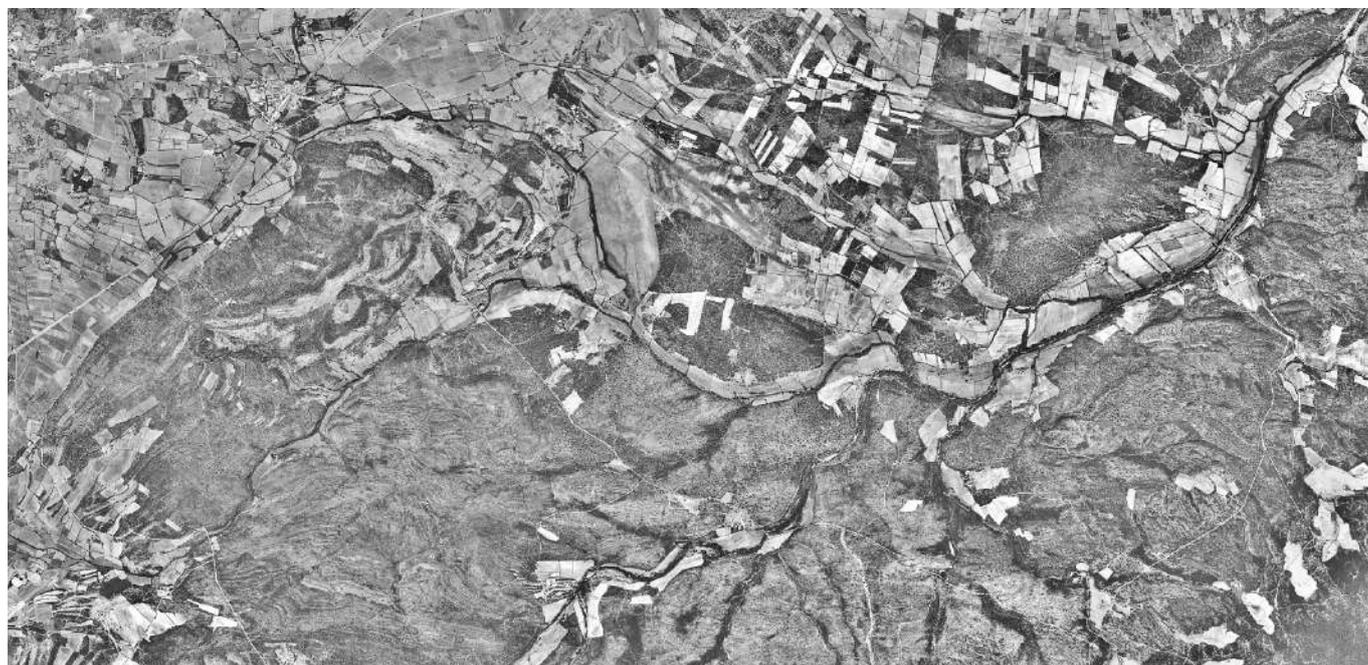
Dans la plaine des Maures, la lecture comparative des images satellitaires démontre la rapidité d'évolution du paysage en presque 60 ans :

- Les ouvrages d'origine anthropique sautent facilement aux yeux de l'observateur. La création de l'autoroute A57 et l'apparition de l'aérodrome du Cannet des Maures et la décharge du Balançon sont des équipements qui fragmentent les continuités écologiques du territoire au voisinage de la RNN ;
- L'étalement urbain de la commune du Luc en Provence, atteste d'une évolution de la démographie et des logiques spéculatives

au détriment du foncier agricole ;

- Au cœur de la RNN, l'évolution du parcellaire agricole est influencé par les domaines viticoles et la création de surfaces supplémentaire de vignobles sur les croupes forestières ;
- Le maillage des ouvrages DFCL assurent une capacité d'intervention des moyens de lutte ;

En-dehors des secteurs impactés par les incendies, et au-delà peuplements riverains des ramifications de l'Aille, une dynamique de progression forestière se distingue avec une couverture végétale nettement plus distincte en 2020 qu'en 1955.



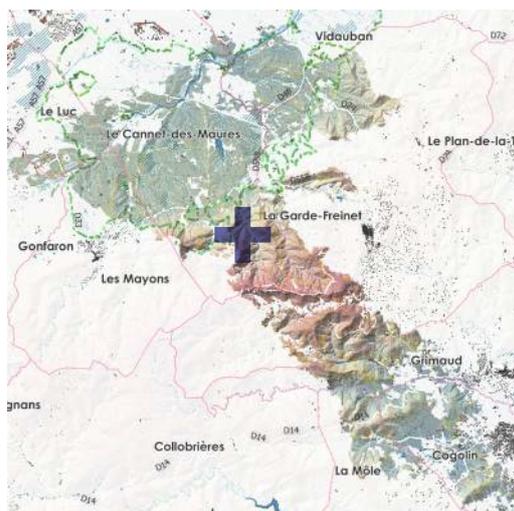


## Unité paysagère du piémont nord

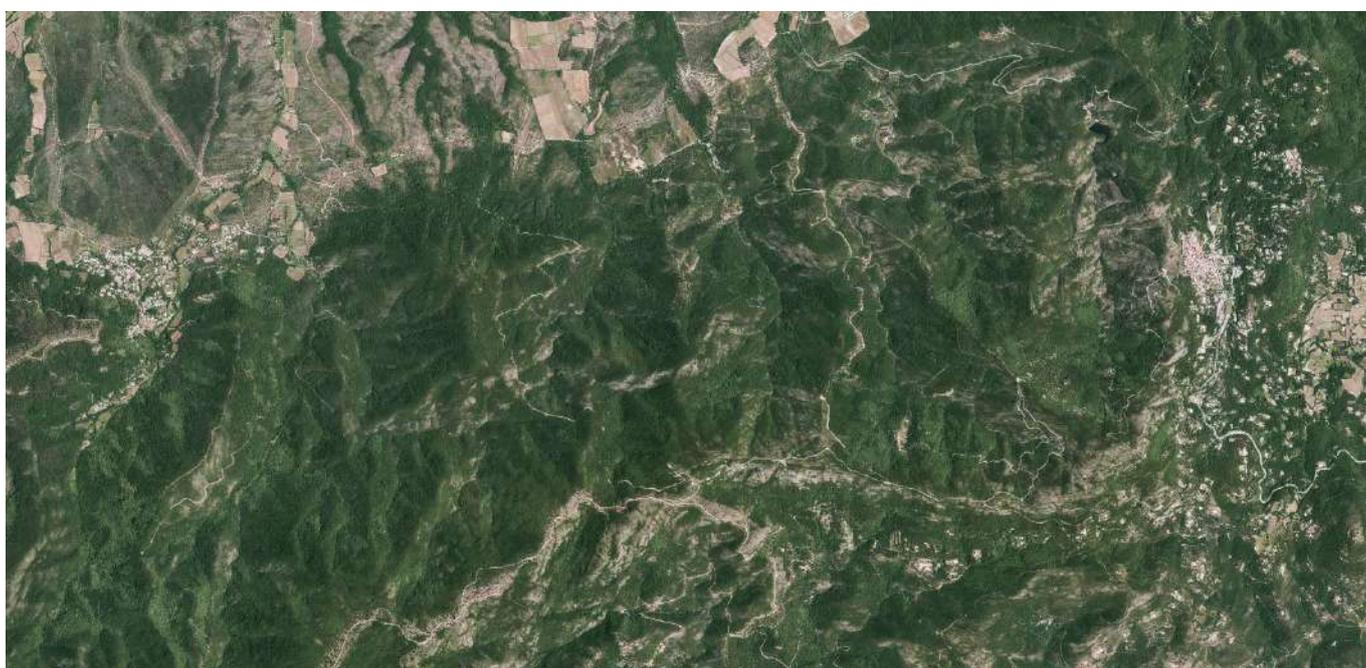
L'ubac du Massif des Maures a subi une récurrence d'incendies historiques et la ligne d'articulation entre le piémont et le versant est réputée pour modifier significativement le comportement des feux. D'autant qu'une série de vallons ouverts sont majoritairement orientés suivant l'axe du vent dominant : mistral d'orientation 315 à 337.5°. Dans les pentes des vallons nord-ouest le vent est canalisé par un effet Venturi ils favorisent l'accélération du feu. En effet, plus une zone est resserrée plus la vitesse de passage du feu sera élevée (augmentation de la pression locale, mouvements de convection, vent synoptique, effet venturi notamment) et plus la zone sera dangereuse pour la réalisation des manœuvres offensives. En position de piémont : zone de raccordement entre la plaine des Maures et du massif des Maures, les ravinements survenus sur l'ubac du chaînon septentrional, et ont engendrés un colluvionnement dont

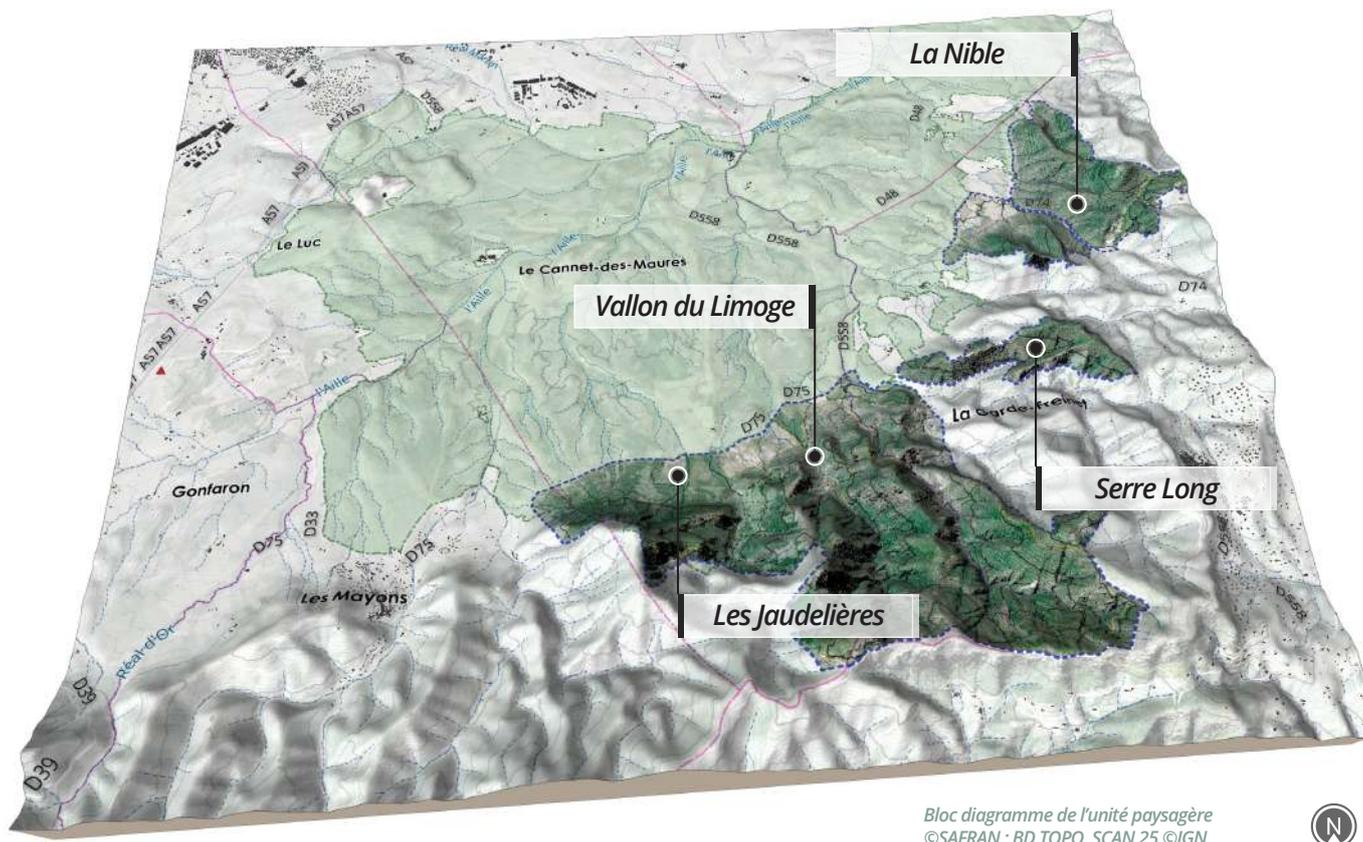
l'épaisseur peut atteindre localement plusieurs mètres, par érosion des sols en versant. Les différentes formes d'érosion ont conduit à la libération d'éléments grossiers (blocs, cailloux, graviers) et d'éléments fins (argiles, limons, sables). La quasi-inaltérabilité du quartz a conduit à un enrichissement des sols en fragments de quartz sous différentes tailles. Ce caractère a une incidence sur l'alimentation en eau et sur la nutrition minérale des végétaux supérieurs. De tels sols peuvent être observés dans le massif des Maures, mais aussi dans la dépression permienne (sédiments contenant des fragments de quartzites).

Depuis le Quaternaire, la succession de différents types de climat a été propice à la manifestation d'un lessivage au sein des sols qui avaient pu se différencier sous un couvert végétal continu et relativement dense.



Repérage de l'unité paysagère sur la trace de l'incendie





Bloc diagramme de l'unité paysagère  
©SAFRAN ; BD TOPO, SCAN 25 ©IGN

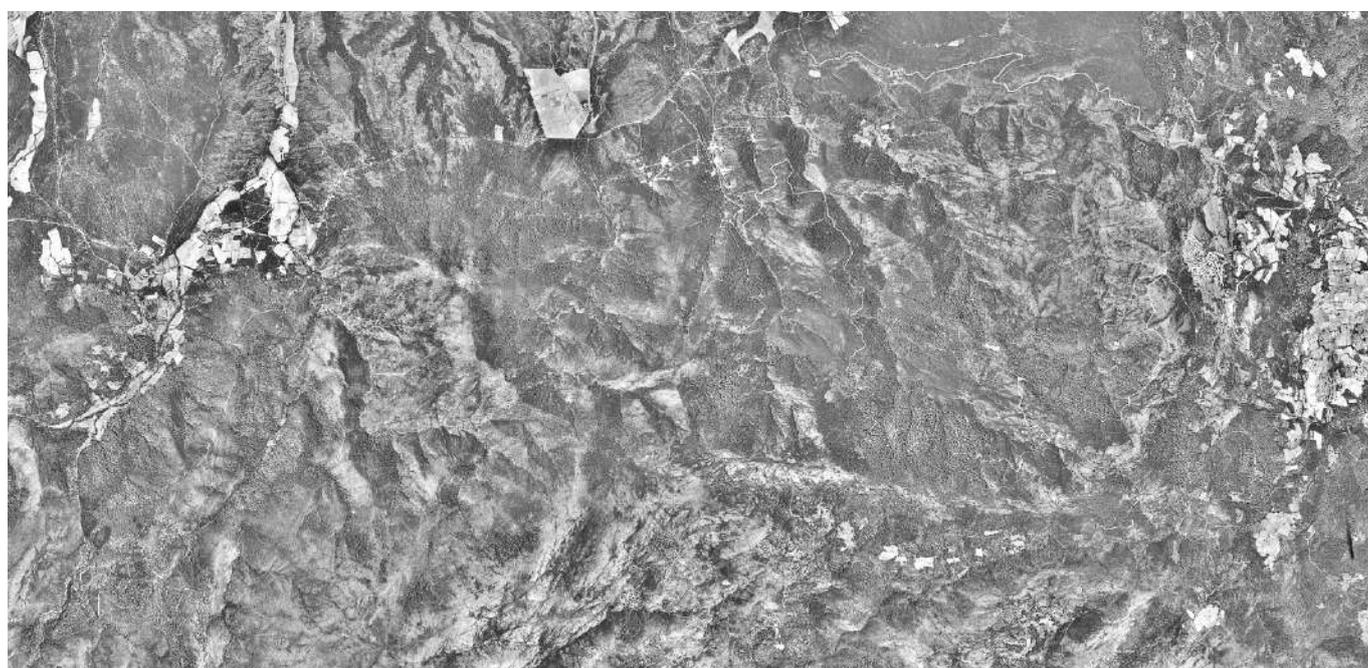
### Analyse diachronique

Le continuum boisé aujourd'hui constitué par l'accroissement biologique, questionne sur la défendabilité avant la route des Crêtes et du changement du comportement du feu (flux thermique, sautes de feu, effet Blin, tapis de feu) lors d'épisodes météorologiques défavorables (sécheresse, chaleur, vent violent).

- Le piémont nord conserve une dominante forestière avec des poches d'anciens vergers de châtaignier (en ubac) des suberaies sur des sols profonds en fond de vallon.
- Les Mayons présente un faible développement urbain, qui conserve une morphologie en "hameau" ;

→ A contrario, sur la commune de la Garde Freinet, la régression de l'activité agricole a laissé place à la diffusion de l'habitat pavillonnaire augmentant significativement la vulnérabilité au risque incendie par augmentation de l'interface habitat-forêt (risque d'éclosion accru, OLD, difficulté d'intervention ou d'évacuation) ;

**Dans un contexte de changement climatique, une stratégie intégrée de lutte contre les très grands feux, en mettant en place un cloisonnement du piémont nord par un réseau de coupures de grandes largeurs, complémentaires aux ouvrages des PIDAF, dont il s'agit d'assurer l'entretien régulier sur le longs termes (POPI, PCAET).**



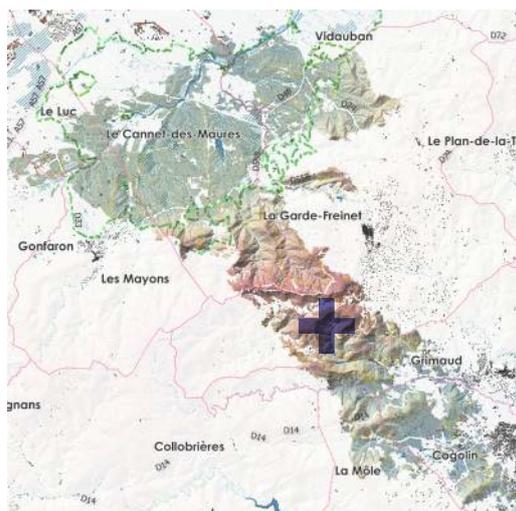


Paysages incendiés par les sautes de feu depuis la route des Crêtes vers le Val Daubert et Val de Gilly, en direction de Cogolin - Route des Crêtes, La Garde-Freinet ©SAFRAN

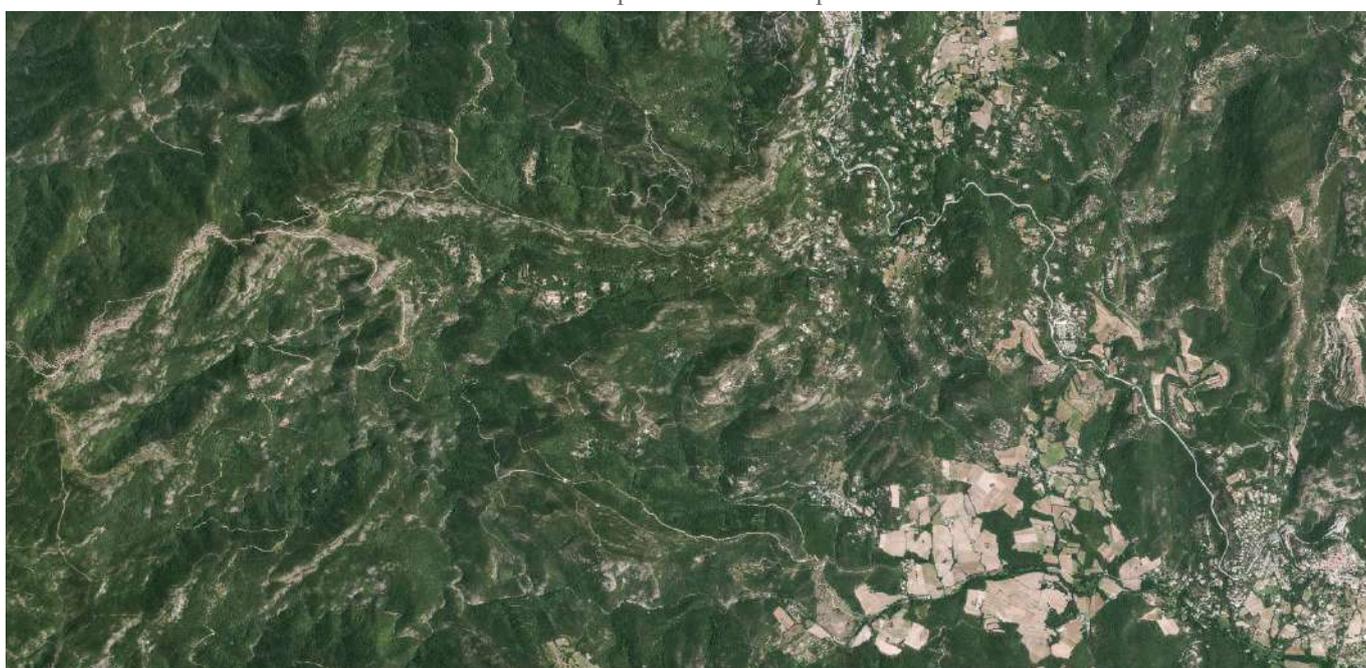
## Unité paysagère du piémont sud

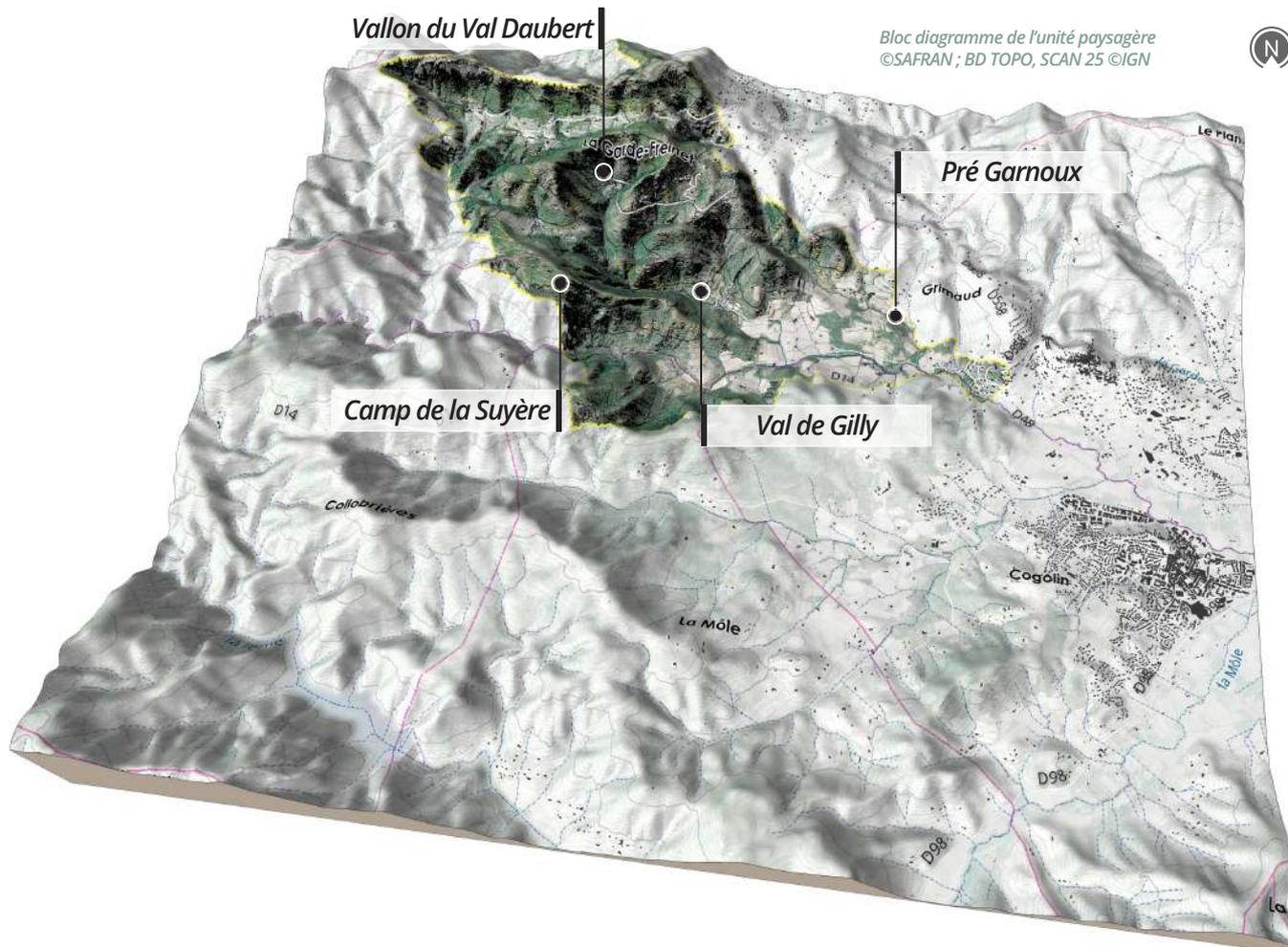
Sur les versants sud, la végétation en est à un autre stade de maturité que le versant nord : on y trouve plutôt des formations jeunes composées de matorral, des landes, des pelouses sèches, des zones de maquis denses en fonction de l'historique des perturbations (incendie, pastoralisme, enrichissement, débroussaillage réglementaire) et des conditions édaphiques xérophytiques tels que des affleurements rocheux mal fracturés, ou altérés portant ou non des placages de sols très superficiels. Les roches affleurantes sont des gneiss migmatiques (gneiss à lits de minéraux dessinant des contournements et des volutes). Les sols sont peu évolués et offrent une épaisseur très variable suivant les angles de pente (érosion). Comme ailleurs en région sud (Provence-Alpes-Côte d'Azur), sur le massif des Maures, on peut supposer l'existence d'un gradient thermique altitudinal proche de 0,55 à 1 °C par dénivelé de 150 m et pour une même exposition.

A altitude égale, les adrets sont plus chauds que les ubacs selon les mois considérés. De plus les conditions thermiques varient sur de courtes distances dans le massif des Maures en raison des changements rapides d'exposition et d'altitude et du confinement de certains vallons crée localement des conditions particulièrement chaudes ou froides selon les saisons. A la suite d'un incendie, la conjonction des paramètres abiotiques cummulés à la disparition de la couverture forestière a pour effet de modifier brutalement le microclimat existant près du sol (fort ensoleillement engendrant de grandes amplitudes diurnes et une évapotranspiration intense). L'espace restera plus longtemps ouvert et pourra alors se prêter au retour des végétaux héliophiles s'accommodant d'une fréquente dessiccation des horizons supérieurs du substrat de types maquis bas ou landes (cistes, arbousiers, bruyères, thym, immortelles).



Repérage de l'unité paysagère sur la trace de l'incendie





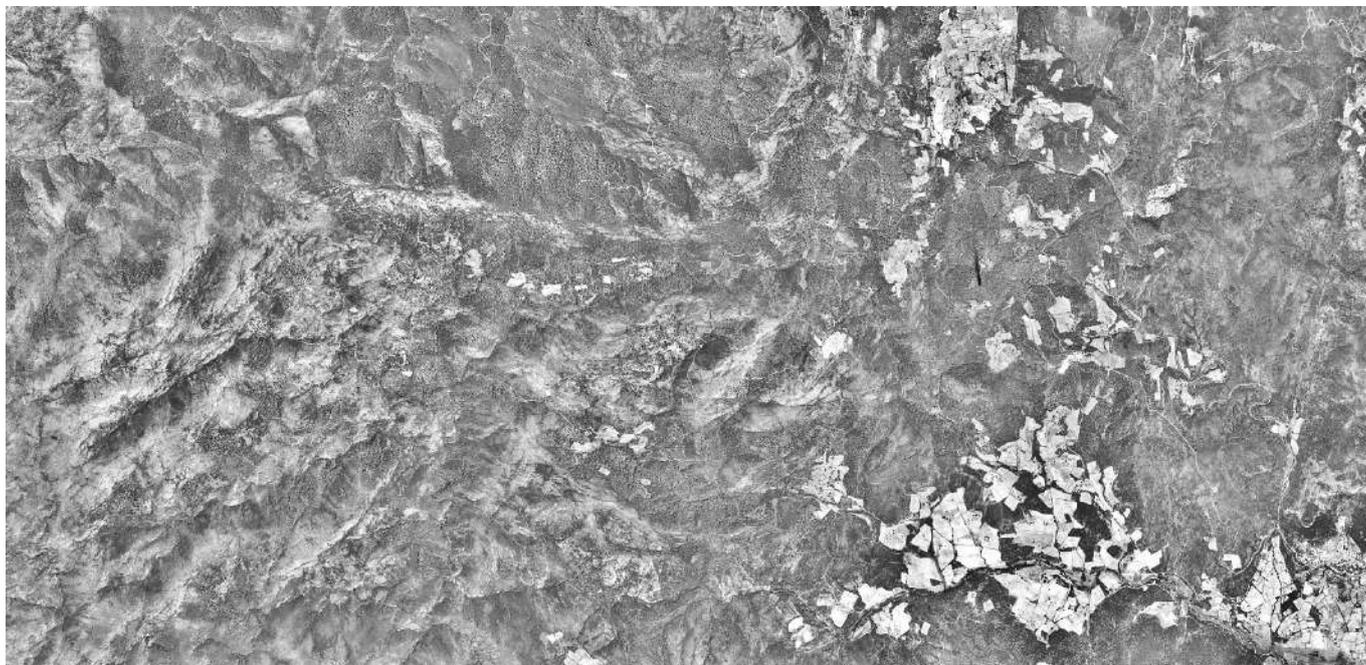
### Analyse diachronique

Sur le chaînon septentrional, la route des Crêtes marque la ligne de partage des eaux vers les bassins versants de la Môle et de la Giscle

- Le développement de l'habitat s'inscrit dans la continuité de l'existant le long des voies de communication (D14, Hameau Basse Court et Haute Court, Val de Gilly);
- L'application de la loi littoral (1986) sur la CC du Golfe de Saint-Tropez a préservé les versant sud de l'urbanisation des communes de Grimaud, Cogolin par la mise en place de "grand

panorama visible depuis la mer";

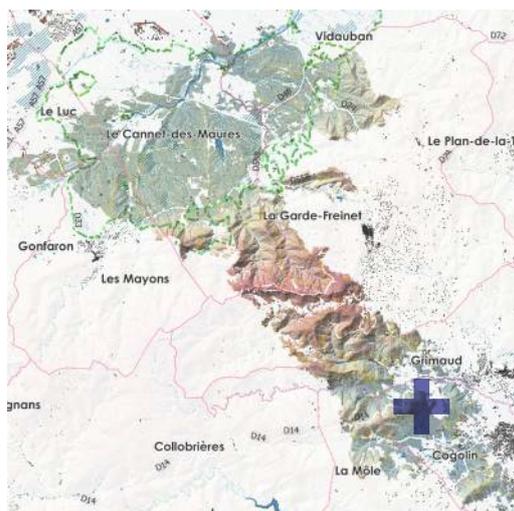
- Le piémont sud correspond au secteur amont de la Giscle. L'activité agricole a été préservé en raison du caractère inondable de la zone ;
- Les crêtes et versant orientés sud, présentent une régression de la couverture forestière en raison des conditions pédo-climatiques limitante en ressource en eau ;
- Les versants ubac quant à eux, présentent une dynamique de reconquête forestière (accroissement biologique) qui contribue à la fermeture du paysage ;





Paysages incendiés depuis la D558 à Grimaud ©Flickr - Elodie Expert-Claudin

## Unité paysagère du bassin de Grimaud - Cogolin - La Môle



Repérage de l'unité paysagère sur la trace de l'incendie

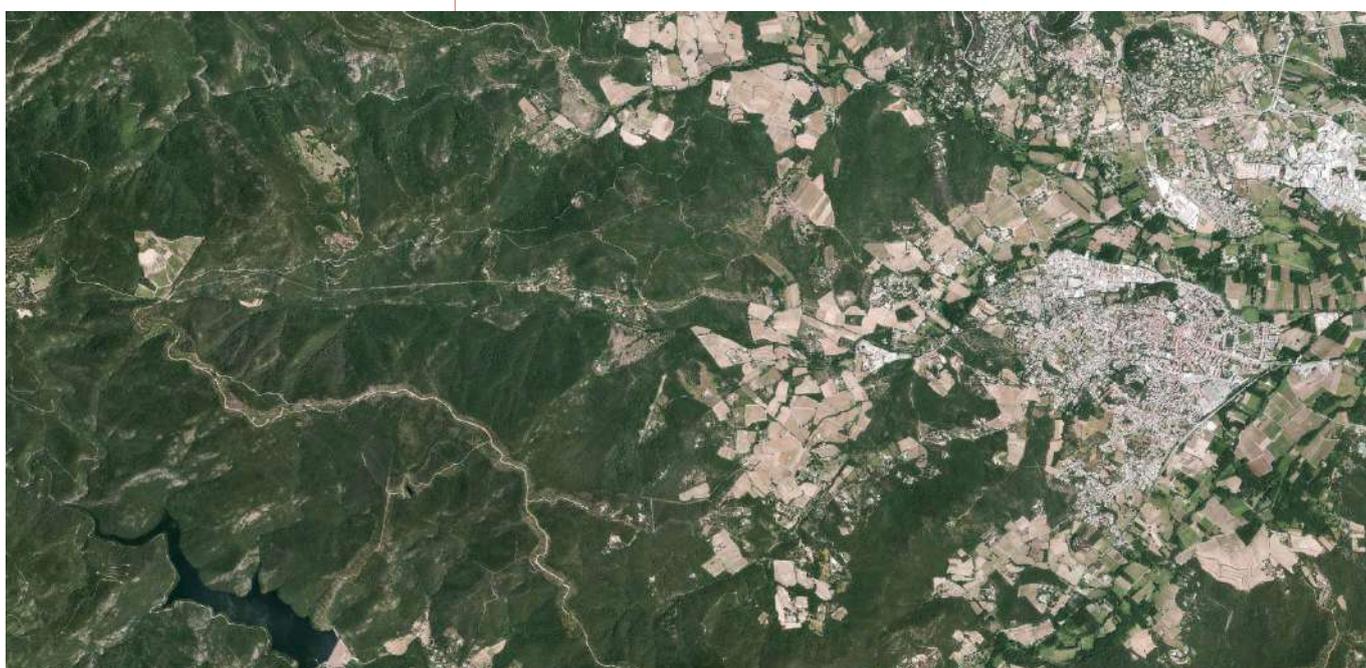
L'unité marque la transition entre le piémont sud du massif des Maures et la plaine alluviale de la Giscle. Celle-ci rejoint la vallée de la Môle au niveau de la commune de Cogolin. Le fleuve côtier débouche ensuite dans le golfe de Saint-Tropez. En raison de l'impluvium réparti en de nombreux vallons, le régime torrentiel est de type méditerranéen, produisant parfois des épisodes d'inondation violents et soudains en aval. En effet, les bassins-versants de la Môle et de la Giscle collectent les eaux de ruissellement du versant sud du massif. Les degrés de pente sont importants, et les vallons secondaires réagissent très vite en cas de fortes précipitations (automne, printemps).

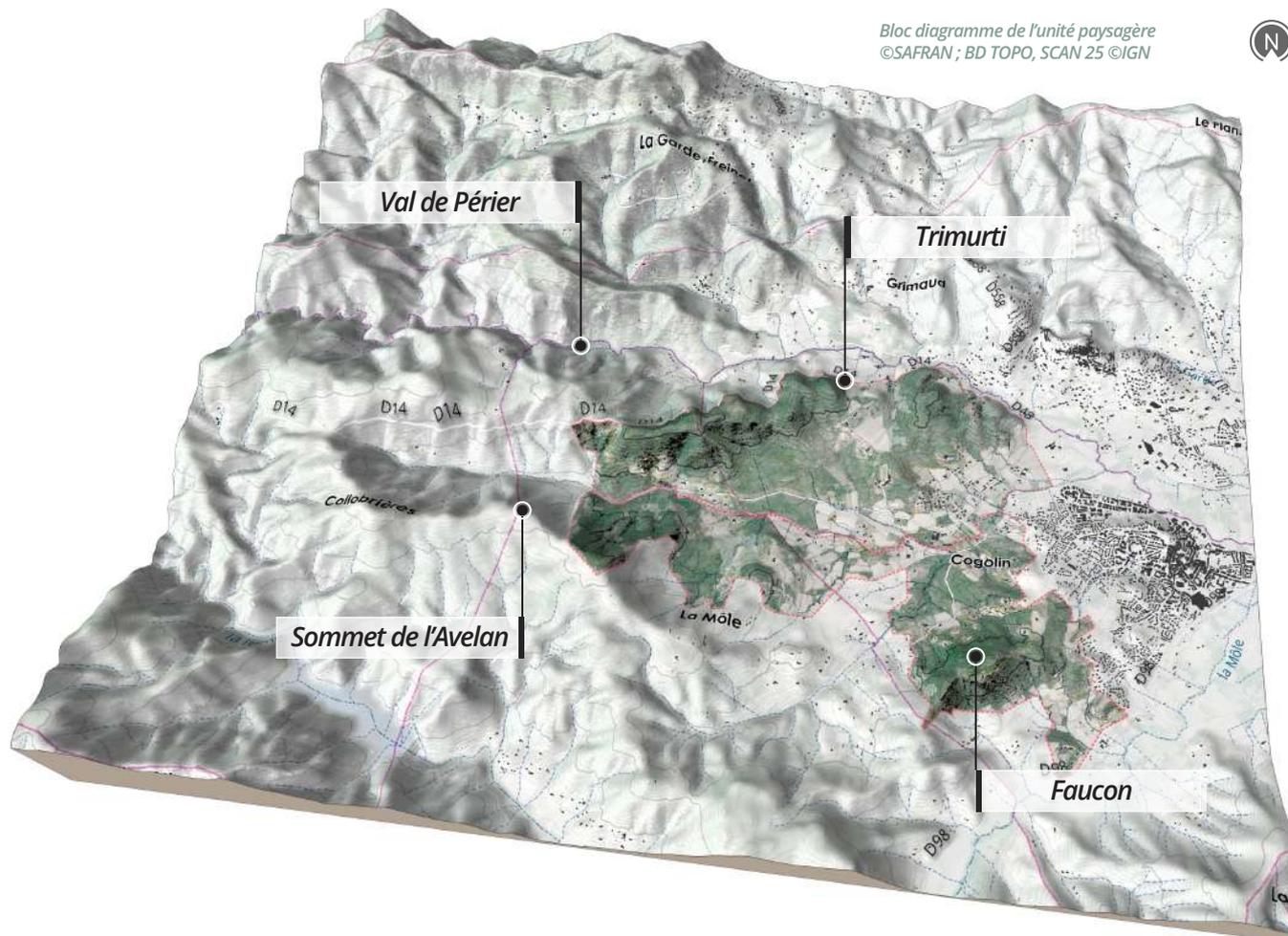
Après le passage d'un incendie, la destruction du couvert végétal engendre une forte érosion des versants, avec des phénomènes de ravinement et de charriage d'éléments solides entraînés

vers l'aval via les thalwegs, vallons, de nombreux sédiments qui ont participé à l'ensablement du lit des rivières et de l'embouchure de la Giscle.

Par ailleurs, le terroir est marqué par parcellaire agricole en fonds de plaine, certaines parcelles de vignobles remontent en piémonts, et de nombreuses haies et alignement d'arbres compartiment le territoire. Lors des incendies, les sapeurs-pompiers rapportent que ces structures végétales linéaires fonctionnent comme "mèches" et favorisent la propagation du feu.

Toutefois, les espaces agricoles entretenus créent des zones tampons, dans lesquelles le comportement du feu perd en intensité et permet des manœuvres offensives pour la lutte active. Cette discontinuité du combustible permet d'établir des pare-feu de protections des biens et des personnes.



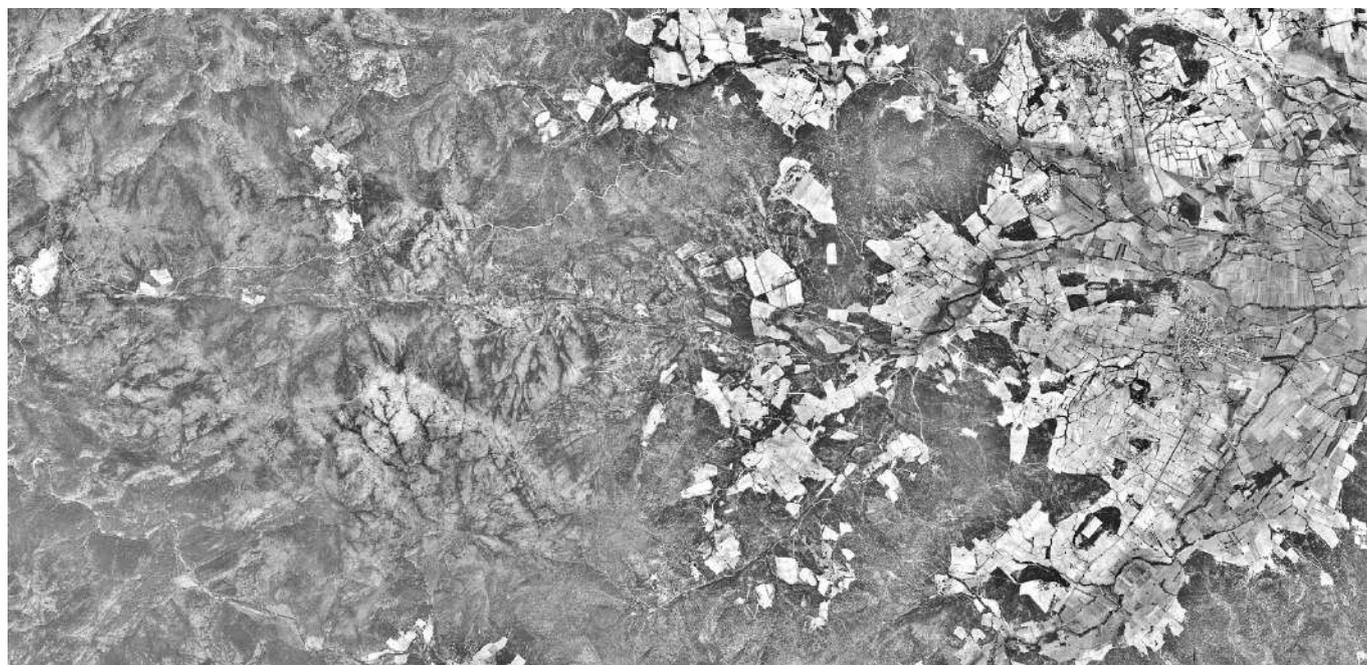


### Analyse diachronique

- L'ouvrage DFCI du Lairé est un axe majeur d'intervention en amont de la retenue d'eau collinaire de la Verne, créé en 1991 pour alimenter le Golfe en eau potable (8 hm<sup>3</sup>) ;
- Le développement urbain de Cogolin s'est fait en continuité de l'existant, depuis le bourg historique en direction dans la plaine de la Giscle, le long des axes principaux. La loi littoral, protégeant toute urbanisation sur les versants visibles depuis la mer ;

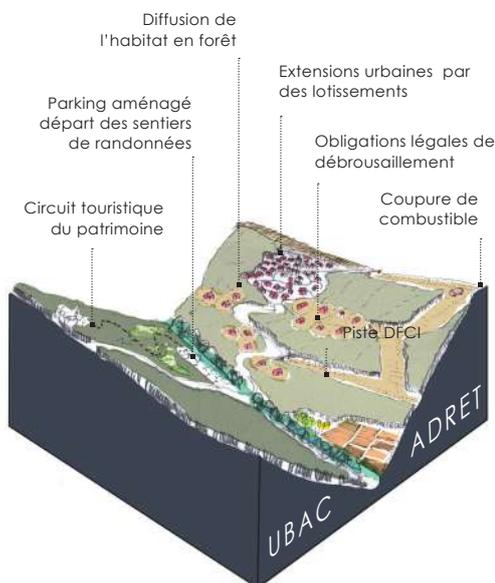
→ Sur la Commune de Grimaud, le parc d'activité du Grand Pont s'est implanté en aval de la D14 et de la D61, ouvrant progressivement à l'urbanisation, des dent creuses dans le parcellaire agricole ;

La couverture forestière a progressé sur l'ensemble des versants hormis sur les versants sud en crête sur lesquels les affleurements rocheux et les sols superficiels maintiennent des formations basses (landes, matorrals, pelouses sèches).



**Paysage règlementaire**  
les logiques spatiales de la prévention

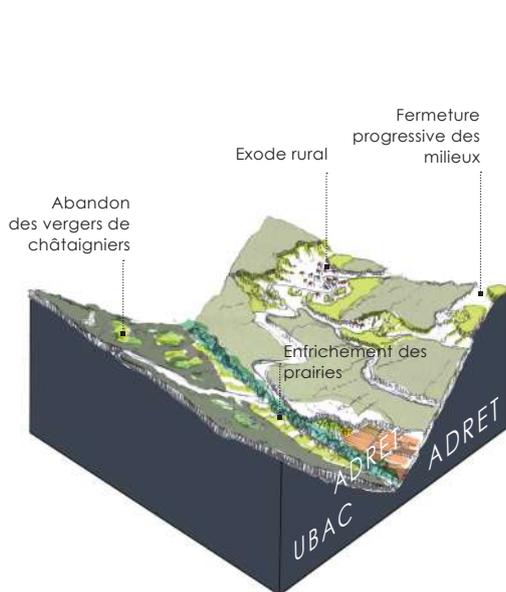
depuis 1990



DÉCOR CITADIN / VALEUR IMMOBILIÈRE  
SANCTUAIRE DE BIODIVERSITÉ  
EQUIPEMENT DE LOISIRS

**Exode rural & déprise agricole**  
viticulture commerciale de plaine

depuis 1890



ADMINISTRATION FORESTIÈRE  
EFFONDREMENT DU SYSTÈME  
AGRO-SYLVO-PASTORAL

PERTE DU LIEN SOCIAL  
DIABOLISATION DU FEU



FORÊT

CULTURE  
DU FEU

RISQUE / DANGER  
CULTURE DE L'EXTINCTION

Blocs diagramme présentant l'inscription géographique de l'évolution culturelle "société-forêt-feu" dans le massif des Maures - TPF Jordan SZCRUPAK - Le pouvoir du feu, 2014 (ENSP) ©SAFRAN

## Sociologie du risque

Le paysage apparaît comme un outil de compréhension du projet politique social d'une société. Il est l'expression et l'héritage d'un mode de vie sur un territoire donné. Devenus en partie caduques, les modèles standardisés sont aujourd'hui à réajuster aux réalités climatiques du territoire qui conditionnent l'émergence de nouveaux cadres d'une économie locale.

**Toutefois, il convient d'envisager l'existence latente du risque comme une valeur intrinsèque, une énergie active qui contribue à façonner le caractère des territoires. Ainsi, il apparaît que c'est à la société elle-même de réévaluer perpétuellement sa place légitime au sein des inégalités spatiales produites par ces mécanismes dynamiques.**

Il est vrai que l'ambition institutionnelle du "vivre avec le risque" tend davantage vers une volonté de pleine maîtrise conduite par une vision essentiellement technicienne motivée par la quête du "risque zéro". Cependant, la récurrence du risque atteste des difficultés exponentielles à le proscrire des territoires.

Il est un principe fondamental dans l'actuelle politique sectorielle de gestion du risque, celui de la mise à distance. L'éloignement du péril des fortes densités urbaines, et donc de population, régit l'ensemble des pratiques de planification et de protection du territoire

en secteurs spécialisés. La négation de ces liens de convivialité, empêche toute mixité et contredit les principes élémentaires de l'urbain, favorable au sentiment collectif de sécurité. Le risque incendie est une condition indissociable de l'aménagement du territoire et de l'architecture. (November V., 2011)<sup>11</sup>

## Habiter le territoire du feu

Les espaces forestiers varois sont en grande majorité inclus dans des systèmes métropolitains. Ce terme désigne en géographie une organisation spatiale multipolaire d'une aire urbaine structurée par des réseaux de transport. Cet échelon correspond généralement à l'unité de cohérence politique et administrative d'un territoire. Au sein de ces bassins de vie, les espaces forestiers constituent des biens-communs dans la mesure où ils assurent un nombre important de services environnementaux et culturels. Leur diversité garantie des bénéfices sanitaires, sociaux et économiques aux populations riveraines. L'attractivité des paysages méditerranéens, génère quant à elle une progression constante de la demande sociale qui se traduit par l'augmentation des activités de loisir et de nature avec une forte pénétration des pratiques citadines dans les espaces forestiers.

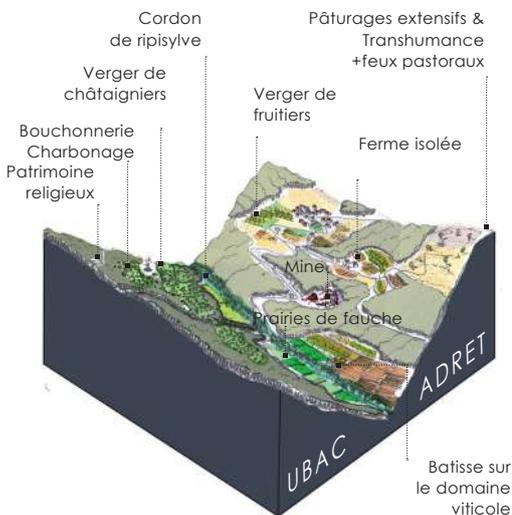
Avec ce processus de métropolisation, l'espace périurbain traduit la mutation progressive des territoires. Cette dynamique introduit les

11- NOVEMBER V., (2011), L'empreinte des risques : éléments de compréhension de la spatialité des risques. Valérie November, Marion Penelas, Pascal Viot. Habiter les territoires à risques, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, pp.19-37, 2011, Espace en société, 978-2-88074-8.

12- KUHNHOLTZ-LORDAT G., 1938 - La terre incendiée, essai d'agronomie comparée, Editions De La Maison Carree - Nîmes,

**Système agro-pastoral varois**  
économie de subsistance

fin XIX<sup>e</sup>



VALORISATION DES RESSOURCES FORESTIÈRES ET PRODUITS NON LIGNEUX

OUTIL SAISONNIER DE GESTION DES MILIEUX

formes urbaines comme des paramètres supplémentaires à prendre en compte dans la lutte contre l'incendie, car elles conditionnent la capacité d'intervention des secours. En effet, les interfaces habitat-forêt y désignent la proximité des zones boisées avec les espaces urbains ou touristiques. Elles représentent de véritables lignes de partage d'usage du sol, entre les parcelles à vocations urbaines et les parcelles forestières. A ce titre, elles cristallisent sur des distances extrêmement réduites, une majorité des enjeux économiques, sociaux, et environnementaux, de ces deux sphères a priori étanches dans leur logique de fonctionnement. Sur le terrain, ces interfaces sont révélatrices de situations foncières complexes et diffuses, dans lesquelles l'application de la politique DFCI aboutie fréquemment sur des cas inopérants. Toutefois, le respect du débroussaillage réglementaire reste un point clé de la prévention.

Les surfaces des zones combustibles se sont accrues de 20 % entre 1975 et 2007 notamment en raison du phénomène de déprise agricole, un processus favorisé par l'abandon des pratiques traditionnelles agro-sylvopastorales et l'exode rural entraînant une « remontée biologique » par la colonisation des prairies et parcours pastoraux par des ligneux pionniers. À présent, le risque incendie sur ces territoires est à la mesure de l'évolution du regard portée sur la forêt, engendrant une modification significative de l'usage des sols et une transformation des attentes sociales.

14- SZCRUPAK J., MORENIA A. - *Projet de paysage et feux de forêt : penser et agir autrement avec le changement climatique - Démarche prospective pour la forêt varoise*, in CAHIER DU GHFF FORÊT, ENVIRONNEMENT ET SOCIÉTÉ / N° 28- 2018 - Le Temps des territoires " LES FORESTIERS FACE AUX CHANGEMENTS

*"L'art forestier est un art difficile et délicat, parce qu'il repose essentiellement sur le dosage (.) c'est pour cela que les forestiers français font preuve d'une admirable prévoyance en généralisant les pratiques de jardinage qui est avant tout un savant dosage destiné à porter le moins de troubles possibles a une ambiance favorable à la régénération. Le jardinage devient ainsi vis-à-vis de la flamme un puissant préventif, parce que le feu n'est point l'ami des forêts bien constituées. Nous avons eu l'occasion d'étudier l'influence du jardinage (...) c'est un élément stabilisateur de premier ordre. (...) Nous croyons pouvoir conclure que dans les régions à période xérothermique accusée, il faut étudier les méthodes qui permettront de revenir a une forêt de feuillus mélangée "*

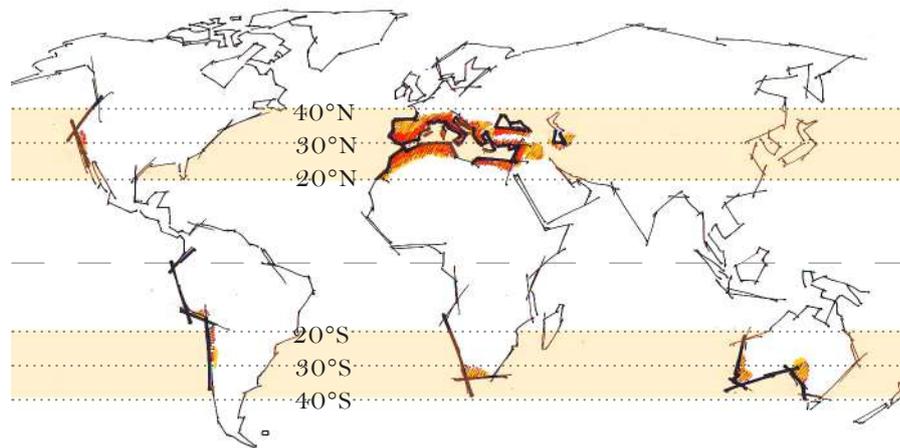
Georges Kuhnholz-Lordat, 1938

L'interaction de paramètres politiques, écologiques et sociaux, exacerbe de nos jours les contradictions entre les stratégies de gestion forestière et les dynamiques métropolitaines dans lesquelles sont inclus les massifs forestiers. (Szcrupak J., Moreni A., 2018)<sup>13</sup>



Le modèle d'habitat individuel en lotissements s'est développé dans chaque commune du massif des Maures, Cavalaire-sur-mer ©SAFRAN

CLIMATIQUES" PNR du Haut-Languedoc, 14 et 15 septembre 2017



Carte de répartition du biôme méditerranéen : territoires du feu - TPFE Jordan SZCRUPAK - Le pouvoir du feu, 2014 (ENSP) ©SAFRAN



Reprise de bruyères à balais et d'arbusiers roussis - Piste du Pic Martin, Le Cannet des Maures ©SAFRAN

15- KUHNHOLTZ-LORDAT G., 1952 - Le tapis végétal en Basse-provence, Paris, p. 67 et 152-156. ouvr. cité, p. 31 et 46

## Les pyropaysages du biôme méditerranéen

La caractéristique première des écosystèmes méditerranéens est climatique. Le climat méditerranéen est un climat de transition entre une influence désertique et une influence océanique. Il se rencontre à des latitudes subtropicales (30° à 40°) sur les bandes littorales ouest des continents adossées à des reliefs marqués. Sous ce climat, le régime de perturbation a largement contribué à structurer les écosystèmes, en permettant la stabilisation des espèces adaptées. (Kuhnholz-Lordat G., 1952)<sup>15</sup>

L'ensemble d'écosystèmes caractéristiques de l'aire biogéographique ou biôme, sont donc structurés et biologiquement dépendants des effets du feu (température, lumière, fumée).

La variabilité des formations végétales s'explique par l'hétérogénéité géologique et topographique, à laquelle s'ajoute l'influence séculaire des pressions d'origine anthropique sur les milieux. En se sédentarisant l'Homme est devenu agriculteur pour lequel le feu était employé comme l'outil majeur d'aménagement du territoire. Celui-ci a contribué à l'apparition d'une flore biologiquement spécifiée au feu ou pyrophytes.

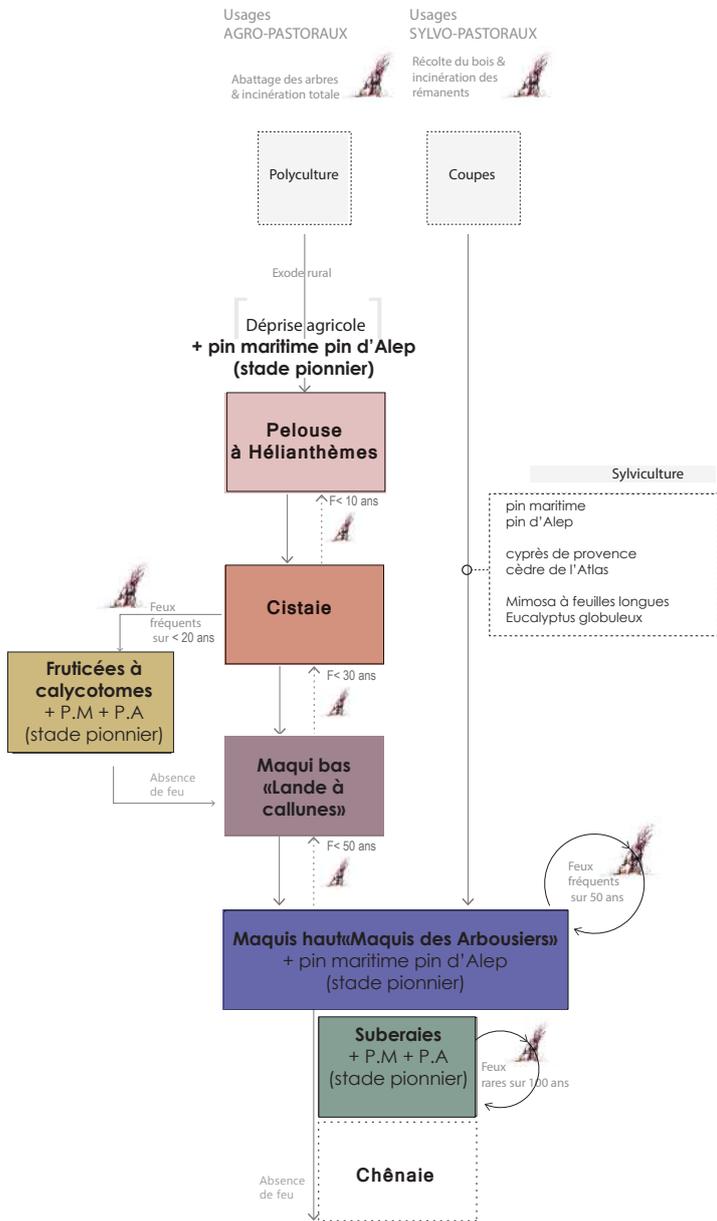
Les pyrophytes passives adoptent des stratégies de type « tolérer » les individus dotés sont protégés grâce à l'action isolante du sol ou d'une écorce épaissie. Ces plantes possèdent une capacité régénérative grâce à des bourgeons isolés par une couche protectrice (écorce foliacée, liège) ou par voie végétative depuis des organes de

réserves (tronc souterrain ou lignotuber, bulbes, rhizomes).

Les pyrophytes actives privilégient des stratégies de type « favoriser » : pour lesquelles les espèces privilégient une voie sexuée en développant une attitude pionnière de recolonisation de l'espace libéré de toute concurrence par l'incendie. Toutefois, les pyrophytes actives "ne mettent pas le feu", elles tirent profit du passage du feu pour activer la dormance de graines stockées dans le sol comme les cistes ou bien libéré en pluie de graine légère ou ailée comme celles contenue dans les canopées des pins contenu dans des cônes sérotineux (saturés en résine). Par conséquent, les essences pionnières en plus de leurs caractéristiques phénologiques favorables au feu, possèdent donc un avantage évolutif qui favorise leur régénération.

**A l'échelle du biôme méditerranéen, l'assemblage de ces comportements déterminent d'autres physionomies de communautés végétales, et dessinent donc d'autres «pyropaysages». Dans la perspective du changement climatique, il est particulièrement intéressant d'évaluer les similitudes évolutives post-incendie du biôme méditerranéen, notamment sur les formations basses et ouvertes.**

La préservation de ces mécanismes de résilience au feu, se joue alors sur la préservation d'un pas de temps suffisamment long (25 à 50 ans) afin de maintenir les capacités de restauration des différents faciès dans une mosaïque paysagère typique qui assure une grande hétérogénéité paysagère.



Série du chêne vert en Provence cristalline : évolution schématique des principales formations paysagères dans le massif des Maures - TPE Jordan SZCRUPAK - Le pouvoir du feu, 2014 (ENSP) ©SAFRAN

## Dynamiques paysagères post-incendie\*

Les photomontages suivants présentent une évolution théorique des paysages du massif des Maures, depuis l'abandon des pratiques agro-sylvo-pastorales dans la deuxième moitié du XIX<sup>e</sup>, en passant par l'état de reconquête forestière par des ligneux opportunistes, majoritairement composé de résineux (pin maritimes, pin parasol, pin d'Alep), jusqu'au passage d'un incendie et les étapes successives de restauration des milieux perturbés.

L'objectif de cette série consiste, sous un format vulgarisé facilement accessible, à rassembler dans une trajectoire dynamique, les connaissances écologiques, historiques et forestières sur les milieux naturels et forestiers du massif des Maures.

Les typologies forestières et les spécificités écologiques des canevas de restauration post incendie seront développés dans les chapitres suivants : diagnostic forestier, diagnostic biodiversité, (voir p.160 *Compatibilité climatique des principales essences - diagnostic adaptations aux changements climatiques*).

Les neuf perspectives à hauteur de regard, permettent ici d'appréhender dans un pas de temps habituellement difficilement observable en extérieur les variations paysagères induites par l'évolution des cortèges de végétation. Les dynamiques régressives maintiennent les milieux ouverts à un stade jeune, tandis que les dynamiques progressives participent à la fermeture des milieux vers des ambiances plus matures et donc plus forestières.

## La pinède prépare le retour de la chênaie

Les pinèdes illustrent parfaitement les notions de dynamiques naturelles de fermeture des paysages. On qualifie les pins d'espèces pionnières, opportunistes ou expansionnistes. En effet. Dans une majorité des cas, les pinèdes denses, équiennes et quasiment pures s'installent sur d'anciennes zones agricoles, accrues forestières notamment sur d'anciens parcours pastoraux et d'anciennes terrasses abandonnés depuis l'exode rural de la fin du XX<sup>e</sup> siècle. Les peuplements de pinède sont des états dégradés ou de substitution temporaire des chênaies. Il est vrai que les pinèdes préparent les conditions stationnelles favorables au retour progressif du chêne vert et du chênes liège, d'abord en sous-étage à l'ombre des pins, puis en faciès dominant, une fois l'ambiance forestière reconstruite.

Dans cette phase transitoire lente qui dure généralement plusieurs décennies (50 à 80 ans) parfois presque un siècle, suivant la phase de référence : pelouses, landes, maquis ; il arrive que le feu perturbe cette dynamique sylvicole et modifie la physionomie du milieu vers des formations ouvertes et basses.

**Ainsi la clé de restauration des milieux forestiers passe obligatoirement par la compréhension de cette écologie des milieux méditerranéens avant de planifier ou d'agir une quelconque intervention sylvicole.**

\* d'après d'après les travaux de :

ALLIER C., LACOSTE A., (1980). Maquis et groupements végétaux de la série du chêne vert dans le bassin du Fango (Corse);

MOLINIER R., (1973). Les études phytosociologiques en Provence cristalline ;

PRODON R., (1995). Impact des incendies sur l'avifaune. Gestion du paysages et conservation de la biodiversité animale.



Exposition Domaine du Rayol, 10<sup>e</sup> édition de Gondwana 2014 - TPFE Jordan SZCRUPAK - Le pouvoir du feu, 2014 (ENSP) ©SAFRAN

## 0 - Paysage traditionnel du Massif des Maures

La valorisation des ressources telles que le levage du liège, l'exploitation du pin maritime en bois de charpente pour les mines, la fabrication de charbon de bois, la castanéiculture ou encore l'élevage constituaient une économie de subsistance pratiquée par les populations rurales.



Exposition Domaine du Rayol, 10<sup>e</sup> édition de Gondwana 2014 - TPFE Jordan SZCRUPAK - Le pouvoir du feu, 2014 (ENSP) ©SAFRAN

## 1 - Dynamique pionnière de recolonisation forestière

L'exode rural a réduit l'ensemble des pressions exercées par l'homme (élevage, coupes, récoltes) entraînant un enrichissement progressif des parcelles autrefois exploitées, et refermant par conséquent la mosaïque des milieux. Les pinèdes constituent des « forêts secondaires » pour lesquelles l'incendie constitue un vecteur essentiel de régénération.



Exposition Domaine du Rayol, 10<sup>e</sup> édition de Gondwana 2014 - TPFE Jordan SZCRUPAK - Le pouvoir du feu, 2014 (ENSP) ©SAFRAN

## 2 - Retour à l'ordre minéral

Le passage d'un incendie ouvre les milieux à la lumière, modifie l'histoire biologique du sol et déclenche un processus de germination de la banque de graines préexistante (thérophytes, chaméphytes). A ce stade les sols dépourvus de protection sont extrêmement sensibles à l'érosion.

### 3 - Réveil souterrain

La remontée biologique provient du stock de semences du sol, depuis lequel certains végétaux accomplissent leur cycle de vie dans un intervalle de temps très court. La remontée biologique provient de l'expression de la banque de graines du sol, abondamment approvisionnée par les plantes dites thérophytes avant le passage du feu.



Exposition Domaine du Rayol, 10<sup>e</sup> édition de Gondwana 2014 - TPFE Jordan SZCRUPAK - Le pouvoir du feu, 2014 (ENSP) ©SAFRAN

### 4 - La cistaie : première génération de ligneux sclérophylles

L'exploitation des nouvelles conditions dues au feu par les « semenciers obligatoires » tels que les cistes est liée à l'état de leur banque de graines dans le sol. Les cistes représentent une espèce pionnière liée à l'écologie du feu. Ils assurent une recolonisation massive tout en contribuant à la reconstitution de la litière du sol ainsi que sa fixation contre l'érosion. Sous l'effet de la chaleur, le feu active les mécanismes de reproduction des graines de cistes, en levant la dormance des graines (choc thermique). Le feu apparaît alors comme l'élément révélateur d'une diversité invisible.



Exposition Domaine du Rayol, 10<sup>e</sup> édition de Gondwana 2014 - TPFE Jordan SZCRUPAK - Le pouvoir du feu, 2014 (ENSP) ©SAFRAN

### 5 - Maquis bas : la lande à callunes

Les landes sont des formations ligneuses basses (inf. à 2m) relictuelles des pelouses acidophiles, provenant d'un régime perturbateur anthropiques : des pressions agropastorales et des perturbations sylvicoles. Composés majoritairement de Callunes, et de Bruyères dont la surface foliaire est réduite. Ces traits morphologiques traduisent une adaptation aux conditions trophiques et hydriques sévères. Ce maquis comporte à côté de l'association bruyère à balais-lavande à toupets, La callune commune dont la floraison en tapis rose-parme est d'un effet particulièrement saisissant dans le paysage. A savoir que ces espèces, offrent un potentiel mellifère particulièrement important.



Exposition Domaine du Rayol, 10<sup>e</sup> édition de Gondwana 2014 - TPFE Jordan SZCRUPAK - Le pouvoir du feu, 2014 (ENSP) ©SAFRAN



Exposition Domaine du Rayol, 10 e édition de Gondwana 2014 - TPFE Jordan SZCRUPAK - Le pouvoir du feu, 2014 (ENSP) ©SAFRAN

### 7 - Maquis armée : fruticée à calycotomes

Les peuplements de Calycotomes denses et impénétrables proviennent d'une sélection floristique effectuée par la récurrence du feu. Appartenant à la famille des Fabacées, le Calycotome spinosa s'associe par une symbiose racinaire avec des bactéries fixatrices d'azote (*Rhizobium* sp.). La protection armée garantit la croissance des arbres juvéniles (feuillus, conifères). A mesure que les débris organiques s'accroissent, le sol s'épaissit et s'enrichit progressivement en humus.



Exposition Domaine du Rayol, 10 e édition de Gondwana 2014 - TPFE Jordan SZCRUPAK - Le pouvoir du feu, 2014 (ENSP) ©SAFRAN

### 6 - Maquis haut : le maquis des Arbousiers

A l'échelle de la France ce type d'habitat est réduit au massif des Maures et du massif du Tanneron. La dynamique du maquis élevé peut gêner la régénération sexuée des peuplements de chêne liège (suberaie), les arbustes étant très recouvants (concurrence à la lumière).

De plus, grâce à leur système racinaire gorgé de réserves (lignotuber) les arbousiers ont la capacité de se régénérer par voie végétative, en émettant des rejets depuis ces assises génératrices.



Exposition Domaine du Rayol, 10 e édition de Gondwana 2014 - TPFE Jordan SZCRUPAK - Le pouvoir du feu, 2014 (ENSP) ©SAFRAN

### 8 - La suberaie

La Suberaie est une formation forestière assez claire, qui laisse pénétrer suffisamment de lumière pour les strates inférieures au développement robuste.

La suberaie ne constitue pas une formation climacique. La substitution du chêne-liège au chêne vert dans la strate arborée ne modifie pas la composition floristique globale. Mais sa conservation passe par des actions volontaristes de gestion du sous-bois.

Si aucune perturbation n'altère sa croissance, la remontée du couvert arboré et l'ombre menace la suberaie du risque de domination par le chêne vert (yeuseraie) déjà présent sous forme de taillis, puis le chêne pubescent (chenaie), voire par l'arbousier ou par le Laurier-tin.

Ce type de peuplement présente un grand intérêt des mosaïques d'habitats (forêts, maquis haut, maquis bas, pelouses) pour la diversité des niches ouvertes à la faune.



16 août 2021 - Incendie en cours dans le secteur de... XXX ©Rascas Biodiv

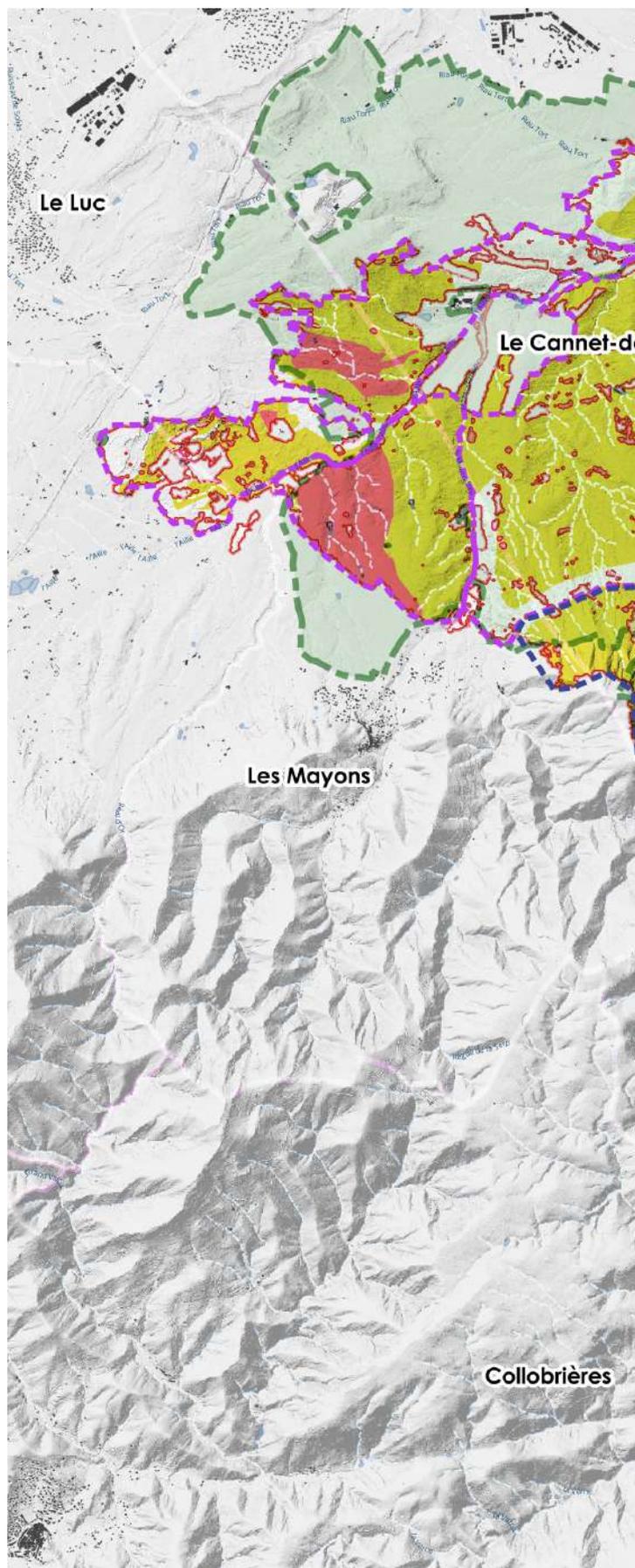
## Effets des faciès de végétation sur la récurrence des incendies

Le stade de maquis haut composé d'arbousier, bruyères présente généralement une forte densité avec un taux de recouvrement spatial élevé qui induit une forte connectivité spatiale (continuité verticale et horizontale). Cet état atteste d'une dynamique de restauration d'un régime de avec une période de retour inférieur à 20 ans. C'est un stade particulièrement sensible à l'incendie entraînant une forte combustibilité (éléments fins, litière, matière sèche accumulée) et donc une intensité et une vitesse de propagation plus élevées. Tandis qu'une période de 100 à 200 ans sans feu permet la restauration de formations arborées auto-protectrices en termes de combustibilité. Au contraire, dans les formations jeunes, le feu peut être total tandis que dans les formations matures, du fait de la déconnexion des strates, le feu est plutôt de surface ou limité à la litière (voir à l'humus dans des cas non méditerranéens).

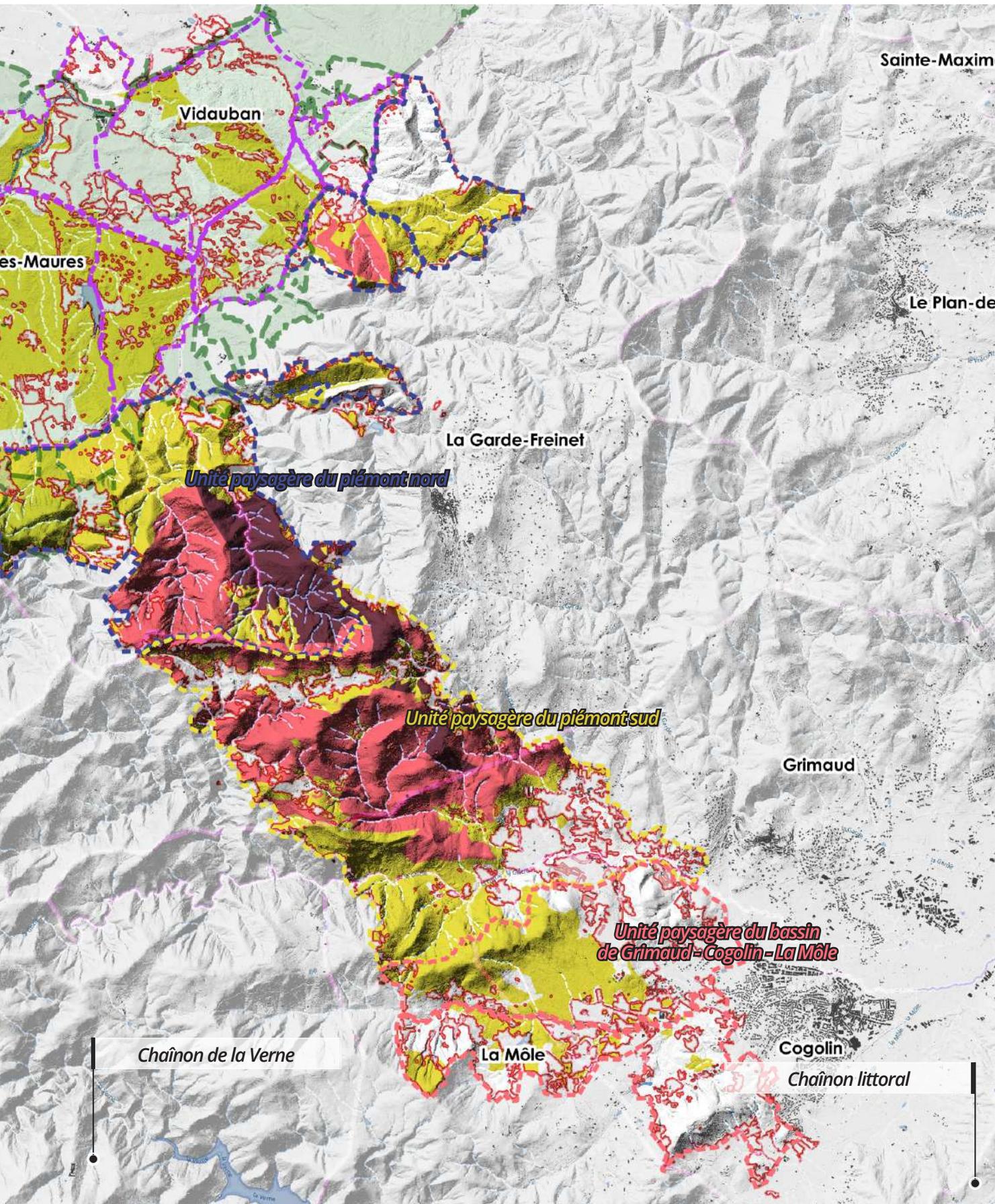
Cette lecture des formations végétales et de leur influence sur le comportement du feu confirme la modélisation Firetec présentée dans l'étude d'Alice Schaffhauser & Al : **Les pertes en masse et en eau de la végétation, la vitesse de propagation et l'intensité du feu augmentent de façon significative avec la continuité verticale du combustible, qui dépend principalement du temps depuis le dernier feu, puis du nombre de feux. Les résultats confirment l'hypothèse selon laquelle le feu est particulièrement intense et rapide dans des peuplements multi-stratifiés à forte charge en éléments fins et forte connexion spatiale entre les individus, tels que les maquis hauts développés après un seul feu intense en cinquante ans. Au contraire, le feu ne se propage pas dans les forêts de chênes submatures n'ayant pas brûlé depuis au moins cinquante ans et caractérisées par une faible connectivité verticale entre la canopée et le sous-étage, favorisant ainsi un effet « auto-protecteur » contre les incendies futurs. (Schaffhauser A., Al., 2015)**

Notons que les surfaces parcourues par au minimum 2 ou 3 feux, dans ce qui est identifié comme le "Couloir du Feu", sont différentes stations soulignées par des faciès de végétation se développant sur des affleurements géologiques de roches métamorphiques essentiellement formés de roches dites cristallophylliennes (gneiss et micaschistes). Ce sont majoritairement les formations ouvertes de maquis, maquis arboré, suberaie claire. Ces dernières s'agencent dans l'espace sous la forme de bandes d'orientation proche de l'axe «nord-sud».

- ▶ *Unité de la plaine des Maures composée de bancs de grès durs et mal fracturés ou de conglomérats (poudingues) et de matériaux plus tendres (pélites) recouverts de sols souvent peu épais, témoignent de conditions stationnelles difficiles vis-à-vis des arbres, favorisant l'érosion.*
- ▶ *Unité du piémont nord se compose de roches plus ou moins dures (enrichissement en quartz, et en filons de quartzites), mal fracturées, couvertes ou non de sols superficiels. Les stations sont xerophytiques sur les versants adret et plus mésophytiques sur les versants ubac en fond de vallons (sols profonds) ;*
- ▶ *Unité du piémont sud, les roches affleurantes sont des gneiss migmatiques à partir desquelles les sols sont peu évolués et offrent une épaisseur très variable avec une couverture végétale continue ou éparse suivant les versants.*



17- SCHAFFHAUSER A., PIMONT F., CURT T., CASSAGNE N., DUPUY J.-L., TATONI T., 2015, Effets de la récurrence des incendies sur le comportement du feu dans des suberaies (*Quercus suber* L.) et maquis méditerranéens sur les cinquante dernières années - Comptes Rendus Biologies, Volume 338 pages 812-824



Cartes de l'histoire des feux sur le périmètre d'étude - IGN ©SAFRAN

2 FEUX

3 FEUX

4 FEUX

# Ce qu'il faut retenir

## Synthèse du diagnostic paysager

### Un régime de feu modifié à l'interface des dynamiques environnementales et anthropiques

La complexité de ce phénomène, croise des enjeux urbains via des épisodes d'incendie d'envergures et de magnitude accrue. En réalité, cette inflammabilité totale s'explique par l'augmentation du volume de végétation combustible en Provence avec un taux annuel, parmi les plus élevés de France : de 1% à 2% ; effet combiné d'un changement d'usage du sol (déprise agricole, accroissement biologique, enrésinement de friches agricoles) et du *"paradoxe de l'extinction"* correspondant aux résultats positifs de la politique de lutte active, qui induit des continuités et des maturités des peuplements à l'échelle du territoire. En cas d'alignement de paramètres défavorables : sécheresse, chaleur et vent violents, les forces d'intervention devront affronter des feux extrêmes et évoluant très rapidement.

### Le paysage est un filtre culturel

Pour les sociétés occidentales, le paysage est un objet social reposant sur une construction culturelle du regard. En effet, cette influence provient dans un premier temps de l'art pictural pour le paysage désignait un style de tableaux. L'artiste réalisait une transformation subjective des lieux. Progressivement, la notion de paysage élargie le cadre de réflexion pour embrasser le champs de la géographie où elle permet de caractériser l'organisation et la différenciation des espaces. En 2000, à Florence, les états membres du Conseil de l'Europe, conscients que le paysage concourt à l'élaboration des cultures locales et qu'il représente une composante fondamentale du patrimoine culturel et naturel de l'Europe. Ils entérinent par l'article-1 de la Convention Européenne du Paysage la définition suivante :

**"Paysage"<sup>6</sup> désigne une partie de territoire telle que perçue par les populations, dont le caractère résulte de l'action de facteurs naturels et/ou humains et de leurs interrelations;**

### Une île cristalline dans la Provence calcaire

Il est un territoire du feu géologique dans l'actuelle Provence dite cristalline, dont le massif des Maures est l'héritage orographique. à la différence de la Provence calcaire, ancien plancher sédimentaire marin, ayant surgi au cours de l'histoire alpine ; et qui constitue la majorité du socle régional. Le massif des Maures est un segment mémoire de la Tyrrhénide, continent pyreneo-corso-sarde d'origine hercynienne qui occupait il y a 24 millions d'années le bassin occidental de la Méditerranée actuelle. Comme la Corse, ce pays cristallin est hérité d'une suite d'évènements tectoniques et érosifs qui s'étalent sur plus de 300 Ma.

### Quatre unités paysagères dans le "Couloir du feu"

La trace de l'incendie de Gonfaron traverse quatre unités paysagères différentes depuis la Plaine des Maures en direction du Golfe de Saint-Tropez en passant par le massif des Maures. Ce secteur est malheureusement connu par les forces de sécurité civile comme le "Couloir du feu", sous l'influence du vent dominant : le Mistral d'orientation nord-ouest sud-est. En effet, l'incendie de du 10 août 1979 avait ravagé 6 033ha, puis celui de du 31 août 2003 - 3 103ha et enfin celui de Gonfaron brûlant officiellement 6 832ha.

Les unités paysagères se décomposent du nord au sud, de la manière suivante :

- ▶ *La plaine des Maures ;*
- ▶ *Le piémont nord ;*
- ▶ *Le piémont sud ;*
- ▶ *Le bassin de Grimaud - Cogolin - La Môle ;*

## Les pyropaysages des Maures

La caractéristique première des écosystèmes méditerranéens est climatique. Le climat méditerranéen est un climat de transition entre une influence désertique et une influence océanique. Il se rencontre à des latitudes subtropicales (30° à 40°) sur les bandes littorales ouest des continents adossées à des reliefs marqués. Sous ce climat, le régime de perturbation a largement contribué à structurer les écosystèmes, en permettant la stabilisation des espèces adaptées. (Kuhnholz-Lordat G., 1952)

L'ensemble d'écosystèmes caractéristiques de l'aire biogéographique ou biome, sont donc structurés et biologiquement dépendants des effets du feu (température, lumière, fumée).

Les pertes en masse et en eau de la végétation, la vitesse de propagation et l'intensité du feu augmentent de façon significative avec la continuité verticale du combustible, qui dépend principalement du temps depuis le dernier feu, puis du nombre de feux. Les résultats confirment l'hypothèse selon laquelle le feu est particulièrement intense et rapide dans des peuplements multi-stratifiés à forte charge en éléments fins et forte connexion spatiale entre les individus, tels que les maquis hauts développés après un seul feu intense en cinquante ans. Au contraire, le feu ne se propage pas dans les forêts de chênes submatures n'ayant pas brûlé depuis au moins cinquante ans et caractérisées par une faible connectivité verticale entre la canopée et le sous-étage, favorisant ainsi un effet « auto-protecteur » contre les incendies futurs. (Schaffhauser A., Al., 2015)

# Diagnostic forestier

**Le principe de ce diagnostic est de disposer d'un état des lieux de la végétation présente sur le territoire incendié le 16 Aout 2021.**



pinède mûre sur dalle de grès, Bois du Rouquan, Vidauban  
©Rascas Biodiv

Cet état des lieux initial permet de définir le contexte végétal du territoire, de le replacer dans ses usages et dans les dynamiques de végétation en cours. Il vise également à donner des indications sur l'état biologique des peuplements avant feu (âge, composition, état de conservation, état sanitaire, ...).

Cet état des lieux initial avant feu est complété par une approche de l'impact du feu sur la végétation au travers d'une cartographie de la sévérité du feu.

La végétation présente avant le feu et les atteintes causées au peuplement par l'incendie détermine le point de départ de la reconstitution du milieu et de la dynamique végétale à venir.

**La présentation de ces dynamiques de végétation après-feu, largement influencées par les changements climatiques en cours est présentée dans le chapitre « diagnostic adaptations aux changements climatiques » (cf. p154). La prise en compte de ces dynamiques dont les principes sont illustrés précédemment dans le diagnostic paysager constitue l'une des bases des orientations proposées pour la réhabilitation du site incendié**

## Cartographie et typologie des peuplements avant feu

### Méthodologie

L'objectif est de produire une carte des peuplements forestiers à forte résolution spatiale à date de l'incendie. Pour cela nous avons mis en œuvre une méthode développée par Alcina et Pyrénées

Cartographie pour l'utilisation des données satellite SENTINEL 2B pour la cartographie des combustibles forestiers. Cette cartographie est basée sur la classification des images satellite Sentinel de la période Septembre 2020 – Juin 2021, sur la base d'un apprentissage sur des types élémentaires d'occupation du sol. La classification de l'image satellite concerne l'ensemble du territoire et ne se limite pas aux seuls couverts forestiers.

La résolution de la cartographie produite est de l'ordre du 1/10 000<sup>ème</sup>, les pixels (unité minimale de la carte) mesurent 10 x 10 mètres.

La cartographie obtenue par classification des images est validée par un contrôle qualité réalisé sur photo-aérienne (environ 80% de taux de fiabilité) puis par des vérifications sommaires de terrain destinées à identifier des erreurs systématiques.

Ces erreurs sont ensuite corrigées par intégration de données extérieures (données de la BD-Forêt IGN-F pour les châtaigneraies) et par photo-interprétation sur une photo aérienne en infrarouge fausse couleur (IGN 2017). Les principales corrections obtenues par photo-interprétation sont les suivantes :

- Distinction des différents types de formations végétales de la Plaine des Maures,
- Distinction des suberaies et des maquis au sein des formations sclérophylles,
- Amélioration de la distinction de la proportion de résineux dans les mélanges feuillus-résineux.

## Occupations du sol non forestières (12,3% de la surface)

	SURFACE INCENDIÉE (%)	PART DE LA SURFACE TOTALE DU FEU
EAUX LIBRES	14,6	0,2%
SOL NU, URBAIN DENSE	35,9	0,5 %
URBAIN LÂCHE	45	0,7 %
JARDINS	60,2	0,9%
GRANDES CULTURES, PRAIRIES, MILIEUX HERBACÉS, PELOUSE	143,7	2,1%
VIGNES ET VERGERS	321,5	4,7%
FRICHES, MILIEUX ARBUSTIFS EN CONQUÊTE	213,7	3,1%
	835,8	12,3%

## Formations arbustives (65% de la surface)

G0	Maquis clair de la Plaine des Maures	SURFACE	
	Formation arbustive claire, essentiellement sur sols squelettiques du grès permien, laissant apparaître des plages rocheuses. Formation essentiellement herbacée et arbustive basse (lavande stoechas, cistes, bruyère, filaire, ...), ponctuée d'arbustes (chêne liège), éventuellement de jeunes individus de pins.	992 HA	14,6 %
		<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ <i>Plaine des Maures</i></li> <li>▶ <i>Dynamique lente de ces formations sur sol squelettique, pour la plupart issues du feu de 1979</i></li> </ul> <p><b>Feu très peu puissant causant une destruction partielle des végétaux</b></p>	
	<p>La dynamique après feu de ces formations claires issues de perturbations est assez rapide avec un retour à l'état initial en quelques années. Seuls les arbrisseaux y ont une dynamique de retour plus lente. Ces formations sont favorisées par le feu.</p>		

G4	Maquis clair	SURFACE	
Formation arbustive claire sur tout type de sol, plutôt rocheux. La formation est dominée par les arbustes de moins de 1 mètres de hauteur (ciste, lavande, filaire, bruyère) dont le développement est limité par la faible fertilité du sol ou le stade dynamique		782 HA	11,5 %
		<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ <i>Plaine des Maures</i></li> <li>▶ <i>Versants sud</i></li> <li>▶ <i>Dynamique lente de ces formations sur sol pauvres, souvent issues du feu de 1979</i></li> </ul> <p><b>Feu moyennement puissant causant une destruction de la plupart des végétaux mais ayant préservé des parties vertes</b></p>	
<p>La dynamique après feu de ces formations claires issues de perturbations est assez rapide avec un retour à l'état initial en quelques années. Seuls les arbrisseaux y ont une dynamique de retour lente. Ces formations sont favorisées par le feu.</p>			

F0	Maquis haut	SURFACE	
Formation arbustive dense et haute sur sols divers mais non squelettiques. La formation est dominée par les arbustes de plus de 1 mètres de hauteur (bruyère, filaire, arbusier, pistachier, ...), pouvant atteindre 3 à 4 mètres de hauteur. Le maquis haut peut comprendre une certaine proportion d'arbres (chênes verts, chêne liège, pins) de diamètre modéré. Les formations denses de chêne vert peuvent être comprises dans ce type.		1 169 HA	17,2 %
		<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ <i>Versants sud</i></li> <li>▶ <i>Versant nord</i></li> <li>▶ <i>Plaine des Maures</i></li> <li>▶ <i>Dynamique assez rapide de ces formations souvent liées à un passage de feu en 1979 ou 2003</i></li> </ul> <p><b>Le feu est très puissant et destructeur dans ces formations dont il ne reste souvent plus rien, même les souches ayant brûlé parfois.</b></p>	
<p>La dynamique après feu de ces formations denses est assez rapide. Sa croissance pour revenir à un état initial prends 15 à 20 ans. Le retour vers la composition initiale en espèce dépend de l'intensité du feu et de sa récurrence. Les fortes récurrences peuvent induire un blocage au maquis bas.</p>			

<b>F0S</b>	<b>Maquis haut à chêne liège</b>	SURFACE	
	<p>Maquis hauts tels que décrits ci-dessus dans lesquels apparaissent des chênes lièges formant des houppiers significatifs visibles sur photo-aérienne. Ces suberaies claires enmaquisées ont un potentiel variable au regard de production de chêne liège et une densité faible de chêne liège (moins de 100 à 200 tiges/ha).</p>	514 HA	7,6 %
		<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ <i>Versants sud à proximité de Grimaud-Cogolin</i></li> <li>▶ <i>Versant nord en pied de versant</i></li> <li>▶ <i>Dynamique assez rapide de ces formations souvent liées à un passage de feu en 1979 ou 2003</i></li> </ul> <p><b>Le feu est très puissant et destructeur dans ces formations dont il ne reste souvent plus que les chênes-lièges.</b></p>	
<p>La dynamique après feu de ces formations denses est assez rapide. Sa croissance pour revenir à un état initial prends 15 à 20 ans. La plupart des chênes-lièges présentent des repousses (parfois absentes sur certains versants sud ou crêtes).</p>			

<b>G6</b>	<b>Maquis boisés</b>	SURFACE	
	<p>Maquis hauts tels que décrits ci-dessus dans lesquels apparaissent des chênes lièges ou d'autres essences arborées (chêne pubescent, pins). Sur le versant sud, il s'agit essentiellement de suberaies claires enmaquisées dont le potentiel de production de chêne liège est variable mais la densité de tiges est faible. Sur le versant nord, il s'agit de suberaies claires localement mêlées de chêne blanc. Dans la Plaine des Maures, il s'agit plutôt de maquis boisés de pin maritime.</p>	1 007 HA	14,8 %
		<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ <i>Versants sud</i></li> <li>▶ <i>Versant nord</i></li> <li>▶ <i>Plaine des Maures</i></li> <li>▶ <i>Dynamique assez rapide de ces formations souvent liées à un passage de feu en 1979 ou 2003</i></li> </ul> <p><b>Le feu est très puissant et destructeur dans ces formations dont il ne reste souvent plus que les chênes-lièges.</b></p>	
<p>La dynamique après feu de ces formations denses est assez rapide. Sa croissance pour revenir à un état initial prends 15 à 20 ans. Le retour vers la composition initiale en espèce dépend de l'intensité du feu et de sa récurrence. Les fortes récurrences peuvent induire un blocage au maquis bas.</p>			

<b>F0S</b>	<b>Suberaies</b>	SURFACE	
<p>Maquis hauts ou moyens dans lesquels apparaissent des chênes lièges formant des houppiers significatifs visibles sur photo-aérienne. Ces suberaies de densité variable ont un potentiel variable au regard de production de chêne liège et une densité faible à moyenne de chêne liège.</p>		514 HA	7,6%
		<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ <i>Versants sud à proximité de Grimaud-Cogolin</i></li> <li>▶ <i>Versant nord en pied de versant</i></li> <li>▶ <i>Dynamique assez rapide de ces formations souvent liées à un passage de feu en 1979 ou 2003</i></li> </ul> <p>Suberaies susceptible de faire l'objet de levées de liège (souvent liège mâle)</p>	

La dynamique après feu de ces formations denses est assez rapide. Sa croissance pour revenir à un état initial prends 15 à 20 ans. La plupart des chênes-lièges présentent des repousses (parfois absentes sur certains versants sud ou crêtes).

<b>F2</b>	<b>Chênaies blanches</b>	SURFACE	
<p>Formation boisées denses dominées par les feuillus à feuilles caduques (chêne pubescent, châtaignier), souvent mélangées de chêne liège et de résineux. Ces formations sont souvent caractérisées par un maquis moyen (bruyère, filaire, arbousier) en sous-étage.</p>		212 HA	3,1 %
		<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ <i>Versant nord</i></li> <li>▶ <i>Ubacs sur le versant sud</i></li> <li>▶ <i>Vallons dans la Plaine</i></li> <li>▶ <i>Stade de maturité assez élevé de l'écosystème forestier. Zones souvent évitées par le feu, probablement épargnées en 1979 et 2003.</i></li> </ul> <p>Le feu a souvent été peu puissant dans ces formations se traduisant par un passage en sous-étage ou un évitement.</p>	

La dynamique après feu de ces formations est rapide quand elles n'ont été touchées que par un feu de surface ayant un effet de débroussaillage. Quand elles ont été incendiées, en revanche, le temps de retour est très long, la dynamique étant plus favorable au maquis qu'aux espèces caducifoliées.

<b>F21</b>	<b>Châtaigneraies</b>	SURFACE	
Formation boisées issues de la culture de la châtaigne en vergers plus ou moins entretenus. Certaines châtaigneraies sont débroussaillées. D'autres, moins accessibles sont ensauvagées et présentent un sous-étage arbustif parfois dense et la présence d'autres arbres (chênes, pins).		43,5 HA	0,6 %
		<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ <i>Versant nord</i></li> <li>▶ <i>Zones cultivées, présence du châtaignier liée à la culture. Zones souvent évitées par le feu, probablement épargnées en 1979 et 2003.</i></li> </ul> <p>Les châtaigneraies accessibles sont globalement entretenues pour la production de châtaignes.</p>	
Nombreux problèmes phytosanitaires. Les châtaigneraies ont constitué des zones d'arrêt du feu.			

<b>F3</b>	<b>Ripisylves</b>	SURFACE	
Formation boisées denses liées aux bordures de cours d'eau, caractérisées par des essences spécifiques : peuplier, saule, frêne.		78,6 HA	1,2 %
		<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ <i>Plaine des Maures</i></li> <li>▶ <i>Versant sud le long de la Giscle</i></li> <li>▶ <i>Liées au régime des eaux</i></li> </ul> <p>Les destructions dans les ripisylves sont faibles, souvent limitées aux étages arbustifs.</p>	
(Empty row)			

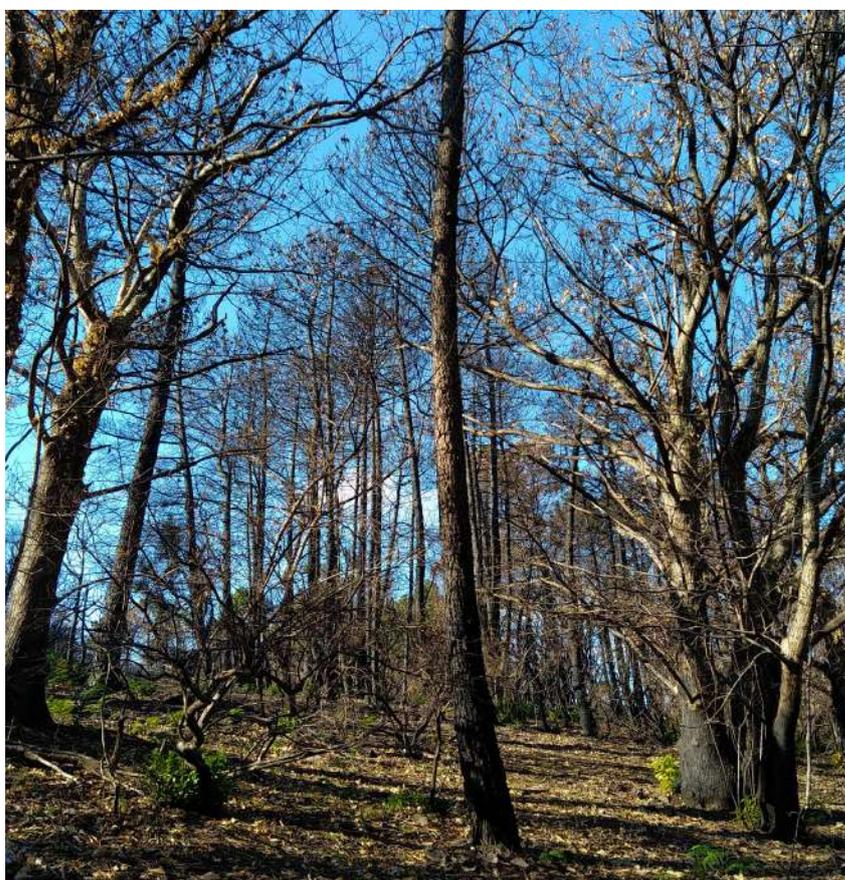
## M10A Mélanges feuillus - résineux

SURFACE

Formations boisées denses constituées d'un mélange entre les feuillus (chênes blancs, chênes verts, châtaigniers) et les résineux (pin maritime essentiellement). Il s'agit essentiellement de peuplements adultes (plus de 60 ans) avec une structure verticale étagée et un sous-étage moyennement développé mais constitué des essences du maquis (filaire, bruyère). Dans ce cas-là, les hauteurs des pins peuvent atteindre 20 mètres et les diamètres moyen 30 à 40 cm. Certains de ces peuplements mélangés sont plus jeunes (40 ans) et le mélange est assuré par des arbres de 10 à 20 cm de diamètre.

688 HA

10,1 %



- ▶ *Versant nord : bas de versant*
- ▶ *Versant sud au sud de la Giscle*

Ces formations mélangées sont liées à une maturation des formations forestières, généralement présentes dans des zones non touchées par les feux

Ces mélanges sont en plutôt en bon état malgré les problèmes phytosanitaires du pin maritime, du châtaignier et du chêne-liège.

Les mélanges de résineux et feuillus ont souvent occasionné des intensités modérées et une combustion limitée au sous-étage. Ils sont souvent « roussis ».

Enjeux de production de bois et services écosystémiques (fixations de CO<sub>2</sub>, eau, sols, ...)

La dynamique végétale après-feu est favorable à la régénération des résineux plus qu'au maintien du mélange résineux-feuillus mais des repousses de châtaignier et de chêne sont observées dans l'hiver 2021-2022. Les peuplements mélangés peuvent faire l'objet d'une valorisation des bois résineux (bois d'industrie-énergie) et des feuillus (bois de feu). Une valorisation des bois brûlés est envisageable dans les peuplements les plus denses et dans les situations où le chêne liège n'est pas dominant.

**R10A Futaies de pins**

SURFACE

Formations boisées denses dominées par les pins (pin d'Alep et pin maritime). Les futaies de pin sont essentiellement des futaies de pin maritime, localement des futaies de pin d'Alep à l'ouest de la zone incendiée au niveau du départ de feu. Il s'agit de futaies adultes issues de régénération naturelle, de futaies jeunes issues de régénération suite au feu de 1979 mais aussi de reboisements ayant été réalisés suite à cet incendie.

191 HA

2,8 %



- ▶ *Plaine des Maures, secteur des Mayons*
- ▶ *Versant nord : secteur de la Niolle*
- ▶ *Versant sud : rares*

Ces futaies sont liées à des reboisements anciens ou des régénérations acquises après le feu de 1979

Production de bois d'industrie et bois énergie, part bois d'œuvre très faible

Etat sanitaire correct malgré la présence de pyrale et matsuccocus sur pin maritime

Les peuplements adultes de pin dense ont souvent été parcouru par un feu de surface moyennement puissant.

Les peuplements jeunes sont souvent totalement incendiés

Ces peuplements peuvent faire l'objet de coupes de valorisation des bois brûlés. Les pins d'Alep dont plus de 40% du houppier est roussi ou les pins maritimes dont plus de 75% du houppier est roussi ont une probabilité de mortalité >50% entre 2 et 4 ans.

Des densités initiales de pin importantes permettent de disposer d'un stock de graine ouvrant la possibilité d'une régénération naturelle du pin, notamment dans les pinèdes à pin d'Alep sur la zone de départ de feu. La concurrence avec la repousse du maquis peut cependant empêcher cette forme de régénération.

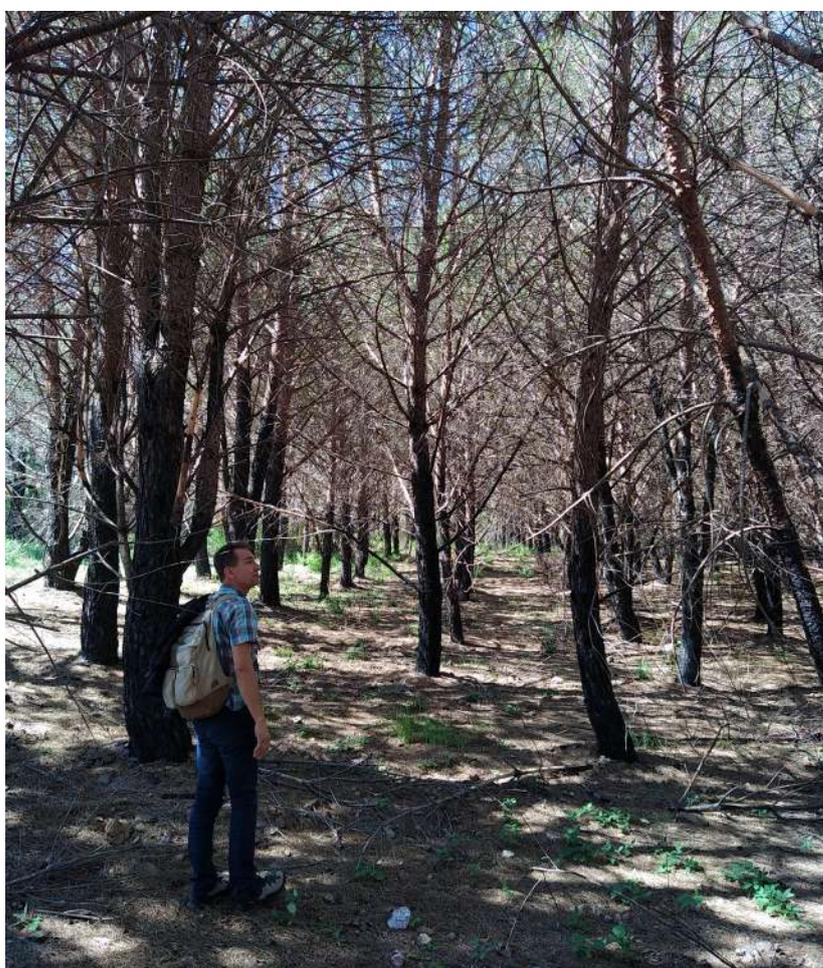
## R12 Reboisements résineux

SURFACE

Reboisements de pins pignons essentiellement réalisés après le feu de 1979. Densité forte (>500 t/ha) et hauteur médiocre (8 à 12 mètres) pour un diamètre moyen modéré (autour de 20 cm).

71 HA

1 %



- ▶ *Plaine des Maures*
- ▶ *Ces futaies sont liées à des reboisements après le feu de 1979*

Reboisements réalisés dans un objectif de reconstitution du couvert boisé

Le milieu créé par les reboisements de pin pignon est écologiquement différent du matorral à pin pignon caractéristique de la plaine des Maures.

Le feu a eu une intensité modérée dans ces reboisements denses à sous-étage peu développé. Malgré cette intensité modérée, les arbres, bas et de faible diamètre, sont morts.

Ces peuplements peuvent faire l'objet de coupes de valorisation des bois brûlés. Dans le contexte d'enjeu environnemental et paysagers forts dans la Plaine des Maures, la reconstitution à l'identique de ces peuplements n'est pas désirable. Une reconstitution permettant une trajectoire vers le matorral à pin pignon est à étudier.

R13 Futaies de pin pignon	SURFACE	
<p>On distingue au sein de ces futaies de pin pignon :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- des futaies denses adultes (400 à 1000 tiges/ha pour 12 à 16 mètres de hauteur) sur sols profonds, présentant une dynamique forestière avec un sous-étage ponctué de feuillus (chêne liège, arbousier). Cette variante couvre environ 35 ha</li> <li>- un matorral à pin pignon, formation de maquis bas sur sol rocheux ou peu épais, ponctué de pins pignons représentant 50 à 250 arbres par hectare, d'une hauteur moyenne d'environ 12 mètres, quelques rares chêne liège et jeunes pins sont présents en sous-étage. Cette variante couvre 180 ha sur la zone incendiée.</li> </ul>	214 HA	3,1 %
	<p>► <i>Plaine des Maures</i></p> <p>Les usages du bois de pin pignon sont essentiellement liés au bois d'industrie et bois-énergie. La proportion de bois de qualité bois d'œuvre est faible et l'essence est rarement valorisée en sciage</p> <p>Etat sanitaire correct des peuplements. Cette formation est un habitat typique de la Plaine des Maures</p> <p>Le feu a eu une intensité modérée dans ces pinèdes assez claires dominant des maquis bas sur sols peu épais dans lesquels le feu a une intensité modérée. Pourtant la plupart des pins touchés sont morts.</p>	

Ces peuplements peuvent faire l'objet de coupes de valorisation des bois brûlés. Les arbres dont plus de 90% du houppier est roussi ont une probabilité de mortalité >50% entre 2 et 4 ans.<sup>13</sup>

Dans le contexte d'enjeu environnemental et paysagers forts dans la Plaine des Maures, une reconstitution permettant une trajectoire vers le matorral à pin pignon est à étudier.

<sup>13</sup> - F. Pimont, E. Rigolot, Y. Duché, Les effets du passage d'un feu dans un peuplement arboré, Synthèse des connaissances et applications pour le gestionnaire forestier méditerranéen, Forêt méditerranéenne t. XXXV, n° 1, mars 2014

# Occupation du sol avant feu

## Zone d'étude

Nous avons défini une zone d'étude excluant prenant une enveloppe un peu plus large que celle du feu (en se plaçant sur les crêtes ou fond de vallon les plus proches) de manière à disposer d'une vision du territoire initial complète. Les données chiffrées correspondent aux strictes limites du feu.

 Contour du feu

Occupation du sol

 Grandes cultures, prairies, milieux herbacés

 Vignes

 Vergers

 Eaux libres

 Sol nu

 Parc photovoltaïque

 Urbain dense

 Urbain lâche

 Jardins

 Pelouses

 Friches

 Boisements clairs sur roche

 Maquis clairs

 Maquis boisé

 Maquis haut

 Suberaies

 Feuillus à feuilles caduques

 Châtaigneraies

 Ripisylves

 Mimosa

 Pinédes

 Reboisements résineux

 Pins pignons

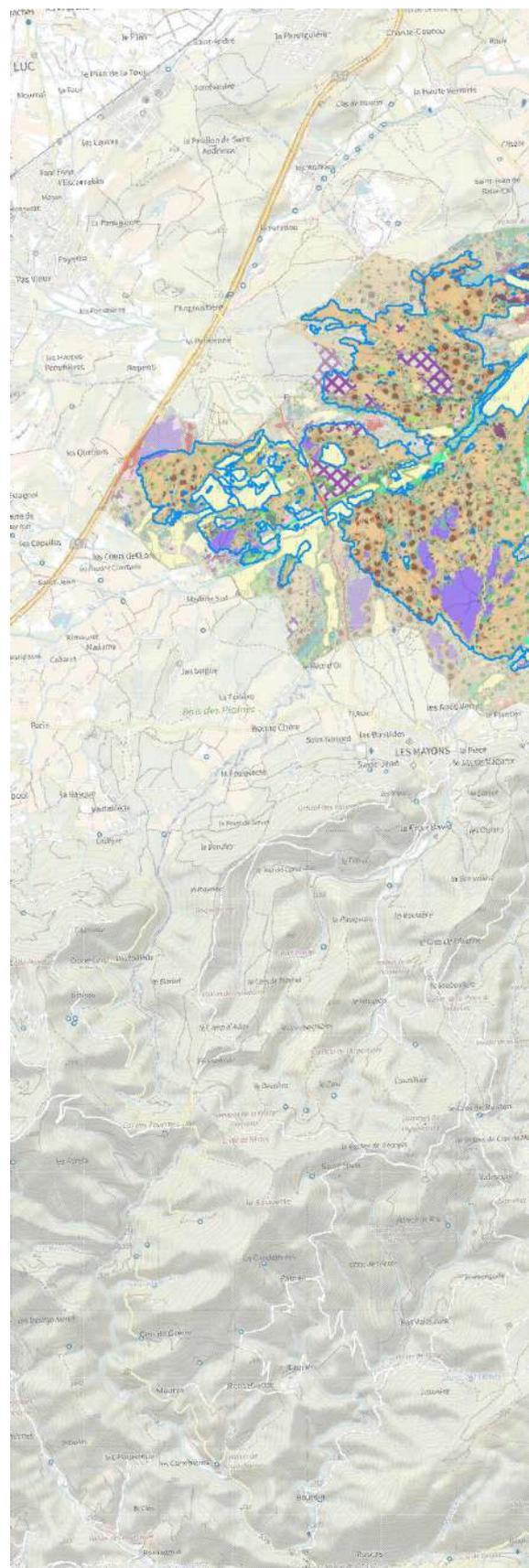
 Mélanges résineux dominants

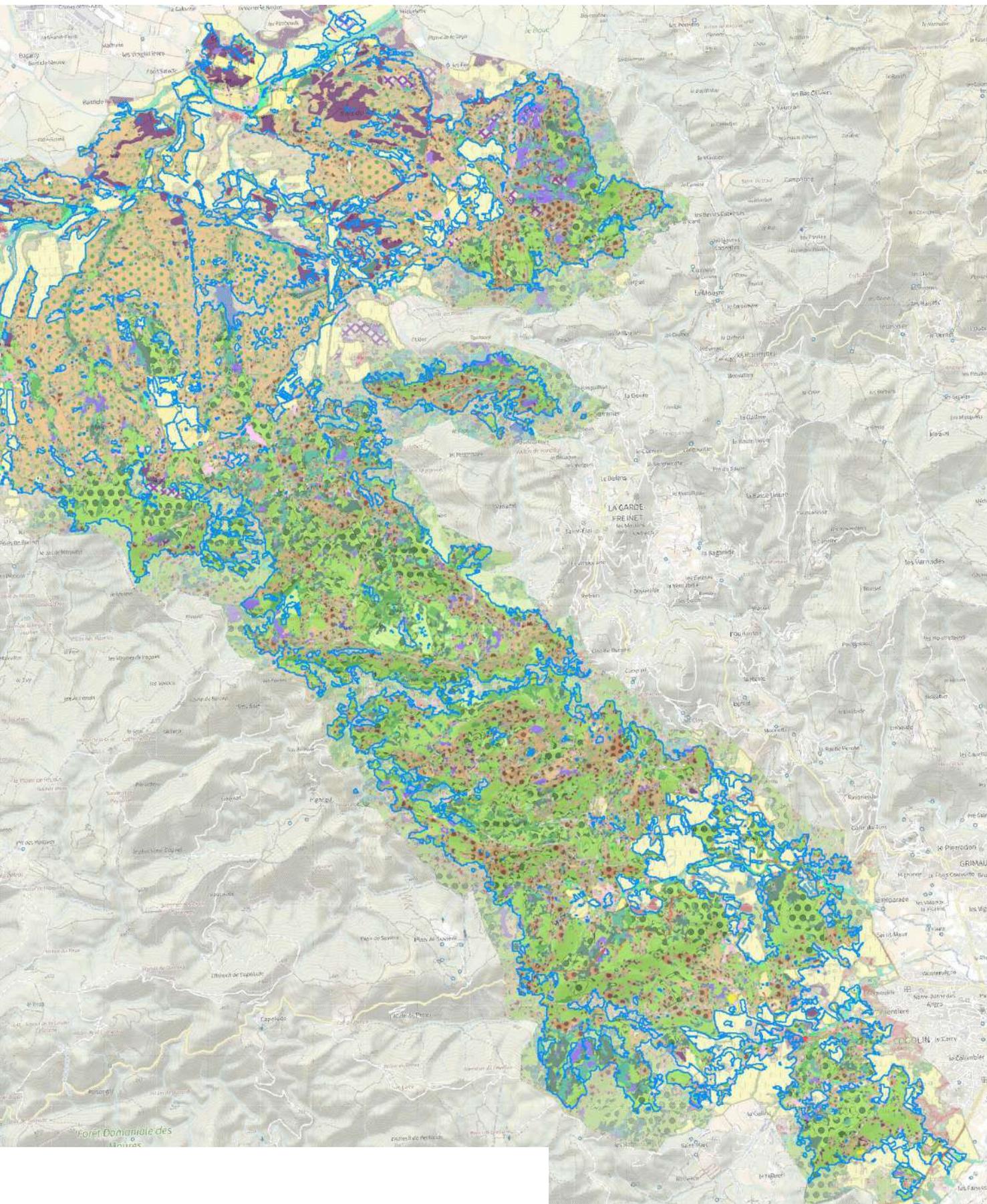
 Mélanges feuillus dominants

0 1 2 km



Réalisé sous QGIS 2.18.28  
Source : XXXX  
Date : 2022-01-27



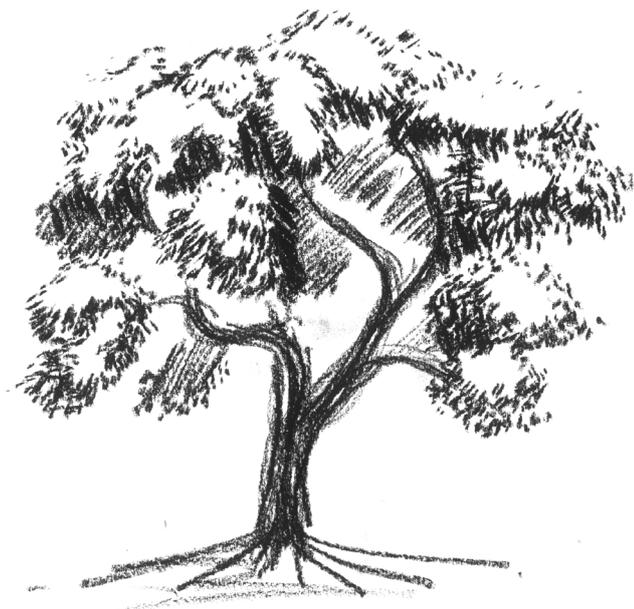


Réhabilitation post-feu du 16/08/2021 - Occupation du sol avant feu ©Alcina Forêts & PyrénéesCartographie

# Zoom sur le chêne liège

*Quercus suber L.*

*Le chêne liège est une essence zonale : elle occupe tous les milieux au sein de son étage de végétation, depuis les bords de rivière jusqu'aux rochers escarpés*



Croquis *Quercus suber* ©SAFRAN

## Autécologie

Il ne s'agit pas d'une essence climacique ; le chêne liège a été favorisé par l'homme pour la production de liège (archéophyte) et sans cette action, il ne pourrait constituer un stade d'évolution stable de la forêt. Essence de lumière (sauf au stade de la régénération), le chêne liège ne supporte pas la concurrence du maquis ni des autres essences (chêne vert, chêne pubescent).

Les forêts méditerranéennes de chêne-liège, ou suberaies, sont inféodées aux roches cristallines et métamorphiques dépourvues de calcaires de l'arc méditerranéen. L'aire de répartition mondiale des suberaies est inégale et disjointe du fait que ces forêts soient inféodées aux substrats non calcaires : elles se trouvent principalement au sein de la péninsule ibérique, dans le nord des pays du Maghreb et sur les grandes îles méditerranéennes de la partie occidentale de la Méditerranée. En France, ces forêts sont essentiellement présentes au sein de quelques massifs de Provence (Maures et estérel), des Pyrénées-Orientales, de la façade Orientale et du sud de la Corse. Elles sont toujours proches du littoral et caractéristiques de l'étage thermoméditerranéen et de la partie inférieure de l'étage mésoméditerranéen.<sup>14</sup>



Reprise d'une suberaie brûlée, en bouquet depuis les bourgeons épiconiques située à l'extrémité des branches - ©SAFRAN

14- UICN - Extrait "Suberaies méditerranéennes" ; p.75, in Liste rouge des écosystème en France : Les forêts méditerranéennes de France métropolitaine | Rapport technique, 2018

## Etat initial et impact du feu

Arbre emblématique du massif des Maures, le chêne liège est présent principalement sous les formations végétales suivantes :

- *Maquis à chêne liège*
- *Mélange de feuillus (chêne liège / chêne pubescent principalement)*
- *Mélange Feuillus / Résineux (mélange chêne liège / chêne pubescent / pin maritime)*
- *Suberaies*

La suberaie représente un écosystème rare et original, d'intérêt communautaire dans la directive Habitats. Elle constitue un espace multifonctionnel : grâce à son feuillage clair et à une flore associée, elle favorise le pastoralisme. Elle est remarquable pour la spécificité des paysages et peut être considérée comme patrimoine local.

Sur le territoire incendié, les densités et classes d'âges rencontrées sont très variables. Les suberaies représentent environ 550ha, répartis de la façon suivante:

- *Plaine des Maures : 5%*
- *Piémont nord : 39%*
- *Piémont sud : 32%*
- *Plaine de Cogolin/La Môle : 24%*

### Plaine des Maures

Les suberaies sont présentes sur les stations fraîches, aux abords des vallons et dépressions. Autrement, le chêne liège accompagne les matorrals de pin pignon. Initialement dans un état sanitaire précaire (faible profondeur des sols, stations xérophiles), une

mortalité parmi les chênes est à prévoir au cours des cinq années post-incendie.

### Piémont nord

Les suberaies adultes les plus denses (400t à 600t/ha) et les plus productives se situent aux abords de la RD75 (Les JAUDELIERES) jusqu'aux premières croupes et plateaux avant les crêtes de la Garde Freinet.

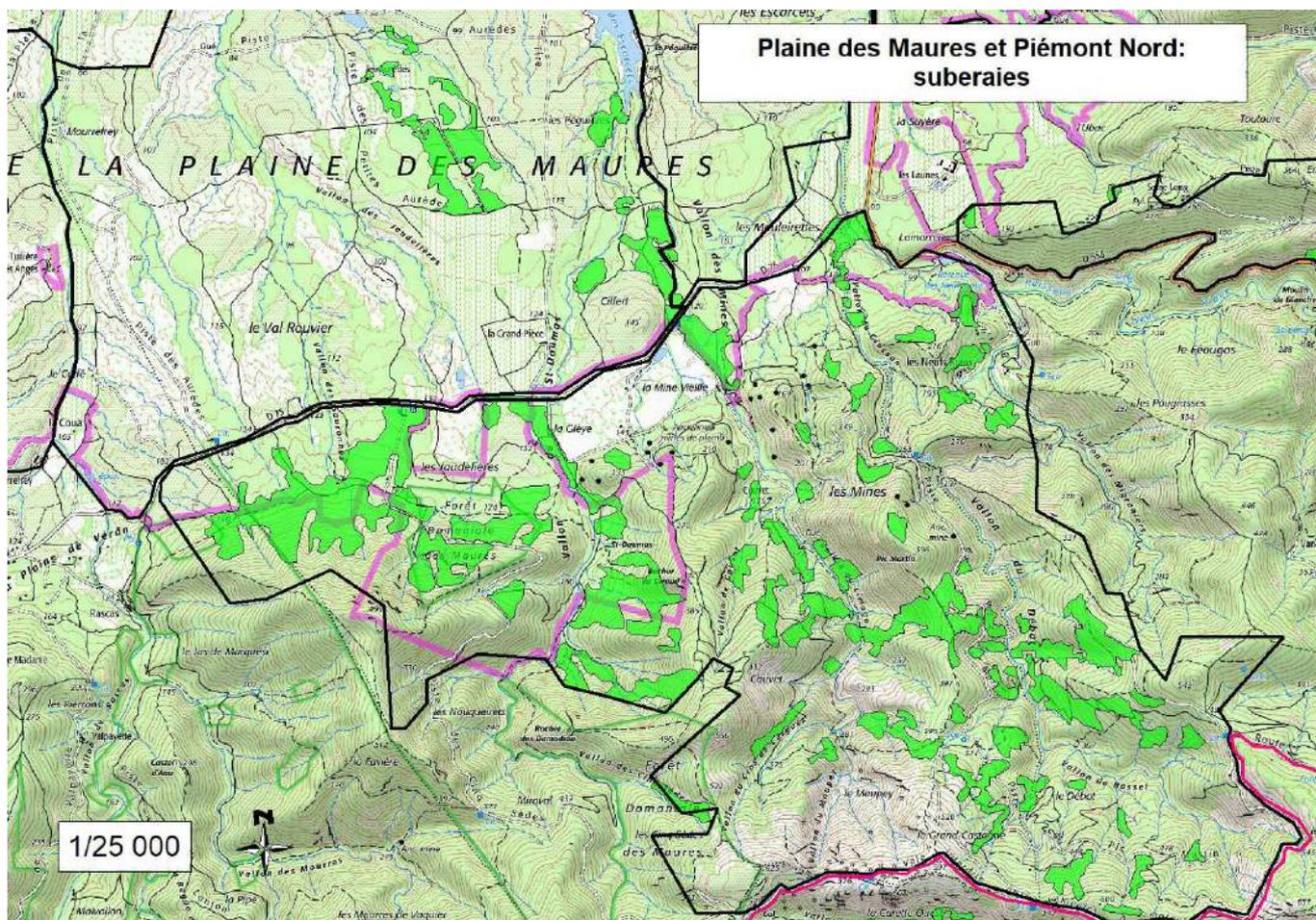
Il peut s'agir de suberaies pures (le chêne liège représente plus de 70% de l'étage arboré) ou en mélange avec du chêne pubescent, voire du châtaignier.

Les plus belles formations sont situées aux abords des vallons très encaissés qui parcourent longitudinalement le piémont.

Malgré le caractère irrégulier de ces suberaies (deux voire trois classes d'âge présentes), l'absence de régénération naturelle représente la principale problématique pour ces formations souvent vieillissantes.

L'impact du feu est très hétérogène, mais une bonne reprise des chênes est attendue, même si une mortalité de certains individus est déjà en cours (sujets initialement dans un faible état sanitaire).

En revanche, sur les zones pentues ayant déjà subi trois à quatre incendies au cours des soixante dernières années, les suberaies, initialement claires avant le dernier feu, laisseront probablement place à des formations à maquis arboré.



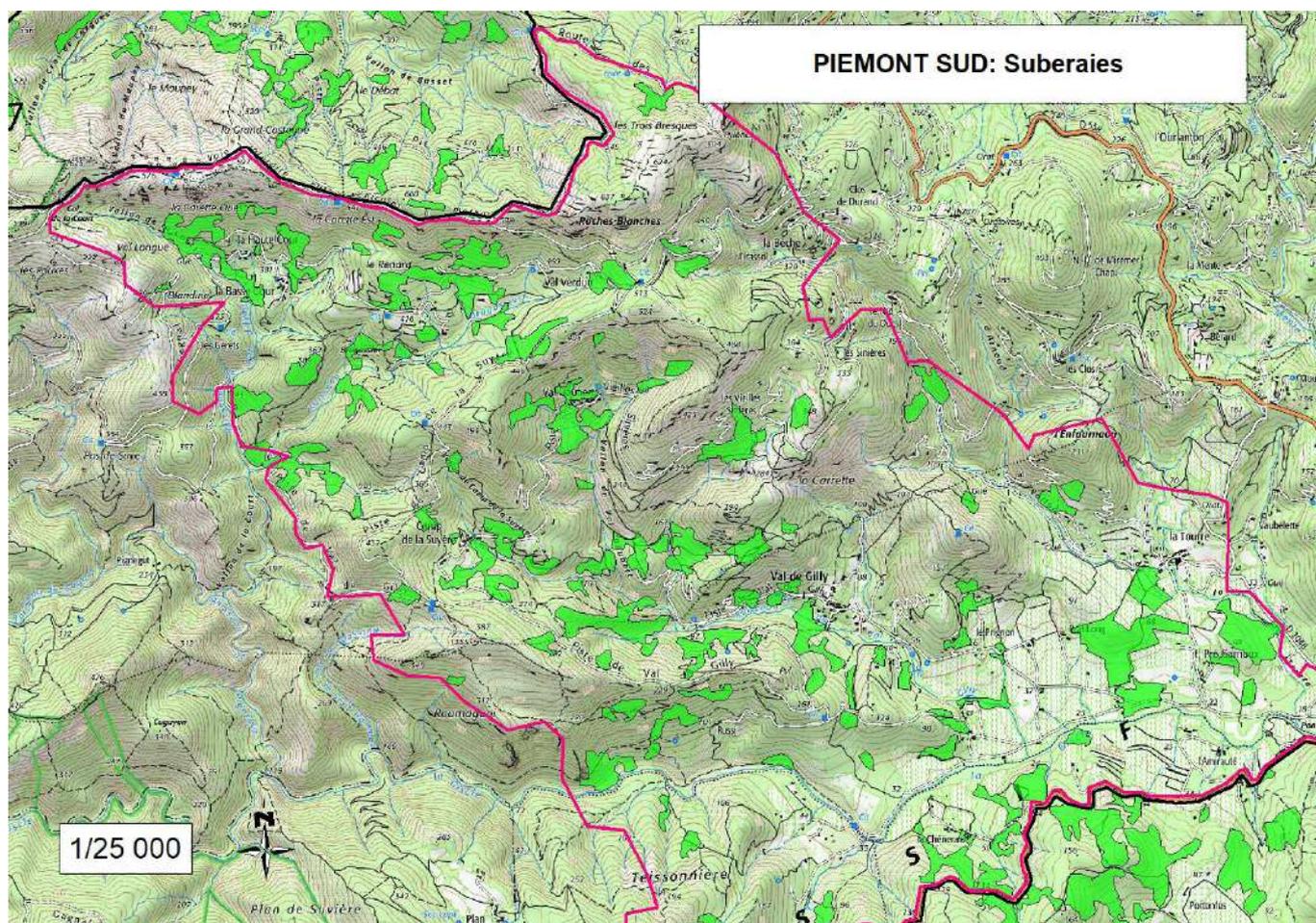
## Piémont sud

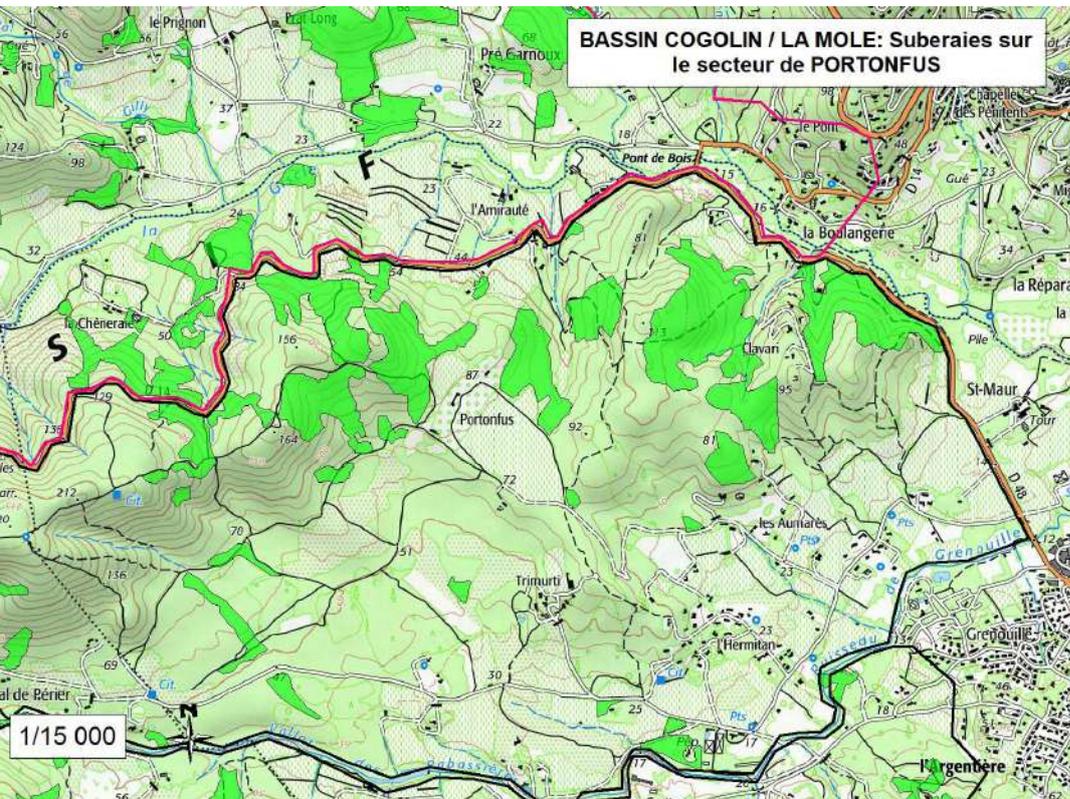
Les suberaies sont en général à faible densité (<200t/ha), plus ou moins en mélange avec le chêne pubescent ou le pin maritime. Elles sont localisées à proximité des vallons et hameaux (La Court, Val d'Aubert, Camp de Suyère, Vieilles Sinières). Ces suberaies adultes (diamètres moyens autour de 25/30cm) sont plus régulières que celles du versant nord (une seule classe d'âge).

Le niveau d'impact du feu sur ces poches est assez faible (niveau roussi), excepté sur la zone comprise entre les hameaux du Camp de la Suyère et celui du Val de Gilly où le niveau d'impact correspond à des suberaies calcinées. Une reprise du houppier est déjà constatée au printemps 2022, tout comme une mortalité chez les sujets les plus âgés.

Sur les pentes, le chêne liège se retrouve au sein de formation à maquis (maquis bas, maquis haut, maquis arboré), dans un faible état sanitaire sur les zones déjà parcourues par trois à quatre

incendies.





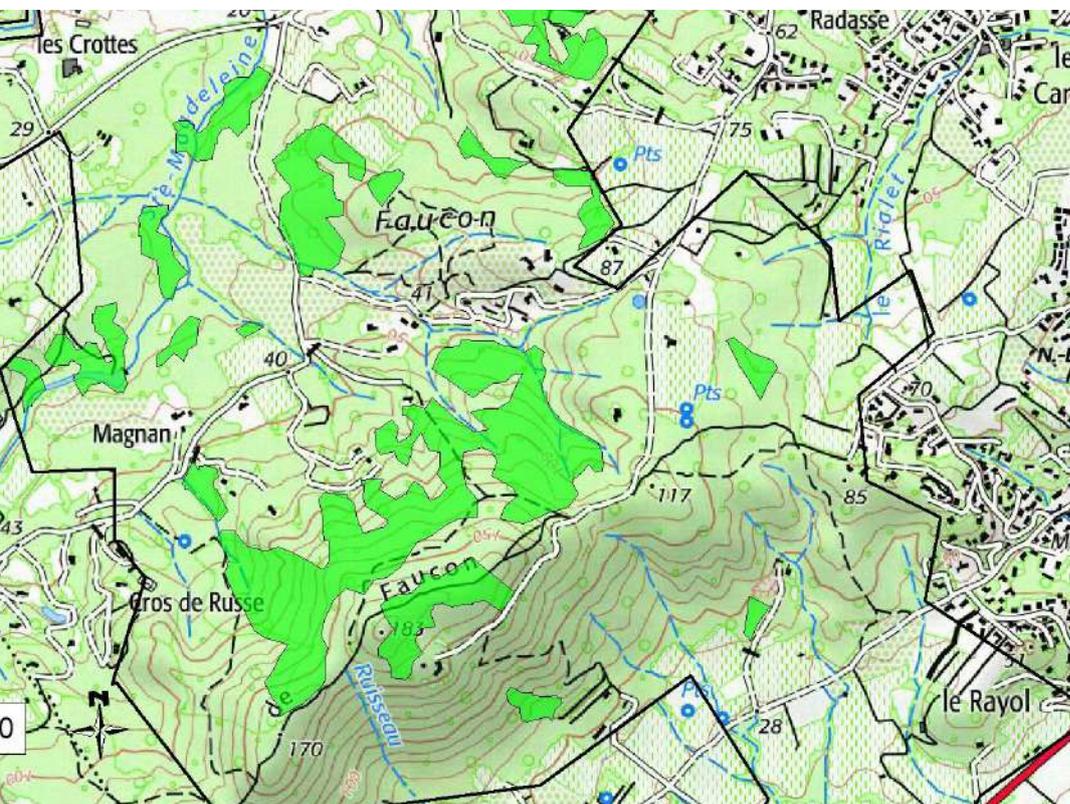
### Bassin Cogolin/La Môle

La majeure partie des suberaies sont situées sur le plateau de PORTONFUS, compris entre la RD14 et le vallon du Val de Périer ou sur celui de FAUCON.

Dans le premier cas, il s'agit majoritairement de jeunes suberaies (diamètre moyen autour de 15/20cm), avec une densité voisine de 150/200 tiges/ha, déjà incendiée en 2003. Avant le feu de Gonfaron, l'état sanitaire était globalement satisfaisant sur le versant nord du plateau. Une forte mortalité est déjà constatée, surtout sur le versant sud, les chênes ayant été de nouveau calcinés ; il est probable que ces suberaies deviennent des maquis arborés à chêne liège (voire maquis bas à chêne liège sur le versant sud).

Sur le secteur de Faucon, il s'agit de suberaies adultes parfois pures et denses ou en mélange avec du chêne pubescent et du pin maritime. Cette zone n'avait pas été parcourue par l'incendie de 2003.

Le niveau d'impact constaté est « brûlé/roussi » en versant nord, et majoritairement calciné en versant sud. Ces suberaies étaient en production. Elles présentaient initialement un net déficit de régénération.





Redémarrage d'un chêne liège adulte huit mois après l'incendie ©EGA



Bosquet de jeunes chênes liège issus de recépage en 1992 ©EGA

## Les travaux de rénovation

Les retours d'expérience issus des feux de 1990, 2003 et , dans une moindre mesure de 2017, montrent que la mortalité des chênes, après le passage d'un incendie, dépend de plusieurs facteurs :

- *L'état sanitaire initial ;*
- *La répétition des incendies subis dans des délais < 20ans ;*
- *L'intensité du feu (exposition, maquis en sous-étage...)* ;
- *L'existence d'une exploitation récente du liège (3 à 5ans avant le passage de l'incendie).*

Si, dans la majeure partie des cas, on peut constater des repousses du houppier dès la première année suivante, une mortalité se poursuit au cours des 3 à 5 années post-incendie, sur des sujets qui pourtant semblaient redémarrer : les précipitations estivales et l'hygrométrie jouant alors un rôle prépondérant.

### **Il est donc prudent de ne pas se précipiter et...d'attendre avant d'intervenir en suberaie.**

Avant toute intervention, il sera nécessaire d'identifier préalablement la potentialité de la station et la vigueur du peuplement, les travaux de rénovation pouvant induire des coûts importants.

Après un incendie, ces travaux viseront avant tout à faciliter l'apparition d'une régénération naturelle et accélérer sa croissance. Plusieurs techniques ont été testées : le recépage (rejets de souche), les semis de glands, la plantation, le drageonnage. Cette dernière technique offre de très bons résultats et permet aux rejets de s'affranchir du sujet mère en créant leur propre système racinaire.

En revanche, elle nécessite le plus souvent un griffage du sol pour permettre l'apparition des rejets à partir des racines de l'arbre adulte ; elle est donc à proscrire sur des zones pentues ou sur des sols initialement absents ou déstructurés. Elle peut être envisagée, selon les enjeux de biodiversité présents, sur des zones peu pentues (pente < 15%), trois à cinq années après le passage du feu.

Le recépage des chênes morts constitue la technique la plus utilisée et la plus facile à mettre en œuvre ; elle a pour principal inconvénient de ne pas permettre au rejet de s'affranchir de la souche, et donc d'être soumis aux mêmes attaques parasitaires que le sujet mère. Après la coupe raz de souche, un dépressage dans les cépées sera à réaliser les années suivantes (5/7 ans), permettant de sélectionner les rejets de souche d'avenir (environ 3 brins par souche au départ puis un seul par la suite). Lorsque ces rejets auront une hauteur moyenne de 1.5 à 2m, une taille de formation est conseillée pour favoriser l'apparition d'une « charpente » dans le houppier en sélectionnant 3 à 4 branches maîtresses.

**Les semis de glands donnent des résultats très aléatoire : la faculté germinative (levée de dormance) des glands dépend étroitement de leur qualité mais également des conditions de leur conservation (lumière température, humidité). Surtout, elle dépend de la présence des sangliers qui peuvent retourner toute une zone pour se nourrir des glands. Il est conseillé de réaliser des semis les années à forte glandée afin de réduire un minimum ce risque...**



Jeune chêne liège issu de plantation en 1992 ©EGA

Les plantations déjà réalisées (ASLGFSV) ont donné des résultats très variables également. Un phénomène de « plagiotropisme » a souvent été constaté, avec également un abroustissement du bourgeon terminal par le gibier.



Plantation de chêne liège domaine de La Scie réalisée par l'ASLGFSV ©EGA

Quelles que soient les techniques retenues, il est conseillé de réaliser préalablement un Débroussaillage sélectif qui favorise l'installation et le développement de la régénération, surtout celle issue de semis ou de plants. Ce Débroussaillage ne doit cependant pas être en plein, la régénération du chêne liège n'appréciant pas d'être en pleine lumière à son jeune âge. Un gainage du maquis permet également de conserver une micro-hygrométrie autour du semis.

Une mise en lumière pourra se faire progressivement lorsque la régénération aura atteint 1,50 à 2 m de hauteur. Le sylvopastoralisme sur des zones en régénération n'est pas conseillé pour les premières années. Il devra se faire au départ par le biais de parcours pastoraux (pas de parquage), de préférence en automne/hiver, avant que la croissance ne reprenne (les nouvelles pousses deviennent alors appétente).

La densité de la régénération visera à :

- ▶ *Rajeunir les suberaies et obtenir des peuplements irréguliers (3 classes d'âge minimum). Ce type de peuplements demandera ensuite une continuité et un traitement individuel des sujets.*
- ▶ *Obtenir un couvert assez fort de la strate arborée, (taux de couvert > 60%) permettant de réduire la repousse du maquis et favoriser l'implantation d'une strate herbacée accompagnée de son cortège floristique.*

Le suivi des travaux de rénovation sera indispensable, avec à minima le Débroussaillage du pied des arbres. La levée du liège brûlé devra absolument attendre que l'ensemble du houppier se soit reconstitué, et en réduisant la hauteur de levage pour ne pas affaiblir le chêne ; un délai d'une dizaine d'années après l'incendie sera nécessaire.

## Zoom sur le Châtaignier

*Castanea sativa* Mill.



Croquis *Castanea sativa* ©SAFRAN

### Autécologie

Le Châtaignier est une essence forestière méditerranéenne mais non indigène en France, où elle a été introduite et cultivée depuis l'époque romaine. Le Châtaignier est ainsi une essence dite archéophyte (introduite avant 1500). L'espèce serait cependant bien spontanée en Corse, ainsi qu'au sein de quelques stations de Provence siliceuse (secteurs frais des massifs des Maures et de l'estérel), des Cévennes et des Pyrénées-Orientales (Rameau et al., 2008).

Les peuplements de l'écorégion méditerranéenne française structurés autour du Châtaignier ne résultent donc pas de la dynamique spontanée de la végétation. Ils représentent des faciès forestiers d'origine anthropique dont la composition floristique se rattache aux différents types de végétation auxquels ces peuplements se sont substitués. Les communautés végétales qui se trouvent au sein des châtaigneraies méditerranéennes ne correspondent pas à un type particulier mais se rattachent aux différentes alliances des types de végétations méditerranéennes : *Quercion ilicis*, *Quercion pubescentis-sessiliflorae* et *Carpinion orientalis*, *Quercion roboris* et même *Luzulo luzuloidis-Fagion sylvaticae*.



Châtaigneraies de la route des Crêtes, la Garde Freinet (tourné de terrain du Groupe de Travail n°1) : l'incendie semble avoir contourné les châtaigneraies en passant par les peuplements de pins maritimes. Le point de flétrissement et de pyrolyse a pu être retardé dans les plantations de châtaigniers, avec un sous bois plus frais, et avec une discontinuité du combustible entre le sol et les houppiers. Dans ce laps de temps, le feu avait progressé vers la crête - ©SAFRAN

15- UICN - Extrait "Châtaigneraies méditerranéennes"; p.92, in Liste rouge des écosystème en France : Les forêts méditerranéennes de France métropolitaine | Rapport technique, 2018

*Un certain nombre d'espèces animales sont inféodées aux forêts anciennes ou matures. Ainsi, le Pique-prune (*Osmoderma eremita*) est principalement inféodé aux châtaigneraies anciennes, tandis que certains coléoptères saproxyliques rares dépendent des gros châtaigniers cariés (*Gnorimus variabilis*, *Osmoderma eremita*). Les cavités des vieux châtaigniers hébergent également plusieurs espèces de chauves-souris (*Nyctalus noctula*, *Nyctalis leisleri*) - Vincent, 2009.*

La châtaigneraie représente avec la suberaie un deuxième habitat forestier d'intérêt communautaire au niveau européen, retenu pour ses valeurs ethnologiques, historiques et paysagères plutôt que naturelles. Seuls les peuplements de châtaigniers supraméditerranéens et subméditerranéens sont protégés au titre de la Directive « Habitats-Faune-Flore ».

Sur sols acide, le Châtaignier (*Castanea sativa* Mill.) partage les mêmes exigences écologiques que le chêne pubescent (*Quercus pubescens* Willd.). C'est une essence de lumière, ou de demi-ombre, capable d'atteindre jusqu'à 30 m de hauteur. Sa croissance est rapide mais il est également très longévif.<sup>15</sup>

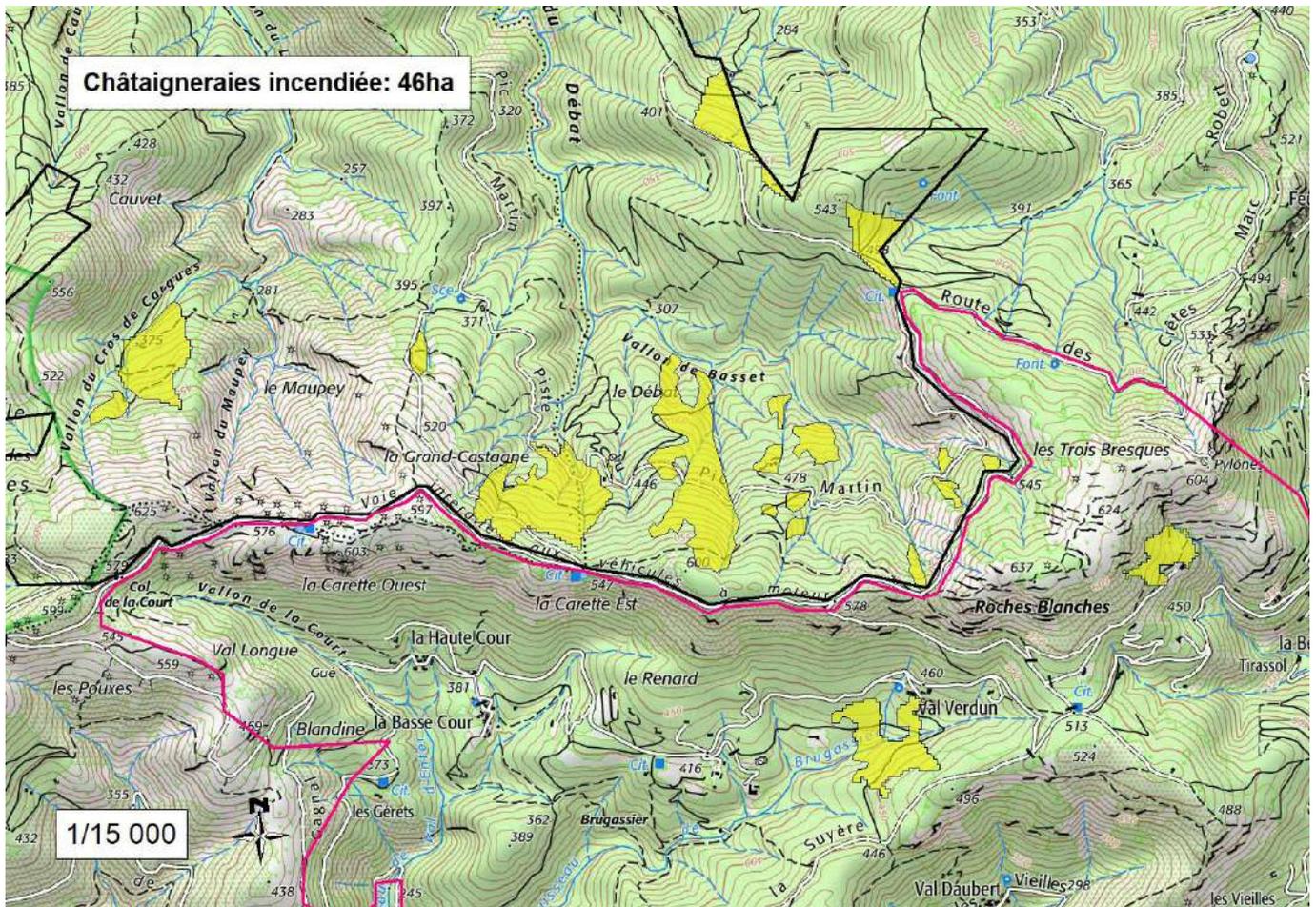
### Etat initial et impact du feu

Les châtaigneraies incendiées représentent à peine 50 hectares. Elles sont réparties de part et d'autre de la crête délimitant les piémonts sud et nord du territoire, principalement sur le versant nord, (80%).

La commune de La Garde-Freinet et, dans une moindre mesure, du Cannet des Maures, sont concernées.

Dans la plupart des cas, il ne s'agissait pas de vergers entretenus mais de vieilles châtaigneraies abandonnées, au sein desquelles s'était développé un taillis de châtaignier, parfois en mélange avec du pin maritime.

Si le niveau d'impact du feu sur ces formations correspond globalement au niveau « Roussi », les vieux sujets, anciens fruitiers, ont toutefois été sévèrement touchés, le feu ayant couvé à l'intérieur des cavités des souches.





*Vieilles souches calcinées par un feu couvant, Route de Pic Martin, La Garde-Freinet ©EGA*



*Châtaigneraies abandonnées incendiées, Route de Pic Martin, La Garde-Freinet ©EGA*

Bien que situés sur des zones ayant été parcourues par trois à quatre incendies depuis 1979, il est important de noter que ces peuplements avaient été épargnés en 2003 ; est-ce par leur situation topographique ? la nature même des peuplements ?

Deux itinéraires de rénovation existent pour ces peuplements :

Une rénovation avec un objectif de production fruitière : elle ne peut s'envisager que s'il existe une réelle volonté du propriétaire à cultiver ou faire cultiver ces parcelles. Repartir sur des greffons réalisés sur les anciens fruitiers semble peu probable, vu l'état des sujets. Repartir sur une plantation reste théoriquement possible, mais avec un objectif de production à « très longs terme », et toutes les incertitudes dues aux nombreux risques sanitaires liés à cette essence.

L'autre itinéraire serait de repartir sur un taillis de châtaignier, avec un objectif de production de bois pour une valorisation en piquets, petits sciages dans le meilleur des cas. La rotation des coupes serait alors de 25 à 30 ans, en espérant, là encore, qu'il n'y ait pas d'attaque parasitaire d'ici là compromettant la qualité des bois ((maladie du chancre, maladie de l'encre...)).

Il est important de noter que certains taillis situés à proximité de la zone brûlée offrent cette valorisation potentielle (crête des Mayons, de Gonfaron). Par ailleurs, ce type de peuplement présente un niveau de combustibilité très faible ; avec une sylviculture adaptée, ils peuvent offrir des coupures de combustible efficace, notamment en appui des ouvrages DFCI.



*La rénovation des anciennes châtaigneraies "à fruits" offre un potentiel de traitement sylvicole en taillis pour la production de bois, Route de Pic Martin, La Garde-Freinet©SAFRAN*

# Ce qu'il faut retenir

## Synthèse du diagnostic forestier

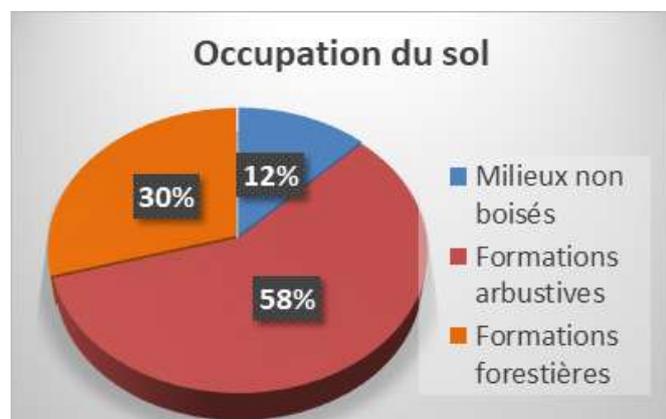
### Végétations impactées par le feu

Sur les 6830 hectares incendiés sur le feu « de Gonfaron » du 16 Aout 2021, près des 2/3 (4 500 hectares) ont concerné des formations arbustives et suberaies. Cette dominance nette des formations arbustives, c'est-à-dire des maquis, plus ou moins boisés, est liée à la récurrence des feux sur cette zone incendiée.

Parmi ces formations arborées, le chêne liège, essence emblématique du massif des Maures, seul ou en mélange avec du chêne pubescent ou des résineux, représente l'essence dominante.

Le pin pignon, autre essence emblématique (Plaine des Maures), est présent au sein de formations lâches sur sols rocheux (matorral) ou plus denses, constituant alors des pinèdes adultes. Le pin maritime représente néanmoins la principale essence des formations résineuses adultes issues de régénération naturelle.

Le feu a également touché des milieux non boisés, essentiellement liés aux cultures agricoles et friches, concernées en de nombreux points par le feu, notamment dans la Plaine des Maures.



### Récurrence et impact des feux

Plus de la moitié du territoire a été touchée par deux feux dans les quarante-cinq dernières années (1979 et 2021 ou 2003 et 2021), 17% par trois feux sur la même période (souvent 1979, 2003 et 2021) et une zone représentant plus de 250 hectares dans le Vallon du Débat, il s'agit du quatrième feu depuis 1962.

Cette forte récurrence des feux s'ajoute à une histoire de la forêt du massif des Maures (dont le nom est lié à une forêt autrefois dense, haute et sombre -Mauro signifie 'sombre' en provençal) marquée par la dévastation de la forêt de pin maritime par la cochenille *Mastucoccus feytaudi* à partir de 1957. Les milieux dominés par les formations arbustives sont également liés aux conditions de sol très contraignantes sur certaines crêtes et dans la Plaine des Maures.

Si l'impact du feu sur les espaces naturels diffère selon son intensité, sa vitesse et la topographie, la nature même des formations végétales et leur état sanitaire initial, associée au phénomène de répétition des incendies (récurrence) constituent également des facteurs à prendre en compte pour leur dynamique post-incendie. Pour exemple, les formations à maquis ont subi un impact très fort, mais possèdent une dynamique de reconstitution assez rapide. A l'inverse, les peuplements mélangés (feuillus / résineux), les plus représentés parmi les formations arborées, sont globalement les moins impactées par le feu, mais avec une dynamique naturelle post-incendie favorable à de futures formations résineuses.

### Les pinèdes

Les pinèdes à pin pignon et les matorrals à pin pignons (maquis clairs ponctués d'arbres très épars) qui constituent une part importante de l'identité paysagère de la Plaine des Maures, ont été touchés de manière variée par le feu. Dans certains de ces peuplements, les pins sont morts, dans d'autres, ils conservent des

parties vertes qui peuvent laisser espérer que l'écorce protectrice du pin pignon les a protégés du feu.

Les reboisements en pin pignon et pin laricio essentiellement, situés sur la Nible, les Jaudelières et dans la Plaine, ont souvent été détruit par le feu, parfois simplement parcouru sans tuer les arbres (pins pignons). Ces reboisements étaient issus de feux précédents (surtout celui de 1979).

### Les suberaies

La suberaie représente un écosystème rare et original, d'intérêt communautaire dans la directive Habitats. Sur le territoire incendié, la surface des suberaies atteint environ 550ha (8%), les formations les plus denses et les plus matures étant localisées à l'interface « Plaine des Maures / Piémont Nord » et au sein du bassin « Grimaud - Cogolin - La Môle ». Sur le piémont Nord et le piémont Sud, la récurrence des incendies conduit inexorablement à la disparition des suberaies, même claires, au profit de formations à maquis plus ou moins boisées.

Il faudra attendre 4 à 5 années pour apprécier réellement l'impact du feu sur les suberaies : le chêne liège semble parfois renaître de ses cendres avec l'apparition de nouvelles pousses au sein de son feuillage, pour finalement mourir si les conditions climatiques estivales sont défavorables.

Il est donc souvent prudent de prendre ce temps de recul avant d'entreprendre à grande échelle des travaux de rénovation de la suberaie, qui seront à réserver aux stations offrant le meilleur potentiel et viseront à optimiser la régénération naturelle et l'obtention de futures formations irrégulières (plusieurs classes d'âge), offrant ainsi une meilleure stabilité des peuplements. La nature de ces travaux de rénovation intègrera les retours d'expérience issus des feux de 1990, 2003 et 2017.

La remise en production des suberaies devra attendre que l'ensemble du feuillage de l'arbres (le houppier) se soit entièrement reconstitué, soit une dizaine d'année environ.

### Les châtaigneraies

Les châtaigneraies et chênaies pubescentes ont été peu impactées par le feu qui a roussi la plupart des peuplements et calciné des arbres en bordure des autres peuplements.

Le châtaignier, présent sous forme de rares vergers à fruits ou de taillis spontanés issus de l'abandon de ces vergers, ne représente que 0.6% des formations impactées par le feu (50 ha). Elles sont principalement situées sur le piémont Nord et abords de vallons ou de hameaux du piémont Sud. Pour autant, et malgré la présence de nombreux problèmes phytosanitaires, les formations à châtaignier seront à privilégier lors des actions de réhabilitation. Outre qu'elles constituent un enjeu environnemental majeur (habitat forestier d'intérêt communautaire), Les châtaigneraies représentent des formations peu combustibles dès lors qu'elles sont cultivées ou que taillis est suffisamment dense pour limiter la présence d'un sous-étage arbustif.

## Diagnostic écologique

Depuis 1979, l'état des connaissances en matière de patrimoine naturel s'est grandement amélioré sur ce territoire. Des inventaires et des synthèses ont été conduits afin d'établir les état des lieux nécessaires à la mise en protection de la Plaine des Maures et à la rédaction du Document d'Objectifs Natura 2000, entre autres. Avec l'instauration de la Réserve Naturelle Nationale de la Plaine Des Maures, en 2009, les inventaires se sont poursuivis et des compartiments biologiques peu connus ont même été investigués par des spécialistes. Les milliers de données faune et flore produites par des naturalistes bénévoles ou des professionnels témoignent de cette richesse en termes de connaissance et de nouvelles découvertes continuent d'advenir.

Sur les versants sud du Massif, les données sont beaucoup plus disparates. Ceci reflète sans doute une moindre richesse comparée à la Plaine des Maures mais aussi une sous prospection.

Les connaissances en matière d'impact des incendies se sont également développées sur cette période, à l'échelle du biome méditerranéen mais aussi du territoire, en particulier après les feux dévastateurs de 2003. Ce diagnostic se propose de croiser les données et les connaissances disponibles afin d'établir un bilan complet sur l'impact écologique du feu de Gonfaron. Ce bilan ne s'appuie pas uniquement sur des connaissances bibliographiques mais aussi sur des observations de terrain réalisées dès le début de l'incendie. D'autres observations menées dans le cadre de retours d'expérience issus d'autres incendies advenus en Provence cristalline depuis 20 ans ont également été prises en compte. Certains sites ont pu être revisités à différents pas de temps, ce qui permet de mieux appréhender les capacités de résilience des écosystèmes présents sur la zone d'étude.



*Depuis 2003, la Plaine de Palayson a été parcourue par plusieurs incendies d'ampleur ©Rascas Biodiv*

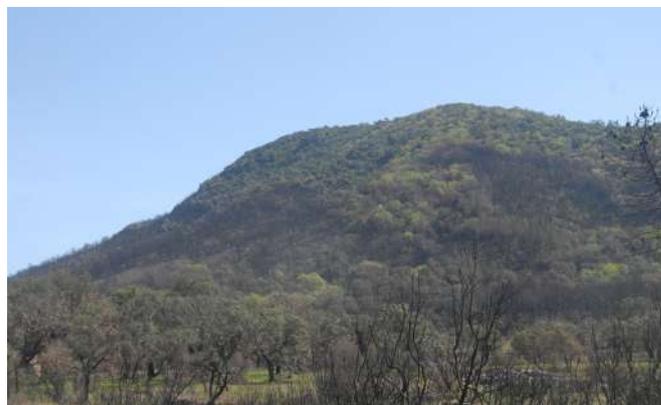
**Le feu de Gonfaron a présenté un caractère inédit depuis 1979 en impactant des surfaces très significatives d'habitats remarquables. Plus de la moitié de la Réserve Naturelle Nationale de la Plaine des Maures (RNN) a été touchée ce qui a suscité une grande émotion du fait du caractère exceptionnel de ce territoire au niveau international, sur le plan paysager et écologique.**

## Le feu dans les milieux naturels : une histoire ancienne

Les feux de végétation interagissent avec les écosystèmes depuis extrêmement longtemps : on pourrait dire depuis que la végétation existe. L'étude des charbons fossiles ou de charbons plus récents qu'il est possible de dater au carbone 14, renseigne sur ce phénomène depuis le Silurien (-420 millions d'années). Des fluctuations sont même constatées en fonction des climats, du développement de la végétation et de la hausse du taux d'oxygène dans l'air comme au carbonifère ou au permien supérieur où le phénomène s'est intensifié. La coévolution de la végétation avec la perturbation incendie est donc un processus très ancien. En dehors des périodes récentes et bien documentées à l'écrit, la fréquence et surtout l'étendue des feux d'origine anthropique est difficile à caractériser même si on sait que dans notre région, des *Homo erectus* maîtrisaient le feu il y a 400 000 ans déjà (Site de *Terra Amata*, Nice).

En l'absence de volcans, l'unique cause naturelle d'incendie relève de la foudre. Les orages étant généralement associés à la pluie, l'occurrence d'un feu d'origine naturelle dans une forêt méditerranéenne est de l'ordre du siècle. Il ne compte aujourd'hui encore que pour 8 % dans les causes de départ des feux pour le département du Var sur les vingt dernières années. Ce rythme était probablement de mise, il y a 10 000 ans, une fois le climat méditerranéen installé. Bien sûr, des feux d'origine humaine étaient possibles que ce soit au paléolithique pour gérer des territoires de chasse ou au néolithique pour faciliter le développement de l'agriculture. On sait par exemple que l'arrivée de l'homme en Australie, il y a 40 000 ans, a coïncidé avec une utilisation régulière du feu, destinée à faciliter l'action de chasse. Cette activité aurait même probablement contribué à une orientation durable de l'évolution des écosystèmes à l'échelle de tout ce continent. De manière générale, il est probable que ces incendies n'étaient pas conduits au hasard à des époques où l'homme dépendait aussi fortement de son environnement. Evidemment, ces feux n'étaient pas pleinement contrôlés mais ils étaient sans doute réfléchis. En Europe, les écosystèmes soumis à ces incendies étaient probablement assez résistants en situation de forêts matures parcourues par des troupeaux de grands herbivores sauvages.

Bien que très éloigné de cette histoire, le feu de Gonfaron, et ce malgré sa violence, a montré que les faciès de forêts mésophiles parfois considérées comme à caractère « naturel » ont pu parfois relativement résister aux flammes pour ce qui est de la strate arborée.



Impact différencié du feu sur une forêt mature, Ubac des Maures©Rascas Biodiv

Plus récemment, la pratique de l'essartage (culture temporaire sur brûlis), pratiquée depuis le début du néolithique était répandue. Les toponymes (de type les essarts) renseignent sur les secteurs où cela était pratiqué. L'utilisation du « petit feu » hivernal destiné à « nettoyer » les sous-bois était couramment employée en colline jusque dans les années 1960. Des contre feux ont été réalisés par des villageois démunis lors du feu de 1979. Les anciens du Massif des Maures se souviennent de ces pratiques et continuent d'en témoigner mais ils sont de moins en moins nombreux.

## Quels impacts pour le feu de Gonfaron ?

### Un territoire emblématique affecté

Bordée de zones urbanisées et de voie de communication, la Plaine des Maures est soumise à un fort aléas incendie. La probabilité des départs de feux est donc très élevée. Ceux-ci apparaissent souvent dans le même secteur et les trajectoires empruntées par le front de flamme se ressemblent inexorablement. On parle parfois de « couloirs de feux », généralement guidés par la topographie et les vents dominants. Bien que ce territoire soit doté d'équipements DFCI conséquents, le risque que le feu échappe à tout contrôle est réel ; et une fois le massif atteint, les conditions de lutte deviennent particulièrement difficiles dans les reliefs.

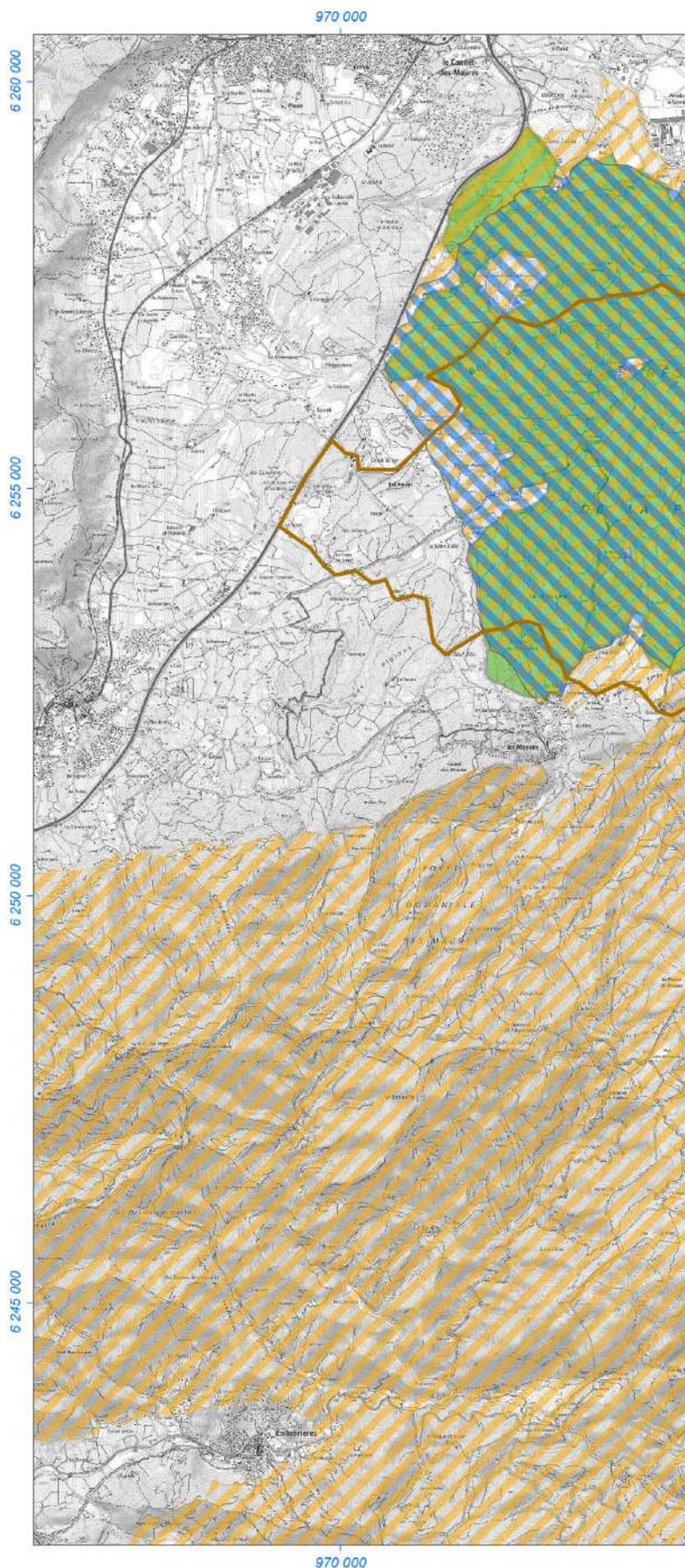


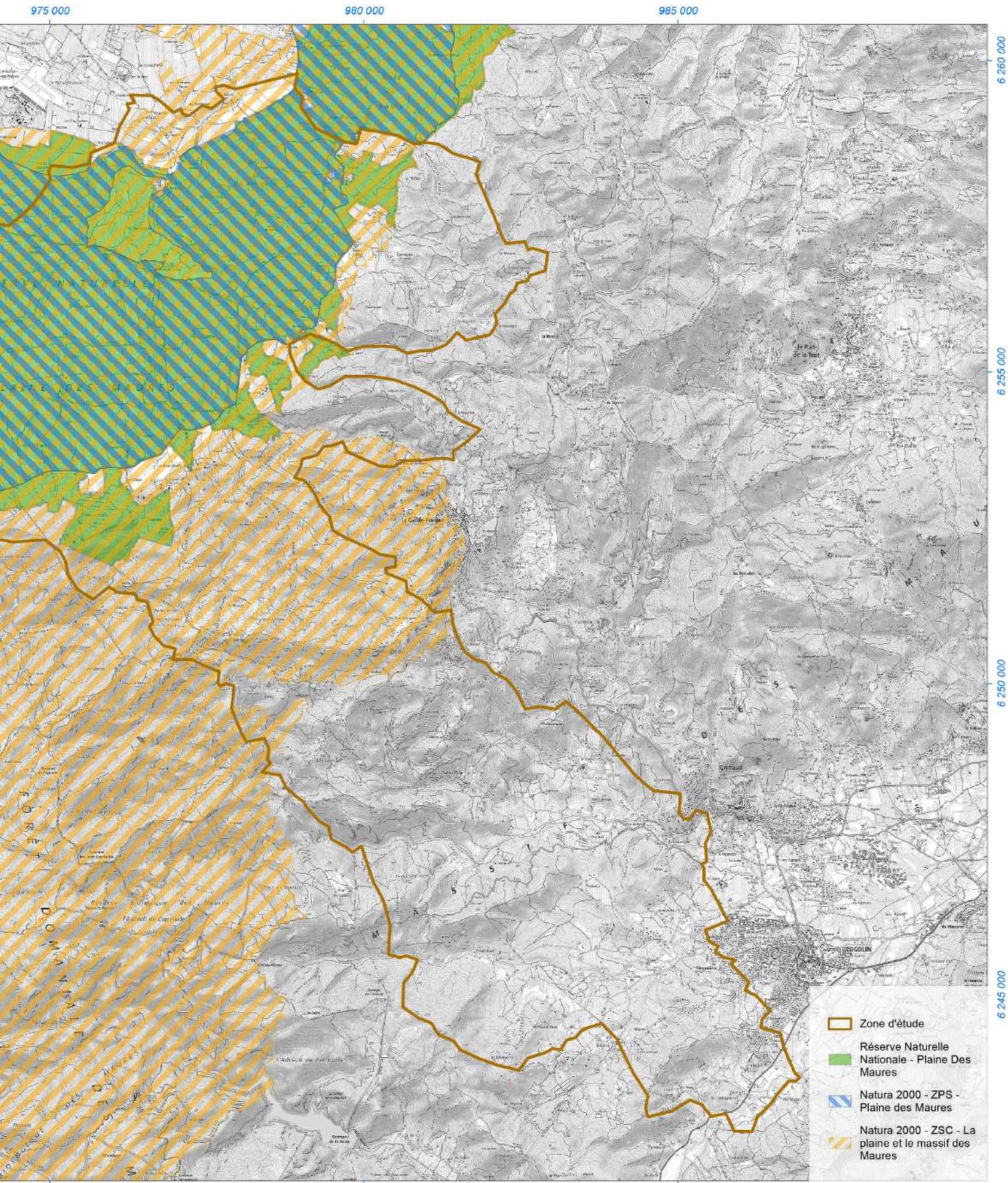
Coeur du Massif des Maures, Collobrières ©Rascas Biodiv

Les surfaces parcourues par les incendies sont documentées depuis 1958 (base de données Prométhée). En tenant compte du feu de Gonfaron, les surfaces concernées atteignent désormais un total de près de 80 000 ha. Certains secteurs auront été brûlés plusieurs fois (jusqu'à quatre fois sur des secteurs de crêtes à la Garde Freinet). Ce total est à rapporter à la surface du Massif des Maures (135 000 ha) ce qui montre l'ampleur du phénomène. Il existe toutefois au cœur du massif, des secteurs considérés épargnés de longue date car sans incendies connus (Forêts domaniales à Collobrières, pour partie en Réserve Biologique Intégrale).

La Provence cristalline représente un point chaud de biodiversité à l'échelle du bassin méditerranéen. La Plaine et le Massif des Maures abritent une part significative de la flore de France. Pas moins de 244 espèces protégées se rencontrent en Plaine des Maures (60 végétaux, 184 animaux, Guicheteau, 2021), ce qui, ramené à la surface considérée est certainement unique en métropole. Une incroyable mosaïque d'habitats s'est organisée au gré des types de substrats. Des espèces de plantes d'affinités africaines côtoient de près des espèces d'affinités montagnardes. L'impact des feux a probablement influencé cette mosaïque en renforçant les contrastes. Pourtant, couplé à l'influence des changements climatiques, nous pouvons nous interroger sur l'avenir de ce patrimoine. En effet, la répétition des incendies tend à homogénéiser les milieux. Il serait rassurant de constater que la biodiversité observée est une résultante d'incendies passés et que par conséquent qu'elle devrait perdurer. Toutefois, des effets durables et insidieux sont possibles pour certains compartiments biologiques.

L'incendie a parcouru 2758 ha de la Réserve Naturelle Nationale de la Plaine des Maures (RNN) soit un peu plus de la moitié de sa surface. Le site Natura 2000 de la Plaine et du Massif des Maures (FR9301622, 34 264 ha) a quant à lui été impacté à hauteur d'environ 4 000 ha soit 12% de sa surface.





**Zone d'étude**

**Réserve Naturelle Nationale - Plaine Des Maures**

**Natura 2000 - ZPS - Plaine des Maures**

**Natura 2000 - ZSC - La plaine et le massif des Maures**

Carte RNN de la Plaine des Maures et N2000 ©Rascas Biodiv & PyrénéesCartographie

1:70 000 au format A3

800 400 0 800 1600 Mètres

**N**

**Production :** Pyrénées Cartographie  
**Source :** IGN  
**Projection :** Lambert 93  
 Le quadrillage en bleu correspond au système de projection RGF - Lambert 93



*Vue d'ensemble de la Plaine des Maures suite au feu de Gonfaron. ©Rascas Biodiv*

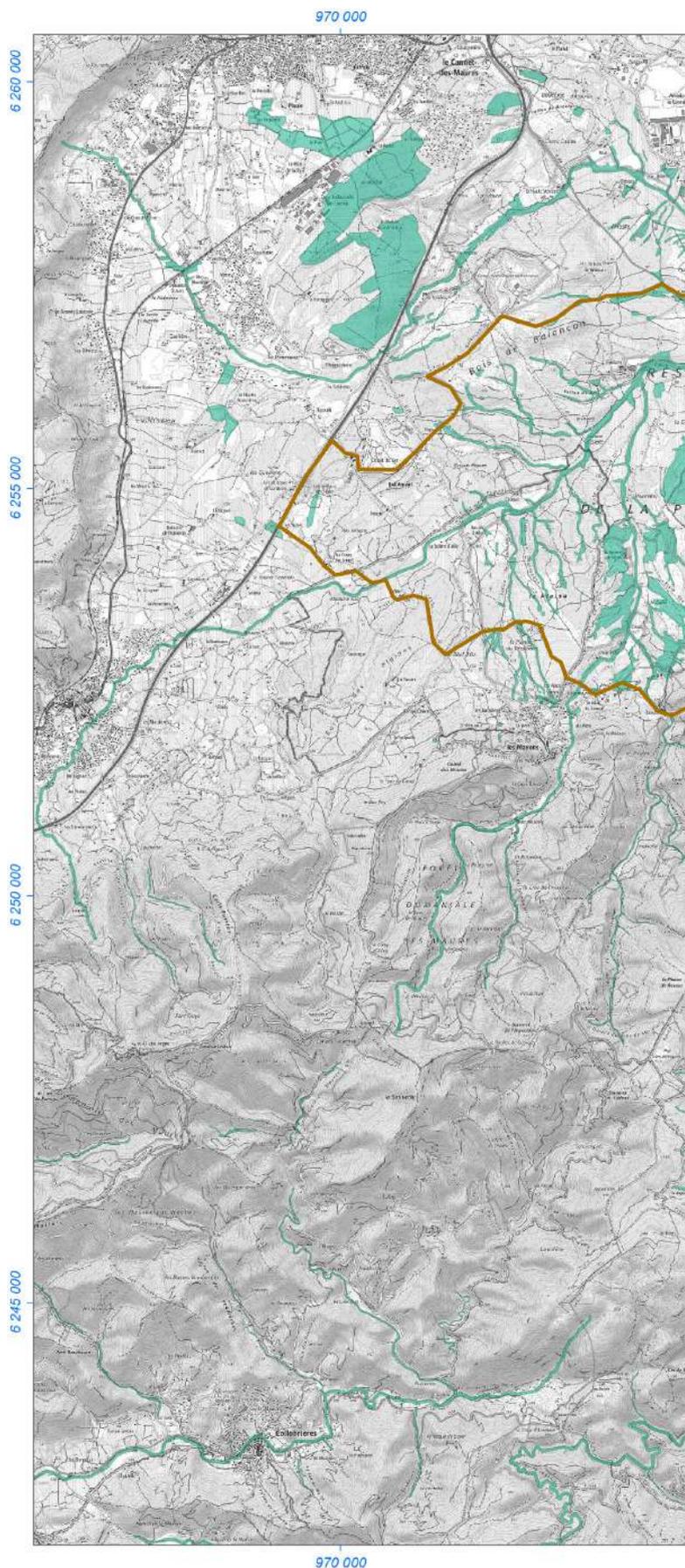


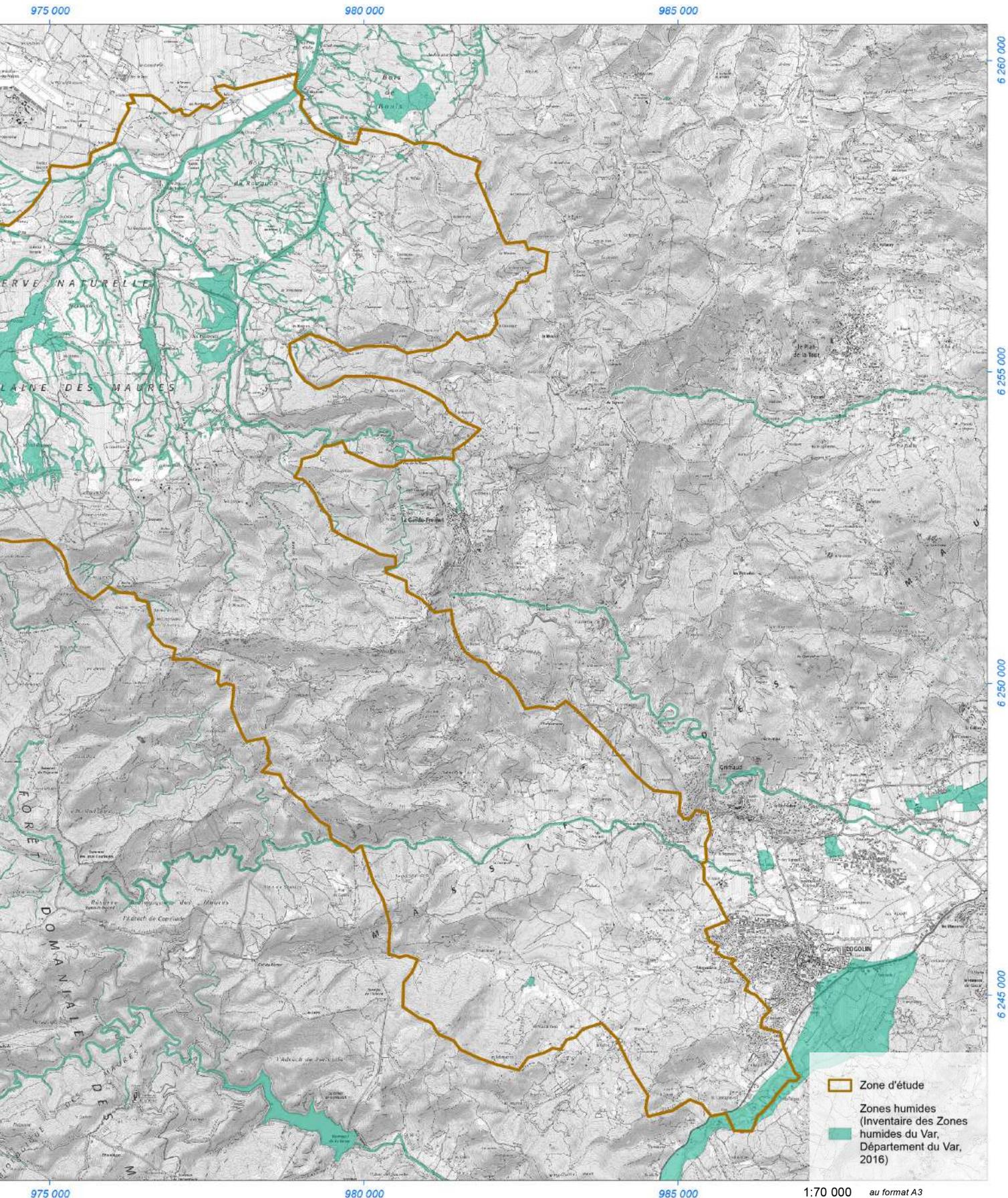
*L'impact de l'incendie sur les habitats, bien que très marqué au premier abord, doit s'entendre en fonction de ses capacités de résilience. La composition floristique et la structure de l'habitat est-elle conservée suite à l'incendie ?*

### Les Habitats naturels

Les communautés végétales retrouvent assez vite une composition et une structure comparables à celles qui préexistaient (Naveh 1975, Trabaud et Lepart 1980, Trabaud 1983). Toutefois, la structure peut se modifier sensiblement, notamment en cas d'incendies répétés. L'impact sur les sols qui résulte de cette récurrence des feux (perte des horizons superficiels et organiques, régression des argiles au profit de la portion sableuse, modifications des paramètres physico-chimiques) peut tout de même avoir un effet. Il ne suffit pas que les espèces soient à nouveau présentes, encore faut-il qu'elles soient présentes dans les mêmes proportions. L'impact sur les habitats et les espèces peut donc être abordé de manière différente. Un habitat est qualifié par la présence d'espèces indicatrices. Si celles-ci se maintiennent, l'habitat sera jugé suffisamment résilient. L'impact sur les habitats est variable en fonction de l'intensité du feu et de la biomasse combustible localement. Les habitats herbacés sont naturellement moins impactés que les habitats forestiers. Les habitats arbustifs le sont à un niveau intermédiaire et disposent de fortes capacités à rejeter de souche. En août, période du feu de Gonfaron, les plantes herbacées ont globalement achevé leur cycle annuel et sont en situation de dormance estivale. Dans la pratique, les différents habitats s'organisent en mosaïque sur ce territoire, ce qui en constitue l'originalité, notamment dans la Plaine des Maures.

L'impressionnante biodiversité de cette dernière est en effet directement reliée à l'organisation horizontale et verticale des habitats qui la composent.





Carte des zones humides ©Rascas Biodiv & PyrénéesCartographie

1:70 000 au format A3  
 800 400 0 800 1600 Mètres  
 N  
 Production : Pyrénées Cartographie  
 Source : IGN  
 Projection : Lambert 93  
 Le quadrillage en bleu correspond au système de projection RGF - Lambert 93

3170

## Mares et ruisseaux temporaires méditerranéens 22.34\*



Mare de Catchéou, Le Muy, 3 ans après l'incendie de 2003 ©Rascas Biodiv

Cet habitat prioritaire trouve en Plaine des Maures l'un de ses bastions majeurs à l'échelle de tout le bassin méditerranéen. L'enjeu de conservation est donc particulièrement marqué et les préoccupations sont nombreuses suites aux incendies récurrents qui frappent la zone. Les observations et suivis réalisés après les feux de 2003 ont permis de rassurer les botanistes. Une protection par fascinage couplée à des suivis réalisés sur « la Mare de Catchéou » (Le Muy, Forêt Domaniale de Palaysou), ont montrés une bonne résilience de cet habitat après le passage du feu. Toutefois, cet habitat s'exprime dans diverses circonstances.

Des dépressions endoréiques peuvent être sujettes à des comblements et donc à une perte des espèces les plus hygrophiles. Les ruisseaux sont moins vulnérables à ce phénomène mais des comblements des lits ont été observés. Cette situation n'est peut-être que temporaire mais l'habitat est clairement modifié en contexte érosif. Par conséquent, les espèces associées aux berges (*Isoetes duriei*) apparaissent moins impactées que celles se développant dans le lit (*Isoetes velata*). Beaucoup d'espèces apprécient le caractère pionnier et hygrophile des bordures de ruisseaux qui semble maintenus après l'incendie, voire régénérés. Des préoccupations sont toutefois apparues dans un premier temps pour les berges sablo-rocailleuses à *Spiranthes aestivialis*, très colmatées par des apports de limons et de cendres. Les pluies ultérieures ont relativement purgé ces apports mais des suivis seraient pertinents à conduire prochainement sur ces stations. Globalement, les travaux anti-érosifs sont de nature à bénéficier à ces habitats.

16227

## Formations annuelles sur sables fins de l'*Helianthemion guttati* et *Vulpion ligusticae* 274



Très répandues sur la plaine et plus localement sur le massif, ces formations sont associées à des sols très minéraux. La perte de litière et de limons consécutifs à l'incendie affecte donc peu cet habitat. Des accumulations de sables fins liés à l'érosion peuvent induire ponctuellement le développement de cet habitat. Les espèces qui le composent, majoritairement des annuelles, résistent à l'incendie au travers de la banque de graines.

Pelouses à annuelles, janvier 2022, Les Mayon ©Rascas Biodiv



*Apport de cendres après les premières pluies (premier plan) et impact différencié du feu selon les habitats (second plan) ©Rascas Biodiv*

3120

## Pelouses mésophiles à Sérapias de Provence cristalline du *Serapion* 22.34



Pelouses mésophiles, Plaine des Maures. ©Rascas Biodiv

Majoritairement composées de plantes annuelles et bulbeuses, ces pelouses sont relativement résistantes à l'incendie. Le développement hivernal des rosettes de *Serapias sp* en témoigne. Le caractère oligotrophe de ces pelouses semble suffisamment maintenu pour assurer leurs pérennités. L'incendie limite de fait temporairement la concurrence avec d'autres plantes. Toutefois, un effet « rebond » favorable à des espèces plus compétitives n'est pas à exclure dans certains cas.

## Pelouses xérophytes (*sensu lato*)



Gagée de Bohème, Plaine des Maures. ©Rascas Biodiv



Pelouse xérophylte, Bois du Rouquan, janvier 2022 ©Rascas Biodiv

Très pauvres en biomasse et souvent bordées de dalles rocheuses, ces habitats ont subi des températures peu élevées et sur un bref moment. Les espèces annuelles et les bulbeuses (*Gagée de Bohème Gagea bohemica*) semblent avoir été préservées dans leur majorité. Pour autant, l'impact sur les communautés de lichens et de bryophytes reste très mal connu comparé aux connaissances sur les plantes vasculaires. La disparition des formations à *Cladonia* et autres lichens marque aujourd'hui le paysage botanique post-incendie de la Plaine des Maures. La capacité de ces lichens à se régénérer après incendie semble faible et nécessite une longue période. Les fonctions de ces formations pour les invertébrés mais également le fonctionnement de ces sols restent inconnus. Il en est de même des communautés de mousses dont les formations à *Grimmia nutans*, couvrant certaines dalles rocheuses à proximité de ces pelouses et qui ont pu être impactées plus ou moins sévèrement. L'état de conservation de ces pelouses est variable sur le territoire. L'impact du feu a été plus sévère à l'ouest de la Plaine des Maures. Des bulbes de *Gagée de Bohème*, partiellement déchaussés par la perte de substrat ont été observés aux Mayons tandis qu'au Bois du Rouquan, les pelouses xérophyles semblaient mieux préservées. Ceci peut être dû à l'intensité du feu plus sévère mais aussi aux précipitations de fin août qui ont été décroissantes d'ouest en est.

## 8220 Pentes rocheuses siliceuses avec végétation chasmophytique



Etat de dégradation du milieu aux Roches Blanches, La Garde-Freinet ©Rascas Biodiv



Sous le vent des crêtes, à Grand Castagne, Le Cannet des Maures, la végétation a pu résister ©Rascas Biodiv

Cet habitat regroupe les communautés se développant dans des massifs montagneux élevés mais aussi sur les parties sommitales de la Provence cristalline. Cet habitat ne prend en compte que les communautés installées au sein de fissures étroites dans lesquelles se sont formées des fragments de lithosols. Les zones de replats à sols plus évolués correspondent à un stade d'évolution ultérieur qui n'entre pas dans cette définition. Sur la zone d'étude, cet habitat est essentiellement présent sur les crêtes des Maures, à la Garde Freinet et au sud du Cannet des Maures.

L'impact de l'incendie est particulièrement frappant sur ces secteurs où une ambiance de haute montagne se dégage suite à l'incendie. Les espèces caractéristiques semblent avoir résisté en raison de leurs protections naturelles et du caractère minéral de l'habitat. Ceci est particulièrement visible sous le vent des rochers. A la faveur de la géologie, de la pente et des failles, un fort effet venturi a accentué l'impact de l'incendie sur ces secteurs, mettant à nu de vastes surfaces de pentes rocheuses. Les autres types d'habitats mitoyens ont été très impactés à l'arrivée des flammes, aboutissant à un développement probablement irréversible de l'habitat à pentes rocheuses.

## 4030 Landes sèches à Callune 32.22



Lande à Callune, Plaine des Maures ©Rascas Biodiv

Cet habitat se développe préférentiellement sur les substrats les plus acides tels que les croupes riches en dépôts de quartzites. L'érosion consécutive aux incendies provoquant la perte des éléments plus fins du sol favorise par endroits la concentration des cailloutis de quartzites et donc l'acidification des sols. Le phénomène n'est pas récent et ces matériaux issus du massif des Maures résultent de colluvions importantes déposées sur la plaine lors des périodes humides post-glaciaires. On retrouve également ces roches en place sur les crêtes du Massif et bien visibles en filons massifs sur les toponymes baptisés « Les Roches blanches ».

Les landes à Callune sont en concurrence directes avec le maquis silicole méso-méditerranéen de l'*Ericinion arboerae* avec lequel elles forment un éco-complexe. Ce dernier tend à supplanter les landes basses dès que les conditions édaphiques sont plus favorables. Les landes à callunes sont favorisées sur les ouvrages DFCI car le gyrobroyage à un pas de temps de 3-4 ans permet sa régénération et le contrôle des grandes bruyères. Le passage du feu joue à peu près le même rôle et est de nature à favoriser les Callunes aux dépens d'autres espèces du maquis. Le brûlage dirigé est d'ailleurs traditionnellement employé pour la gestion des landes à Callune. Cette technique est employée sur des aires protégées telle que la Réserve du pinail dans la Vienne ou la Réserve de Nohèdes dans les Pyrénées Orientales.

## Maquis silicole à Ciste et Filaire 32.41



Reprise de filaires à feuilles étroites ©Rascas Biodiv



Geminations post-incendie de cistes à feuilles de sauge ©Rascas Biodiv



Ciste crépu, bordure de la D558, Le Cannet des Maures ©Rascas Biodiv

Ce faciès de maquis appelé également « maquis bas » couvre localement dans la Plaine des Maures des surfaces importantes. Il est généralement associé en mosaïque avec le maquis silicole méso-méditerranéen de l'*Ericinion arboerae* dont il constitue un faciès de dégradation. Il est généralement sur-étagé par la suberaie xérophile voire par des pinèdes.

Dans le Massif, cet habitat est fréquent tant que le sol n'est pas trop profond, en particulier sur les crêtes et les abords d'affleurements rocheux. Il se maintient sur la plupart des ouvrages DFCI dont la gestion favorise clairement cet habitat. Il n'est pas seulement très résilient aux incendies mais il est significativement favorisé par celui-ci. Cet habitat est en effet un faciès de dégradation des maquis haut et tend à se développer à la faveur de la récurrence des feux. Les filaires rejettent aisément de souche et les graines sont facilement diffusées par les oiseaux. Lors de l'hiver 2021-2022, les filaires dans les secteurs non brûlés des Maures ont présenté une forte fructification qui a constitué la principale manne pour les oiseaux hivernants. Il est donc logique de s'attendre à une abondante diffusion de graines dans les milieux ouverts par l'incendie.

Quatre espèces de cistes occupent le secteur incendié. Le ciste de Montpellier est le plus abondant. Les cistes sont bien connus en tant qu'espèces pyrophytes et la germination des graines est favorisée par le feu. Si l'incendie tend à favoriser les pelouses et les milieux ouverts en générale, le fort développement des cistes après feu contrebalance d'une certaine manière cet effet car les cistaies induites peuvent être particulièrement denses. Ceci peut contraindre certaines plantes herbacées patrimoniales. Pour autant, les cistes par leur rapide réaction post-incendie constituent les principales espèces végétales amenant à une couverture et donc une protection des sols. Peu longévif, la génération de cistes ayant germé fin 2021 sera amenée à se clairsemer au bout de quelques années pour ensuite retrouver un taux de couverture comparable à la situation d'avant feu. Le ciste crépu est une espèce protégée au niveau régional dont il existe une station en Plaine des Maures. Cette station, très localisée à un ouvrage DFCI, a été touchée par l'incendie, à un niveau modéré en raison d'une faible biomasse combustible. Un recensement exhaustif avait été mené par la RNN de la Plaine des Maures. Dans la mesure où la germination des graines devrait assurer la pérennité de la station, il serait intéressant de poursuivre le recensement afin d'évaluer la réponse démographique de cette espèce à cette perturbation.

## Maquis hauts silicoles méso-méditerranéens à Ericacées de l'*Ericinion arboerae* 32.3



Reprise d'un arbousier ©Rascas Biodiv



Maquis haut partiellement brûlé, Plaine des Maures ©Rascas Biodiv

Cet habitat est dominant à l'échelle de la zone incendiée et surtout représenté dans le Massif des Maures où il couvre une large part des versants. Dans la Plaine des Maures, il occupe le sous étage des suberaies ou des pinèdes lorsque le sol est assez profond. En Plaine, la bruyère à balais *Erica scoparia* domine tandis que dans le Massif c'est la bruyère arborescente *Erica arborea*. Cet habitat évolue avec le temps vers un maquis à arbousier. Cette espèce parvient à supplanter les bruyères à partir d'une certaine maturité même si elles cohabitent sur des étages distincts pendant plusieurs décennies. Bien que les arbousiers rejettent tout aussi vigoureusement de souche que les bruyères, l'incendie a pour conséquence la perte des maquis matures à arbousier dominants au profit d'un équilibre entre les différentes espèces ligneuses du maquis.

La reprise des espèces ligneuses n'est pas systématique car diverses souches peuvent être suffisamment calcinées pour entraîner la perte de spécimens. L'incendie aboutira à un maquis plus clairsemé dans un premier temps, les espaces vacants étant disponibles pour les cistes et les Calycotomes épineux. Cependant le maquis deviendra rapidement plus impénétrable qu'avant l'incendie car le nombre de tiges par pied sera supérieur, plus dense et les souches parfois calcinées en leur centre tendent à s'étendre de façon centrifuge. La contribution du Calycotome épineux à la faible pénétrabilité du maquis peut être très significative tant cette espèce est opportuniste et colonisatrice. Pour autant, elle contribue ainsi à la fixation des sols et à la capture d'azote atmosphérique. Son rôle dans le rééquilibrage des nutriments et la restauration des sols est probablement très significatif dans les maquis.

## 9330 Suberaies



Suberaie mésophile ©Rascas Biodiv



Consumation d'un arbre à cavité ©Rascas Biodiv



Vallon de Pic Martin, Le Cannet des Maures, incendié en 2003, la suberaie y est très dégradée ©Rascas Biodiv

Les suberaies occupent une large part de la zone incendiée. Elles se déclinent sous plusieurs faciès et présentent en sous étage les habitats précités avec lesquels elles interagissent.

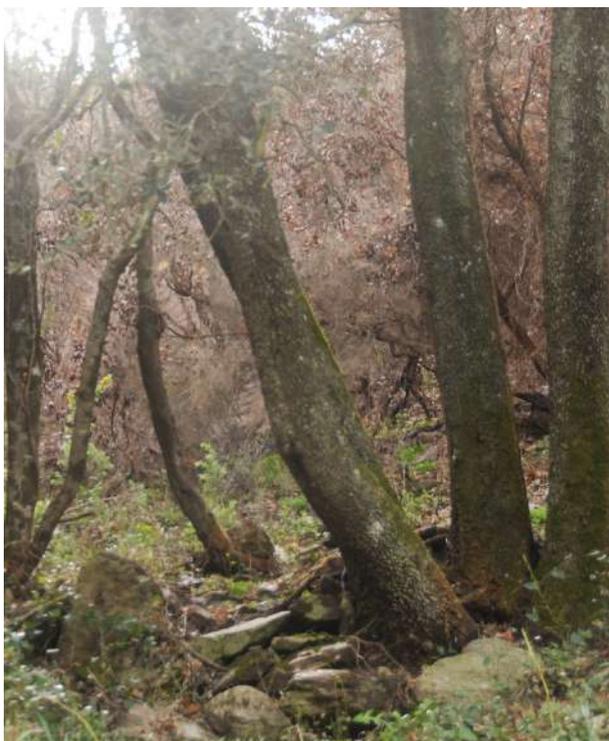
Elles se présentent aussi très souvent en mélange avec d'autres chênes ou les pinèdes. Ces faciès découlent de plusieurs facteurs tels que les sols, l'exposition, la sylviculture passée ou présente mais aussi l'histoire des feux. La suberaie mésophile à Cytise velu est implantée sur sols profonds et frais. Elle occupe des stations initialement dévolues au chêne pubescent aux dépens duquel elle a été favorisée par l'homme. Il s'agit essentiellement des zones en ubac et en bas de versant. Spontanément, en l'absence de sylviculture spécifique, le chêne pubescent plus dynamique en termes de régénération tend à supplanter le chêne liège.

L'impact de l'incendie est de nature à ralentir cette évolution qui reste toutefois bien installée. La perte des gros sujets matures de chênes liège sur l'ubac des Maures est préoccupante du fait qu'ils recèlent une forte biodiversité associée aux nombreux micro-habitats présents sur les arbres. Un grand nombre d'arthropodes en dépendent dont des espèces de coléoptères saproxyliques rares voire endémiques. Les arbres à cavité sont les plus intéressants mais aussi les plus vulnérables à l'incendie, se consumant lentement à cœur.

Il existe tout un gradient vers les suberaies les plus xérophiles en fonction de la qualité des sols. Ces suberaies sèches ont moins de concurrence et s'apparentent plus à des suberaies climaciques, à proximité d'affleurements rocheux (dalles de grès en plaine, crêtes rocheuses des Maures). L'impact des incendies amène à une perte progressive d'arbres et à de faibles densités permettant de qualifier la suberaie thermo-xérophile en « peuplement épars ». Cette forme de suberaie dominait avant l'incendie en Plaine des Maures et sur divers versants d'adret. L'incendie aura donc l'effet d'étendre ce faciès sur le territoire faisant évoluer le paysage même vers des peuplements plus ouverts. La résistance relative du chêne liège aux incendies lui offre un avantage adaptatif dans ce contexte. Elle a pourtant ses limites et la récurrence des feux amène à la perte complète de la suberaie qui n'est plus renouvelée et disparaît peu à peu.

Les faciès de maquis se maintiendront mais deviendront encore plus xérophiles du fait de la perte des strates arborées. De manière générale, il est estimé qu'une fréquence de feux inférieure à 15 ans peut fortement dégrader la biodiversité des suberaies (Veille, 2004).

## Matorral arborescent acidiphiles à *Quercus ilex* 32.11



Matorral à chênes verts ©Rascas Biodiv

La yeuseraie (forêt de chênes verts) des Maures se répartit à deux niveaux sur le périmètre incendié. D'une part elle se rencontre au nord-ouest de la Plaine des Maures. A proximité du départ du feu, à Gonfaron, elle est sur-étagée par le pin d'Alep. Dans le Bois de Balançan, entre le Domaine de Reillane et le Centre d'Enfouissement Technique du Balançan, sur un secteur également très thermophile, elle occupe plusieurs dizaines d'hectares aujourd'hui en partie calcinés. Elle avait déjà eu à subir le feu de 1979. Les yeuseraies en plaine sont largement garnies par le maquis. D'autre part, à partir de 400m d'altitude environ, dans le Massif des Maures, le chêne vert, remplace souvent le chêne liège pour peu que les sols soient assez profonds ou fracturés. La yeuseraie se présente sous forme de taillis âgés et assez élevés au sous-bois sombre. De physionomie comparable aux taillis de la Provence calcaire, la maigre flore du sous-bois est toutefois différente. Ces taillis, associés parfois à des taillis âgés d'arbousiers, possèdent la même histoire liée aux activités de charbonnage dont le cycle d'exploitation tous les 40 ans environ a perduré surtout jusque dans les années 50. En raison des pentes souvent fortes, l'exploitation de ces taillis pour la production de bois de chauffe est peu significative si on la compare à la Provence calcaire. Bien que la végétation arbustive y soit peu développée, ces taillis sont très vulnérables à l'incendie. La biomasse y est importante et le chêne vert est très peu résistant au feu. En outre, ces taillis se localisent sur des versants où la sévérité du feu a été élevée surtout sur l'ubac des Maures, après avoir parcouru de vastes surfaces de maquis sur de fortes pentes. En Plaine comme dans le Massif, le feu a parfois circulé à rebours les jours suivant son éclosion. Dans ce cas la sévérité a été moins forte et des poches ont pu parfois résister. Dans le cas contraire, le chêne vert se régénérera sur pied comme après une coupe rase mais en conservant dans les peuplements une biomasse conséquente.

## Formation arborescentes à *Quercus pubescens* 41.711



Chênaie pubescente brûlée ©Rascas Biodiv

Bien que le chêne pubescent soit très répandu sur le périmètre incendié, les formations arborescentes pures sont particulièrement rares. Elles se cantonnent souvent à des zones alluviales en bord de cours d'eau où la profondeur du sol le favorise. Les chênaies mixtes associant le chêne liège sont beaucoup plus répandues. Nous avons évoqué au sujet de la suberaie mésophile, que les conséquences du feu pouvaient ralentir, dans les premiers temps, la régression du chêne liège qui est naturellement peu à peu remplacé par le chêne pubescent. La sélection par l'action du feu défavorise le chêne pubescent au profit du chêne liège lorsqu'ils sont en concurrence. Toutefois, la suberaie mésophile ayant été développée de main d'homme, en l'absence de sylviculture, il est peu probable que l'incendie suffise à inverser ce processus de remontée biologique qui est bien installé. Dans certaines situations, notamment de progression du feu à rebours, des sujets adultes de chênes pubescents ont pu survivre. Dans d'autres cas, une vigoureuse reprise par rejets de souche est observée.

9540

## Pinède méditerranéenne de pins mésogéens



pinède de pins maritimes calcinée, Les Mayons.jpg ©Rascas Biodiv

Les pinèdes de pins d'Alep ne couvrent que de petites surfaces à proximité immédiate du départ du feu. La germination produite par cette espèce étant vigoureuse après feu, le maintien de ces pinèdes mixtes avec des chênes est donc assuré, d'autant que sur ce secteur de Gonfaron, de nombreuses poches non brûlées sont mitoyennes.

En revanche, les surfaces impactées de pinèdes de pins maritimes sont conséquentes à l'échelle de l'incendie. Souvent denses et issues d'une régénération spontanée après les incendies précédents, notamment celui de 1979, elles n'avaient pas eu le temps d'évoluer vers des peuplements mixtes plus matures et équilibrés au profit du chêne liège.

Très inflammables, elles ont notablement contribué à la propagation du feu. Certaines poches ou certains sujets de pins maritimes ne sont pas morts automatiquement lors de l'embrasement des pinèdes. Ceci peut s'expliquer sans doute par la vitesse de propagation du feu. Toutefois, au cours de l'hiver, des sujets encore verts à l'automne, montrent des signes de jaunissement des aiguilles, témoignant ainsi de dégâts irréversibles au niveau des tissus des troncs, des branches voire des racines. Le couvert herbacé était assez pauvre dans les pinèdes les plus denses. Les tapis d'aiguilles qui se sont embrasés ont en outre affectés la surface du sol. Un nouveau tapis a pu se reformer avec la chute des aiguilles sous les arbres morts, contribuant ainsi à une reconstitution de la litière et à une protection vis à vis de l'érosion. La mise en lumière du sous-bois devrait entraîner dans un premier temps une diversification des strates inférieures. Les chênes lièges présents, souvent dominés par les pins auront l'opportunité de se maintenir et, on l'espère, de se régénérer. Toutefois, il faut s'attendre à ce que la succession constatée après le feu de 1979 se reproduise à l'identique. Une production massive de graines est amenée à se diffuser et le succès de la germination dépendra en bonne partie de la pluviométrie en 2022.

**Des pinèdes denses sont appelées à se reconstituer et il est probable que la récurrence des feux ne permette pas aux peuplements d'évoluer vers des formations mixtes, moins vulnérables et plus résilientes aux incendies futurs. Compte tenu des conséquences décrites, la question de la sylviculture à venir se pose clairement pour les pinèdes de pins maritimes.**

9540

## Pinède méditerranéenne de pins parasols



pinède de pins parasols, Bois du Rouquan ©Rascas Biodiv

Le pin parasol est essentiellement présent en Plaine des Maures, dans sa partie est, à Vidauban et sur le Cannet des Maures, sur des substrats suffisamment drainants. Dans le Massif, pour la partie incendiée, il se rencontre surtout à la faveur de plantations. C'est également le cas, à l'ouest de la plaine où des plantations ont été réalisées par l'ONF, en Forêts communales du Luc et de Gonfaron suite au feu de 1979. Sur ces secteurs, le pin parasol n'est pas présent naturellement pour des raisons édaphiques et les plantations, aujourd'hui pour partie incendiées, ne se sont guère développées. Les peuplements spontanés adultes que l'on observe notamment au Bois du Rouquan à Vidauban sont constitués d'arbres parfois âgés de près d'un siècle. Grâce à l'élagage naturel, parfois la faible biomasse arbustive au sol, voire le glacis naturel opéré par les dalles rocheuses et l'épaisseur importante de l'écorce, certains de ces arbres avaient pu résister à l'incendie de 1979. Un deuxième incendie a été fatal à beaucoup d'entre eux. Des blessures non cicatrisées au pied ont été souvent la porte d'entrée à la combustion et de nombreux sujets se sont brisés à la base consécutivement à l'incendie.

**Beaucoup de houppiers ont été partiellement calcinés et il est difficile de dire aujourd'hui en hiver, on a pu observer que les réactions des pins pignons était plutôt favorable, mais : quelle proportion de sujets supportera la sécheresse l'été 2022 du fait des dégâts occasionnés y compris sur le système racinaire assez vulnérable car implanté en surface ?**

La régénération du pin parasol était déjà problématique avant l'incendie du fait d'une mauvaise germination des graines associée à une maladie cryptogamique et aux déficits hydriques. Les rares jeunes sujets n'ont pas profité de la résistance naturelle inhérente aux arbres adultes et donc la régénération de cet habitat emblématique, notamment sur le plan paysager, est aujourd'hui largement compromis. Il est probable que ce type de paysage soit amené à disparaître.

Des interventions humaines sont possibles mais les déficits en eau sur des stations très contraignantes en termes de sols et de climat perdureront. Même si les nombreux enjeux floristiques associés aux pelouses précédemment décrites devraient se maintenir, la perte d'un étage forestier reste toujours préjudiciable à la biodiversité. Il en va de même des étages intermédiaires qui s'associent à ces pinèdes, en particulier les fourrés à *Juniperus oxycedrus* (Cade).

Les Cades offrent peu de résistance à l'incendie. Leurs silhouettes décharnées persistent des décennies après le feu sans se dégrader, servant longtemps de perchoirs aux oiseaux tels les pies-grièches.

## 9260 Châtaigneraies provençales



Verger de Châtaigniers parcouru par le feu, La Garde-Freinet ©Rascas Biodiv



Certains châtaigniers peuvent rejeter de souche après feu ©Rascas Biodiv



Taillis de châtaigniers calciné, Le Cannet des Maures ©Rascas Biodiv

La châtaigneraie des Maures couvre environ 2 500 ha sur le Massif. La proportion impactée est estimée à 44 ha soit 1,7 % ce qui peut être considéré comme négligeable à l'échelle du massif. Les peuplements touchés sont situés sur l'ubac des Maures au sud du Cannet des Maures ainsi qu'à l'ouest de la Garde Freinet.

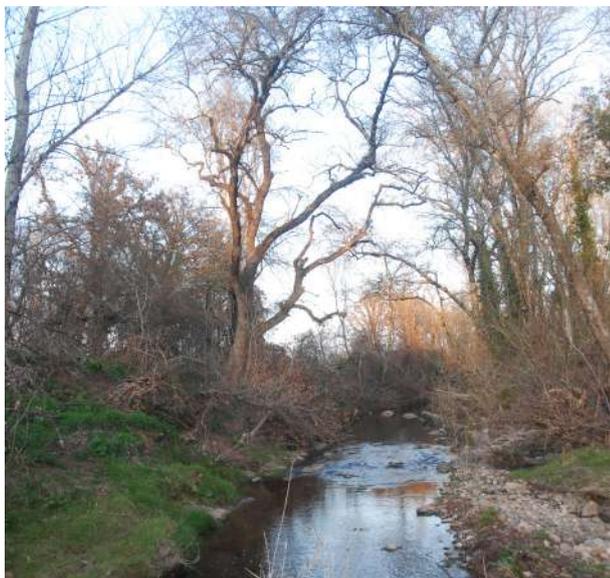
Le secteur concerné ne concerne pas les vergers les mieux entretenus ni les plus productifs du Massif. Les vergers les mieux entretenus résistent assez bien au passage du feu. Ils permettent de ralentir la progression de l'incendie et constituent des zones refuges pour la faune. En 2003, le parcours des feux sur la Garde Freinet avait été sensiblement influencé par la présence de ces habitats. En 2021, les châtaigneraies de la Garde Freinet ont permis de canaliser le feu à l'écart du village. En situation de déprise, les vergers sont progressivement colonisés par le maquis, les pinèdes voire le chêne liège. L'impact du feu est donc proportionnel à cette évolution.

Une partie des châtaigneraies brûlées en 2021 étaient sous forme de taillis, des faciès plus denses donc plus vulnérables que les vergers. Il est encore tôt pour prédire l'évolution de ces peuplements et le taux de survie des châtaigniers dans cette situation.

L'évolution vers la suberaie mésophile, la chênaie pubescente ou la pinède de pins maritimes selon les cas est un scénario probable. Dans les Maures, nombreux sont les anciens vergers abandonnés consécutivement à un incendie. En limite d'aire de répartition, soumise à des aléas climatiques et sanitaires, la châtaigneraie est en régression constante. L'incendie est donc à même de porter un coup fatal à certaines parcelles. Dans le cas présent, les châtaigneraies sont en outre souvent difficiles d'accès et éloignées de leurs propriétaires ce qui complique l'implication de ceux-ci pour assurer leur pérennité.

**La biodiversité associée aux châtaigneraies est affectée si la structure spatiale du verger est amenée à disparaître. Cela concerne les oiseaux, les chiroptères et les insectes associés aux cavités. La flore vernale du sous-bois est particulièrement riche en espèces patrimoniales. L'impact du feu est en principe modéré sur ces espèces. Il était traditionnellement d'usage de brûler en hiver feuilles et bogues dans les vergers. L'abandon des vergers amène à la perte des plantes remarquables mais ce phénomène dépasse de loin la situation de l'incendie qui peut en être toutefois un accélérateur.**

## 92 AO Forêts galeries méditerranéennes à *Populus alba* 44.14



Ripisylve de l'Aille vers Reillanne ©Rascas Biodiv

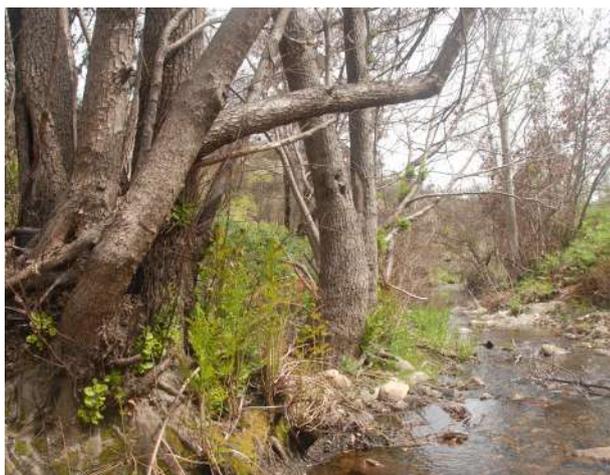


Peuplement de peupliers tremble, Plaine des Maures ©Rascas Biodiv

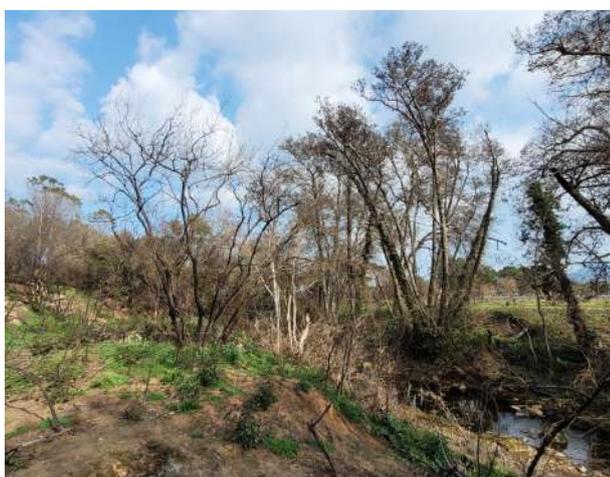
Les ripisylves couvrent de faibles surfaces sur la zone incendiée, de l'ordre de 79 ha, tous habitats confondus. Elles y jouent néanmoins un rôle écologique important. Elles limitent le réchauffement des eaux, favorisant la vie aquatique. Elles servent de refuge à de nombreux espèces de plantes vernales ou d'animaux qui apprécient les fourrés, l'abondance de bois mort et la présence de grands arbres pour leur reproduction. Elles assurent également une fonction essentielle de zone de chasse et de corridor écologique, en particulier pour les chiroptères. Avant l'incendie, elles étaient déjà malmenées par la concurrence avec l'agriculture et l'impact des changements climatiques. Les forêts galeries nécessitent une certaine épaisseur de dépôts alluvionnaires combinée à une alimentation suffisante en eau. Dans la Plaine des Maures, elles se développent surtout en aval de la confluence entre l'Aille et le Mourrefrey. L'impact du feu sur cet habitat est souvent hétérogène. D'un côté, l'accumulation de biomasse et la faible résistance des sujets les rend assez vulnérables.

Il en résulte un impact du feu assez complexe et dépendant de nombreux facteurs locaux. Ainsi par exemple, en aval du gué de Reillane, sur l'Aille, le feu a impacté la rive gauche mais a relativement bien préservé la rive droite. Le feu de 1979 avait totalement épargné ces forêts galeries.

Toujours en Plaine des Maures, en aval du Val Rouvier, signalons la présence, d'une variante à Peuplier tremble *Populus tremula*, rare, localisée et très originale pour le département. Cette station de 5 ha entourée de milieux plutôt secs jouait localement un rôle écologique important. A ce stade, il est difficile de dire comment ce peuplement réagira à l'incendie qui a parcouru son sous-bois et chauffé beaucoup d'arbres. Le suivi de ce peuplement relève d'un fort enjeu local. Son stade de développement, avec des sujets du même âge résultait déjà d'une régénération suite au feu de 1979.



Ripisylve à aulnes et osmondes royales, La Gisle, Grimaud©Rascas Biodiv



Ripisylve de l'Aille, Chausse, Le Luc ©Rascas Biodiv

Ce type de ripisylve est de loin le plus représenté sur la zone d'étude. Moins exigeantes en termes de substrat, ces ripisylves se développent en un fin linéaire le long des cours d'eau tant que les berges ne sont pas trop rocheuses.

Elles se rencontrent sur tout une partie de l'Aille, de ses affluents (Mourrefrey, Neuf Riaux...) ainsi que le long de la Gisle. Elles présentent une certaine extension en amont du Lac des Escarcets. Là encore, l'effet de l'incendie a été assez hétérogène et il est difficile de définir un schéma général tant sur les impacts que les capacités de résilience. Cela peut en effet dépendre de la largeur de la ripisylve, de la présence de milieux ouverts ou agricoles à proximité, de l'axe du cours d'eau par rapport à celui du feu, de l'alimentation en eau au moment du feu, etc. aulnes et frênes ont la capacité à repartir du pied.

Cela arrive fréquemment en cas de mortalité liée à des sécheresses. L'impact du feu se combine aux effets délétères du déficit hydrique sur des formations déjà fragiles. Un autre effet préoccupant du feu sur les ripisylves relève de l'impact physique sur les berges. Certes, celles-ci sont rodées aux perturbations assurées par les phénomènes de crue. Par chance et pour l'heure, il n'y a pas eu de crue majeure se combinant à l'effet du feu. Toutefois, le substrat des rives apparaît assez restructuré après le passage du feu. Celles-ci ne sont plus protégées par la litière et le reste de la biomasse. Les dépôts d'alluvions fins mêlés à la cendre restent vulnérables et très mobiles pouvant induire à terme un recul des berges et des effondrements partiels. Très vite cependant, à l'écart de la berge, en raison de la richesse édaphique, une strate herbacée opportuniste a pu recouvrir le sous-bois des ripisylves

## Les micro-habitats



Richesse en micro-habitats dans un vallon non incendié des Maures, Les Mayons ©Rascas Biodiv



Micro-habitats associés aux environnements rocheux, Les Mayons ©Rascas Biodiv

La notion de micro-habitats ne répond pas à une logique phytosociologique comme les habitats précités. Ils méritent d'être évoqués car l'incendie exerce un impact majeur sur leurs présences et les effets du feu sont probablement sous-estimés à cet égard. La présence de micro-habitats abondants et variés exercent un rôle majeur dans la biodiversité, en complément des diversités structurelles, horizontales et verticales, également mises à mal par l'incendie. Sur la zone d'étude, les micro-habitats pouvaient être relativement abondants. Il peut s'agir de bois mort au sol, de débris de lièges, d'amas de végétaux, de cavités d'arbres, d'écorces décollées...

Tous ces éléments dispersés dans le milieu, constituent autant d'abris et de niches écologiques pour de nombreux invertébrés et quelques petits vertébrés. Leur disparition est massive suite au passage du feu. Seuls subsistent les micro-habitats minéraux (terriers dans le substrat, blocs, pierres et leurs amas) qui peuvent pallier à ce manque. Ceux-ci ne sont toutefois pas répartis équitablement sur le territoire. Suite au feu, les micro-habitats vont ensuite se reconstituer lentement notamment au travers de la chute d'arbres morts.





Certaines parties du Collet de la Scie ayant brûlées en 1981, apparaissent aujourd'hui très dégradées ©Rascas Biodiv



Cône de pin libérant ses graines après feu ©Rascas Biodiv

## La flore

### Aspects généraux

Après avoir abordé les impacts sur les habitats, nous pouvons traiter de la réaction des organismes les plus représentatifs ou remarquables de la zone incendiée. Les espèces végétales méditerranéennes peuvent être classées en trois grandes catégories, selon leurs réponses à la perturbation incendie (Naveh 1974) :

- ▶ *Les espèces qui utilisent obligatoirement la voie végétative: elles régénèrent par rejets à partir d'organes souterrains ou aériens.*
- ▶ *Les espèces qui utilisent obligatoirement la voie reproductrice: elles régénèrent par germination de graines (on parle de semenciers).*
- ▶ *Les espèces qui utilisent une combinaison des deux stratégies précédentes ; on parle en général de semencier facultatif.*

Si la première stratégie apparaît dans un premier temps la plus efficace ou la plus visible, l'arrivée d'une pluie significative (50 mm enregistrés aux Mayons) une semaine après l'incendie a permis la germination de nombreuses graines. Certaines graines sont immédiatement détruites par l'incendie alors que d'autres sont stimulées, le choc thermique favorisant la germination. Il en résulte dans un premier

temps un déséquilibre entre la composition floristique préalable et celle présente dans les mois suivants l'incendie. Le retour à une composition floristique préexistante est progressif mais rapide. Les premiers mois, il y a peu d'espèces visibles puis la richesse floristique augmente notamment grâce aux espèces annuelles qui colonisent les espaces vacants. La richesse maximale est atteinte entre la première et la deuxième année. Elle est fréquemment supérieure à la richesse préalable. Puis cette richesse tend à se stabiliser à partir de la cinquième année (Trabaud, 2004). Le modèle de retour à une « composition floristique initiale » a été développé par Egler dès 1954 et Hanes a créé le terme d'auto-succession en 1971 pour désigner ce retour progressif des espèces préexistantes.

**Il existe un grand nombre d'études portant sur les successions végétales après incendie et elles ont grandement contribué à l'idée générale que l'écosystème se reconstitue à l'identique. Ceci est interprété incidemment par le public de manière simpliste et accrédite l'idée que finalement le feu n'est pas si grave. Cette idée doit être largement tempérée !**

**La plupart de ces études ont porté sur l'étude d'un cycle, parfois sur une**

dizaine d'années ce qui représente déjà en soi un gros travail. Mais l'effet répété des incendies sur un pas de temps de 50 ans ou plus est moins bien appréhendé. Le paramètre de l'intervalle entre deux feux est un effet des plus influents sur la réponse des communautés aux incendies (Hétier, 1993). L'impact structurel est pourtant perceptible lorsque l'on compare visuellement les secteurs du Massif des Maures considérés comme des « couloirs de feux » avec ceux ayant peu ou pas connu de feu depuis longtemps. La disparition progressive du faciès forestier et la densification du maquis sont les aspects les plus visibles. Mais la diminution du couvert herbacé, en proportion et en richesse floristique, probablement induit par la dégradation des sols est un phénomène préoccupant pour la biodiversité.

De vastes surfaces du Massif de l'estérel, du Cap Benat ou de l'ouest du Massif des Maures présentent aujourd'hui un taux de couverture herbacée très faible avec une prédominance en pourcentage de recouvrement de cailloutis peu fertiles. Des observations issues du retour d'expérience sur le secteur de la Tourraque, près du Cap Taillat témoignent bien de cette situation. Avec un intervalle de seulement 10 ans (2007-2017), le passage répété du feu a eu un effet très net sur la strate herbacée, accentué par la densification du couvert arbustif et les déficits hydriques.



Impact répété des feux à la Tourraque, Ramatuelle, initialement peuplée de chênes ©Rascas Biodiv

Plusieurs familles apparaissent dominantes après l'incendie. Ce sont notamment des *Gramineae*, *Astaraceae*, *Cistaceae* et *Fabaceae* (Luna, 2006). Les représentants des *Fabaceae* disposent d'un avantage adaptatif certain en fixant l'azote atmosphérique à un moment où le sol en est appauvri. Ce faisant, ils contribuent à rééquilibrer les nutriments dans le sol. Sur les Caps Lardier et Taillat, après le feu de 2017, les espèces herbacées dominantes début 2018 étaient *Galactites tomentosus*, *Bituminaria bituminosa*, *Lobularia maritima*, *Mercurialis annua* et *Lupinus angustifolius* (observations personnelles - Antoine CATARD). En 2019, dans le cadre d'un suivi toujours en cours sur ce secteur, il est relevé que sur

un cortège de 180 espèces, trois dominant nettement (*Bituminaria bituminosa*, *Cytisus spinosus* et *Cistus monspeliensis*). La richesse floristique est jugée faible soit entre 6,7 et 10,4 espèces par m<sup>2</sup> (Thibaut et al 2019). Sur tout le périmètre de la zone incendiée en 2021, la richesse floristique apparaît au premier abord extrêmement variable allant d'une espèce par mètre carré à probablement une centaine pour certaines pelouses oligotrophes (et ce en l'absence de suivis à cette date). Ceci reflète la grande diversité de milieux et hétérogénéité des substrats et des habitats.

Certaines pelouses oligotrophes abritant des plantes naines, il est connu qu'en Plaine des Maures une très forte richesse spécifique soit possible sur de faibles unités de surfaces. Les cortèges d'espèces dominantes ayant germées suite au feu de Gonfaron varient donc fortement selon les substrats. Parmi les espèces les plus couramment observées début 2022, signalons l'hélianthème à gouttes *Tuberaria guttata*, la pulicaria odorante *Pulicaria odora*, l'herbe à Robert *Geranium robertianum* subsp. *Purpureum*, la vipérine de Crète *Echium creticum*, l'herbe à bitume *Bituminaria bituminosa*, l'épiaire des champs *Stachys arvensis*, la lunetière lisse *Biscutella laevigata* (cf *B. apricorum*), les cistes *Cistus* sp, les fumeterres *Fumaria* sp, les lamiers *Lamium* sp. Sur la zone d'étude, une espèce est réputée être largement favorisée par les incendies qui stimulent son développement et la constitution de sa banque de graine, il s'agit du géranium laineux *Geranium lanuginosum*.

### Impact sur les plantes patrimoniales

Le passage du feu amène naturellement à se poser la question de l'impact sur les espèces à enjeux de la Plaine et du Massif des Maures. La Plaine permienne au sens large détient le record du nombre de plantes protégées de France métropolitaine. La RNN de la Plaine des Maures abrite 60 plantes protégées. La majorité de ces espèces (83%) a été concernée par l'incendie. La proportion des stations impactées est très variable selon les espèces mais peut atteindre 100% dans certains cas (Guicheteau, 2021). La réaction individuelle des espèces peut l'être tout autant. Toutefois, ce territoire ayant subi plusieurs incendies, il est légitime de penser que ces perturbations n'ont pas entraîné, du moins jusqu'à présent d'érosion significative de la biodiversité végétale.

**Ce constat est-il valable pour toutes les espèces ? N'est-il valable que pour un certain rythme d'incendies ou pourrait-il évoluer si les feux deviennent plus fréquents ?**

Ce chapitre n'a pas la prétention de répondre à toutes ces questions mais de faire état de quelques observations réalisées jusqu'en mars 2022 sur le territoire mais aussi suite à d'autres feux en Provence cristalline. Des suivis spécifiques seraient à prévoir pour conforter ces constats. La grande richesse en relevés floristiques sur le territoire permet également d'envisager en termes de présence/absence le maintien de certaines espèces. L'impact quantitatif est plus difficile à évaluer car traditionnellement, la pluviométrie influence grandement la démographie interannuelle des espèces.

La résistance et la réaction des espèces sont variables selon les types biologiques et les modes de reproduction et de développement. Une large majorité des plantes patrimoniales présentes sur la zone

incendiée son des Géophytes (plantes à bulbes) ou des Thérophytes (plantes annuelles), ce qui leur confère une résistance naturelle lors des incendies estivaux. Les tulipes australes ne fleurissent habituellement qu'en petit nombre. Il semblerait que l'incendie ait influencé leur floraison au printemps 2022, celle-ci ayant été spectaculaire.



Floraison post-incendie massive de Tulipes australes ©Rascas Biodiv

Elles sont susceptibles de subsister au travers d'organes de réserve souterrains ou de la banque de graines du sol. Il s'agit notamment des espèces associées aux ruisseaux temporaires et aux pelouses mésophiles, soit environ la moitié des espèces patrimoniales du territoire. Les reprises des espèces des genres *Isoetes sp.* et *Serapias sp.* étaient bien visibles lors de l'hiver 2021-2022.



*Serapias négligé*, Plaine des Maures ©Rascas Biodiv

Comme cela avait été constaté en Plaine de Palayson, le niveau de résilience de ces espèces emblématiques est assez rassurant. Il est même possible que la combustion de la matière sèche en surface favorise leur habitat en maintenant un substrat dégagé propice à leur développement. Un bon développement des Ophioglosses de Lusitanie *Ophioglossum lusitanicum* a également été constaté sur cette période ainsi que sur d'autres feux similaires. Toujours parmi les Géophytes, notons le développement des *Gladiolus dubius* au bois de Balançan, dont les rhizomes sont impactés profondément ou de *Gagea pratensis* en bordure du Mourrefrey.



*Gagea des Prés*, bordure du Mourrefrey, Plaine des Maures ©Rascas Biodiv



*Nivéole élégante*, bordure du Mourrefrey, Plaine des Maures ©Rascas Biodiv

En revanche, seulement trois pieds de *Leucojum pulchellum* ont été retrouvés sur ce même secteur, peut être en raison de pertes liées à l'érosion des berges. La situation des Spiranthes d'été *Spiranthes aestivalis* sera à suivre attentivement en juin prochain du fait que des habitats ont été couverts quelques semaines après le feu par un dépôt de limons et de cendres.

Il est prématuré d'affirmer que toutes les plantes annuelles (Thérophytes) profiteront de la situation même si les espaces propices à leur développement se sont dégagés. Ceci dépend probablement de l'intensité locale du feu et de la conservation des graines. A titre d'exemple notons la bonne résistance de cette station de *Kichxia commutata* en zone incendiée mais peu intensément, vers les Aurèdes. Plusieurs espèces de graminées sont patrimoniales sur le territoire incendié (*Neoschischkinia pourretii*, *Agrostis tenerrima*, *Airopsis tenella*, *Aira elegantissima*, *Aira provincialis*, *Kengia serotina*, *Taeniatherum caput-medusae*). Elles sont associées à des substrat généralement sableux et thermophiles, des pelouses ouvertes ou humides en hiver selon les espèces. L'impact du feu est probablement minime pour ces espèces qui peuvent en outre profiter de l'ouverture des maquis.

Quelques espèces vivaces Hémicryptophytes méritent une certaine attention car les touffes cespiteuses ou les rosettes, bien que prostrées en août, peuvent avoir été endommagées. Les premières observations faites sur des sujets de Laïche à épis grêles *Carex depauperata* et de Laïche d'Hyères *Carex olbiensis* de l'ubac des Maures, ont montré une bonne reprise végétative après les pluies d'automne.

Les espèces ligneuses (Phanérophtes et Chaméphytes) patrimoniales sont peu représentées sur la zone. Signalons toutefois le Ciste crépu *Cistus crispus* et le Rosier de France *Rosa gallica*. La première espèce présente une station très localisée en bordure de la départementale 558. Celle-ci faisait l'objet d'un suivi et d'une mise en défens par l'équipe de la RNN de la Plaine des Maures. Elle n'a été que partiellement calcinée et se maintient sur environ 100m<sup>2</sup> en mélange avec d'autres cistes. En mars 2022, aucune germination n'a été observée mais la période était sans doute prématurée. Le Rosier de France dispose de plusieurs stations en Plaine des Maures. Trois d'entre elles ont été parcourues par le feu. L'espèce bien que consommable dispose d'une bonne capacité à drageonner après une perturbation superficielle.

Les espèces aquatiques ou amphibies que sont les Hydrophytes (bourgeons dormants sous l'eau) et les Hélophytes (bourgeons dormants au-dessus de l'eau) sont relativement protégées même si en août la biomasse sèche et les basses eaux ont fait que le feu pouvait pénétrer dans les roselières. A la retenue des Aurèdes, il était possible de voir fin août des Gratioles officinales *Gratiola officinalis* toujours en fleurs.



Laïche d'Hyères, ubac des Maures ©Rascas Biodiv



Reprise discrète du Rosier de France, Le Cannet des Maures ©Rascas Biodiv



Station de Gratiolle officinale, berges de la retenue des Aurèdes, Le Cannet des Maures, avril 2022 ©Rascas Biodiv

Dans l'hiver, plusieurs stations de *Callitriche brutia* se sont développées dans des ruisseaux précédemment incendiés, des graines ayant persisté dans le sédiment. Le Nénuphar blanc *Nymphaea alba* semble également pouvoir se maintenir dans les retenues qui l'abrite.



Renoncule à feuilles d'Ophioglosse et callitriches, Plaine des Maures ©Rascas Biodiv

Parmi les milieux abritant des espèces rares dans le Massif des Maures, citons les zones rocheuses riches en blocs et pentes rocheuses dont les interstices abritent plusieurs fougères rares (*Paragymnopteris marantae*, *Asplenium obovatum* et *Asplenium foreziense*). Ces milieux sont essentiellement présents sur les crêtes et versants rocaillieux du sud du Cannet des Maures à la Garde Freinet. Elles ont été en partie parcourues par le feu de 2003 et étaient pauvres en biomasse combustible. La situation de ces espèces dans des biotopes minéraux fait qu'elles sont peu vulnérables aux incendies.



*Asplenium obovatum* subsp. *obovatum*, préservé dans une faille, Les Roches Blanches, La Garde-Freinet ©Rascas Biodiv

D'une manière générale, il est possible d'être rassurant quant à l'état de conservation futur de la plupart des espèces liées aux pelouses oligotrophes sèches ou humides. Une attention peut être portée néanmoins à des espèces plutôt associées aux berges des ruisseaux temporaires susceptibles de s'éroder (*Solenopsis laurentia*, *Cicendia filiformis*). Du fait de la dégradation du couvert forestier et des conditions fraîches et ombragées sur certains secteurs, il serait légitime de se préoccuper de l'état de conservation de certaines espèces. Leur développement étant plus tardif, il est difficile de s'exprimer sur ce point à cette date. Des espèces, associées aux fonds de vallons, aux châtaigneraies et aux suberaies mésophiles dépendent de conditions écologiques qui ont

pu être fortement modifiées. Plus fréquentes au cœur des Maures et en nombre de stations assez limitées sur la zone incendiée, leur maintien sur les stations connues mériterait, a minima, d'être contrôlé dans les mois à venir, en fonction de leur développement. Dans cette objectif, citons tout particulièrement :

- le Maceron perfolié - *Smyrniun perfoliatum* (2 stations),
- la Circée de Lutèce - *Circaea lutetiana* (3 stations),
- la Doronic plantain - *Doronicum plantagineum* (4 stations),
- la Vesce noirâtre - *Vicia melanops* (1 station),
- la Vesce plaisante - *Vicia laeta* (1 station),
- l'Osmonde Royale - *Osmunda regalis* (9 stations),
- le Polystic soyeux - *Polysticum setiferum* (17 stations).



Doronic plantain, Vallon de Saint Daumas, Le Cannet des Maures ©Rascas Biodiv



Reprise d'Osmondes royales ayant survécues au feu, La Gisclé, Grimaud ©Rascas Biodiv



Polystic soyeux, son stipe a été superficiellement consommé ©Rascas Biodiv

Le secteur de la Provence siliceuse continentale qui nous intéresse comporte moins de 20 taxons endémiques (Atlas de la flore vasculaire du Var, 2021). Plusieurs d'entre eux ont pu être concernés par l'incendie. Compte tenu de la responsabilité qui pèse sur les taxons endémiques, une attention doit être portée sur leur état de conservation. Cela n'est pas si évident car certains d'entre eux, décrits récemment restent encore mal connus. Nous pouvons citer la Centaurée de Hanry *Centaurea hanryi subsp hanryi* présente sur les crêtes rocheuses des Maures et probablement naturellement protégée par sa situation rupicole.

Présente dans les vallons frais des Maures et de l'estérel, *Colchicum multiflorum subsp paranquei* a été récemment décrite. Les bulbes au repos sont préservés des flammes en août. Du groupe des Lunetières lisses, *Biscutella apricorum* correspondrait au taxon des ubacs et crêtes des Maures, elle apparaît assez abondante localement suite au feu y compris sur des substrats dégradés. Occupant elle aussi les zones rocheuses, cette vivace est peut-être aussi peu vulnérable. La Pensée de Roquebrune *Viola roccabrunensis* est une endémique varoise strictement confinée au massif des Maures et au rocher éponyme. La responsabilité est donc importante pour cette espèce et des suivis dédiés sont pleinement justifiés. Annuelle, occupant des zones rocailleuses ou sablonneuses, généralement sur ou à proximité d'affleurements rocheux, elle devrait en principe avoir été peu impactée.

Les secteurs de crête qu'elle occupe ont été en partie prospectées suite à l'incendie et l'espèce semble se maintenir du moins en situation abritée.



*Pensée de Roquebrune après incendie, Les Roches Blanches, La Garde-Freinet ©Rascas Biodiv*

Enfin mentionnons la Renoncule de Rodié *Ranunculus revelieri subsp rodiei* présente essentiellement dans les mares et ruisseaux de la plaine permienne. De nombreuses stations de cette petite annuelle amphibie ont été concernées par l'incendie en Plaine des Maures mais des plantules étaient toutefois visibles çà et là début 2022.



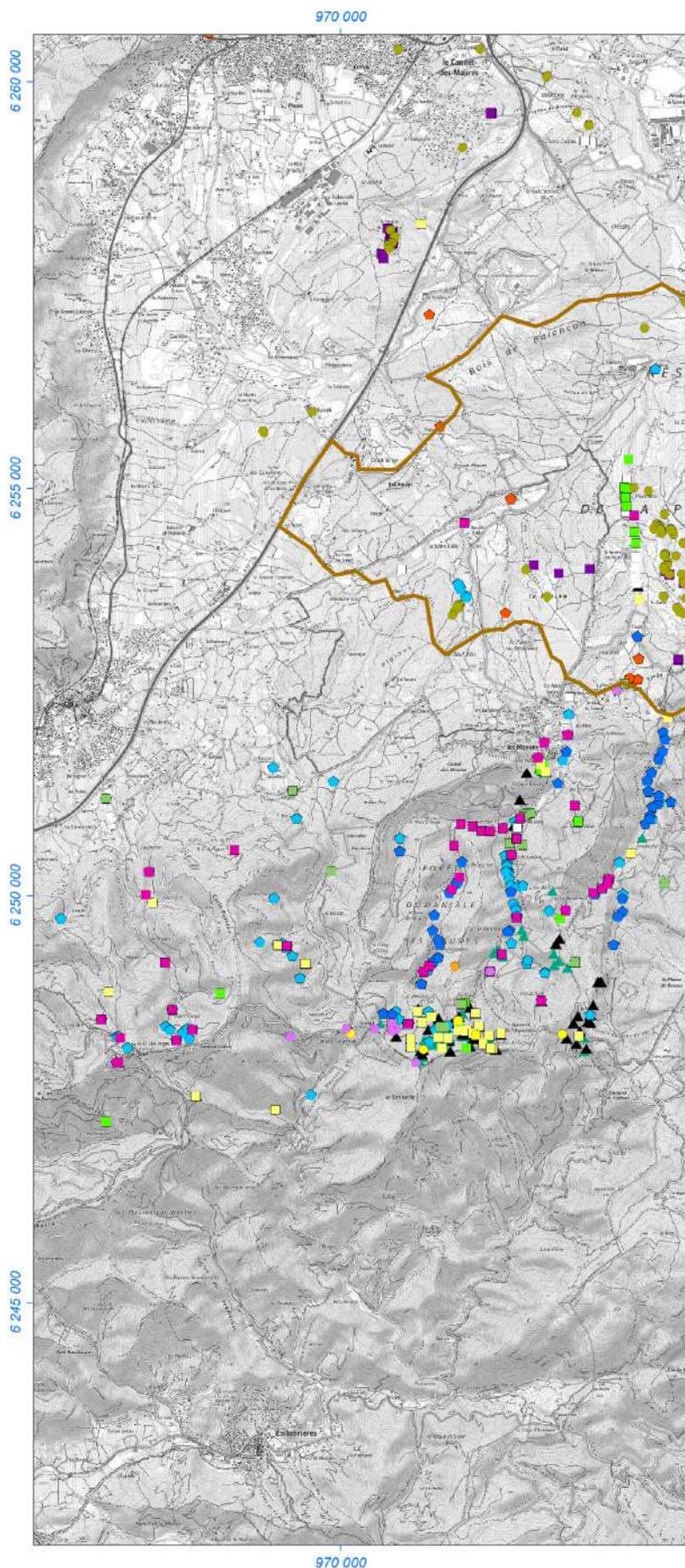
*Renoncule de Rodié, Plaine des Maures, avril 2022 ©Rascas Biodiv*

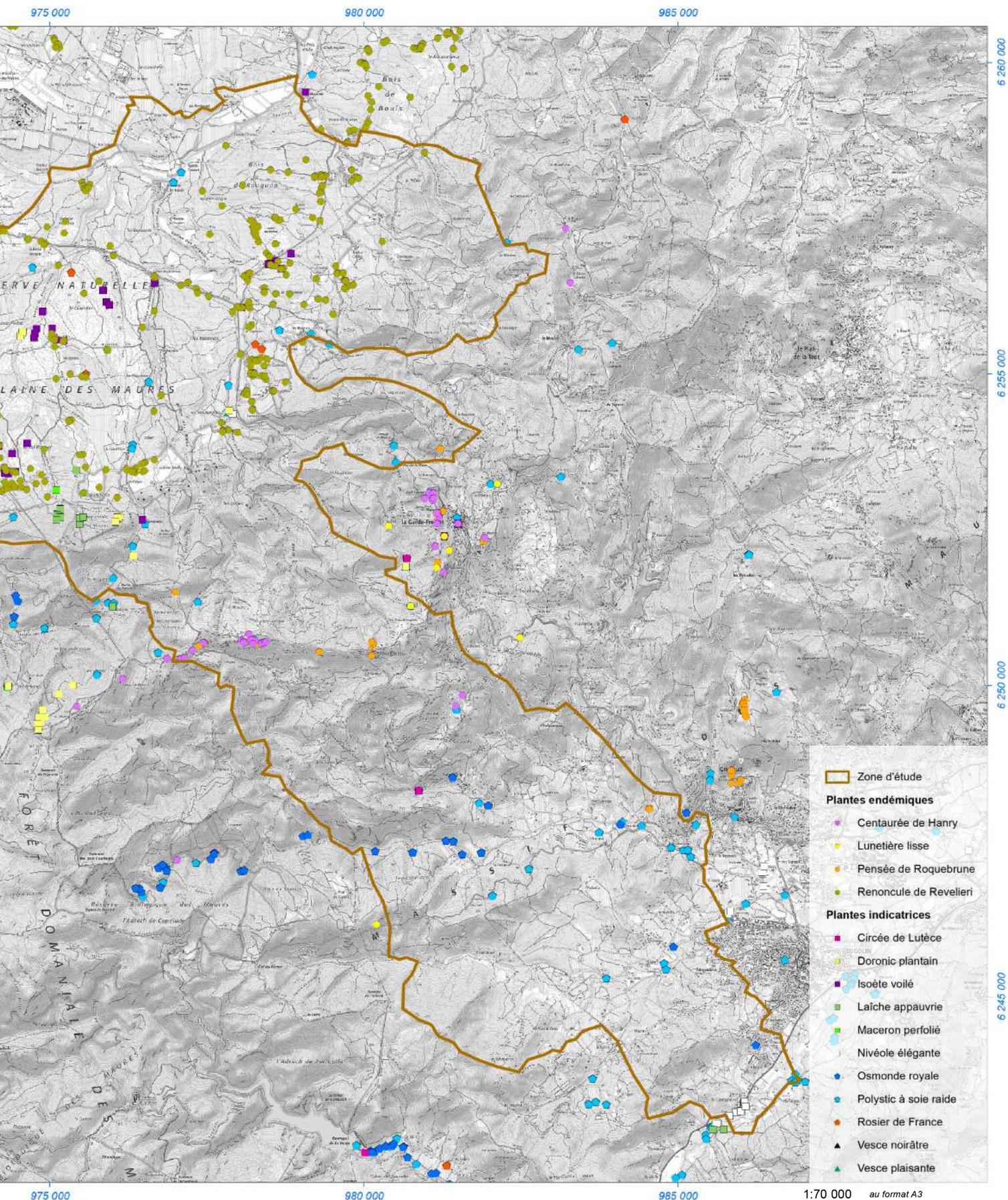
En conclusion, le sort de la majorité des plantes patrimoniales suite à l'incendie n'apparaît pas préoccupant. Elles ont dû s'adapter à plusieurs incendies et semblent assez résilientes à ces perturbations. Rappelons qu'il n'y a pas d'exemple connu en Méditerranée française de plante ayant disparu à la suite d'incendies (Médail, com pers). Les retours d'expérience sur d'autres incendies ayant frappé la Provence cristalline ont montré une assez bonne résistance des plantes patrimoniales. Les suivis réalisés par l'ONF sur la Réserve Biologique Dirigée de la Mare de Catchéou, Le Muy, site emblématique varois de l'habitat prioritaire des mares temporaires méditerranéennes, ont montré une bonne persistance des espèces qu'elle contenait avant le feu de 2003. Sur les sites littoraux des Caps Taillat et Lardier, plusieurs espèces emblématiques ont fait l'objet d'une attention particulière par les gestionnaires de ces sites, d'autant qu'on pouvait craindre une certaine vulnérabilité pour certaines d'entre elles (Palmier nain *Chamaerops humilis*, Barbe de Jupiter *Anthyllis barba-jovis*, Thymée hirsute *Thymalea hirsuta*). Le constat a été fait que malgré la mortalité de quelques sujets, globalement, ces espèces avaient plutôt bien résisté, voire parfois pu coloniser ensuite des espaces de maquis laissés vacants.

La spécificité du feu de Gonfaron réside dans le fait que des vallons frais et des forêts mésophiles ont été parcourus ; ils abritent certaines espèces dépendantes de conditions fraîches et ombragées. C'est pourquoi une attention doit être portée sur ce compartiment. Lorsqu'il s'agit de zones déjà impactées par le feu de 1979 ou, pire encore, de 2003, l'écosystème est susceptible d'évoluer durablement et d'entraîner progressivement la perte d'éléments patrimoniaux.



Reprise des barbes de Jupiter, Cap Taillat Ramatuelle, 2017 ©Rascas Biodiv





Carte Espèces de plantes endémiques ©Rascas Biodiv & PyrénéesCartographie

1:70 000 au format A3

800 400 0 800 1600 Mètres

**Production :** Pyrénées Cartographie  
**Source :** IGN  
**Projection :** Lambert 93  
 Le quadrillage en bleu correspond au système de projection RGF - Lambert 93

## La faune

### Aspects généraux

Si le public se sent globalement surtout concerné par l'impact de l'incendie sur les paysages, celui sur la faune suscite aussi une certaine émotion. Les images de Tortues d'Hermann calcinées sont souvent reprises dans les médias. L'éventualité d'une forte mortalité des animaux préoccupe le public. En 2003, la presse régionale avait même avancé des chiffres fantaisistes et non étayés de millions d'oiseaux morts. En réalité, il est très difficile de quantifier cette mortalité car la majorité des spécimens ne sont pas retrouvés. Seuls des suivis protocolés appliqués à la Tortue d'Hermann sont effectués et permettent une estimation par secteur des taux de mortalité. Les connaissances relatives à l'impact du feu sont surtout d'ordre qualitatif et le rythme de recolonisation des espèces et de succession des cortèges a été bien étudié pour les oiseaux et l'herpéto-faune en particulier. Pour les invertébrés, l'approche est plus compliquée.

L'impact sur la faune est double. On peut distinguer la mortalité directe qui dépend de la vulnérabilité au moment du passage du feu et les effets indirects associés à la modification des milieux. La mortalité directe dépend du comportement général de l'espèce et donc de sa propension à fuir ou à se dissimuler à l'abri. Les abris préférentiels varient selon les espèces et peuvent devenir mortifères ou salvateurs selon. Les espèces aux mœurs nocturnes ou en situation d'estivation peuvent déjà être dissimulés à l'approche des flammes

et y rester jusqu'au dernier moment. Pour les autres, on imagine volontiers que ces abris peuvent être sélectionnés à la hâte. L'asphyxie par les fumées pour les espèces dissimulées dans des terriers ou des cavités rocheuses est toujours possible bien qu'elle soit difficile à contrôler. De toute façon, les espèces présentes sur le territoire n'ont pas eu la possibilité d'acquiescer à un quelconque comportement de sauvegarde spécifique et seuls les mécanismes de survie propres à chacune prédominent. Les modes de vie arboricoles sont un handicap. Il en va de même pour les espèces dissimulées dans la litière et les couches superficielles du sol. Beaucoup d'espèces sont cependant fouisseuses. En été, elles tendent à rechercher la fraîcheur plus en profondeur et peuvent ainsi échapper à des températures élevées lors du passage du front de flamme. La température diminue rapidement dès les premiers centimètres. Les espèces utilisant les cavités des arbres peuvent se trouver préservées si l'intensité du feu n'est pas trop élevée. Dans d'autres cas, la combustion interne des troncs creux peut avoir lieu, en particulier chez de vieux sujets de chênes lièges ou de châtaigniers. Des vertébrés et des invertébrés se trouvent alors piégés.

J'ai eu l'occasion (*id Antoine Catard, écologue - Rascas Biodiv*) d'intervenir ces deux dernières décennies sur une douzaine de sites, suite à différents incendies, ce qui représente au total environ un mois de prospection et une grande variété de situations. Les animaux morts les plus fréquemment retrouvés sont généralement des vertébrés de taille moyenne n'ayant pu échapper aux flammes car probablement



Ce type de sujet était à même d'abriter différentes espèces. ©Rascas Biodiv

désorientés et surpris par leur arrivée. La désorientation est probablement importante en conditions nocturnes. Il s'agissait essentiellement de jeunes sangliers ou de marcassins, de renards, de fouines et de divers reptiles (Tortues d'Hermann, Cistude d'Europe, lézards, couleuvres). Les oiseaux, les chiroptères et les micro-mammifères ne sont jamais retrouvés. Les amphibiens sont rarement retrouvés ce qui est logique à ces périodes où ils estivent à l'abri. Quelques invertébrés sont parfois retrouvés si le feu n'a pas été trop intense et que les spécimens sont de taille suffisante. C'est le cas des *grands orthoptères* comme la Magicienne dentelée *Saga pedo*, le Criquet égyptien *Anacridium aegyptium* et le Barbitiste languedocien *Barbitistes fischeri*. Si des invertébrés morts s'observent sous les pierres, il est souvent surprenant de trouver aussi des espèces actives comme des carabidés, des myriapodes, des arachnides et des fourmis juste après le feu.



Fourmis stockant des graines de pins d'Alep quelques jours après un incendie ©Rascas Biodiv

## Impacts sur les invertébrés

Les conséquences sur ce compartiment biologique restent mal appréhendées et peu étudiées malgré son importance capitale dans le fonctionnement des écosystèmes. La démographie des invertébrés est soumise à de nombreux facteurs ce qui ne facilite pas la compréhension des phénomènes. Pour les espèces les plus mobiles, les possibilités de recolonisation rapide font qu'il n'est pas forcément simple de faire ressortir le paramètre incendie. Il est difficile de prédire l'impact du feu du fait que les populations d'invertébrés sont très variables dans le temps et l'espace (Friend, 1993). Pour autant, l'impact sur les écosystèmes est tel qu'il est logique de penser qu'un bouleversement important s'opère sur ces communautés. Les Maures présentent une diversité importante en espèces dont certaines rares et mêmes endémiques. La Provence cristalline est considérée comme un haut lieu national en termes d'entomologie forestière. Les lombrics sont probablement différemment affectés selon qu'ils aient un mode de vie épigé ou hypogé. Ces derniers sont dominants sur les zones sèches.

Aux États-Unis, le brûlage dirigé est utilisé pour contrôler les populations de *Amyntas agrestis*, lombric asiatique jugé envahissant. Un phénomène couramment observé après incendie n'a pas reçu encore d'explication satisfaisante et mériterait des investigations spécifiques. Dans les jours suivant l'incendie, généralement sur des stations forestières, le sol se retrouve couvert de turricules. Ceci démontre une réaction massive et rapide des lombrics à la perturbation. Mais à quoi correspond ce phénomène ? S'agit-il d'une réaction de stress liée à l'élévation des températures, à la dessiccation du sol, à la perte de litière ? Ce phénomène a-t-il pour conséquence de favoriser l'aération du sol et la pénétrabilité des eaux de pluie, (logiquement oui) ?



Turricules de vers couvrant un sol incendié ©Rascas Biodiv

Toujours est-il que cela représente une réaction bien visible de la faune du sol à la perturbation incendie qui mériterait d'être explicitée. Les mollusques terrestres sont a priori particulièrement sensibles aux incendies. Santos et al (2009) a relevé en Catalogne, une diminution de la biodiversité, un changement dans les espèces dominantes et une recolonisation à partir des zones non brûlées lente et encore limitée 4 ans après l'incendie. Ray et Bergey (2014) ont également mis en évidence des effets négatifs même si l'augmentation du pH du sol pourrait expliquer une meilleure croissance des survivants. Kiss (2002) a en revanche mis en évidence une assez bonne résilience dans des Massifs calcaires proches de Marseille mais dans des milieux rocheux bien fissurés où les possibilités de refuges en période estivale étaient nombreuses. Sur le secteur des Maures, l'absence de calcaire est contraignante pour les gastéropodes dont les coquilles sont généralement minces et fragiles. La plupart des espèces sont dissimulées dans la litière ou sous des débris végétaux et sont particulièrement vulnérables. Les nombreuses coquilles observées après incendie en témoignent. Des espèces sont très spécialisées aux habitats présents et, pour certaines, représentent un intérêt patrimonial. Citons, la Fausse-veloutée des chênes lièges *Urticola suberinus* connue uniquement de la Provence cristalline et qui a probablement payé un lourd tribut à cet incendie par la combustion de la biomasse des suberaies où elle se réfugie.

Pour l'ensemble des arthropodes Jacquet et Cheylan (2008) font les constats suivants. Les espèces sont différemment affectées, certaines sont favorisées, d'autres sont fortement diminuées. L'abondance de nombreux taxons est fortement diminuée notamment les macro-arthropodes saprophages du fait de la perte de leurs ressources. Les taxons les moins sensibles semblent ceux qui se réfugient dans les couches profondes du sol.

Les feux sévères affectent davantage le nombre de taxons et la densité des populations. Beaucoup d'études ayant trait à des pratiques de brûlage dirigé (parfois utilisé pour gérer des habitats en faveur d'insectes), ne sont pas forcément extrapolables au feu de Gouffon jugé sévère. L'influence sur les arthropodes est très influencée par les différences physico-chimiques et les types de végétation rencontrés entre les sites. Si la plupart des effets du feu se produisent à courts termes (3-4 ans), la réponse post-incendie des insectes est très différente selon les groupes.

Les coléoptères *carabidae* sont parmi les premiers colonisateurs des zones incendiées (Nunes et al, 2000). Dans une forêt de pins maritimes en Espagne, Santalla et al. (2002) a montré que les carabes sont nombreux après feu, en abondance comme en diversité. L'abondance diminue ensuite et régresse plus fortement 10 ans après. La diversité spécifique diminuerait avec le nombre d'incendies (Orgeas & Ponel, 2001). L'effet négatif lié à la répétition des feux est une fois de plus mise en avant. Les Maures abritent l'un des plus intéressants cortèges de coléoptères saproxyliques en France. En faisant régresser les faciès forestiers et les volumes de bois morts disponibles, l'incendie devrait logiquement défavoriser ce cortège. Pour l'heure, ceci n'a pu être clairement démontré. Dans une étude pilotée par Brustel en 2005, 4 stations échantillonnages (impactées en 2021) ont été comparées dans les vallons de Saint Daumas et de Pic Martin, dont une brûlée en 2003. C'est cette dernière station qui a présenté la plus grande richesse spécifique (144 espèces). Ceci avait été interprété comme une résultante d'une forte hétérogénéité du milieu qui était d'ailleurs assez proche de zones non incendiées en 2003. Une autre étude menée en 2009 dans la Forêt Domaniale des Maures par Noblecourt visait spécifiquement à évaluer l'impact des incendies sur les coléoptères saproxyliques.



Cavité basse à taupin violacé se consumant ©Rascas Biodiv

Trois zones présentant un historique des feux contrasté (incendiée une fois, plusieurs fois et pas d'incendies connus) ont été échantillonnées et comparées. Il n'est pas ressorti de différence marquée entre les zones. Ces études étant parcellaires, il serait toutefois hâtif de conclure à l'absence d'impact pour ce cortège. Des études complémentaires s'avèreraient nécessaires. En effet, de nombreux micro-habitats dont dépendent des espèces très sélectives ont été affectés ou purement détruits.

Un autre groupe de coléoptères hautement patrimoniaux porte sur les coléoptères endogés dont plusieurs espèces sont endémiques de certains vallons des Maures. Selon Philippe Ponel, spécialiste de ce groupe (com pers), leur mode de vie en profondeur leur confère une certaine protection mais l'impact indirect lié à la dégradation des ambiances forestières dans ces vallons reste inconnu. Il n'est donc pas exclu que des espèces endémiques localisées à des vallons situés dans des couloirs de feu puissent disparaître à terme du fait des modifications écologiques engendrées.

Chez les hyménoptères, les fourmis ont été les plus étudiées. Elles semblent peu affectées (Nunes et al, 2000) et à même de recoloniser rapidement sur de grandes distances grâce à l'essaimage de femelles ailées.

Chez les orthoptères, la richesse en espèces est fortement réduite (Orazio, 1999) mais se reconstitue rapidement. Le cycle annuel des orthoptères fait que beaucoup d'individus sont impactés en été mais en ouvrant de nouveaux sites de pontes et en offrant une végétation tendre l'année suivante, l'incendie offre à nouveau des conditions accueillantes. La Magicienne dentelée *Saga pedo*, espèce protégée se tenant dissimulée dans la végétation arbustive subit très certainement une très forte mortalité. Ses capacités de récupération après feu sont inconnues.



Magicienne dentelée victime de l'incendie ©Rascas Biodiv



Reprise d'Aristolochie à feuilles rondes ©Rascas Biodiv

Chez les lépidoptères, les réponses varient selon les espèces, les papillons spécialistes étant plus vulnérables. Parmi les espèces patrimoniales, citons la Diane *Zerinthia polyxena* dont les plantes hôtes (*Aristolochia sp*) sont assez résistantes au feu. La Prosperpine *Zerinthia rumina* semble assez localisée sur la Garde Freinet et ses plantes hôtes ne sont pas définies sur cette localité. Elle serait à rechercher. Les espèces dépendantes de l'arbousier (*Thecla* de l'arbousier *Callophrys avis* et Jason *Charaxes jasius*) sont probablement à même de réinvestir les zones brûlées du fait de la bonne résilience de cet arbuste.

### Impacts sur les amphibiens

La réponse de ces animaux est très variable en fonction de leurs mœurs. Il y a peu d'études menées en région méditerranéenne. Clivitté et al. (1997), lors d'une étude menée en Catalogne avant et après un grand incendie, a constaté une diminution du nombre d'espèces, une réduction de nombre de larves et une plus grande fréquentation des mares situées en périphérie de la zone incendiée, impliquant donc un déplacement des adultes. L'espèce la plus touchée était la Rainette méridionale *Hyla meridionalis*. Dans le Massif des Maures (Cheylan & Poitevin inédit) ont suivi la recolonisation d'une partie du cours d'eau du Pey (Sainte Maxime) par les trois espèces présentes. Des grenouilles rieuses *Rana ridibunda* ont survécu, sans doute enfouies dans les berges, et étaient présentes immédiatement après les incendies de 1990 et 2003.

Les Rainettes méridionales et le Crapaud épineux *Bufo spinosus* ont mis respectivement 4 et 3 années à recoloniser le milieu après 1990 et seulement 1 et 2 ans après 2003. Les espèces fouisseuses que sont le Pélodyte ponctué *Pelodytes punctatus* et surtout le Pélobate cultripède *Pelobates cultripes*, l'espèce la plus patrimoniale de la Plaine permienne mais non documentée sur le périmètre du feu de Gonfaron, sont toujours présents sur des sites incendiés au Muy et au Cannet des Maures (respectivement en 2003 et 2007). Trois espèces d'amphibiens sont particulièrement vulnérables sur la zone d'étude, la Rainette méridionale, la Grenouille agile *Rana dalmatina* et la Salamandre tachetée *Salamandra salamandra*. La première est affectée du fait de ses mœurs arboricoles. Elle présente de bonnes capacités de recolonisation à partir des franges non brûlées mais elle apparaissait déjà affectée par la succession d'années sèches (observations personnelles). Les deux autres sont à risque car dissimulées dans la litière en période estivale. Elles sont d'ailleurs absentes ou très rares dans les zones fréquemment incendiées des Maures (25 ans ou moins, Jacquet et Cheylan, 2008). En revanche, le Crapaud calamite *Epidalea calamita*, espèce fouisseuse n'a pas eu à souffrir d'une forte mortalité selon une étude par Capture-Marquage-Recapture menée sur le Plateau de Vitrolles en garrigues (Grimal & Johanet, 2017). C'est probablement aussi le cas en Plaine des Maures où il apprécie les espaces ouverts et sablonneux.



Têtards de Crapaud calamite, reproduction post-incendie en Plaine des Maures ©Rascas Biodiv

L'originalité génétique de certains taxons sur la zone d'étude n'est pas nécessairement connue ni même étudiée. L'isolement dans le Massif des Maures des populations de grenouilles agiles ou de salamandre tachetée permet d'imaginer un particularisme génétique. S'il est démontré, l'impact des incendies sur ces espèces devrait être envisagé sous un nouvel angle.

## Impacts sur les reptiles

Les reptiles ne sont eux aussi guère enclins à s'enfuir lors d'un incendie mais ont généralement une bonne capacité à se dissimuler et à survivre après le feu malgré la dessiccation et le manque de nourriture. La réponse des communautés de reptiles au phénomène incendie a été étudiée sur différents continents et dans différents écosystèmes méditerranéens ou non. Ceci a été en particulier documenté dans une étude menée sur le Massif des Maures en 2010 (Santos & Cheylan, 2013) en comparant au travers de transects, les communautés présentes sur des secteurs présentant des historiques de feux contrastés (de non brûlés historiquement à trois incendies ou plus). Cet historique influence fortement les structures végétales et donc les différentes espèces. Certaines espèces insectivores et associées aux milieux ouverts sont favorisées par incendie (Psammodrome d'Edwards *Psammotromus edwardsianus*, Lézard des murailles *Podarcis muralis*, Tarente de Mauritanie *Tarentola mauritanica*). D'autres sont défavorisées comme le Lézard à deux raies *Lacerta bilineata* ou l'Orvet de Vérone *Anguis veronensis*. Le Lézard à deux raies apprécie les ambiances pré-forestières et voit donc ses conditions se dégrader. L'Orvet de Vérone est vraisemblablement affecté étant donné son habitude à se dissimuler dans la litière et ses mœurs forestières. En revanche le Lézard ocellé *Timon lepidus* profite des incendies et voit ses densités augmenter avec la fréquence des feux et l'ouverture des milieux.

Les couleuvres ont des réponses différentes selon les espèces et les modes de vie associés. La Couleuvre de Montpellier *Malpolon monspessulanus* est peu affectée par un seul incendie mais davantage par la répétition des feux. En revanche les Couleuvres helvétiques *Natrix helvetica*, les Couleuvres à Échelons *Zamenis scalaris* et surtout la Couleuvre d'Esculape *Zamenis longissimus* aux mœurs arboricoles sont plus fréquentes dans les zones non incendiées. Les deux dernières espèces de couleuvres de la zone touchée en 2021 ne sont pas évoquées dans l'étude de Santos et Cheylan. La Couleuvre vipérine *Natrix maura* semble assez bien reconstruire ses effectifs après incendie. En revanche, la Coronelle girondine *Coronella girondica* en raison de sa propension à se dissimuler dans les amas de végétation en décomposition est probablement très vulnérable. Ses mœurs nocturnes font qu'elle reste méconnue sur la zone. Toutes les couleuvres apparaissent néanmoins sensibles du fait de la raréfaction des proies et d'une plus grande vulnérabilité aux prédateurs, suite à la disparition de nombreuses cachettes. Un phénomène fréquemment observé après feu et qui fournit des indices de présence est une mue anticipée.



Lézard à deux raies ayant survécu dans un massif d'Oponces ©Rascas Biodiv

Les serpents tendent à muer juste après l'incendie. Cette réaction est mal expliquée mais pourrait être déclenchée en raison du stress ou d'atteintes à la peau. D'une manière générale, les prospections post-incendie amènent à obtenir différents contacts avec des reptiles ce qui démontre que la recolonisation est possible au travers d'individus survivants et pas uniquement par la périphérie. La Cistude d'Europe *Emys orbicularis* est l'un des reptiles patrimoniaux pour lequel le Massif des Maures présente une responsabilité particulière. La Provence cristalline abrite l'une des plus importantes populations du sud de la France et celle-ci est rattachée à la lignée italienne *galloitalica* contrairement aux autres populations continentales. La question de l'impact des incendies se pose donc tout particulièrement pour cette espèce. Il est incontestable que des spécimens soient victimes de l'incendie. Plusieurs cadavres ont été trouvés dans les roselières calcinées de la retenue des Aurèdes au Cannet des Maures mais aucun dans le ruisseau de Saint Daumas sur cette même commune. Il est possible que les situations d'estivation dans des berges rocheuses ou des cavités de rives soient plus protectrices que dans la végétation mais tous les cadavres ne sont pas retrouvés. Ces milieux sont notablement perturbés en termes d'érosion ou d'accumulation de sédiments suite aux pluies. La réponse d'une population de Cistudes a été étudiée par Cheylan et Poitevin (2010) avec la méthode de Capture-Marquage-Recapture sur le ruisseau du Pey (Sainte Maxime et Plan de la Tour). Cet habitat a été particulièrement impacté avec au moins 5 incendies depuis 1959 soit un rythme moyen d'un feu tous les 10 ans ce qui est très élevé. L'étude initiée en 1982 permet d'évaluer l'effet de trois incendies (1982, 1990 et 2003). L'impact sur l'habitat a été

variable en fonction des dates des incendies et il est à noter que l'impact le plus fort a été relevé en 2009 après une crue violente soit 6 ans après le dernier feu ! L'étude montre un effet direct du feu marqué en termes de mortalité et une fluctuation importante des effectifs au fil du temps. Les effectifs ont chuté de 72% à la suite du feu de 1990 et de 41,6% après celui de 2003. Une surmortalité est également observée entre un et deux ans après les feux. La surmortalité peut être expliquée par les atteintes au milieu, en particulier l'apport massif de limons qui diminue le volume d'eau libre et la durée de mise en eau. Le feu a aussi pour effet de rajeunir la population avec la perte d'individus âgés au profit des plus jeunes ayant vu leur survie s'améliorer en phase juvénile. La Cistude d'Europe répond à une logique de densité-dépendance. Ce type de milieu, pauvre en ressource, ne permet pas d'accueillir beaucoup d'individus. La reconstitution des populations est assez rapide grâce au recrutement des jeunes et les effectifs maximaux sont atteints 12 ans après feu. Toutefois, le rythme moyen d'un feu tous les 10 ans demeure peu compatible avec la démographie de l'espèce et donc critique pour la survie à longs termes d'une population. La maturité des femelles se situe vers 10-11 ans. Dans le cas du feu de Gonfaron, le rythme des feux sur les habitats à Cistude étant globalement inférieurs (20 à 30 ans ou plus selon les cours d'eau), l'espoir reste permis pour un maintien des populations de la zone.



Vasque à cistudes partiellement colmatée suite au feu ©Rascas Biodiv

## Le cas particulier de la Tortue d'Hermann

Parmi toutes les espèces patrimoniales du territoire, la situation de la Tortue d'Hermann mérite d'être traitée spécifiquement pour plusieurs raisons. En effet, celle-ci est emblématique de la zone d'étude dont elle constitue une espèce dite « parapluie ». Ses caractères de vie l'exposent tout particulièrement aux incendies (vulnérabilité et démographie). L'incendie, se rajoute à d'autres menaces anthropiques et les effets sont cumulatifs.

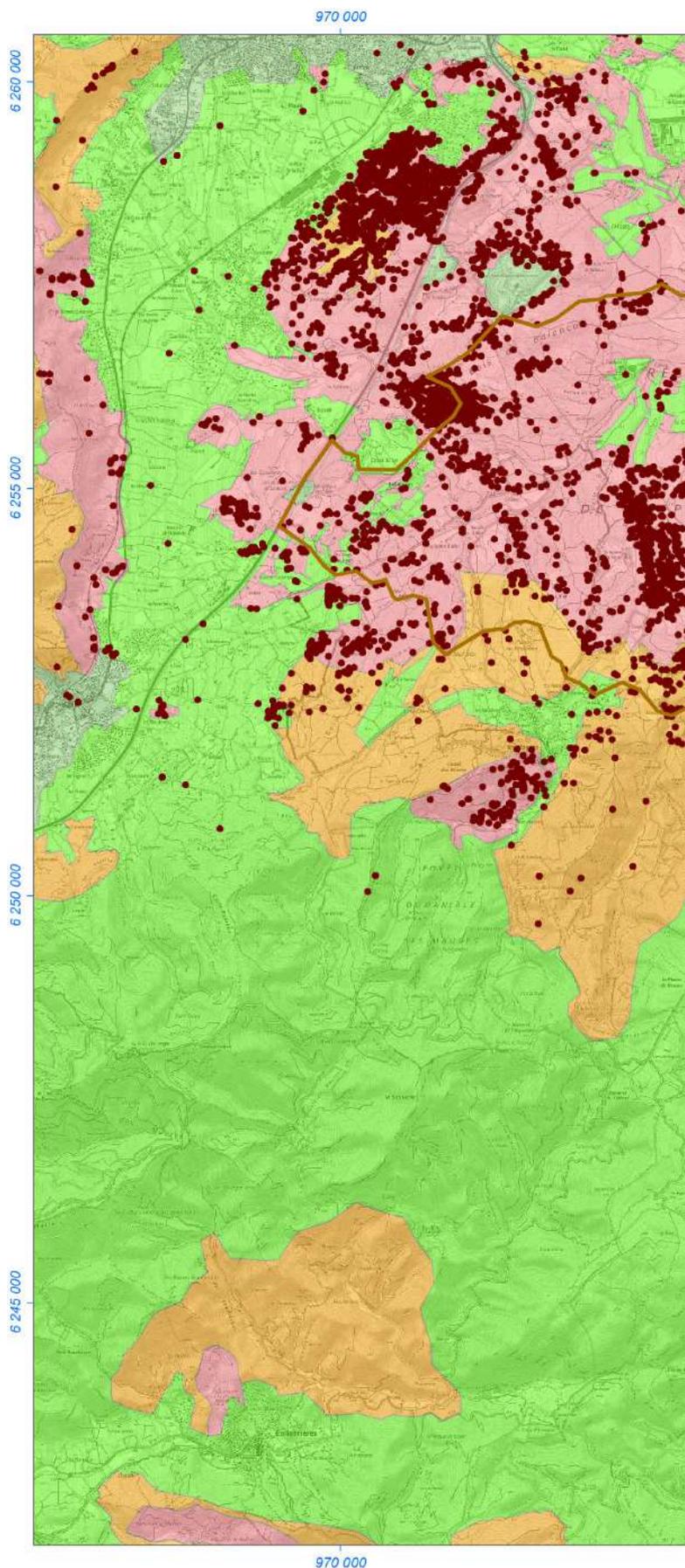
Toutes les menaces apparaissent en progression et l'impact d'un incendie est tel pour cette espèce qu'elle peut faire basculer une population donnée vers une quasi-extinction. Sous l'effet des incendies, le statut UICN (vulnérable) de la Tortue d'Hermann en France, pourrait même à terme être revu à la hausse si ces événements devenaient plus fréquents. En 2010, Cheylan et al avait calculé que depuis 1958, 54% de l'aire de la tortue avait été parcourue au moins une fois par le feu et 27%, à deux reprises. Il avait également démontré à l'époque, qu'il existait une corrélation spatiale forte entre la distribution de l'espèce et la fréquence des incendies, à l'échelle du département comme à l'échelle du Massif des Maures. La thèse de Couturier (2014) a également confirmé que parmi les différentes variables environnementales expliquant l'abondance de l'espèce mais aussi les structures démographiques, l'historique des feux était une des plus importantes. Compte tenu des connaissances actuelles sur l'espèce et sa répartition, le feu de Gonfaron présente un caractère inédit depuis 1979.

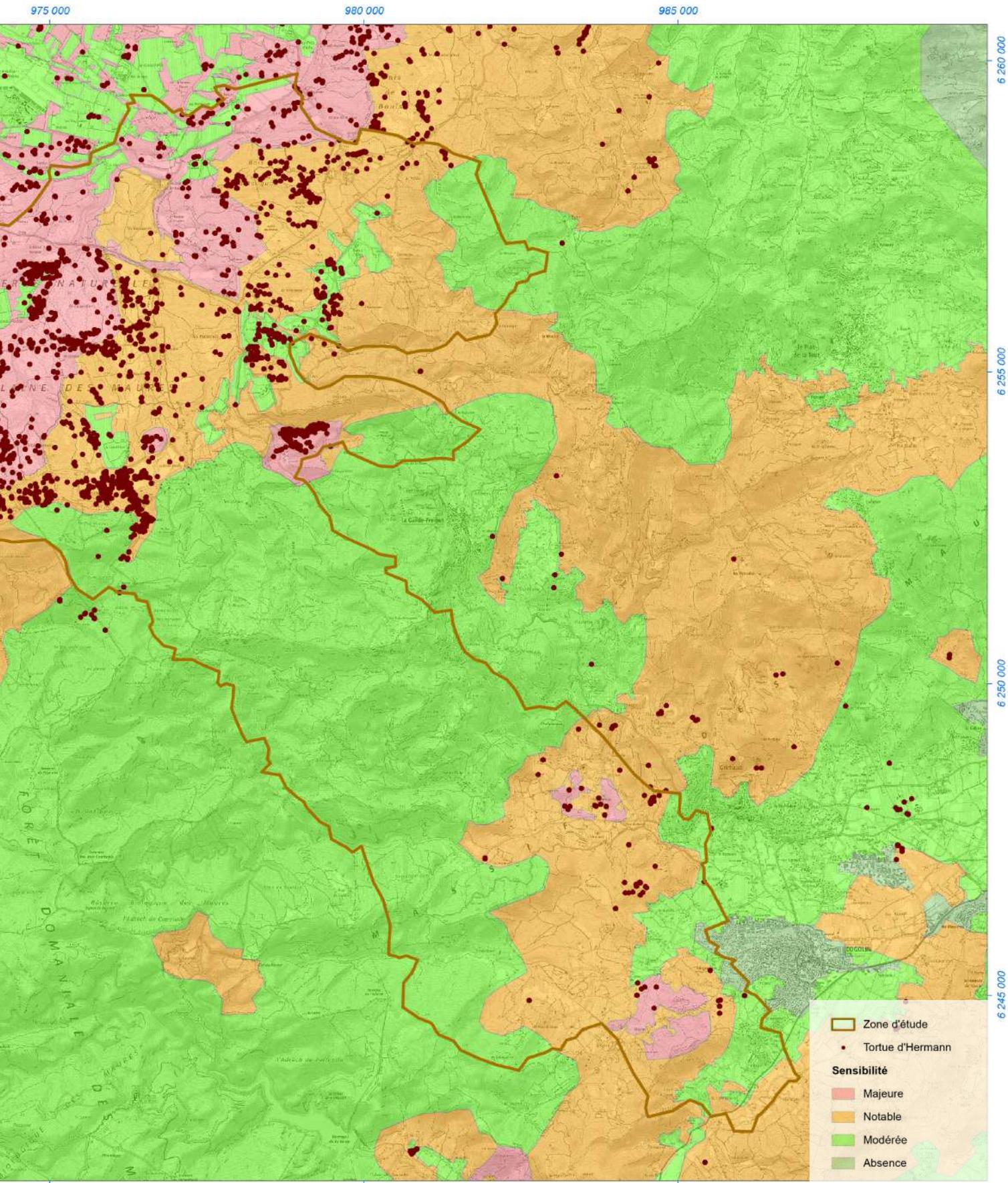
**En effet, l'incendie a concerné une part très significative d'habitats clés et de populations majeures, plus de 20% !** Les incendies de 2003 avaient frappé des surfaces considérables d'habitats mais les populations majeures de la Plaine des Maures, bastion de l'espèce, avaient plutôt été touchées sur leur marges. **L'incendie de Gonfaron se distingue par le fait que la totalité de son périmètre porte sur des habitats à Tortue d'Hermann avec des proportions très significatives de noyaux impactés.**

Le tableau ci-dessous présente ces éléments.

NIVEAU DE SENSIBILITÉ TORTUE D'HERMANN	SURFACE INCENDIÉES EN HECTARES	PROPORTION POUR L'INCENDIE DE GONFARON (6832 HA)	PROPORTION INCENDIÉ À L'ÉCHELLE DE LA RÉPARTITION VAROISE
MAJEURE	1 791	26.22%	20.88%
NOTABLE	2 332	34.13%	7.00%
MODÉRÉE	2 708	39.65%	2.16%

Impacts surfaciques du feu de Gonfaron sur l'aire de répartition de la Tortue d'Hermann ©Rascas Biodiv





975 000

980 000

985 000

6 260 000

6 255 000

6 250 000

6 245 000

975 000

980 000

985 000

Carte des données Tortue d'Hermann et carte de sensibilité ©Alcina Forêts & PyrénéesCartographie

Zone d'étude  
• Tortue d'Hermann  
**Sensibilité**  
 Majeure  
 Notable  
 Modérée  
 Absence

1:70 000 au format A3  
 800 400 0 800 1 600 Mètres

**Production :** Pyrénées Cartographie  
**Source :** IGN  
**Projection :** Lambert 93  
 Le quadrillage en bleu correspond au système de projection RGF - Lambert 93



Pour autant, les taux de mortalités observés sont très variables selon les secteurs investigués et les habitats occupés. Un effort particulier a été engagé pour mesurer l'impact du feu de Gonfaron sur les populations de tortues dans les jours et les semaines suivant l'incendie et ce jusqu'au 3 septembre. Au total, 15 jours de prospection ont été engagés mobilisant 1278 heures de prospection et couvrant 671 ha soit 25% du total de milieu incendié dans la RNN de la Plaine des Maures. Ce travail a été rendu possible par la mobilisation de nombreux bénévoles et salariés de plusieurs structures (RNN de la Plaine des Maures, SOPTOM, CEN PACA, S'PECE...). Un total de 122 cadavres a été trouvé, 165 tortues indemnes et 15 blessées. Le taux de mortalité correspondant pour la RNN de la Plaine des Maures est en moyenne de 40% (Ballouard et al, 2022). Un taux beaucoup plus important sur un plus faible échantillon a également été estimé à 90% sur des noyaux majeurs de Grimaud et Cogolin. Le tableau ci-dessous fait état de travaux, publiés ou non, ayant permis d'estimer des taux de mortalité pour cette espèce sur différents territoires. Il est délicat de comparer ces différents taux entre eux du fait qu'ils ont été estimés avec des effectifs et des pressions d'observations très variables. Ils donnent néanmoins des repères. Les inventaires réalisés après le feu de Gonfaron peuvent être considérés comme de bonne qualité du fait des surfaces couvertes et d'une bonne pression d'observation. Le

taux estimé est finalement moins élevé que ce qui aurait pu être craint sur la base des études antérieures. Néanmoins, ce taux n'est certainement pas extrapolable au reste du territoire. Il n'a pas été possible d'effectuer un échantillonnage aléatoire en raison des contraintes de sécurité liées à la menace de l'incendie toujours en cours à cette période sur les secteurs les plus forestiers.

Si des milieux plus fermés ont été parcourus, ils l'ont été plus tardivement sachant que la détectabilité y est moins bonne et que les cadavres tendent à disparaître rapidement par l'action d'animaux charognards. Les milieux ouverts et souvent riches en abris sous roches ont donc pu être surreprésentés. Il est intéressant de comparer ce taux de 40% avec celui de 86% obtenu dans des conditions d'inventaire similaires à Peguier, au Luc (feu de 2010, secteur rebrûlé pour partie en 2021). Le milieu correspondait à des plantations de résineux mêlés de maquis dense. A contrario, le taux le plus bas, calculé par Hailey (2000) de seulement 5%, correspond aux zones sableuses littorales d'Aliky (Grèce) très peu végétalisées. Il est également intéressant de noter que dans le cadre d'une étude expérimentale sur l'impact d'un brûlage dirigé hivernal, un taux de 70% a pu être estimé malgré la période (selon les températures enregistrées sur des leurres enfouis en situation d'hivernage froides et humides).

SOURCE	ANNÉE DU FEU	MÉTHODOLOGIE	TAUX DE MORTALITÉ ESTIMÉ EN %	SECTEUR ÉTUDIÉ
CHEYLAN, 1984	1979	RATIO MORTES/VIVANTES	77	PLAINE DES MAURES
FÉLIX ET AL, 1989	1986	RATIO MORTES/VIVANTES	30	CATALOGNE
HAILEY, 2000	1980-1986	CMR	5 À 50	GRÈCE
CHEYLAN, 2008	2003	RATIO MORTES/VIVANTES	34	PLAINE DES MAURES, VIDAUBAN
CEN-PACA & SOPTOM, 2010	2005 À 2009 (7 FEUX)	RATIO MORTES/VIVANTES	85 (MOYENNE SUR LES 7 FEUX)	VAR, PLAINE PERMIENNE
CEN-PACA & SOPTOM, 2010	2010	RATIO MORTES/VIVANTES	86	LE LUC, PEGUIER, (REBRÛLÉ POUR PARTIE EN 2011)
CELSE ET AL, 2014	2012 (BRÛLAGE DIRRIGÉ)	ENREGISTREMENT DE TEMPERATURES SUR MODÈLES	70	LES PLAINES, LA NIBLES, LA GARDE-FREINET
SOPTOM, 2019	2019	RATIO MORTES/VIVANTES	82	PLAINE DE GONFARON
BALLOUARD ET AL, 2022	2021	RATIO MORTES/VIVANTES	40	RNN DE LA PLAINE DES MAURES
BALLOUARD, COM PERS	2021	RATIO MORTES/VIVANTES	90	GRIMAUD, COGOLIN

Taux de mortalité documentés pour la Tortue d'Hermann suite à des feux de forêt ©Rascas Biodiv

*La Tortue d'Hermann présente une vulnérabilité naturelle aux incendies. Face à un danger, son réflexe est la rétractation dans sa carapace. Son mode de vie l'amène à être très souvent au contact d'une végétation dense souvent riche en matière organique morte et inflammable (litière, bois mort). C'est particulièrement le cas en période d'estivation, après une séquence de canicule, comme le 16 août 2021. Son évolution au plus près du sol la rend vulnérable même à des feux de faible intensité et aux risques d'asphyxie.*



*Tortue d'Hermann calcinée ©Rascas Biodiv*

Toutes les informations disponibles tendent à montrer que le volume de biomasse combustible en strates basses et la qualité des abris influent grandement sur le taux de survie. Les inventaires de 2021 ont ainsi fourni un taux de mortalité de 18% en milieu ouvert contre 69% en milieu fermé (Ballouard et al, 2022).

Les meilleurs taux de survie observés se rencontrent sur les secteurs riches en abris sous roches formés par les surplombs de dalles rocheuses ou les chaos de blocs que l'on rencontre plutôt à l'est de la Plaine des Maures. En été et lorsqu'ils sont présents sur leurs domaines vitaux, les tortues apprécient le lit des cours d'eau temporaires pour l'ambiance fraîche et ombragée et la présence de cachettes dans les berges. Ce comportement permet la survie d'une partie des individus (Jacquet & Cheylan, 2008). A contrario, les individus cantonnés dans des maquis denses sont particulièrement vulnérables. Si la mortalité directe a fait l'objet de plusieurs études, la mortalité indirecte est plus difficile à estimer. Des individus trouvés vivants peu après le feu peuvent succomber de leurs blessures dans les semaines suivantes. La modification du milieu (perte des ressources alimentaires, disparition des abris) induit de fortes contraintes telle qu'une plus grande difficulté à thermoréguler et une plus forte sensibilité à la prédation. En outre, la vulnérabilité est réelle au risque de prélèvements par l'homme ce qui peut en soi justifier une interdiction d'accès des zones brûlées au public comme cela a été mis en œuvre dans la RNN de la Plaine des Maures.

Parmi les 21 tortues équipées d'émetteurs en zone incendiée en 2021, 70% se sont réfugiées au sein de poches non brûlées lorsqu'elles existaient. Les 30% restantes n'avaient pas cette



*Tortue survivante dans un abris sous roche, Bois du Rouquan ©Rascas Biodiv*

possibilité sur leur domaine vital (SOPTOM, com pers). Dans ce cas l'utilisation de cavités naturelles ou d'abris formés par des chablis après feu peut suppléer.

**Le bureau d'études AGIR écologique (2022), sur demande de la DREAL PACA et sous l'autorité de Marc Cheylan, a coordonné un suivi sur 40 placettes impactées par le feu et ayant fait l'objet d'inventaires auparavant (2006-2009, puis 2015-2018). Les résultats obtenus récemment (mai 2022), montrent une baisse des effectifs de 59,3% et 71,8%, respectivement par rapport à ces sessions antérieures (même protocole). Ces résultats sont donc supérieurs aux données récoltées juste après l'incendie et citées plus haut (40% de mortalité). Ceci suggère soit l'importance d'une mortalité différée (par exemple un effet retard des brûlures) soit des biais non identifiés (par exemple la disparition rapide des cadavres), soit une combinaison des deux.**

L'impact des incendies sur les tortues d'Hermann est préoccupant sur le plan démographique. En effet cette espèce présente une maturité tardive vers 10 ans, compensée par une forte longévité (80 ans en captivité). La mortalité des adultes doit donc rester très basse pour éviter un effondrement des populations. Les possibilités de recrutement par recolonisation de jeunes individus issus de zones épargnées sont faibles car les populations sont peu dynamiques et soumises à d'autres menaces. La distance aux zones non incendiées est certainement déterminante du fait de la faible mobilité des individus et de leur attachement à leurs territoires. Un tel phénomène de recolonisation a néanmoins pu être étudié en forêt communale du Luc en 2010. La zone d'étude a été

incendiée en 1979 et a ensuite fait l'objet de vastes plantations de résineux. La préparation du terrain par terrassement au bulldozer a certainement éradiqué les individus survivants. L'étude a révélé la présence d'une population de tortue significative au sein de la plantation. Elle était composée quasi exclusivement de jeunes adultes d'âge postérieur à l'incendie. Ceci a permis d'imaginer qu'une colonisation par des juvéniles avait été possible grâce à la présence de populations dynamiques situées à proximité et non incendiées. Bien que ce type d'information soit encourageant, cela constitue probablement une exception car le plus souvent, il y a peu de possibilité de recrutement. Seule la bordure nord de l'incendie, par sa situation au sein des plus belles densités du Var, permet d'espérer ce type de réaction démographique. La présence de nombreuses voies de communication dont une autoroute, constitue néanmoins un obstacle important. Des populations isolées en revanche sont susceptibles de ne pas s'en remettre. C'est ce qui a justifié un projet de renforcement de population en développement sur les sites protégés des Caps Lardier et Cap Taillat à la suite du feu de 2017 (Projet SOPTOM et Parc National de Port-Cros).

A l'échelle du feu de Gonfaron, les plus fortes inquiétudes pèsent sur les noyaux de Cogolin et Grimaud. Les derniers noyaux de population sur les communes du Littoral varois sont isolés et très menacés en raison de pressions multiples (urbanisation, agriculture, débroussailllements, pression du public, absence de protection des sites). Les très forts taux de mortalité relevés sur ces secteurs par la SOPTOM laissent craindre une extinction prochaine de ces populations.

**L'impact du feu de 1979 était toujours visible sur les populations de la Plaine des Maures, soit 42 ans après. Jacquet et Cheylan (2008) estiment qu'une occurrence des feux inférieure à 30-40 ans est peu compatible avec la survie de l'animal. Avec le feu de Gonfaron, ces populations sont donc au seuil de ce qu'elles peuvent supporter (Cheylan, com pers). La prévention des feux pour les décennies à venir est donc de la première importance en matière de conservation de l'espèce.**

### Impacts sur les oiseaux

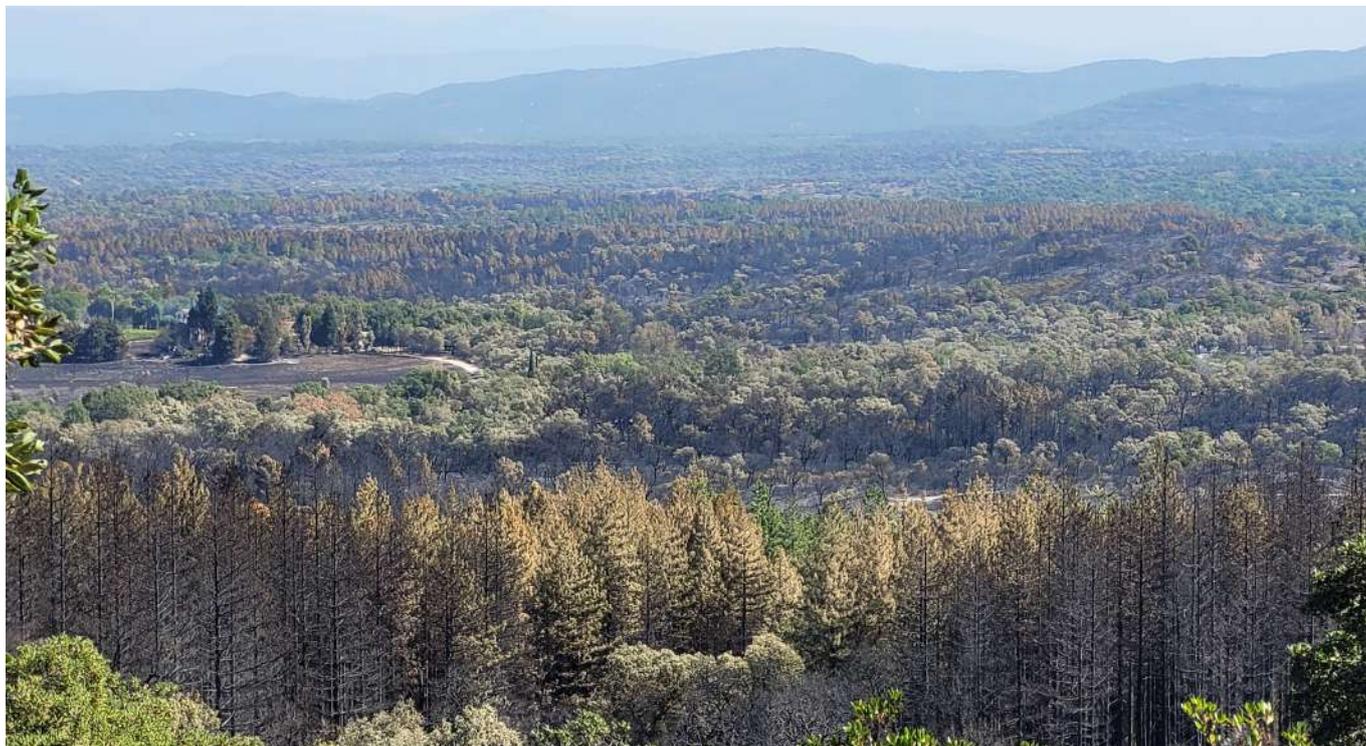
Les effets du feu en Méditerranée ont été bien étudiés au niveau populationnel et des communautés en termes de successions suite aux changements environnementaux (Jacquet & Cheylan (2008)). La mortalité directe est jugée faible sinon négligeable chez les oiseaux. Il est toutefois possible qu'une différence opère selon que le front de flamme passe de jour ou de nuit. Les oiseaux ont la possibilité non seulement de fuir mais aussi d'exploiter l'incendie. Des observations ont été faites en Plaine des Maures, lors du passage du front de flammes, de nuées d'Hirondelles et de Martinets noirs



Tortue en activité en zone incendiée ©Rascas Biodiv

exploitant le « plancton aérien » constitué d'insectes s'échappant de la végétation notamment sous l'effet de la convection. Cela montre en outre la possibilité pour divers insectes à s'échapper de la zone incendiée. L'incendie de Gonfaron a eu lieu à une période où la reproduction était terminée. Il n'y a donc pas eu de mortalité de couvées. Techniquement, il reste très difficile d'évaluer la mortalité directe ou indirecte. Pons et al (2003) a montré une diminution de la survie de certaines espèces et une augmentation de la taille des territoires pour faire face à la chute des ressources la première année pour les espèces sédentaires affichant une certaine fidélité aux sites. A courts termes les zones incendiées sont fortement dépeuplées en oiseaux. Le silence constaté en hiver sur différents secteurs de la zone d'étude permet d'en témoigner. Le contraste était fort avec les zones non incendiées où les oiseaux hivernants étaient abondants notamment du fait d'une certaine abondance cette année des baies de filaires. Les oiseaux présentent une forte capacité de dispersion qui dépendra toutefois de la distance aux zones non brûlées (Brotons et al 2005).

La réponse des communautés d'oiseaux dépend de leurs modes de vie. Les espèces associées aux milieux ouverts ou rocailleux, nichant au sol sont favorisées par l'incendie dans un premier temps avant de régresser après le développement arbustif. Elles sont naturellement peu présentes sur la zone d'étude mais citons en particulier le pipit rousseline *Anthus campestris* présent en petit nombre sur la Plaine des Maures qui verra son habitat s'étendre sur la zone en 2022. L'Engoulevent d'Europe *Caprimulgus europaeus*, présent dans les Maures devrait correctement s'adapter aux milieux semi-ouverts offerts par la perturbation. Des individus ont été observés en zone incendiée, en août, montrant ainsi leur attachement aux sites. Les espèces des milieux buissonnants sont affectées à courts termes mais peuvent dépasser les effectifs préalables en quelques années. Sur la zone, citons la Fauvette pitchou *Sylvia undata* qui était déjà bien représentée auparavant.



La Plaine des Maures, 3 jours après le passage du feu ©Rascas Biodiv

Les Maures et la Plaine permienne présentent un enjeu particulier pour trois espèces de pies-grièches à l'échelle de la Provence. Ces espèces sont réputées pour bénéficier à terme des conséquences des incendies. Elles exploitent les milieux dégagés et les arbres calcinés comme support d'où l'importance d'en conserver suffisamment. Les oiseaux forestiers sont naturellement relativement affectés mais les réponses peuvent être variées selon que l'on se situe en pinède ou en suberaie. Les espèces ubiquistes telles que certaines mésanges *Parus sp*, le pinson des arbres *Fringilla coelebs* ou le Merle noir *Turdus merula* peuvent en effet se satisfaire d'une suberaie calcinée. Le Pic épeiche *Dendrocops major*, dépendant du bois mort, disposera de ressources abondantes pendant plusieurs années. Les rapaces qui exploitent de grands territoires présentant des paysages variés peuvent bénéficier de la disponibilité de zones de chasse ouvertes à disposition. Sur la zone, c'est le cas de la Bondrée apivore *Pernis apivorus*, du Circaète Jean le Blanc *Circaetus gallicus* et du rare Aigle royal *Aquila chrysaetos*. Ces rapaces ont toutefois besoin de lieux de quiétude pour leur reproduction qui ne seront pas nécessairement disponibles au sein du périmètre incendié.

Après le feu de 2003, à l'est des Maures, un couple d'Aigle Royal avait dû abandonner un site de reproduction en raison de la modification de son environnement immédiat. Il est à noter qu'un Circaète Jean le Blanc a été retrouvé blessé par les agents de la RNN, le plumage brûlé, ce qui témoigne que des rapaces peuvent malgré tout être directement victimes d'un incendie. L'étude de Jacquet et Prodon (2007), menée dans les Albères, a montré que la résilience des espèces forestières était beaucoup plus rapide dans les suberaies que dans les yeuseraies avec le retour d'espèces forestières dès la

première année en suberaie. Les temps de résilience moyenne calculée par Jacquet (2006) dans les Pyrénées-Orientales peuvent s'appliquer aux Maures dans la mesure où il semble possible de prédire la régénération des communautés d'oiseaux d'après la régénération des structures végétales associées.

**Pour la zone d'étude on peut donc estimer que les temps de retour des communautés d'oiseaux seront de l'ordre de 5 à 6 ans dans les maquis ouverts et les suberaies ouvertes que l'on trouve en Plaine des Maures et sur les adrets et entre 12 et 18 ans pour les maquis denses et arborés présents plutôt en ubac.**



Exploitation par le pic épeiche d'un pin brûlé ©Rascas Biodiv



Cadavre d'Ecureuil roux victime de l'incendie ©Rascas Biodiv



Cadavre d'un jeune sanglier victime du feu ©Rascas Biodiv

sur les chiroptères sont très lacunaires mais on peut penser que les incendies diurnes peuvent être potentiellement létaux et surtout que les gîtes arboricoles seront dégradés ou détruits. Pour les micro-mammifères, les travaux de Prodon (1984, 1987) dans les Pyrénées orientales montrent que la mortalité directe dépend de l'intensité du feu. Le feu de Gonfaron étant considéré de forte intensité, la mortalité sur l'espèce dominante de la zone, le Mulot sylvestre *Apodemus sylvaticus* est probablement significative en l'absence de zones refuges à proximité immédiate. Les travaux de Prodon ont mis en lumière, entre autres pour les suberaies catalanes, une succession entre la souris à queue courte *Mus spretus* qui recolonise rapidement les milieux et le mulots sylvestre qui recolonise ensuite au dépend des souris, les habitats dans les 3 à 4 ans après le feu et apparaît assez adaptable à cette perturbation. Les musaraignes apparaissent décimées par le feu (Fons et al, 1998) et la situation des trois gliridés présents sur la zone est certainement préoccupante. Les modes de vie du Muscardin *Muscardinus avellanarius* inféodé à la végétation dense, du Loir gris *Glis glis* occupant les arbres creux et du Léroty *Eliomys quercinus* les rendent particulièrement vulnérables. Comme pour beaucoup d'éléments de la petite faune, les situations locales en termes notamment de zones refuges amènent des réponses assez hétérogènes, qui impliquent aussi les ressources et les prédateurs des petits mammifères.

La Fédération départementale des Chasseurs et la société locale de Chasse du Cagnet des Maures ont réalisé des comptages nocturnes sur un parcours de 22 km en zone brûlée, au sein de la RNN de

la Plaine des Maures, les 8, 9 et 10 novembre 2021. Les résultats donnent pour ces trois nuits, 52 sangliers (0,78/km), 31 chevreuils (0,47/km), 13 renards (0,6/km), 40 lièvres (0,6/km) et une fouine (0,015/km). Il est difficile de comparer ces valeurs avec d'autres indices obtenus à des périodes différentes sur le Var mais à titre d'exemple ces valeurs en Plaine des Maures sont supérieures, à l'exception de la fouine, à des indices obtenus sur le Camp de Canjuers en 2017 (Orsini, com pers).

De forts abroutissements des repousses d'arbousier et de filaire ont été constatés en Janvier 2022 sur le versant nord, associé à l'identification de hardes de chevreuil se déplaçant sur ce versant et y développant des comportements territoriaux. Ainsi, les ongulés sauvages semblent reprendre très vite leur territoire malgré de faibles ressources alimentaires.

**En tout cas, ces valeurs sont significatives et montrent une persistance de ces animaux dans un contexte incendié. Naturellement, ces animaux ont pu survivre sur des secteurs non brûlés à proximité. Leur présence atteste de ressources suffisantes en novembre, notamment pour les herbivores grâce aux repousses arbustives en particulier. Malgré la présence de quelques glands à cette époque, les conditions sont beaucoup plus difficiles pour les sangliers en zone incendiée avec la perte de litière et l'impact sur les populations de lombrics qui constituent environ un tiers de leur alimentation.**

## Espèces Exotiques Envahissantes (EEE)

Les EEE dont la réaction aux incendies est la plus visible et la plus rapide, relèvent du Règne Végétal. Bien que la zone d'étude abrite un peu moins d'espèces que la frange littorale du fait de son caractère gélif, une vingtaine d'espèces sont recensées sur les 170 que compte le département. D'une manière générale, les EEE sont par définition très résistantes et particulièrement favorisées par les perturbations. Elles disposent donc le plus souvent de caractères adaptatifs qui peuvent les favoriser en cas d'incendie.

Les espèces les plus impactantes pour la biodiversité sur cette zone sont le Mimosa *Acacia dealbata*, la Jussie à grandes fleurs *Ludwigia grandiflora* et le Paspale dilaté *Paspalum dilatatum*. Le Mimosa est réputé pour son caractère inflammable. Sa présence entraîne une accumulation de biomasse très combustible. Les incendies favorisent sa propagation. La situation actuelle dans les Massifs de l'estérel et du Tanneron en témoigne nettement. Des surfaces considérables de suberaie ont ainsi été remplacées par ces formations. Sur la zone incendiée la présence du Mimosa était moins importante et plus localisée, généralement aux abords d'habitations actuelles ou passées. Cette présence devrait être confortée et probablement étendue en raison du feu et de la fragilisation induite des autres formations forestières. La Jussie est présente sur l'Aille et a fait l'objet de travaux d'éradication par l'équipe gestionnaires de la RNN de la Plaine des Maures sur 3 km de linéaire. Malgré les volumes conséquents exportés, les résultats durables ont été mitigés du fait des recolonisation par les racines insinuées dans les rochers du lit et impossibles à extirper. L'incendie n'a probablement pas eu d'impact négatif sur cette espèce et il est à craindre au contraire que la mise en lumière de la ripisylve lui soit favorable. Le Paspale dilaté est certainement l'espèce la plus préoccupante en termes d'impacts sur la biodiversité. Cette graminée sud-américaine est très présente sur les marges des ruisseaux temporaires et contraint un grand nombre d'espèces patrimoniales. Elle peut également être dominante sur les prairies humides bordant la Giscle et la Môle. Bien ancrée dans le substrat et vigoureuse au mois d'août à l'inverse des autres espèces, le passage du feu a eu peu d'impact sur les touffes de Paspale. Parmi les premières repousses herbacées observées quelques jours après le feu, celles du Paspale ressortaient nettement en Plaine des Maures. Outre cette résistance, le Paspale est favorisé par les apports de nutriments et de sédiments induits par l'incendie. Le colmatage de ruisseaux temporaires et des pelouses mésophiles associées a été observé suite au feu, en particulier en bas des versants où le Paspale est bien présent. D'autres EEE, un peu moins préoccupantes, ont été confrontées à l'incendie. Les ripisylves ont été fragilisées et il est possible que cette situation

profite à des espèces telles que le Robinier *Robinia pseudoacacia*, l'Ailanthé *Ailanthus altissima* ou l'Erable Negundo *Acer negundo* et qu'elles tirent profit de la situation aux dépens des essences locales. Là où la ripisylve avait été supplantée par la Canne de Provence *Arundo donax*, le feu s'est facilement propagé dans les cannes mortes mais les rhizomes intacts ont produit de nouvelles pousses moins d'une semaine après le passage des flammes. L'herbe de la Pampa *Cortaderia selloana* était peu présente en Plaine des Maures et est plus fréquente dans les friches et maquis bas plus proches du littoral. Son feuillage est très inflammable mais ses souches sont naturellement résistantes au feu.



Herbe de la Pampa, Vallée de la Giscle ©Rascas Biodiv

Dans le massif, les plantations ou sujets isolés d'*Eucalyptus globulus* ont été très vulnérables étant donné leur charge en essences naturelles et ont pu jouer localement un rôle dans la propagation du feu. Cette espèce, bien qu'adaptée à ces stations n'est pas recommandée pour cette raison dans la restauration de terrains incendiés. Des espèces herbacées parfois naturalisées de longue date et présentes fréquemment dans les différents milieux sont susceptibles de coloniser en masse les terrains incendiés laissés vacants grâce à leur forte capacité colonisatrice. C'est le cas en particulier des *Erigeron sp* ou du Sorgho d'Alep *Sorghum halepense*. Cinq ans après le feu de La Croix Valmer/Ramatuelle, les espaces naturels des Caps Taillat et Lardier sont toujours couverts d'une quantité innombrable de pieds de Sorgho d'Alep qui semblent s'être implantés durablement.

**L'incendie a donc aussi pour conséquence de stimuler la constitution d'une abondante banque de graines pour certaines EEE et de modifier ainsi durablement l'écosystème.**

La réaction des espèces animales a été peu étudiée. Les espèces animales concernées et problématiques sur la zone d'étude (écrevisses nord-américaines, Tortue dite de Floride *Trachemys scripta* et plusieurs espèces de poissons) sont toutes liées au milieu aquatique et sont en toute logique peu impactées par le feu.

La réaction à l'incendie des organismes bioagresseurs (champignons, bactéries et virus pathogènes, invertébrés) pour les essences forestières reste méconnue. L'apparition de nouveaux bioagresseurs s'accélère depuis quelques décennies. Le taux d'arrivée de nouvelles espèces d'invertébrés terrestres a augmenté de façon exponentielle entre la première moitié du XX<sup>ème</sup> siècle et la période actuelle, passant de sept espèces par an à une vingtaine (Nivet, 2018). Les espèces pathogènes d'origine exotique constituent sans doute à courts termes la plus grande menace pour la santé des forêts bien qu'on manque de statistiques solides concernant ces impacts (Nageleisen & Piou, 2018). Leur caractère mobile et colonisateur les rend probablement assez résilients au feu. Dans la mesure où ils affectent préférentiellement les sujets affaiblis, ils sont probablement à même de profiter de la situation post-incendie et peuvent induire une mortalité secondaire. L'une des meilleures parades contre ces organismes reste la diversification des peuplements.

## Conclusion

L'évaluation de l'impact d'un incendie majeur sur un territoire donné et sa biodiversité n'est pas une tâche aisée. S'il existe des données et des publications, y compris pour le Massif des Maures, leur extrapolation pour le feu de Gonfaron est parfois délicate. L'importance de la biodiversité est généralement proportionnelle à l'âge des peuplements forestiers. De ce point de vue, en les rajeunissant, il est possible de dire que l'incendie est néfaste à la biodiversité. Globalement, il convient en effet de considérer la partie immergée de l'iceberg qui porte sur les invertébrés forestiers. A contrario, les diverses espèces patrimoniales associées aux milieux ouverts sont favorisées. Compte tenu des enjeux de biodiversité concernés, ce territoire mérite la mise en place de protocoles et de suivis amenés à être conservés dans le temps. En effet, la récurrence des feux sur des décennies, nécessite de pouvoir travailler sur le temps long, en biodiversité comme en matière de climat ou de sylviculture, ce qui n'est pas la tâche la plus facile. La perception d'un feu sur la nature est en grande partie de nature anthropologique ou sociologique. On ne perçoit dans l'immédiat que l'effet du feu, dévastateur ; puis au printemps suivant, les

zones brûlées reflouries rassurent sur l'avenir. Après tout, la biodiversité présente n'a-t-elle pas subi déjà de nombreux feux ? Il est intéressant de faire un parallèle avec le feu de 2009 sur le site protégé de la Pardiguière-Saint André (Le Luc et Le Cannet des Maures, Plaine des Maures). Depuis, divers inventaires et suivis ont été réalisés et ont montré que le périmètre incendié abritait toujours une forte biodiversité. Toutefois, la surface ayant porté sur 51 ha, la recolonisation par certaines espèces a été facilitée par la proximité de zones indemnes.



Cavité basse à taupin violacé se consommant ©Rascas Biodiv



Domaine du Galoupet, La Londe, le couvert herbacé et arboré reste faible suite aux feux successifs ©Rascas Biodiv

Inexorablement pourtant, les sols s'alternent en perdant de leur fertilité intrinsèque. L'abondante floraison au printemps suivant le feu, liée à la disponibilité immédiate de certains nutriments, masque en réalité un appauvrissement de l'écosystème. Les secteurs les plus régulièrement parcourus par le feu dans le Massif des Maures affichent une couverture herbacée très pauvre dans les dix ans suivant l'incendie. Sur des communes des Maures régulièrement parcourues comme La Londe ou Sainte Maxime, la dégradation de ce couvert herbacé est nettement visible tandis que les formations arbustives résistantes tendent à se densifier maintenant le milieu très inflammable.

*L'augmentation de la fréquence des feux est en soi plus préoccupante qu'un seul incendie. L'incendie n'est peut-être pas le désastre écologique annoncé dans les médias.*

**La suberaie qui structure en bonne partie la biodiversité sur ce territoire est clairement en perte de vitesse sur les couloirs de feux. D'une manière générale, les formations arborées peuvent disparaître à partir d'une certaine fréquence des feux. Plusieurs secteurs de la zone paraissent déjà bloqués avant l'incendie à des stades de maquis bas où la régénération forestière était préoccupante.**

Le feu de Gonfaron devrait conforter ces situations et étendre les surfaces concernées que ce soit en Plaine des Maures ou sur les adrets du massif. L'évolution de milieux originaux et d'un grand intérêt sur la zone (ripisylves, suberaies mésophiles) méritera d'être suivie attentivement et des efforts de restauration seront peut-être nécessaires.

Nous avons vu que diverses espèces disposaient de capacités de résilience manifestes. Les espèces médio-européennes sont

d'avantage impactées et les espèces les plus méditerranéennes favorisées au travers de l'ouverture des milieux. Les premières sont largement réparties plus au nord, dans des régions où les incendies sont rares ou absents. Toutefois les espèces méditerranéennes rares du territoire, associées à des ambiances fraîches et forestières apparaissent durement impactées par cette perturbation. Enfin, nous avons mis en exergue le sort préoccupant de la Tortue d'Hermann pour laquelle cet incendie constitue un événement marquant en matière de conservation. Une attention toute particulière devra être apportée à sa protection dans un contexte où elle s'avère très fragilisée. Il reste important de rappeler que le feu de Gonfaron ne remet pas en cause fondamentalement l'exceptionnelle richesse écologique du territoire. Une large part des éléments écologiques qui constituent ce patrimoine devraient pourvoir perdurer même si certains écosystèmes en ressortent affaiblis.



*Survie d'un chêne liège, les stigmates du feu resteront perceptibles sur ces arbres pendant des décennies ©Rascas Biodiv*

# Ce qu'il faut retenir

## Synthèse du diagnostic écologique

### L'impact du feu de Gonfaron

Les interactions entre les incendies et les milieux naturels constituent un processus ancien qui tend à s'intensifier partout dans le monde et particulièrement dans le bassin méditerranéen. L'organisation dans l'espace des écosystèmes est d'ores et déjà la résultante des incendies passés qu'ils aient été contrôlés ou non. La haute valeur de la biodiversité du territoire a été largement reconnue que ce soit au niveau national ou européen par différents statuts (RNN de la Plaine des Maures, Site Natura 2000 notamment). L'historique des feux n'a donc pas jusqu'alors remis en cause fondamentalement cette richesse. **Le feu de Gonfaron n'est-il qu'un incendie de plus ou est-il à même de constituer un point de bascule pour certaines espèces et habitats naturels ? L'évaluation de l'impact sur la biodiversité se base sur la disponibilité de nombreuses données, surtout en Plaine des Maures, les connaissances sur la biologie des espèces et les retours d'expériences, en particulier sur des territoires comparables incendiés ces dernières années. Quoiqu'il en soit, le feu de Gonfaron restera un phénomène marquant en raison des territoires emblématiques parcourus.**

### Les habitats naturels

Le territoire concerné présente une grande diversité d'habitats organisés en mosaïque, ce qui concourt largement à sa richesse écologique mais aussi paysagère. La réponse des habitats à l'incendie est très variable selon leurs types. Les habitats de type herbacé apparaissent assez bien résilients notamment du fait que les espèces qui les composent sont en dormance ou ont terminées leurs cycles à la date de l'incendie. Ils peuvent même temporairement profiter d'une moindre concurrence avec les formations arbustives. Ces dernières qui composent les différents maquis sont également très résilients car les espèces qui les composent tendent à rejeter facilement de souche. Les maquis haut tendent toutefois à devenir parfois plus clairsemés car tous les arbustes ne survivent pas au feu. A moyens termes, ils sont favorisés en raison d'une moindre concurrence de la strate arborée.

**Les habitats forestiers sont naturellement les plus impactés au point que sur certains secteurs, l'avenir des suberaies et des pinèdes de pins parasols apparaît compromis. Le chêne liège est une espèce particulièrement structurante pour la biodiversité sur ce territoire. Sa régression, qui était déjà amorcée pour d'autres raisons, constitue l'une des principales préoccupations pour l'avenir de la biodiversité sur la zone d'étude.** Il en est de même pour les ripisylves bien que les surfaces concernées soient faibles et les impacts hétérogènes. Peu étendues avant l'incendie, elles constituent néanmoins des zones refuges et des corridors essentiels pour la biodiversité. La carte des zones humides présente l'ensemble des habitats référencés comme tels par la loi sur l'eau dont notamment les ruisseaux temporaires et les ripisylves. Elle renseigne sur la sensibilité des secteurs à risque pour des travaux impliquant des engins lourds (portance des sols en particulier). L'une des conséquences majeures de l'incendie est le renforcement du caractère minéral sur certains secteurs. La perte d'habitats forestiers voire arbustifs apparaît localement irréversible. Le développement de ces habitats rocheux très ouverts est une conséquence majeure de l'incendie. Une biodiversité spécifique leur est associée. Enfin, l'impact de l'incendie sur les micro-habitats est généralement sous-estimé alors qu'un large pan de la biodiversité cachée en est dépendant. Cet impact est globalement transitoire.

### La flore

**De par leur coévolution avec le phénomène incendie, la plupart des plantes disposent de processus adaptatifs qui leur permettent de se maintenir. Certaines espèces profitent de cette perturbation, les espèces bulbeuses et annuelles en particulier, d'autres peuvent régresser notamment si les conditions locales sont trop modifiées (perte de sol, mise en lumière trop importante...).** Des inquiétudes ont pu être émises pour des espèces oligotrophes mais les premières observations et les retours d'expériences suite aux incendies précédents tendent à montrer un maintien de ces espèces malgré les modifications physico-chimiques. C'est en particulier le cas des espèces liées

aux habitats prioritaires. Cette étude n'avait pas pour objectif de retrouver toutes les stations d'espèces patrimoniales présentes sur la zone ce qui constituerait un travail colossal et la mise en place de protocoles dédiés pour certaines d'entre elles. Néanmoins, un certain nombre d'espèces parmi les plus emblématiques et originales de la zone ont été retrouvées depuis. Ce constat permet d'être relativement optimiste au regard des espèces patrimoniales mais un travail de suivi sur la durée apparaît nécessaire pour une évaluation plus complète.

## La Faune

L'impact sur la faune dépend de plusieurs facteurs liés à la biologie et aux modes de vie des espèces concernées. La mortalité directe reste méconnue pour la majorité des espèces en dehors de la Tortue d'Hermann pour laquelle il existe des référentiels. Cette mortalité immédiate sur la faune peut être conséquente ou insignifiante selon le comportement des espèces. L'impact sur la biodiversité relative à la faune doit se mesurer sur plusieurs années et comme pour les plantes, des espèces sont favorisées à terme, d'autres non. **Il est bien documenté que les incendies amènent à des modifications cycliques des communautés de vertébrés. Les listes d'espèces protégées, notamment au niveau européen mettent en avant les espèces méditerranéennes associées au milieu semi-ouverts, aussi le phénomène incendie pourrait suggérer que des espèces jugées patrimoniales sont globalement favorisées par ces perturbations. Il n'est cependant pas possible de réduire l'impact sur la biodiversité à ce simple constat.** En effet, l'essentiel de la biodiversité est représenté par les invertébrés pour lesquels la réponse à l'incendie reste majoritairement méconnue et difficilement évaluable. La régression des compartiments forestiers et des ambiances fraîches associées est vraisemblablement lourde de conséquences pour un grand nombre d'espèces. Il convient de rappeler que les espèces animales endémiques de la Provence cristalline sont des insectes quasiment tous associées à des forêts mûres ou des suberaies évoluées. Ils s'y maintiennent à la faveur des micro-habitats tels que les cavités du chêne liège mais aussi de sols profonds humifères. Ces conditions de vie sont en effet clairement impactées par l'incendie. Souvent peu mobiles, ces espèces auront besoin de temps pour recoloniser

des habitats propices. **Globalement, la présence de zones refuges est généralement d'une grande importance pour la reconstitution des populations animales. La prévention de l'impact des incendies sur la faune doit nécessairement intégrer cet aspect. Si la situation pour beaucoup de vertébrés est jugée peu préoccupante, le cas particulier de la Tortue d'Hermann est une fois encore source d'inquiétudes. Du fait des zones parcourues et de la vulnérabilité de l'espèce, le feu de Gonfaron a impliqué un impact majeur pour cette espèce, la portant à la limite d'un point de rupture pour le cœur des populations les plus importantes de France continentale.**

## Les Espèces Exotiques Envahissantes (EEE)

Plusieurs espèces végétales envahissantes, présentes sur la zone, étaient connues pour profiter de la perturbation et d'une moindre concurrence pour se développer suite à un incendie. Il est encore trop tôt pour évaluer ce phénomène suite au feu de Gonfaron mais ceci mérite une certaine attention. De par son caractère pyrophyte, le développement du mimosa, reste une source de préoccupation. Globalement, les ripisylves sont assez vulnérables car elles ont été fragilisées. **Les projets de restauration de ces milieux devront donc intégrer ce paramètre. Pour les bioagresseurs forestiers, la prévention reste prioritaire en contexte incendié, les peuplements étant fragilisés.**

# Diagnostic économique

*Il serait très restrictif de s'arrêter à une économie « classique », reposant uniquement sur l'exploitation, la vente et la valorisation des bois exploités. Il serait plus complet d'intégrer également l'économie engendrée par la valorisation de produits forestiers non ligneux (PFNL) : gibier, liège, feuillage, châtaignes ; mais également celle induite par la seule présence d'un espace naturel, plus ou moins boisé, riche de diversité et très apprécié en termes de patrimoine historique, paysagers et de loisirs.*



Vestiges archéologiques du Fort Freinet. L'ancien village fortifié sur un piton rocheux à 450 m fait aujourd'hui partie d'un circuit de randonnée depuis le village de La Garde Freinet en passant par la Croix des Maures. Il est classé site naturel remarquable ©Golfe-saint-tropez-information

Traditionnellement, l'économie forestière concerne l'économie induite par l'exploitation des bois. Elle repose sur plusieurs critères, souvent indissociables ; schématiquement, on peut citer :

- La nature des bois en présence, leur qualité et les volumes proposés ;
- Les filières de valorisation présentes et leur proximité du lieu de production ;
- Les conditions d'exploitation et de vidange des produits ;

Chacun de ces critères possède ses propres facteurs contextuels qui feront que, une fois réunis, une activité économique forestière est possible ou ne l'est pas. Le massif des Maures est représentatif de ces massifs forestiers pour lesquels l'activité économique s'avère complexe, diversifiée et mais aussi fragile.

## Les spécificités du massif des Maures

Certaines caractéristiques du massif vont avoir un impact direct sur son économie forestière potentielle et prédéfinir ces contours :

- ▶ *Exceptée la plaine des Maures, le massif possède une topographie « accidentée ». Si les sommets n'atteignent pas des altitudes importantes (800 m maximum), les versants de ces derniers possèdent de fortes pentes à partir de vallons encaissés ;*
- ▶ *Il reste difficilement accessible pour la vidange des bois, avec un réseau routier peu dense, des points noirs pour la circulation de grumiers, des pistes nombreuses mais peu adaptées pour cet usage.*

Bien qu'il soit constitué de feuillus ou de résineux, et souvent en mélange, l'étage arboré est souvent présent par poches plus ou

moins importantes en surfaces, de densité très variable, avec un sous-étage arbustif difficilement pénétrable : « le maquis ».

- ▶ *Les peuplements adultes résineux (pin maritime, pin pignon) en âge d'exploitabilité sont minoritaires, les incendies ou attaques parasitaires ne leur permettant pas d'arriver à maturité. Lorsqu'ils existent, ils sont souvent difficiles d'accès. Leurs bois sont également de faible qualité ;*
- ▶ *Les peuplements de chêne liège, essence emblématique du massif, constituent des suberaies, hétérogènes en densité et en âge, en régression, avec un état sanitaire médiocre sur les versants sud. Le liège représente le produit majeur de ce type de peuplement ;*
- ▶ *Hormis le chêne liège, les feuillus (chêne pubescent, chêne vert) sont essentiellement présents sous forme de taillis, parfois denses, mais d'une hauteur majoritairement inférieure à 6 m ;*
- ▶ *La châtaigneraie, autre formation végétale emblématique, est également dans un faible état sanitaire, souvent abandonnée malgré un net regain d'intérêt, tant pour des raisons économiques qu'environnementales.*

La forêt des Maures appartient à 75% à des propriétaires privés, avec un fort morcellement. Le taux de réalisation de plans simples de gestions pour les propriétés privées qui y sont soumises reste faible. La majorité de la forêt publique est dédiée à des fonctions récréatives ou environnementales.

- ▶ *Les enjeux environnementaux sont nombreux, avec des zonages réglementaires (Réserve Naturelle Nationale de la Plaine des Maures, Réserve Biologique intégrale du Massif des Maures, Sites Classés) ou contractuels (NATURA2000) : la prise en compte de ces enjeux lors d'une exploitation forestière induit des surcoûts ou des restrictions de calendrier d'intervention.*
- ▶ *Le risque d'incendie est très prégnant induisant, entre autres, des restrictions dans le calendrier d'intervention (exploitation prohibée en juillet et août à minima).*

L'ensemble de ces caractéristiques expliquent pourquoi l'économie forestière « classique » du massif est peu importante en termes d'activité engendrée, et qu'il est nécessaire de prendre en compte le massif dans toute son « intégrité » pour y apporter un diagnostic économique complet.



Le massif des Maures présente des degrés de pente qui restreignent l'exploitation et la valorisation des peuplements forestiers ©Rascas Biodiv

## Les différentes valorisations et filières dans le massif des Maures

### Filière du sciage ou encore « Bois d'œuvre » ;

L'absence de sylviculture au sein des peuplements de pin maritime, issus d'une régénération spontanée, conjuguée à un état sanitaire médiocre (attaque du *Matsuccoccus feytaudi*) induisent un déficit en qualité des bois pour une valorisation en sciage. La faible durée de vie des résineux, sous l'influence des incendies et des agents pathogènes, limite les diamètres et donc les usages en bois d'œuvre. Le pin maritime a cependant les qualités intrinsèques permettant d'atteindre des valorisations en bois d'œuvre. Il est à noter que des scieries étaient en activité dans les Maures (Collobrières, Pierrefeu...) jusque dans les années 70, et s'alimentaient à partir de pins prélevés dans le massif. De nos jours, la qualité des résineux (au sens diamètre et qualité des bois) ne permet que trop rarement d'avoir une valorisation pour du sciage. Dans le meilleur des cas, il s'agit de « petits sciages » destinés au marché de la palette. Il est à noter qu'il n'existe pas d'unités de transformation locale, hormis la scierie des Arcs sur Argens (mais celle-ci s'approvisionne majoritairement à partir de bois ne provenant pas du massif des Maures). Lors des rares cas où une telle valorisation est possible, le bois est acheté en moyenne 15€ à 18€/m<sup>3</sup>, selon les quantités proposées et les conditions d'accès à la ressource.

Les quantités annuellement exploitées pour alimenter cette filière sont négligeables. Les quelques peuplements de pin d'Alep, situés principalement sur les franges nord et ouest du massif, pourraient également présenter un potentiel pour du sciage, sous réserve d'une gestion sylvicole et de tri réalisé sur les peuplements de diamètre

supérieur à 40 cm. En effet, le bois d'œuvre de pin d'Alep offre un potentiel de valorisation, avec son intégration dans la norme sur les règles d'utilisation du bois dans la construction. Sa prise en compte dans la NF B52-001\*, actualisée le 14 avril 2018, qui lui ouvre la filière de l'éco-construction pour une mise en œuvre dans la structure des bâtiments, qu'il s'agisse de charpente ou d'ossature bois.

**Dans le massif des Maures, l'économie forestière engendrée par l'exploitation des résineux est donc très faible, tant sur les plans quantitatifs que qualitatifs. Cela étant, cette économie pourrait, d'ici quelques années, trouver un léger regain par l'exploitation des plantations résineuses arrivant en âge d'exploitabilité sous réserve qu'elles ne soient pas impactées par des incendies d'ici là... L'une des principales essences utilisées en reboisement dans les années 1980 est le pin laricio qui offre un bon potentiel de valorisation en sciage dès lors qu'il dépasse les 40-45 cm de diamètre.**



Rondins de pin pour le sciage ©Communes forestières PACA

1- ASL GFSV : Association Syndicale Libre de Gestion Forestière de la Suberaie Varoise

## Les filières Bois d'industrie (BI) & Bois Energie (BE)

Il s'agit des filières BI : papeterie ; ou BE : plaquette forestière destinée à alimenter des chaudières à bois ; dans les deux cas de figure, il s'agit du même type de bois, dont la faible qualité ne permet pas une autre valorisation.

Dans le cas présent, elle concerne la valorisation de pins maritime adultes (parfois de pin pignon), issus de régénération naturelle. Principalement sous maîtrise d'ouvrage de l'ONF pour les forêts publiques ou de l'ASLGFVS<sup>1</sup> pour les forêts privées, l'exploitation des bois pour alimenter cette filière représente au maximum une moyenne de 1000 t/an ces cinq dernières années.

Les bois résineux sont achetés sur pied entre 8 € et 10 €/tonne. L'exploitation, coupe et débardage, représentent en moyenne 22 €/tonne. Reste le coût du transport jusqu'au lieu de transformation qui varie selon la destination.

Les bois destinés à la papeterie sont principalement envoyés à l'usine de Tarascon (13) – Fibre Excellence en 2022-. Cette filière est dans un état économique précaire, avec des arrêts réguliers dans son approvisionnement liés à une forte demande sur la matière première.

Les chaufferies à plaquette forestière situées dans le massif des Maures sont peu nombreuses et consomment en moyenne 300 t/an. L'unité industrielle de Brignoles (INOVA) représente le principal débouché des Maures, en termes quantitatifs pour le bois énergie. Plus loin, des chaufferies collectives et des unités industrielles comme la centrale de Gardanne (100 km de rayon d'approvisionnement) représentent des pôles de consommation pour lesquels les coûts de transports à partir des Maures sont peu concurrentiels avec INOVA.

Les feuillus, dont le chêne liège, sont valorisables en plaquette forestière dédiées aux chaufferies de petite puissance.



Photo BI / BE ©Communes forestières PACA



36 en fonctionnement : 23 MW  
2 en cours d'installation : 220 MW  
5 études en cours : 3,2 MW  
2 notes d'opportunité  
1 projet

### MAÎTRES D'OUVRAGE DES CHAUFFERIES

- Chaufferies des collectivités
- Chaufferies des entreprises

### ETAT D'AVANCEMENT

- En fonctionnement
- Construction
- Etude de faisabilité
- Note d'opportunité
- Projet

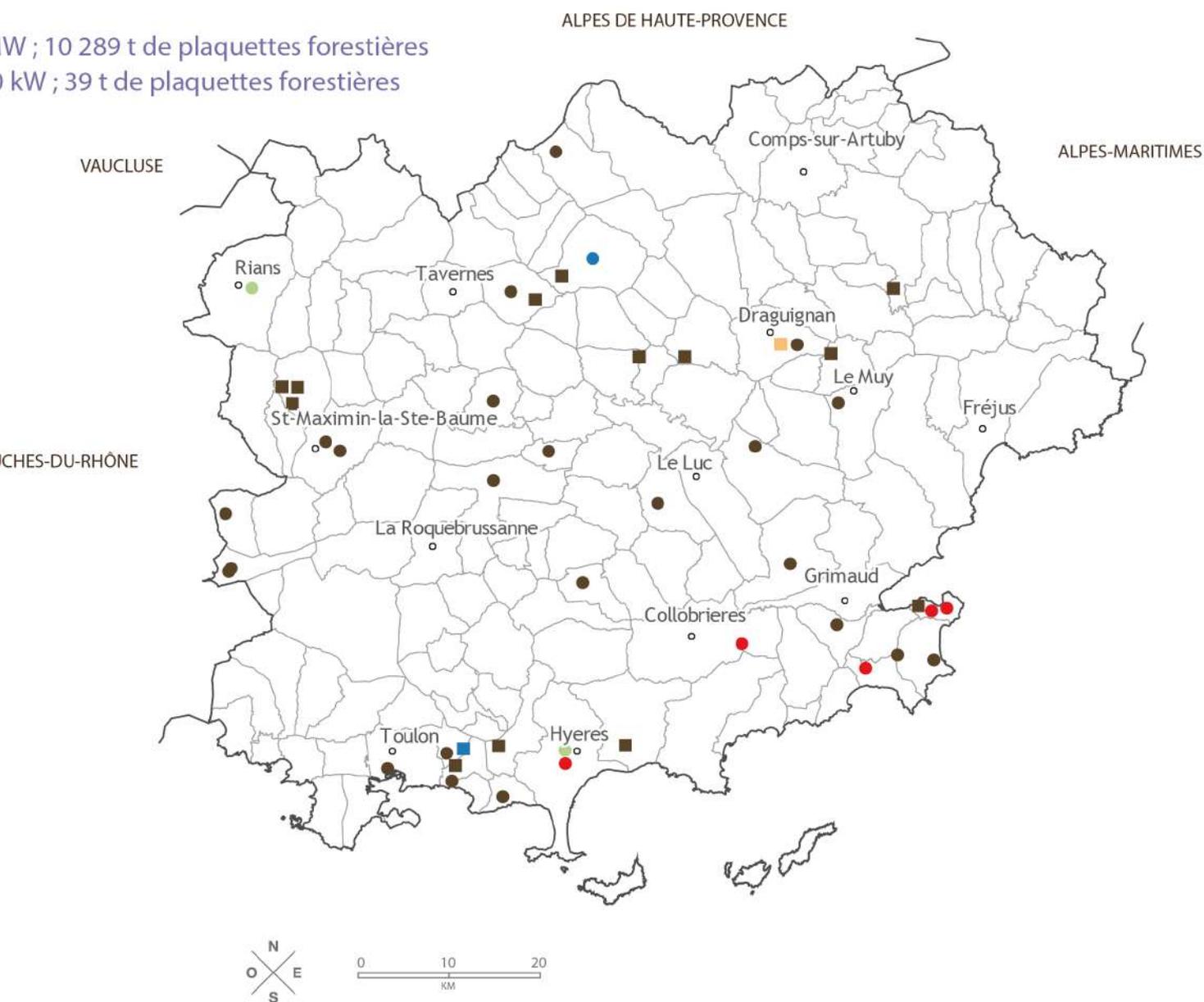
BOU



Observatoire régional  
de la forêt méditerranéenne



W ; 10 289 t de plaquettes forestières  
0 kW ; 39 t de plaquettes forestières



Janvier 2022 - Localisation régionale des chaufferies automatiques à bois des collectivités et des entreprises ; BD Carto © - © IGN, PFAR PACA n°8410, MRBE 01/2022 ©Communes forestières PACA



Plantations résineuses matures de vallée de la Môle - col de Gratteloup ©Alcina

### Les plantations résineuses

Il s'agit de plantations réalisées au début des années 80 pour les plus anciennes, mises en œuvre principalement en forêt publique après les incendies de 1979, 1990 et 2003 pour les plus récentes.

Le pin pignon, le pin laricio, le pin brutia et le pin maritime constituent les principales essences plantées. Concernant le pin maritime, les variétés Cuenca (Espagne) et Tamjoute (Maroc) ont été choisies afin de tester leur résistance au *Matsucoccus feytaudi*. (Voir p166 ; Reboisement : bilan et choix des espèces - Diagnostic adaptations aux changements climatiques).

Hors territoire incendié en 2021, sur le plateau du Treps ou dans la vallée de La Môle (forêt domaniale), d'autres plantations ont également été réalisées (cèdre, Douglas, pin Noir...).

Sous réserve d'un suivi sylvicole, ces plantations pourront engendrer une économie forestière lors des premières éclaircies mais surtout lors des éclaircies ou coupes suivantes, avec une production de bois d'œuvre envisageable ; les éclaircies réalisées au sein d'anciennes plantations situées en forêt domaniale des Maures en sont un exemple.

### La filière bois de chauffage

Encore appelée « bois bûche », cette filière s'alimente traditionnellement à partir des peuplements de feuillus, chêne vert ou chêne pubescent, présents sous forme de taillis.

Il est délicat d'estimer le poids économique de cette filière et les quantités issues du massif des Maures, les flux financiers n'étant pas toujours déclarés. S'il existe quelques exploitants forestiers commercialisant du bois de chauffage, la très grande majorité



Coupe de chêne enstéré pour la filière bois de chauffage ©Alcina

d'entres-eux s'approvisionnent à partir de massifs situés hors région PACA, important des cordes de bois (billons en 4m) puis revendant au particulier les bûches après refente éventuelle et découpe en 50cm ou 30cm de longueur. Il s'agit d'un usage majoritairement d'agrément (cheminée). Toutefois, la hausse des prix de l'énergie associée aux autres systèmes de chauffage incite de plus en plus les particuliers à s'orienter vers le chauffage bois comme dispositif d'appoint d'autant que les équipements sont de plus en plus performants.

Selon la taille de la découpe, les quantités et les distances de livraison, le stère est vendu autour de 100€ HT. Selon les densités exploitées et les conditions d'exploitation, le chêne pubescent ou le chêne vert peuvent s'acheter 10 à 20 €/stère sur pied.

Cette filière pourrait également valoriser des brins adultes ou des souches d'arbousier, de bruyère (pizzérias). Le bois de chêne liège, sous réserve que le liège ne soit plus présent, présente également un réel intérêt pour une valorisation en bois bûche.

### La filière liège

Très présente et représentant un poids économique important jusque dans les années 60-70 (nombreuses bouchonneries dans les Maures), cette filière a connu un net déclin pour devenir quasiment anecdotique sur le plan économique jusqu'à ces dernières années, et ce malgré un essai de relance avec la création de la coopérative varoise du liège (COVALIEGE) de 1983 à 1989.

Depuis une petite dizaine d'années, l'ASL de gestion forestière de la suberaie varoise (ASLGFSV) essaie de redémarrer la filière liège en mettant chaque année en exploitation chez ses adhérents une cinquantaine d'hectares pour un tonnage moyen de 100t. Si l'on



Levée de liège ©ASL GFSV

rajoute les autres exploitants, la récolte annuelle de liège représente une moyenne annuelle de 300t environ.

Le prix d'achat moyen sur pied dépend du type de suberaie et de sa densité, mais également de la qualité du liège (trituration, bouchon naturel). Ce prix représente actuellement 0.15 à 0.25 €/kg (selon les qualités présentes) soit 60 000€ en moyenne chaque année pour l'ensemble du massif. Les rendements à l'hectare dépendent également du type de suberaie : ils varient entre 2 et 4t /ha.

**Le liège n'est quasiment plus valorisé dans le massif mais envoyé dans les Pyrénées orientales (environ 50%), voire Italie, Espagne et Portugal**

Sans prendre en compte les débouchés ni la main d'œuvre disponible, le potentiel exploitable annuellement sur l'ensemble du massif est estimé autour de 2000 à 2500 tonnes, avec une rotation de 12 à 14 ans (la COVALIEGE avait exploité jusqu'à 1200 tonnes une année). Le liège destiné à la trituration représentera alors environ 80% des tonnages.

L'exploitation du liège (la levée) est une opération manuelle qui demande une compétence certaine. Mal réalisée, cette exploitation peut non seulement compromettre le potentiel de production du chêne, mais également sa survie. Actuellement, l'exploitation du liège représenterait en moyenne l'équivalent de 1500 journées/homme : il s'agit d'emplois saisonniers, pourvus par une main d'œuvre non locale.

Le liège peut également trouver d'autres débouchés, qui pourraient, à première vue, sembler anecdotiques, mais qui pourtant possèdent un réel potentiel commercial.



Le liège expansé en panneaux de façade est un matériaux biosourcé d'isolation thermique (hydrofuge, inifuge) ne nécessitant ni enduit, ni bardage ©ecobati.com

- ▶ *Le paillage des allées ou massifs fleuris avec le broyat de liège mâle ou de bois de chêne liège (plaquette) : l'évolution des quantités commercialisées chaque année par l'association Maures Bois Energie montre qu'il s'agit d'un marché en expansion (1500m<sup>3</sup>/an). Ce marché représente un débouché intéressant pour valoriser les bois issus d'opérations de rénovation de la suberaie.*
- ▶ *L'utilisation du granulé de liège ou panneaux expansés pour l'isolation thermique et acoustique des murs et des sols des constructions ; autrefois utilisée, cette valorisation pourrait trouver un nouvel écho dans le contexte énergétique et climatique de la période actuelle. Cette utilisation permettra de valoriser notamment le liège brûlé et le liège mâle avec une application architecturale.*
- ▶ *Dans une moindre mesure, le marché de la décoration, dont la décoration florale et l'animalerie. Il s'agit d'un marché fluctuant, qui porte sur des petites quantités, mais qui permet une meilleure valorisation rapportée au kg que le liège bouchonnable. Ce marché concerne essentiellement le liège mâle.*

La filière liège pourrait donc trouver un nouvel essor dans les années à venir, tant au travers de débouchés « classiques » qu'au sein d'autres valorisations qui ne nécessitent pas des outils de transformation lourds.

**Cette filière n'est pas seulement emblématique du massif : son développement permettra également d'envisager des travaux de rénovation des peuplements, dont la valeur environnementale est reconnue. En effet, les suberaies méditerranéennes avec les châtaigneraies méditerranéennes sont inféodées aux substrats non calcaires et représentent des habitats prioritaires à protéger et à développer (Liste rouge UICN - Union internationale pour la conservation de la nature).**



Châtaigneraie Godissard à Collobrières ©Méditerranée Porte des Maures

### La filière châtaigne / châtaignier

Les châtaigneraies à fruit représentent environ 1000 ha en production. Les communes de Collobrières, La Garde-Freinet, Gonfaron, les Mayons et Pignans sont les plus concernées. Il existe un syndicat des producteurs de la châtaigne (SPCV). La valorisation des fruits sous forme de confitures, crèmes ou pour une consommation « nature » (châtaigne fraîche) est principalement réalisée dans les Maures, notamment dans les communes précitées lors des fêtes de la Châtaigne qu'elles organisent.

**Pour autant, les châtaigneraies peuvent également se présenter sous forme de taillis, avec une valorisation potentielle des bois en piquet (échalas), ganivelles, voire en charpente.**

La production est anecdotique, faute d'une sylviculture adaptée pour améliorer un faible état sanitaire de ces taillis, ne permettant que trop rarement d'obtenir des bois sains lorsque ces peuplements possèdent une vingtaine d'années (maladie du chancre, maladie de l'encre, cynips).

### Les autres filières dites « de niche »

Il s'agit de filières qui, une fois encore, peuvent sembler anecdotiques mais qui, bien que très fluctuantes, permettent une valorisation potentielle de produits issus du maquis, et non de l'étage arboré des peuplements.

On peut citer la souche de bruyère qui, outre une valorisation pour le bois de feu (cf. chapitre précédent), trouvaient une valorisation pour la fabrication des ébauchons des pipes. Cette production, qui atteignait encore environ 1000 t/an il y a une dizaine d'années (exportation des souches en Italie), est aujourd'hui abandonnée. La

première transformation dans les Maures (Cogolin) n'existait déjà plus depuis plusieurs années, les ateliers présents n'assurant que la finition du produit.

Une autre filière existe, plus ou moins en sommeil actuellement : il s'agit de la valorisation du feuillage forestier destiné à la décoration florale. Les jeunes repousses d'arbusier, notamment issues du broyage sur les coupures DFCI ou le laurier tin sont notamment concernés (liste non exhaustive).

Dans le premier cas, cette filière participait il y a une dizaine d'années, même si c'est dans une faible mesure, à l'entretien des ouvrages DFCI. La tige se vendait autour de 0,03€/0,05 € sur pied, et l'exploitation sur les ouvrages DFCI faisait l'objet de concession.



Entreprise familiale Courier maîtres pipiers depuis 1802 à Cogolin, labellisé entreprise du patrimoine vivant ©Ch.Courrieu

On pourra également citer les concessions, souvent gracieuses, réalisées auprès des apiculteurs pour entreposer leurs ruches, qu'il s'agisse d'apiculteurs dits « sédentaires » ou « transhumants ». Les secteurs à bruyères arborescentes en fleurs, arbousiers, cistes sont principalement visés. Ces concessions sont importantes, notamment pour les apiculteurs qui peuvent ainsi faire transhumer leur ruchers dans les Maures pendant la période hivernale avant de les remonter sur les alpages en période estivale.

Enfin, la filière des plantes à parfum, aromatiques et médicinales (PPAM) est très diverses et alimente plusieurs secteurs d'activités :

- Pour le secteur des plantes à parfum : huiles essentielles et extraits pour la parfumerie dont la parfumerie fonctionnelle, la cosmétique, l'aromathérapie ;
- Pour les plantes aromatiques : huiles essentielles et extraits, séchage, triage, surgelé pour l'agro-alimentaires, l'herboristerie, l'aromathérapie, les compléments alimentaires... ;
- Pour les plantes médicinales : huiles essentielles et extraits, séchage, triage pour la phytothérapie, l'homéopathie,

*l'aromathérapie, l'allopathie, l'herboristerie, les compléments alimentaires..*

A l'échelle du massif des Maures, la filière PPAM est encore peu structurée vis à vis de la chaîne d'acteurs (cueillette, transformation, commercialisation), mais elle offre un potentiel significatif de valorisation des strates basses et intermédiaires des peuplements forestiers. A l'image des initiatives portées par **Forêt Modèle de Provence**<sup>2</sup> sur le territoire du PNR de la Sainte Baume, sur les études de valorisation de l'arbousier racine, bois, feuillage, écorce, fruits, fleurs) en partenariat avec avec le laboratoire NissActive, mais aussi le pin d'Alep, ou le pistachier lentisque en lien avec le projet européen Erasmus + Med'Lentisk menée par l'Association Internationale des Forêts Méditerranéennes.



*Le massif des Maures offre un potentiel apicole remarquable en raison de la diversité botanique de la Provence cristalline (Maures, Esterel) ©Miel de Provence.com*

2- Forêt Modèle de Provence : <https://www.foretmodeleprovence.fr/2021/11/12/projet-unique-une-valorisation-cosmetologique-de-larbousier/>

## Evaluation du potentiel économique avant incendie : analyse géographique du territoire incendié

Pour appréhender le contexte économique de production forestière sur l'emprise du territoire incendié, il est nécessaire de réaliser préalablement deux types d'analyse :

- ▶ Une analyse dite « géographique »
- ▶ Une analyse synthétique des types de peuplements en présence.

Schématiquement, le territoire incendié peut se découper en quatre zones distinctes :

### La plaine des Maures

Les pentes y sont inférieures à 10%. Avec la RNN qui représente 80% de cette zone, les enjeux environnementaux sont majeurs. Ce secteur est bien desservi en routes ou en pistes.

### Le piémont nord du massif

Il débute au contrefort du massif, aux premières ruptures de pente, pour se terminer sur les crêtes de la Garde-Freinet. Les communes du Cannet des Maures et de La Garde-Freinet sont concernées. Cette zone présente de fortes pentes, souvent supérieures à 40% ; Elle est traversée du nord au sud par des vallons très encaissés alimentant l'Aille, et également par deux pistes à vocation de DFCI. Il n'y a quasiment pas d'habitat diffus au sein de cette zone.

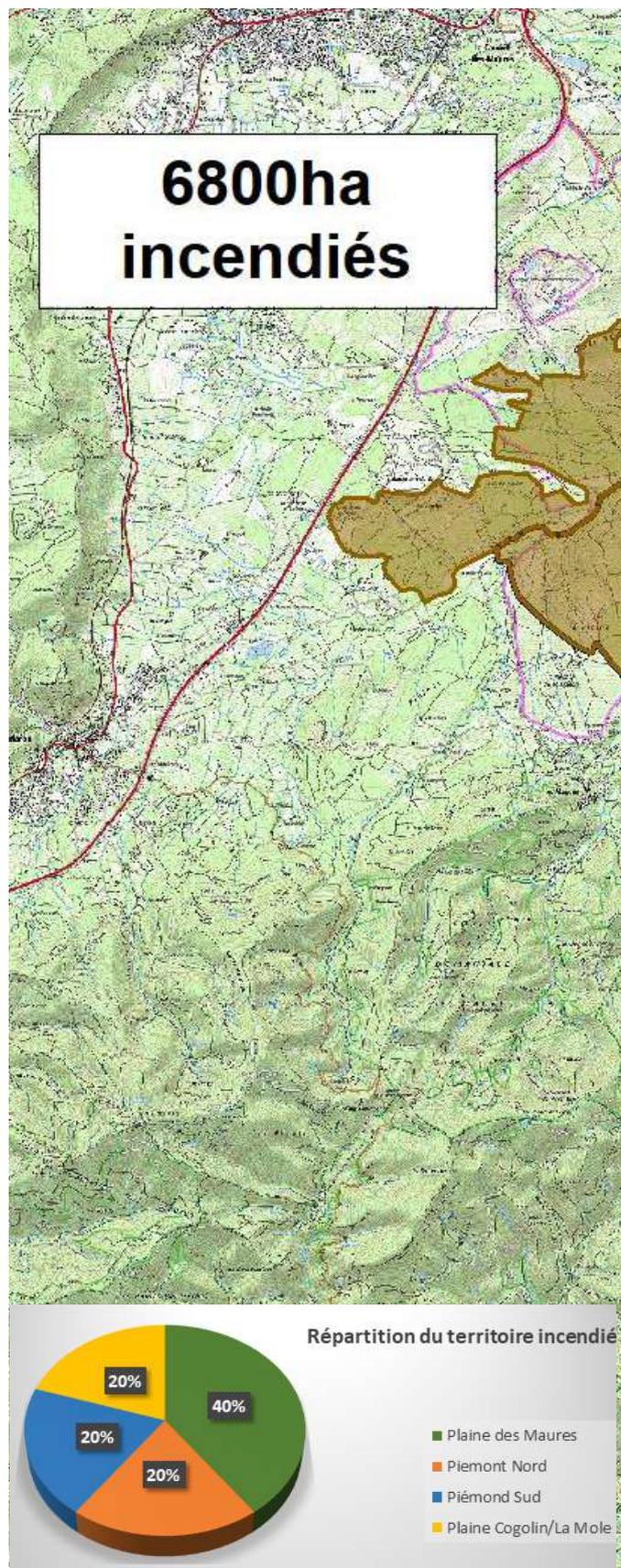
### Le piémont sud du massif

Cette zone débute sur les crêtes de La Garde-Freinet pour se terminer au niveau de la rivière « La Giscle ». Elle présente également de fortes pentes, avec des lignes de crêtes séparées par des vallons encaissés, alimentant la rivière précitée. Présence d'un habitat diffus sur La Garde-Freinet et Grimaud. Une seule piste DFCI permet de traverser la zone du nord au sud ; des voies communales étroites et limitées en tonnage permettent également d'accéder aux habitats.

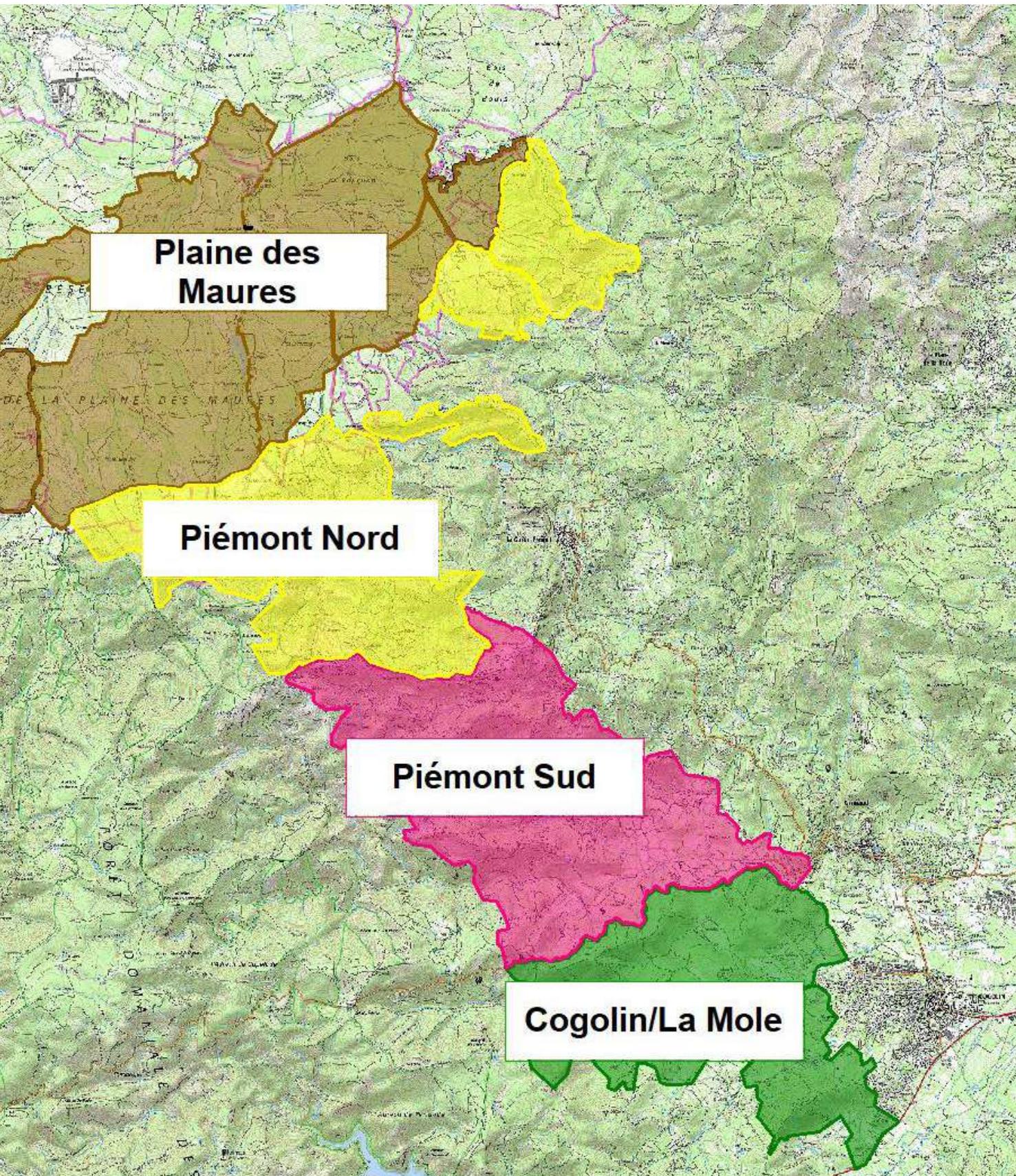
### La zone de Cogolin, La Môle

Elle débute au niveau de la rivière « La Giscle » pour se terminer au sud à la limite du territoire incendié. Les pentes sont très variables et peuvent être ponctuellement supérieures à 30%. Cette zone se caractérise par la présence d'un habitat diffus parfois dense, des zones cultivées, présentes en mosaïque avec le milieu naturel. Comme précédemment, les voies communales desservant la zone présentent des points noirs pour un accès à des camions grumiers

**Les caractéristiques géographiques de chaque zone ont donc une incidence sur l'exploitabilité potentielle des peuplements présents.**



Les caractéristiques géographiques de chaque zone ont donc une incidence sur l'exploitabilité potentielle des peuplements présents. ©EGA



Identification des quatres entités paysagères impactées par l'incendie ©EGA

## Evaluation du potentiel économique avant incendie : analyse par types de peuplement

Le diagnostic forestier a permis d'identifier les points suivants :

- ▶ *Sur le territoire incendié, les occupations du sol non forestières ainsi que les formations arbustives (maquis) représentent environ 77% de la surface.*
- ▶ *Les suberaies susceptibles de faire l'objet d'une levée de liège représentent environ 500ha (7,6%) : l'exploitation concerne souvent une première levée (liège mâle).*
- ▶ *Les formations feuillues à feuilles caduques (chêne pubescent essentiellement) atteignent 200 ha (3%) ; ces formations sont souvent mélangées avec du chêne liège ou des résineux. Les châtaigneraies représentent une quarantaine d'hectares, situées sur le piémont nord du massif*
- ▶ *Les formations mixtes, mélanges feuillus/résineux (10%) : les surfaces concernées sont souvent éclatées en poches de petites tailles et sur des zones à forte pente.*
- ▶ *Les pinèdes de pin maritime (3%) sont situées en plaine des Maures ou sur les contreforts du Piémont nord (La Nible)*
- ▶ *Les plantations résineuses (1%), dont les plus âgées datent des années 80, sont situées au sein de la plaine des Maures*

En croisant les deux analyses précédentes, le potentiel économique avant incendie donne les résultats suivants :

### Filière BI.BE

Les peuplements résineux potentiellement exploitables (pinèdes de pin maritime, pin pignon, plantations) sont très majoritairement situés dans la plaine des Maures. C'est également le secteur où la prise en compte des enjeux environnementaux aura un très fort impact sur l'exploitation, surtout à l'intérieur de la Réserve Naturelle Nationale. Si l'exploitation des bois n'est pas initialement programmée dans un plan de gestion ou d'aménagement agréé par la Réserve Naturelle Nationale, elle sera soumise à autorisation préfectorale avec présentation préalable du projet en CDNPS (Commission Départementale Nature Paysage et Site) et CSRPN (Conseil Scientifique Régional du Patrimoine Naturel). Dans le cas présent, avant incendie, des coupes d'éclaircie dans des peuplements de pin maritime étaient programmées au sein de deux propriétés privées majeures (environ 40ha d'éclaircie pour 2000m<sup>3</sup> environ) mais les plans simples de gestion n'avaient pas reçu l'aval de la RNN.

Lorsque l'exploitation s'avère autorisée, les préconisations environnementales qui les accompagnent induisent des surcoûts lors de l'exploitation des bois qui rendent, de fait, le potentiel

économique négligeable, sauf si ces surcoûts sont supportés par un financement dédié. Des éclaircies étaient également programmées au sein des plantations situées en forêt communale ou domaniale dans la plaine des Maures, ces plantations présentant un retard en termes de gestion sylvicole. Arrivées à maturité, certaines de ces plantations laissaient présager la production de bois d'œuvre. Environ 170ha pour 9000m<sup>3</sup> étaient concernés.

Le secteur de « La Nible », situé sur le secteur « Piémont nord » (côté est) abrite également des plantations résineuses et des pinèdes adultes de pin maritime.



pinède Dagonnot - secteur n°9 ©EGA

Il possède un réel potentiel forestier. La forêt communale de La Garde-Freinet occupe la très grande majorité de la zone incendiée. Une exploitation était également programmée avant l'incendie, la forêt communale étant par ailleurs plutôt bien desservie en voies de débardage (une centaine d'hectares pour 5000m<sup>3</sup>). C'est d'ailleurs le secteur « productif » de cette forêt qui a été touché par l'incendie. Le reste du Piémont nord et la majorité du Piémont sud abritent des poches de pin maritime, souvent issues d'une régénération spontanée après l'incendie de 2003.

**Les peuplements sont trop jeunes pour envisager une exploitation générant une valorisation, mais mériteraient un dépressage<sup>3</sup> en prévision de futures coupes d'éclaircie. Il y aurait donc des travaux d'éclaircie à mener dans un premier temps.**

## Filière liège

Les formations de chêne liège situées en Réserve Naturelle Nationale sont, à de rares exceptions, dans un état sanitaire médiocre. Leur potentiel de production est, à ce titre, très faible, excepté sur le secteur des « Petites Aurèdes ». En fait, la majorité des suberaies dans la plaine permienne relève des suberaies xérophile, généralement éparses et vulnérables aux épisodes de sécheresse en cas de levée. C'est pour cette raison, que le guide de gestion des suberaies établie par l'ASLSV préconise d'éviter leur exploitation indépendamment des incendies.



chêne liège exploité et brûlé ©EGA

Les suberaies mésophiles adultes, exploitables et n'ayant pas été incendiées en 2003 sont principalement situées sur le secteur des Jaudelières, en limite de la plaine des Maures et du piémont nord du massif, et sur les premiers contreforts de ce dernier ; elles représentent environ 150 ha, cette surface n'intégrant pas les peuplements mélangés qui, selon les cas, peuvent aussi produire du liège. Le liège potentiellement exploitable représente environ 600 tonnes.

3- Dépressage : coupe d'éclaircie prélevant une partie des arbres au profit des arbres conservés, pratiquée dans des bois de faible diamètre non commercialisables

Aucune exploitation n'avait été réalisée sur l'emprise de la zone incendiée par l'ASLGFSV ces dernières années.

Des suberaies exploitables sont également situées dans la zone de Cogolin/La Môle pour une centaine d'hectares (non incendiés en 2003). Il est délicat d'estimer la part de ces suberaies en capacité de produire du liège de reproduction.

Sur le reste du piémont nord et la majeure partie du piémont sud, l'empreinte de la zone incendiée en 2021 reprend celle de 2003 ; l'exploitation du liège, lorsqu'elle était possible, concernait donc déjà du liège brûlé et difficilement valorisable.

Suberaie incendiée ©EGA



## Filière châtaignier

Les châtaigneraies impactées sont d'anciennes châtaigneraies à fruit abandonnées (excepté sur le secteur « Val Verdun, piémont sud) ou des taillis spontanés ; il n'y avait donc pas de production.

## Filière bois de chauffage

Les peuplements concernés par cette filière (peuplements mélangés ou feuillus à feuille caduques) sont difficilement exploitables (desserte, pente) ou situés sur des zones incendiées en 2003. Le potentiel de production avant incendie est très faible.

## Valeur économique de production forestière après incendie

Il s'agit d'évaluer l'avenir de production forestière des peuplements incendiés, en intégrant leur niveau d'impact du feu et leur potentialité de production.

## Résineux

Pour les peuplements de pin maritime, la reconstitution des peuplements se fera principalement par la régénération naturelle. Il faudra attendre quinze à vingt ans pour constater l'apparition de gaulis (6/8 m de hauteur), souvent denses (1500 à 2000 t/ha). A ce stade, et avec pour objectif d'envisager une production forestière, il est préconisé de réaliser des dépressages organisés autour de cloisonnements.

**Sur le plan du risque d'incendie, ces travaux permettent également de réduire l'apparition de poudrières, ces peuplements étant particulièrement combustibles à ce stade de maturité.**

Sous réserve que ces peuplements ne soient pas de nouveau incendiés, et que les attaques parasitaires ne soient trop virulentes, une première éclaircie permettra de mettre des produits sur le marché de la filière Bois d'Industrie - Bois Energie lorsque les peuplements auront entre trente et quarante ans.

Au regard du niveau de fertilité des sols, cette 1ère éclaircie représentera une cinquantaine de m<sup>3</sup>/ha (exploitation de 30 à 35 % du nombre de tiges). Selon les conditions d'exploitation et de marché (trituration ou énergie), il est possible que cette 1ère éclaircie soit déficitaire. Si ces peuplements sont suivis d'une réelle gestion sylvicole, les éclaircies suivantes ou coupes de régénération permettront, en théorie, d'obtenir environ 20 à 25 % de bois d'œuvre.



Eclaircie dans un jeune peuplement de pin ©Alcina

Les pinèdes de pin pignon peuvent suivre le même parcours sylvicole, à la différence notable qu'il sera très certainement nécessaire d'assister la régénération naturelle par des plantations, cette régénération étant délicate.

La valeur de production des plantations résineuses impactées par l'incendie dépendra du niveau d'impact de l'incendie et des orientations de gestion qui seront retenues, plusieurs scénarii étant possibles :

- ▶ *Ne pas replanter (ou regarnir selon le niveau d'impact) et conserver les sujets survivants, en essayant de diversifier le peuplement (chêne liège) : cette option offre l'avantage d'optimiser la résilience des peuplements au changement climatique, mais également aux incendies, ainsi que les enjeux environnementaux en améliorant les habitats.*
- ▶ *Refaire une plantation résineuse ; le choix de l'essence et la densité de plantation resteront à définir. Quelle que soit l'essence choisie, la replantation en lieu et place des plantations détruites n'auront de sens que si un réel suivi de gestion y est appliqué ; faute de quoi, elles risquent de subir le même sort que les plantations initiales.*

**Ce suivi sylvicole implique la mise en œuvre de travaux (dépressage, élagage...) qui représentent un coût et non une recette.**



Travaux forestiers de levée de liège financés par le paiement de la taxe de compensation pour les autorisations de défrichement ©ASL GFSV

## La suberaie

Après incendie, il est indispensable de ne pas procéder à une levée du liège brûlé pourtant nécessaire pour remettre en production la suberaie ; il est nécessaire d'attendre que le chêne ait entièrement reconstitué son houppier (ensemble du feuillage) et récupéré du stress provoqué par l'incendie. La valeur économique de production forestière de ces peuplements sera nulle pendant une dizaine d'année. Par ailleurs, la valeur sur pied du liège brûlé sera quasiment nulle également, sauf développement de la filière « granulé ».

**Il est important de noter que, tant pour des raisons économiques que d'absence de main d'œuvre qualifiée, la levée dite « étagée » n'est plus pratiquée. D'usage lorsque la filière était en pleine activité, elle consiste, sur les sujets adultes dotés de branches maîtresses, à lever le liège uniquement sur le tronc (le plus souvent destiné à la trituration), puis de repasser sur le même arbre 6 années après pour exploiter le liège dans les branches qui constituent la charpente du chêne (liège de meilleure qualité avec un bon % de liège bouchonnable). Cette pratique présentait plusieurs avantages et pourraient être prise en compte lors des prochaines exploitations, notamment au sein des suberaies les plus âgées.**

- En repassant 2 fois sur une même parcelle au cours d'une rotation complète (en moyenne 12ans), l'impact sur le maquis, dont celui situé au pied de l'arbre, était plus important et la parcelle était « mieux nettoyée ».
- La quantité de liège exploitée lors de chaque passage étant moindre que si elle avait été levée en une seule fois, l'état sanitaire du chêne s'en trouvait amélioré.
- L'impact d'un incendie sur le chêne était nettement atténué lorsque le liège sur le tronc était présent.
- L'exploitant ou « leveur » ne forçait pas pour lever le liège sur le tronc lorsque ce dernier « ne donnait pas », sachant qu'il repasserait pour exploiter les branches où le liège est de meilleure qualité. Le risque de blessures occasionnées lors de la levée était évité dans ces cas-là.

Lorsque les sujets s'y prêtent, il serait judicieux de remettre en œuvre cette pratique permettant de réduire l'impact de la levée sur des arbres qui auront déjà soufferts. Le respect d'une rotation d'une douzaine d'année (liège de 3 cm d'épaisseur au minimum) sera également nécessaire pour ne pas compromettre l'avenir de ces peuplements. Il s'agit là de mesures d'exploitation qui pourront améliorer l'état sanitaire des peuplements et leur résilience, tant aux incendies qu'au changement climatique en cours.

## Les feuillus

Leur remise en état de production ne nécessite pas systématiquement la coupe des bois brûlés, même si cette dernière reste souhaitable. De nombreux rejets (jusqu'à une dizaine) vont apparaître au pied du sujet adulte mort (chêne pubescent, chêne vert) ; la mise en production de ces peuplements s'en trouvera accélérée si une sélection des rejets d'avenir a lieu trois ans après l'incendie, en conservant dans un premier temps environ cinq tiges par cépées.

La remise en production de ces taillis laisse espérer une production d'une centaine de stère/ha avec une rotation de vingt-cinq à trente ans.



Rejets de souche de chêne liège après incendie, Route des Crêtes - La Garde-Freinet ©SAFRAN

## Evaluation des secteurs susceptibles de présenter un intérêt économique pour l'exploitation des bois brûlés

Cette évaluation fait l'objet d'un chapitre spécifique de l'étude (Livret n°3). On peut toutefois s'arrêter sur la notion de « intérêt économique pour l'exploitation des bois », selon que la matière première soit rémunérée ou pas. En effet, deux interprétations sont possibles :

- *Il peut s'agir de l'intérêt économique à ne pas laisser le bois pourrir sur pied et récupérer une valeur marchande du produit brut.*
- *Il peut également s'agir de l'intérêt à alimenter les filières, engendrant ainsi une activité économique, avec valorisation d'un produit fini, même cette dernière ne permet pas de rémunérer la matière première.*

De façon générale, hors incendie, les types de peuplements, de coupe et le contexte d'exploitation permettent de définir, selon les filières de valorisation, le niveau de rémunération de la matière première. Dans la majorité des cas, c'est ce niveau de rémunération qui enclenchera (ou pas) l'exploitation, à la nuance près que certaines opérations déficitaires sont parfois nécessaires pour obtenir à l'avenir une production plus rémunératrice ; le bilan économique doit souvent s'établir sur l'ensemble de la vie du peuplement.

Dans le cas de peuplements incendiés, ce bilan se rapportera uniquement à leur exploitation car :

- *Les arbres à couper sont morts sur pied (ou avec un avenir nettement compromis). Il n'y a donc plus à attendre une plus-value ultérieure sur le peuplement grâce à la coupe.*
- *L'exploitation de ces bois n'est pas systématiquement indispensable pour la reconstitution du peuplement (régénération naturelle).*

Comme précisé lors de la présentation du contexte économique du massif, une autre valorisation que pour la filière BI.BE n'est pas aujourd'hui envisageable pour les résineux (sauf cas exceptionnel), permettant une valorisation entre 8 € et 10 €/tonne pour la matière première.

Mais ce bilan risque d'être sérieusement modifié, l'exploitation des bois brûlés engendrant des surcoûts liés à leur état.

En effet, les coûts d'exploitation et les prix d'achat proposés se

rapportent à l'unité de produit « tonne » (22 €/tonne pour l'ensemble de l'exploitation). Or les bois brûlés sur pied perdent rapidement de leur masse volumique, estimée à 25/30 % en l'espace de quatre à six mois. Dès lors, une majoration des coûts d'exploitation est à anticiper, de l'ordre de 30 % (cf. *Identification des surcoûts, Livret II - Définition du programme des travaux prioritaires pour 2022*).

Cette hausse des coûts d'exploitation ne s'accompagnant pas de celle du prix de vente, l'exploitation des résineux brûlés ne permettra que très rarement une rémunération de la matière première. Elle sera même souvent déficitaire, surtout en y ajoutant les surcoûts liés à la prise en compte des enjeux environnementaux lorsque nécessaire.

**Dès lors, la notion « d'intérêt économique pour l'exploitation des bois » ne peut concerner que l'intérêt à générer une activité économique par la valorisation des bois, sans rémunération de la ressource. Cet intérêt devra être croisé à l'intégration des autres enjeux : paysagers, sociétaux, environnementaux, DFCI, sylvicoles. C'est sur la base de ces croisements que les secteurs susceptibles d'une exploitation des bois brûlés pourront être identifiés lors du livret 2.**

Il est en effet difficile d'analyser l'intérêt d'une exploitation de bois brûlés uniquement sous l'angle économique classique. D'autres aspects difficilement chiffrables tels que le maintien et la résilience des écosystèmes, le paysage, la sécurisation, la DFCI, la sylviculture et l'exploitabilité future sont autant de sujets à prendre en compte.

Cela étant, en ne retenant que le seul critère forestier, et sur la base des analyses précédentes, quelques secteurs peuvent d'ores et déjà être pré-identifiés :

- ▶ *La Nible (piémont est du massif) : environ 50 ha*
- ▶ *Quelques peuplements résineux denses de pin maritime ou pin pignon, situés dans la plaine des Maures: une centaine d'hectares*
- ▶ *Certaines plantations résineuses situées dans la plaine des Maures ou en piémont nord du massif : une cinquantaine d'hectares*

**Soit environ 200 ha pour un volume potentiel de 15 000 m<sup>3</sup>. Ces chiffres seront affinés au livret 3 lors de l'intégration de l'ensemble des enjeux.**



*Visite de terrain du 03 mai 2022 avec l'ensemble des parties prenantes - arrêt sur le secteur de la Nible, La Garde-Freinet lors de l'Atelier n°1 : Gestion post-incendie et adaptation au changement climatique – amélioration de la résilience des peuplements forestiers et naturels, dynamique de la végétation, évolution du paysage ©SAFRAN*

# Ce qu'il faut retenir

## Synthèse du diagnostic économique

### Une forêt de "cueillette" et de services environnementaux

La production forestière dans le massif des Maures est faible sur le plan quantitatif et également économique. S'il n'existe pas de production majeure (ou production « phare »), la diversité des filières de valorisation, existantes ou potentielles, concernent des produits variés, très souvent situés sur une même parcelle, avec des interventions le plus souvent manuelles, étalées sur des périodes différentes et nécessitant une main d'œuvre qualifiée. C'est pour l'ensemble de ces raisons que la forêt des Maures représente une forêt dite « de cueillette », avec des circuits commerciaux dits « de niche ».

Mises bout à bout, ces différentes filières pourraient représenter une valorisation globale non négligeable d'une propriété. Pour plus de détails sur les filières et l'économie forestière du massif des Maures, se reporter à la Charte Forestière du Territoire (CFT) qui vient d'être reconduite.

Le paiement des services environnementaux (PSE) est une voie de soutien économique des peuplements emblématiques du massif des Maures. Par exemple, dans le dispositif FEADER, le règlement européen prévoit un montant maximum d'aide annuelle de 200 € par hectare, pour des opérations consistant en un ou plusieurs engagements forestiers, environnementaux et climatiques, qui visent en particulier à :

- ▶ *promouvoir la gestion durable des forêts, en préservant les ressources naturelles (eau, sol, biodiversité) et en luttant contre le changement climatique ;*
- ▶ *conserver les ressources génétiques forestières.*

### Un impact économique modéré sur les filières forestières en raison des contraintes d'exploitation

Sur le territoire incendié, la nature des peuplements, la topographie et les accès existants, l'occurrence des incendies ainsi que les enjeux environnementaux en place, induisent un faible potentiel de production forestière avant l'incendie de 2021.

Si l'impact du sinistre, sur le plan économique (en ne retenant que les filières purement forestières), peut être jugé négligeable pour la majorité de la surface concernée, les secteurs de la Nible, des Jaudelières et du contrefort du piémont nord ainsi que les plantations résineuses représentent néanmoins des secteurs sur lesquels il existe une perte d'exploitation et de production, qu'il s'agisse de bois pour la filière BI.BE (La Nible) ou la filière liège (Les Jaudelières/Piémont nord).

L'impact économique lié à la perte de liège exploitable pour les prochaines années au sein de suberaies qui n'étaient pas encore exploitées représente également un impact économique à prendre en compte.



# Diagnostic adaptations aux changements climatiques

L'objectif de ce chapitre consiste à cibler les espèces forestières et les modes d'intervention favorisés dans un objectif d'adaptation au changement climatique



Régression des suberaies en versant adret remplacé à mesure des perturbations par matorral d'Arbousier ©Alcina

*“La récurrence des feux réduit l'abondance des arbres et des herbacées tandis qu'elle augmente l'abondance des arbustes. Les écosystèmes forestiers qui ont brûlés une ou deux fois depuis 50 ans sont résilients, ce qui signifie qu'ils peuvent retrouver une biomasse et composition similaire à celle qui était la leur avant le feu. Cependant, après plus de 3-4 feux, les communautés arbustives perdent en richesse et en biodiversité par rapport aux zones non touchées par les feux”*

*Schaffhauser et al. 2012\**

Cette approche de gestion volontariste des peuplements forestiers nous semble devoir être complétée d'une approche d'anticipation des évolutions naturelles. En effet, que ce soit dans la Réserve naturelle des Maures où la non-intervention est un choix de gestion ou dans le cœur du massif où elle est généralisée du fait du caractère peu productif des peuplements et d'une accessibilité difficile, ce sont les dynamiques naturelles, sans intervention humaine, qui dominent sur le territoire incendié en aout 2021. Cette compréhension des dynamiques de végétation est nécessaire, au moins dans une perspective d'anticipation des prochains incendies de forêt et de limitation de l'impact de ces derniers.

Dans une moindre mesure, cette compréhension des dynamiques naturelles sous influence des changements climatiques permet de mieux penser les actes de gestion, même DFCI, là où ils ont lieu et les éventuels reboisements, si des propriétaires

choisissent cette option pour des objectifs de production ou de protection des sols ou de maintien d'un couvert boisé.

Ainsi, ce chapitre sera construit à partir d'une présentation des dynamiques naturelles de végétation, largement influencées par le régime des feux. Puis par une présentation des éléments de connaissance apportés par les outils dédiés à l'anticipation des changements climatiques, sur les espèces forestières ainsi que sur le régime des feux, principal facteur d'évolution de la végétation dans les Maures.

Ces deux dynamiques permettront d'envisager des scénarios d'évolution de la végétation et du paysage, en fonction des secteurs du territoire touché par le feu. Enfin, le croisement entre les données sur l'adaptation des espèces au climat et les bilans du suivi des reboisements réalisés sur le massif permettra d'envisager les espèces arborées utilisables en plantation.

\* extraits du rapport Alice Schaffhauser

& al. [Effets de la récurrence des incendies sur le comportement du feu dans des suberaies \(Quercus suber L.\) et maquis méditerranéens sur les cinquante dernières années 2012](#)

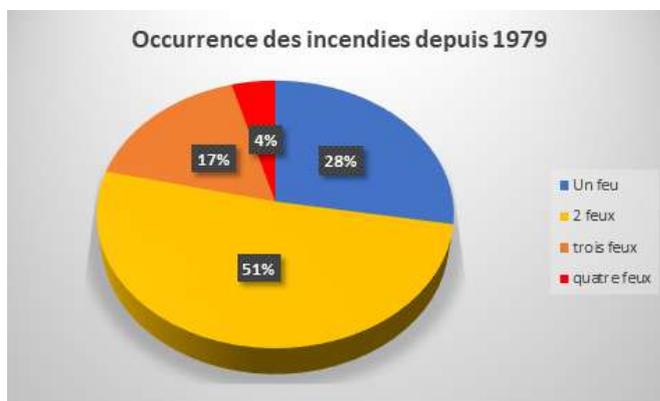
## Dynamiques de végétation

Il s'agit d'envisager les scénarios d'évolution de la végétation suite au feu à partir des dynamiques végétales connues (Schaffhauser 2009<sup>1</sup>, Bonin 2015<sup>2</sup>) et de l'observation des trajectoires observées après les feux de 2003.

D'une manière générale, la végétation méditerranéenne est caractérisée par sa résilience au feu. En effet, elle est composée d'espèces ayant la capacité de rejeter ou de se semer après le passage du feu. Les compositions en espèces sont donc très similaires après quelques saisons de végétation suite au feu par rapport à la composition initiale. Sur terrain acide, en 10 à 15 ans, la formation végétale a réussi à reconstituer ses capacités de régénération et de reproduction à l'identique. Seule une forte récurrence des feux peut compromettre ces dynamiques naturelles.

Il est important de noter que, sur le territoire incendié lors de l'été 2021, près de la moitié de la surface avait déjà été parcouru par un incendie depuis 1979.

Cette résilience s'opère dans un délai dépendant de l'état initial. Ainsi, les garrigues basses se reconstituent en une dizaine d'années, les garrigues hautes en une vingtaine d'années et les peuplements forestiers adultes en 50 à 100 ans.



## Patrons de reconstitution des formations arbustives et forestières

Les dynamiques sont envisagées sans intervention humaine (sauf exploitation des bois brûlés ou gommage paysager).

## Plaine des Maures

TYPE DE VÉGÉTATION INITIALE	ETAT APRÈS FEU	DYNAMIQUE ATTENDUE À 20 ANS	DYNAMIQUE À PLUS LONGS TERMES
MAQUIS CLAIR (G0)	SOL NU	MAQUIS CLAIR	
		FRICHE FERBACÉE (SUR ZONE DE FEU RÉCURRENT, SOL SQUELETTIQUE, SOL PERTURBÉ)	
MAQUIS BOISÉ (G6)	SOL NU	MAQUIS CLAIR	
PLANTATION RÉSINEUSES (R122)	PINÈDE INCENDIÉE	MAQUIS BOISÉ	MAQUIS BOISÉ OU FUTAIE RÉSINEUSE (CAS DE PLANTATIONS MATURES AU MOMENT DU FEU)
	INCENDIE PARTIEL	FUTAIES RÉSINEUSE CLAIRE SUR MAQUIS	
MATORRAL À PIN PIGNON (R13)	SOL NU	MAQUIS CLAIR	
	INCENDIE PARTIEL	MATORRAL À PIN PIGNON	
PINÈDES À PIN PIGNON (R13)	PINÈDE INCENDIÉE	MAQUIS CLAIR (DIFFICULTÉS D'OBTENIR UNE RÉGÉNÉRATION NATURELLE À PARTIR DE SEMENCIERS)	
	INCENDIE PARTIEL	MATORRAL À PIN PIGNON	

1- A. Schaffhauser, 2009; Impacts de la récurrence des incendies sur la végétation, son inflammabilité et sa combustibilité. Application en Provence Cristalline (massif des Maures, Var, France). IMEP, CNRS, CEMAGREF

2- G. Bonin, 2015; Dynamique de la végétation : Connaissances et processus : Forêt méditerranéenne, t. XXXVI, n°4

## Massif des Maures

TYPE DE VÉGÉTATION INITIALE	ETAT APRÈS FEU	DYNAMIQUE ATTENDUE À 20 ANS	DYNAMIQUE À PLUS LONGS TERMES
MAQUIS BAS (G4)	SOL NU	MAQUIS BAS	
		FRICHE FERBACÉE (SUR ZONE DE FEU RÉCURRENT)	
MAQUIS HAUT (F0)	SOL NU AVEC REJETS	MAQUIS CLAIR	
		MAQUIS BAS (SUR ZONE DE FEU RÉCURRENT)	
MAQUI BOISÉ (G6)	SOL NU AVEC REJETS	MAQUIS HAUT	
		MAQUIS BOISÉ (QUAND LE CONTIENT INITIALEMENT DU CHÊNE)	
SUBERAIE (F0S)	SUBERAIES INCENDIÉE	SUBERAIES (DÉGRADÉES SUR ZONE DE RÉCURRENCE DE FEU)	
		MAQUIS BOISÉ (EN VERSANT SUD À ÉTAT SANITAIRE MÉDIOCRE)	
TAILLIS À FEUILLES CADUQUES (F2)	SOL NU AVEC REJETS	TAILLIS À FEUILLES CADUQUES DE FAIBLE HAUTEUR	
	TAILLIS À SOUS-ÉTAGE INCENDIÉ		
CHÂTAIGNERAIES (F21)	SOUS-ÉTAGE INCENDIÉ	CHÂTAIGNERAIES	
RIPISYLVES (F3)	RIPISYLVE À SOUS ÉTAGE INCENDIÉ	RIPISYLVE	
MIMOSA (F4)	SOL NU	MIMOSA	
MÉLANGES FEUILLUS-RÉSINEUX (M10A ET M11A)	SOL NU	MAQUIS BOISÉ	MÉLANGE FEUILLUS-RÉSINEUX
	PEUPEMENT ROUSSI	MÉLANGE FEUILLUS-RÉSINEUX	
FUTAIES RÉSINEUSE (R10)	PINÈDE INCENDIÉE	MAQUI BOISÉ	MÉLANGE FEUILLUS-RÉSINEUX
		GAULIS DENSE DE PIN	FUTAIE RÉSINEUSE
	INCENDIE PARTIEL	FUTAIES RÉSINEUSES CALIRES SUR MAQUIS	
PLANTATION RÉSINEUSES (R12)	PINÈDE INCENDIÉE	MAQUIS BOISÉ	
	INCENDIE PARTIEL	FUTAI RÉSINEUSE CLAIRE SUR MAQUIS	
MATORRAL À PIN PIGNON (R13)	SOL NU	MAQUIS CLAIR	
	INCENDIE PARTIEL	MATORRAL À PIN PIGNON	
PINÈDES À PIN PIGNON (R13)	PINÈDE INCENDIÉE	MAQUIS CLAIR	
	INCENDIE PARTIEL	MATORRAL À PIN PIGNON	

## Impact des changements climatiques

La dynamique naturelle des formations végétales constitue la dynamique de modification du paysage après l'incendie la plus importante. Cette dynamique peut être orientée et modifiée par des aménagements anthropiques (modifications de l'occupation du sol, sylviculture, plantations, ouvrages DFCI, pastoralisme, ...). Elle peut également être impactée par les changements climatiques dont l'effet est plus marginal, sauf dépérissements massifs induits par l'évolution des conditions climatiques. La présente analyse est basée sur l'utilisation d'outils destinés à l'anticipation des changements climatiques dans la gestion des forêts. Ces outils sont basés sur l'utilisation de modèles permettant de simuler des scénarios d'augmentation des températures moyennes. Ils n'engagent en rien les auteurs de l'étude et doivent être considérés avec l'incertitude qui peut peser sur l'anticipation de phénomènes aussi complexes que le climat et ses effets sur des écosystèmes naturels.

Les outils utilisés sont :

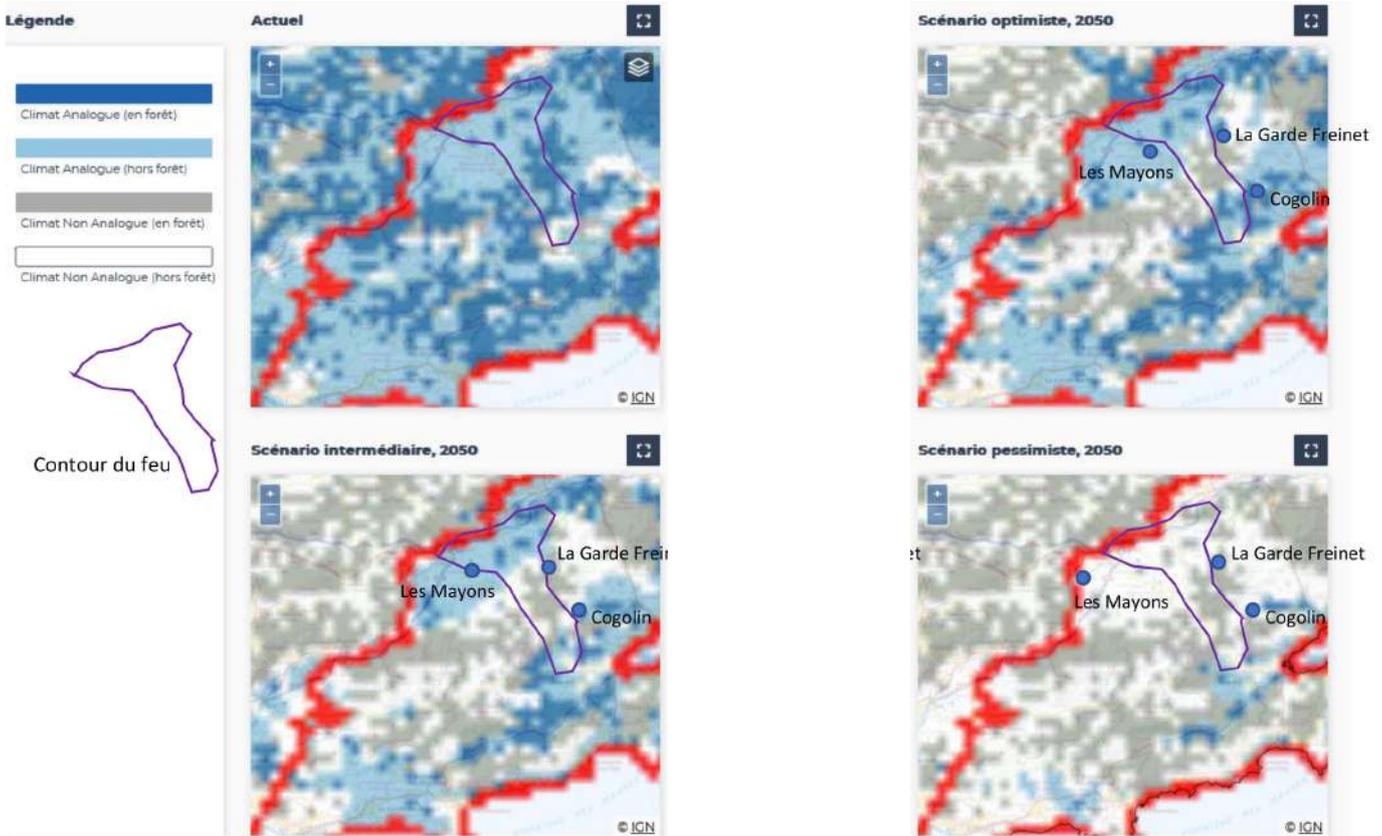
→ l'outil *CLIM ESSENCES*, développé par le Réseau Mixte Technologique Aforce (<https://climessences.fr/node/2>). Aforce

est un réseau mixte technologique (RMT) qui a pour objectif d'accompagner les forestiers dans l'adaptation des forêts aux changements climatiques tout en renforçant leur capacité d'atténuation ;

→ l'outil de « *Vigilance Climatique Relative* » développé par l'Office National des Forêts<sup>3</sup> pour la Région SUD qui ne se projette pas dans le futur, évitant les risques liés aux fortes divergences entre scénarios d'évolution climatique. La *Vigilance Climatique Relative* se base sur les contraintes actuelles des paramètres climatiques et leur combinaison avec la circulation de l'eau dans le sol. Cet outil permet de visualiser les secteurs sur lesquels les contraintes climatiques sont actuellement les plus fortes (et où leur aggravation est susceptible d'être la plus gênante).

## Evolution possible du climat sur la zone étudiée

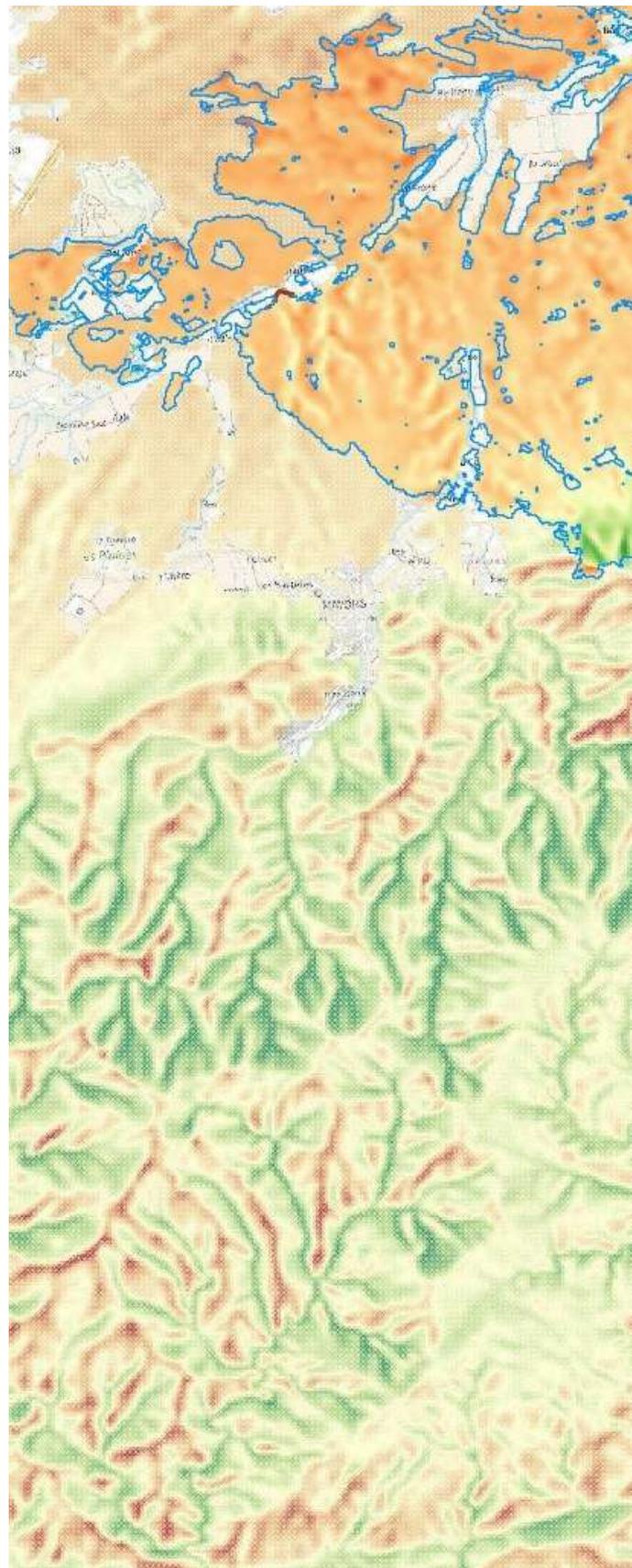
L'outil « Analogie climatique » de CLIM'ESSENCE permet de visualiser la probabilité de l'évolution des paramètres climatiques influençant la croissance des arbres. Pour l'horizon temporel 2050, selon le scénario choisi, les conditions climatiques seront analogues ou non dans la Plaine des Maures ; toujours différentes sur le versant nord du massif et plus ou moins analogues sur le versant sud et le bassin de Grimaud.

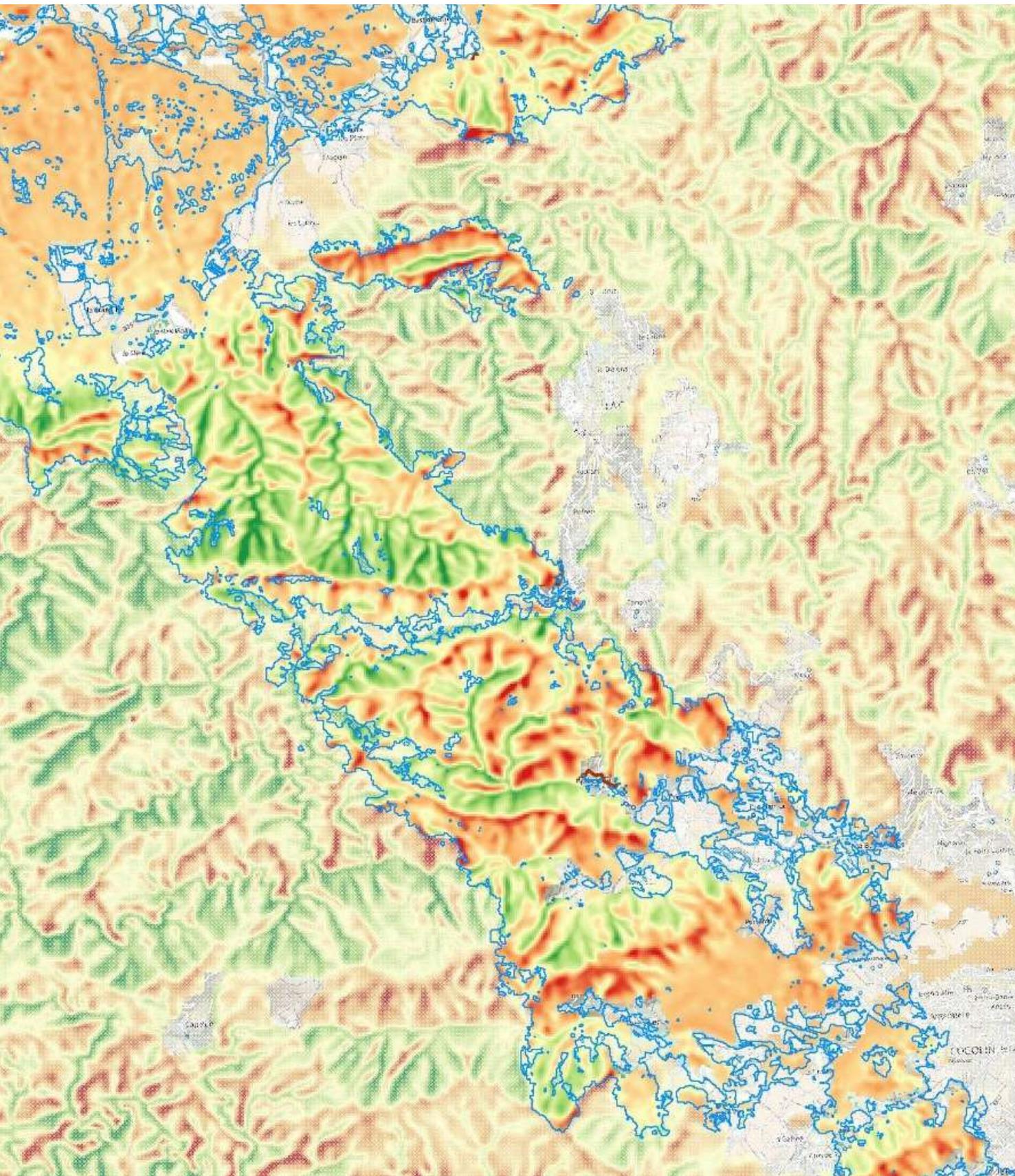


3- P. Dreyfus 2020 ; Cartes de Vigilance Relative, VCR, VSR ; ONF RDI

**L'analogie climatique permet également d'identifier les zones géographiques dont le climat actuel est le plus proche du climat attendu en 2050. Pour les Maures, l'analogie se porte sur les côtes de la Sardaigne, de la Catalogne et autour de Valence en Espagne**

La carte de Vigilance Stationnelle Relative intègre mieux les effets de compensation des paramètres climatiques par les expositions. Ainsi, selon cette carte, les zones sur lesquelles les modifications du climat sont susceptibles d'être les plus fortes sont aussi celles sur lesquelles les conditions sont aujourd'hui les moins contraignantes.





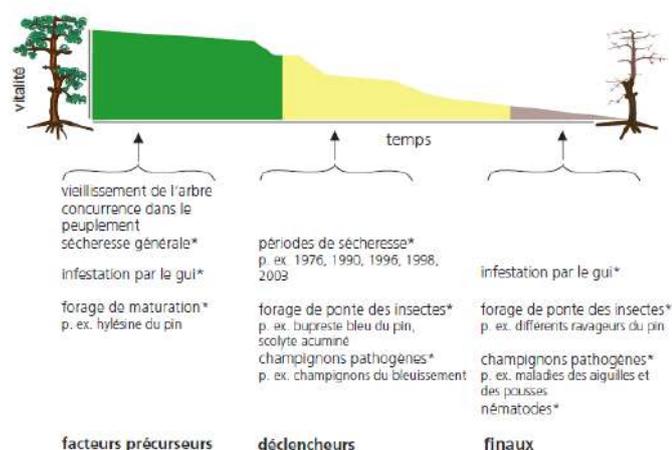
Carte de vigilance Climatique relative : Rouge = vigilance élevée; vert = Vigilance faible) ©Alcina Forêts & PyrénéesCartographie

## Changements climatique et dépérissement des arbres

Un lien fort est fait entre changements climatique et dépérissement de la forêt. Ce lien existe et s'illustre par les dépérissements massifs de pins sylvestre en Haute Provence après la canicule de 2003 ou les dépérissements d'épicéa dans le nord-est de la France après les sécheresses de 2018 et 2019. Cependant, ce lien entre changement climatique et dépérissement ne doit pas être simplifié. Les évolutions du climat en cours et attendues ne causent pas le dépérissement de toutes les espèces d'arbres et leur dépérissement n'est pas dû qu'au seul climat.

Le dépérissement d'un arbre ou d'un peuplement suit un processus qui s'étale sur toute la durée de vie de l'arbre. On parle parfois de spirale du déclin (Manion in Landmann 1994)<sup>4</sup> parfois représentée de manière linéaire (Rigling 2006)<sup>5</sup> et dans laquelle l'on distingue :

- ▶ *des facteurs précurseurs (compétition avec les autres arbres ou avec un sous-étage conquérant, limites stationnelles du sol et du climat, vieillissement des arbres, infestation par des pathogènes endémiques, pollution chronique, ...) qui réduisent la vigueur de l'arbre et constituent des contraintes de croissance,*
- ▶ *des facteurs aggravants (accidents climatiques, pathogènes en phase épidémiques, blessures, incendie, ...) qui interviennent ponctuellement au cours de la vie de l'arbre et vont entamer ses capacités de résilience,*
- ▶ *des facteurs finaux qui sont toujours des agents pathogènes qui se développent du fait de l'affaiblissement de l'arbre et qui provoquent sa mort.*



Adaptation des « Facteurs du dépérissement des pins » au cas du chêne liège ©A. Rigling

4- G. Landmann 1994; Concepts, définition et caractéristiques générales des dépérissements forestiers; Revue Forestière Française XLVI - 5

5- Rigling, A et al., 2006: Les chênes pubescents chassent-ils les pins sylvestres valaisans?. Notice pour le praticien, 41. Birmensdorf, Institut fédéral de

## Compatibilité climatique des principales essences

L'outil CLIM'ESSENCES permet d'étudier la compatibilité des climats attendus pour 2050 et 2070 avec les principales essences présentes dans le massif ou envisageables en reboisement, selon les 3 scénarios de changement climatique envisagés par cet outil.

En complément, les informations relatives aux exigences des différentes espèces permettent de les comparer à des espèces de référence. Nous utiliserons le pin maritime comme essence de référence pour les résineux et le chêne vert pour les feuillus. Cette partie de l'outil Clim'Essences permet d'obtenir des informations sur l'adaptation d'espèces pour lesquelles les cartes de compatibilité climatique n'ont pas été dressées.

Dans les tableaux suivants, les cases vertes indiquent que le climat reste compatible avec la survie de l'essence ; les cases orangées que la probabilité que le climat ne soit plus compatible avec la survie de l'essence est élevée ; les cases rouges que cette probabilité est très forte. L'outil CLIM'ESSENCES ne prend en compte que l'impact du climat sur les conditions de croissance de l'essence. Il n'intègre pas les interactions avec les agents pathogènes, ni les effets des chaleurs extrêmes et ne prend en compte les effets de compensation par la ressource en eau du sol que de manière très limitée. L'exemple du châtaignier est un exemple de cette limite de l'utilisation de CLIM'ESSENCES.

Le châtaignier, dans les Maures, est en limite de son aire de distribution, soumis à des sécheresses et à des températures estivales qui limitent sa croissance et le cantonnent aux versants nord. Sa croissance et son état sanitaire sont principalement liés à la réserve utile du sol (disponibilité de l'eau dans le sol) (Lemaire 2018)<sup>6</sup>. Implanté sur le haut du versant nord des Maures, le châtaignier se trouve à la fois soumis à des sécheresses, à une faible réserve en eau du sol et à plusieurs agents pathogènes (encre du châtaignier, chancre du châtaignier, cynips). Son dépérissement est observé depuis plusieurs dizaines d'années et même si les conditions climatiques restent compatibles avec sa présence, l'intensification prévue des sécheresses estivales augmentera sa sensibilité aux pathogènes, sauf dans les situations les mieux alimentées en eau.

La croissance et la survie du chêne liège dépendent également d'autres facteurs que les paramètres climatiques P. Sbrescia (2016)<sup>7</sup> a mis en évidence que son dépérissement est corrélé (dans l'ordre d'importance) aux :

→ *blessures dues aux levées de liège mal réalisées,*

recherches WSL

6- J. Lemaire ; 2018 ; BioClimSol, un outil de vigilance climatique et de choix des essences appliqué au châtaignier ; Forêt entreprise n°242

- la concurrence par le maquis ou des essences accompagnatrices,
- déficit hydrique estival (les sécheresses).

D'autre part, le chêne liège est connu pour avoir la particularité d'avoir besoin d'une forte humidité atmosphérique<sup>8</sup>, facteur climatique non pris en compte par Clim'essence alors qu'il constitue, dans les Maures, une importante limite pour cette essence.

Ainsi, pour le chêne liège, les températures et la pluviométrie peuvent rester favorables à sa présence mais une réduction de l'humidité atmosphérique, la concurrence des autres essences, le feu, les blessures et les agents pathogènes comme Platypus cylindrus conduisent à son dépérissement sur certaines stations. Un dépérissement qui s'accélère sous l'effet des changements climatiques.

Parmi les essences autochtones, les outils existants d'évaluation des exigences écologiques ou des impacts de changements climatiques n'explorent pas les qualités des essences minoritaires présentes dans le maquis et dans les peuplements forestiers.

**Parmi ceux-ci, l'arbousier est une essence présente dans des climats plus chauds que le climat actuel des Maures. Cette espèce habituellement considérée comme arbustive arrive à produire de petits arbres et à former des peuplements dans lesquels elle devient majoritaire. Même après des feux répétés, elle présente des croissances significatives et un bon état sanitaire. Dans le cadre des changements climatiques, l'arbousier est probablement une essence d'avenir dont il faudra suivre et accompagner la progression mais aussi les essais de valorisation économique (Forêt Modèle de Provence poursuit des études dans l'objectif de valorisation de cette essence, en gastronomie comme en cosmétologie).**

### Essences autochtones

	2050			2070		
	OPTIMISTE	INTERMÉDIAIRE	PESSIMISTE	OPTIMISTE	INTERMÉDIAIRE	PESSIMISTE
CHÂTAIGNER						EN VERSANT SUD
PIN D'ALEP						
PIN MARITIME						
PIN PIGNON						
CHÊNE VERT						
CHÊNE LIÈGE						
CHÊNE PUBESCENT			PLAIN DE GRIMAUD		EN VERSANT SUD ET PLAIN	EN VERSANT SUD ET PLAINE

### Essences introduites

	2050			2070		
	OPTIMISTE	INTERMÉDIAIRE	PESSIMISTE	OPTIMISTE	INTERMÉDIAIRE	PESSIMISTE
CÈDRE						
CYPRÈS DE L'ARIZONA						
CYPRÈS DE PROVENCE						
PIN LARICIO	EN VERSANT DU ET PLAINE	EN VERSANT DU ET PLAINE		EN VERSANT DU ET PLAINE		
PIN DE SALZMANN						
DOUGLAS	EN VERSANT DU ET PLAINE					

7 - P. Sbrescia. Le chêne-liège face au changement climatique en Corse. Forêt Méditerranéenne, Forêt Méditerranéenne, 2016, XXXVII (4),

[http://www.institutduliege.fr/exigences\\_ecolo.php](http://www.institutduliege.fr/exigences_ecolo.php) consulté le 03/04/22

Les essences ci-dessous sont des essences tolérantes l'acidité, au moins aussi résistantes aux fortes chaleurs et aux climats déficitaires en eau que le pin maritime ou le chêne vert, parmi une liste de 200 espèces, principalement résineuses :

	ADAPTATION À SECHERESSE	POINTS DE VIGILANCE
SAPIN DE BONRMULLER	A (> PIN MARITIME)	INTOLÉRANT À L'ENGORGEMENT, PRODUCTIVITÉ MOYENNE, CROISSANCE INITIALE MOYENNE
CALOCÈDRE	A (> PIN MARITIME)	INTOLÉRANT AUX SOLS LOURDS, PRODUCTIVITÉ MOYENNE, CROISSANCE INITIALE MOYENNE
CYPRÈS DE SANTA CRUZ, CYPRÈS DE L'ATLAS, CYPRÈS DE BAKER, CYPRÈS DE DUPREZ, CYPRÈS DE TECATE, CYPRÈS GLABRE, CYPRÈS DE COWEN, CYPRÈS DE MENDOCINO	A (> PIN MARITIME)	INTOLÉRANT À L'ENGORGEMENT, PRODUCTIVITÉ MOYENNE, CROISSANCE INITIALE MOYENNE
EUCALYPTUS GUNDAL, GOMMIER BLEU	B (= PIN MARITIME) MAIS SENSIBILITÉ À LA SÉCHERESSE AU STADE JUVENIL	EFFET NÉGATIF SUR LA RESSOURCE EN EAU ET LA BIODIVERSITÉ
GENÉVRIER DE VIRGINIE	B (= PIN MARITIME)	
PIN DE L'ELDAR	A (> PIN MARITIME)	INTOLÉRANT À L'ENGORGEMENT, PRODUCTIVITÉ MOYENNE, CROISSANCE INITIALE MOYENNE
PIN À BOIS LOURD, PIN DES APPALACHES, PIN RECOURBÉ, PIN RIGIDE, PIN SÉROTINEUX	B (= PIN MARITIME)	
SÉQUOIA TOUJOURS VERT	B (= PIN MARITIME)	

Parmi les espèces présentes dans les régions côtières de Sardaigne et de Catalogne, dont le climat des Maures en 2050 pourrait s'approcher, l'on trouve les espèces caractéristiques de l'étagé thermo-méditerranéen, déjà présente dans le cortège floristique des falaises côtières des Maures (souvent par introduction) : Caroubier (*Ceratonia siliqua*), Oléastre (*Olea europea*).

9- H. Fargeon, 2019; Effet du changement climatique sur l'évolution de l'aléa incendie de forêt en France métropolitaine au 21ème siècle; Thèse de doctorat

## Changements climatiques et régime de feu

Dans les Maures, le principal facteur de modification des paysages végétaux est le feu. Nous avons montré dans les chapitres précédents que les incendies étaient suivis de phénomènes de résilience (reproduction à l'identique des compositions en espèces) mais aussi que la récurrence des feux empêchait les formations forestières hautes de se reconstituer et entamaient ces capacités de résilience.

**Nous pensons que le régime de feu a, dans le cas des Maures, un effet plus important que celui des changements climatiques en cours et à venir sur les formations végétales.**

Eric Rigolot a démontré (Rigolot, 2008 - INRAE) que les changements climatiques, par les conditions extrêmes qu'ils induisent tendent à allonger la fréquence des périodes de risque extrême, allongent la saison des incendies et augmentent leur puissance du fait de l'apport à la biomasse combustible de végétaux secs et morts. H. Fargeon a quantifié cette augmentation de l'importance des feux :

« En région méditerranéenne, le nombre de feux et les surfaces brûlées pendant la période estivale devraient ainsi augmenter respectivement de 33% à 112% et de 48% à 202% selon les modèles à l'horizon de la fin du siècle [...]. L'étude des patrons spatiaux montre une forte intensification du risque dans la partie méditerranéenne littorale du continent. » (Fargeon 2019)<sup>9</sup>

Sur la zone d'étude, la période de retour du feu est comprise entre 20 et 40 ans. L'effet principal des changements climatiques est probablement une réduction de cette période de retour du feu et donc une perte progressive des capacités de résilience de la végétation et une incapacité des arbres à atteindre un âge adulte. L'application des augmentations calculées de la fréquence et de la surface des feux conduit à une période de retour du feu comprise entre 15 et 30 ans avant la fin du siècle. Bien plus qu'une modification de la composition des peuplements forestiers sous l'influence des changements climatiques, ce qui est à anticiper, voir à craindre, c'est une modification profonde des types de peuplements au profit de maquis de plus en plus bas, sous l'influence du régime des incendies de forêt. Ce type d'évolution vers des formations moins arborées est en cours depuis plusieurs décennies. Les témoignages d'anciens parlent, sur le versant sud des Maures d'importants boisements de pins (disparus depuis sous l'effet d'un pathogène, le *Matsucoccus feytaudi*).

**« En région méditerranéenne, le nombre de feux et les surfaces brûlées pendant la période estivale devraient ainsi augmenter respectivement de 33% à 112% et de 48% à 202% selon les modèles à l'horizon de la fin du siècle [...]. L'étude des patrons spatiaux montre une forte intensification du risque dans la partie méditerranéenne littorale du continent. »**

H. Fargeon, 2019 ; Effet du changement climatique sur l'évolution de l'aléa incendie de forêt en France métropolitaine au 21eme siècle ; Thèse de doctorat

## Evolution des formations végétales par secteur

Les éléments précédents font ici l'objet d'une synthèse par secteur et par type de peuplement. Comme indiqué plus haut, nous considérons que l'augmentation du régime de feu est un effet plus important des changements climatiques sur la végétation que l'impact direct de la modification de la température et des précipitations. Ainsi, nous nous détachons des modèles de changement climatique en nous appuyant sur ceux utilisés par les outils précédemment cités.

### Secteur « Plaine des Maures »

Le secteur se situe en zone de forte sensibilité sur la carte de vigilance stationnelle, les contraintes climatiques y sont déjà très importantes. D'autre part, les modèles climatiques CLIM'ESSENCE indiquent une évolution significative du climat à l'échéance 2050 sous scénarios intermédiaires et pessimistes.

#### Maquis clair

Ces maquis bas au couvert herbacé et arbustif constituent une forme de résistance de la végétation, les espèces du maquis y sont adaptées à des feux récurrents (ciste) et aux conditions climatiques sèches et chaudes.

#### Maquis boisé

Ces maquis boisés de chêne liège ou de pin sont susceptibles d'être de moins en moins boisés sous l'effet des feux et des changements climatiques. Le chêne liège est déjà très contraint dans la plaine des Maures, son mélange avec le maquis accentue sa fragilité, la récurrence des feux et l'évolution du climat peut conduire à sa disparition progressive dans les maquis boisés. Les pins maritime, d'Alep et pignon sont moins sensibles à l'évolution du climat mais ont besoin de 20 à 30 ans pour acquérir une capacité de régénération.

#### Suberaies

Les rares suberaies de la Plaine des Maures sont en situation difficile du fait de la faible épaisseur des sols de la plaine et des conditions climatiques actuelles. Sous l'influence des changements

climatiques et des feux, ces suberaies sont susceptibles de perdre progressivement en densité et de devenir des maquis boisés.

#### Mattoral et pinèdes à pin pignon

Les paysages typiques de maquis bas ponctués de pin pignon, comme les pinèdes plus denses ne sont pas menacés directement par les changements climatiques mais plutôt par la récurrence des feux. La régénération des pins pignons est assez difficile du fait de la lourdeur de la graine qui nécessite que des individus vivants subsistent au feu.

#### Autres futaies résineuses

La présence du pin d'Alep et du pin maritime n'est pas menacée par les changements climatiques qui peuvent cependant devenir plus sensibles aux pathogènes et perdre en croissance. Leur maintien dans le paysage est cependant conditionné à ce que le régime des feux soit supérieur à l'âge de maturité sexuelle de ces espèces (20 à 25ans).

### Secteur « Versant nord »

Sur ce secteur, la sensibilité aux conditions climatiques déterminées par la carte de vigilance stationnelle relative est globalement faible, du fait des vallonnements et de la situation en versant nord. Elle peut être élevée sur les crêtes, notamment dans le bas de versant. En revanche, c'est sur cette zone que, quels que soient les scénarios, la probabilité d'une modification significative des conditions climatiques est la plus forte. Ainsi, les peuplements en place sur ce secteur, adaptés à des conditions plutôt favorables, sont ceux qui subiront les changements les plus importants.

#### Maquis haut

Ces maquis haut, composés pour l'essentiel d'espèces arbustives (bruyère, calycotome, arbousier) ont de fortes capacités de résilience au feu et sont adaptés à des climats chauds et secs. Les arbousiers ont, sur versant nord, une capacité à former des peuplements significatifs au sein de ces maquis.

#### Maquis boisé

Ces maquis boisés de chêne liège, chêne pubescent ou de pin sont

susceptibles d'être de moins en moins boisés sous l'effet des feux et des changements climatiques. Le chêne liège s'y trouve dans des conditions assez favorables qui peuvent rester correctes, en revanche son mélange avec le maquis et la récurrence des feux peuvent le fragiliser et contribuer à réduire sa présence. Le chêne pubescent est menacé dans ces maquis, sauf situations à forte réserve en eau. Le pins maritime moins sensible à l'évolution du climat pourra prendre la place des autres essences dans ces maquis mais ont besoin de 20 à 30 ans pour acquérir une capacité de régénération. Les chênes verts peuvent également se maintenir dans ces maquis.

### Suberaies

Les suberaies du versant nord se trouvent dans des conditions assez favorables qui peuvent rester correctes si les facteurs de fragilisation que sont le feu, la concurrence d'autres espèces et les levées mal réalisées sont écartés. Dans une hypothèse de forte récurrence du feu, la régression du chêne liège est possible. Cela peut conduire à déterminer des zones où l'on préserve à la fois l'espèce et sa capacité de production de liège en assurant des débroussailllements significatifs.

### Chênaies pubescentes et châtaigneraies

Ces formations ont été moins touchées par le feu que les autres. Les chênes pubescents et châtaignier y sont sensibles mais le feu les parcourt avec moins de puissance. Cependant ces deux espèces sont sensibles à l'augmentation des températures et aux sécheresses et ne pourront se maintenir que sur des versants nord protégés des rayonnements solaires et sur des sols profonds et alimentés en eau.

### Futaies résineuses

Le pin maritime n'est pas menacé par les changements climatiques qui peut cependant devenir plus sensibles aux pathogènes (alors qu'il est déjà soumis à *Matsococcus*) et perde en croissance. Il a cependant de bonnes capacités de régénération qui lui permet de former des bouquets boisés denses à l'occasion des feux.

**Tant que le régime des feux est supérieur à l'âge de maturité sexuelle de cette espèce, on peut difficilement compter sur le pin maritime pour assurer une production de bois du fait de *Matsucoccus feytaudi*.**

Les futaies de pin laricio issues de plantation sur le secteur des Jaudelière, pour celles qui ont survécu au feu, malgré des croissances observées très satisfaisantes (en bas de versant nord), semblent menacées par les changements climatiques.

### Mélanges feuillus-résineux

Les mélanges d'essences constituent la forme de résilience la plus adaptée aux changements climatiques. La régénération de ces forêts peut être remise en cause par une récurrence des feux qui empêcheraient les essences feuillues (chênes) de rejeter ou les essences résineuses de produire des graines, et ce sont alors des maquis boisés vers lesquels évolueraient ces mélanges. Le maintien de mélanges d'arbres reste cependant probable même dans un contexte de forts changements climatiques.

### **Secteur « Versant sud »**

Sur ce secteur, la sensibilité aux conditions climatiques déterminées par la carte de Vigilance Stationnelle Relative est très contrastée. Faible sur les versants nord et dans les vallons, elle est élevée, voir extrême sur les versants sud aux pentes prononcées. Sur cette zone déjà très chaude et sèche, la probabilité d'une modification significative des conditions climatiques n'est forte que dans le scénario pessimiste. Ainsi, les formations végétales en place sur ce secteur déjà soumises à de très fortes contraintes climatiques ne devraient pas subir de modifications significatives du climat.

### Maquis bas

Ces maquis bas au couvert herbacé et arbustif constituent une forme de résistance de la végétation, essentiellement situées sur les zones les plus contraignantes climatiquement. Les espèces du maquis y sont adaptées à des feux récurrents (ciste) et aux conditions climatiques sèches et chaudes. Une dégradation vers des milieux herbacés purs est envisageable sous régime de feu < 10 ans.

### Maquis haut

Ces maquis haut, composés pour l'essentiel d'espèces arbustives (bruyère, calycotome, arbousier) ont de fortes capacités de résilience au feu et sont adaptés à des climats chauds et secs. Le calycotome semble avoir tendance à devenir dominant dans ces maquis sous régime de feu important. La régression vers des maquis bas est probablement en cours dans les zones dont la récurrence des feux est passée en dessous de 20 ans.

### Maquis boisé

Ces maquis boisés de chêne liège ou de pin sont susceptibles d'être de moins en moins boisés sous l'effet des feux et des changements climatiques. Souvent dans des zones de forte contrainte climatique, le chêne liège s'y trouve dans des conditions limites. Son mélange avec le maquis et la récurrence des feux conduisent à réduire

sa présence. Les repousses automnales y sont d'ailleurs moins fréquentes et moins vigoureuses qu'ailleurs dans le massif. Une régression vers les maquis non boisés est très probable dans ce secteur. Seuls les maquis à chêne pubescent dans les situations de vallons et les maquis à pin maritime ou à chêne vert peuvent se maintenir.

### **Suberaies**

Les suberaies du versant sud se trouvent dans des conditions très difficiles même si elles occupent déjà plutôt des versants nord que des versants sud. Sur ces derniers, elles sont condamnées par le feu et la concurrence d'autres espèces. En exposition nord, il faut protéger ces peuplements de chêne liège (pour le maintien de l'écosystème et de sa capacité de production de liège) en limitant les facteurs des déstabilisation (concurrence, incendie, levées mal réalisées, risques de pathogènes).

### **Futaies résineuses**

Sur le versant sud, le pin maritime, pourtant adapté aux conditions climatiques, ne se maintient en peuplement adulte que dans des situations sur sol profond. Les régénérations significatives observées dans le secteur de Camp de la Suyère ont été détruites par le feu, leur maintien dépend de leur maturité au moment du feu. La place du pin maritime dans le paysage de ce secteur dépend autant du régime des feu (trop fréquents) que de la présence de *Matsucoccus feytaudi*.

### **Mélanges feuillus-résineux**

Les mélanges d'essences constituent la forme de résilience la plus adaptée aux changements climatiques. La régénération de ces forêts peut être remise en cause par une récurrence des feux qui empêcheraient les essences feuillues (chênes) de rejeter ou les essences résineuses de produire des graines, et ce sont alors des maquis boisés vers lesquels évolueraient ces mélanges. Le maintien de mélanges d'arbres reste cependant probable même dans un contexte de forts changements climatiques.

### **Secteur « Bassin de Grimaud – Cogolin »**

Le secteur se situe en zone de forte sensibilité sur la carte de vigilance stationnelle, les contraintes climatiques y sont déjà très importantes. D'autre part, les modèles climatiques CLIM'ESSENCE n'y indiquent une évolution significative du climat à l'échéance 2050 que sous scénario pessimistes. Enfin, la profondeur des sols dans ce bassin alluvionnaire permet une bonne réserve utile susceptible de compenser les effets des changements climatiques.

C'est le secteur sur lequel les changements attendus sont le moins radicaux surtout si la récurrence des feux est modérée par une structure du paysage dominé par les vignes, dans lequel les feux ont un développement moindre que dans le reste du massif.



*Régression des suberaies sur les stations xérophytiques, remplacées à mesure des perturbations par matorral d'Arbousier ©Alcina*



Reboisement de résineux ©Alcina

## Reboisement : bilan et choix des espèces

Les Maures sont un massif forestier dans lequel d'importants reboisements ont été réalisés au cours des 50 dernières années. Souvent ces reboisements ont été réalisés en forêt bénéficiant du régime forestier, après des feux de forêt, plutôt à l'ouest du massif.

Les grands dispositifs de reboisement comme ceux du Treps, de Lambert, du Laïre sont liés à des vocations productives et datent de la décennie 1980. Ces reboisement concernent plutôt des plateaux sommitaux et des bas de pente aux sols profonds. Les essences sont assez variées : pin pignon, pin laricio, cèdre, douglas

Les plantations faisant suite à de grands incendies se trouvent dans des situations plus variées : Plaine des Maures, bas de pente,

COMMUNE	QUARTIER	STATUT FONCIER	INCENDIE ASSOCIÉ
PIERREFEU DU VAR	LE RAVANAS	FORÊT COMMUNALE	-
	LE FÉDON	FORÊT DOMANIALE	1990
COLLOBRIÈRES	LA RIELLE	FORÊT COMMUNALE	1990
	PLATEAU DU TREPS	FORÊT DOMANIALE	-
	PLATEAU LAMBERT	FORÊT DOMANIALE	-
	AIRE DU MERLE	FORÊT COMMUNALE	1990
BORMES LES MIMOMAS	FORÊT DI DOM, LE RUSCAS	FORÊT COMMUNALE	1989/1990
	MANJASTRE	FORÊT COMMUNALE	1990
LE LAVANDOU	LE ROUSTRAN	FORÊT COMMUNALE	1987
LA MÔLE	COL DU CANADEL	FORÊT DOMANIALE	1990
	BREMOND / LE LAÏRE	FORÊT COMMUNALE & DOMANIALE	-
LE LUC	BOIS DE PÉGUIER ET DE BALANÇAN	FORÊT COMMUNALE	1979 / 1989
LA GARDE FREINET	LES JAUELIÈRES	FORÊT DOMANIALE ET PRIVÉE	1979
	LA NIBLE	FORÊT COMMUNALE	-

plateaux sommitaux ; souvent dans des conditions assez favorables de sol profond et d'exposition nord. Des plantations plus osées sur versant sud ont cependant été tentée.

Ces reboisements passés permettent d'envisager le recours à cette technique dans le cadre de la réhabilitation de la surface incendiée par le feu de Gonfaron. Pour cela, deux approches ont été suivies :

- ▶ *recueil d'informations auprès de l'ONF (gestionnaire de la plus grande partie de ces reboisements) et données bibliographiques,*
- ▶ *recueil de données sur un échantillon de reboisements.*

### Recueil d'informations et bibliographie

La plupart des essais de plantation réalisés dans les Maures par de nombreux acteurs (ONF, Cemagref, INRA, ...) sont implantés en forêt publique, souvent domaniale et font l'objet d'un suivi ou d'une coordination par l'ONF qui constitue la principale source des informations recueillies. Une expertise est apportée en la personne

de Luc Blaison, également agent patrimonial dans le massif, sur les plantations expérimentales et sur la sélection des espèces dans le cadre contraignant des Maures.

Les documents disponibles sont généralement des synthèses sur les reboisements expérimentaux et sur les arboretums de Gratteloup, du Treps et du Ruscas.

#### Arboretum de Gratteloup

L'arboretum de Gratteloup, créé en 1935 a été restauré après l'incendie qui l'a partiellement détruit en 1990. La partie de cet arboretum dans laquelle le feu a été courant, sans causer de destruction est composée de charmes, de chênes et de sapins. On peut constater que ces essences ont résistées au passage du feu. Un *inventaire réalisé en 2002*<sup>10</sup> permet également d'obtenir des informations sur leur adaptation aux conditions locales.

ESSENCES	NOMBRE D'INDIVIDUS SURVIVANT	HAUTEUR	ETAT SANITAIRE	REGENERATION
SAPIN DE CEPHALONIE ( <i>Abies cephalonica</i> )	CORRECT	20 À 40 M	BON	PRÉSENTE HYBRIDE
SAPIN CONCOLOR ( <i>Abies concolor</i> )	RARES	20 À 25 M	MOYEN	
SAPIN SUBALPIN ( <i>Abies lasiocarpa</i> )	1	20 À 35 M	BON	
SAPIN DE NUMIDIE ( <i>Abies numidica</i> )	RARES	20 À 40 M	CORRECT	
SAPIN DE NORMMANN ( <i>Abies nordmanniana</i> )	AUCUN	20 À 30 M		OUI
CYPRÈS DU PORTUGAL ( <i>Cupressus lusitanica</i> )	1	10 M	BON	OUI
PIN JELECOTE ( <i>pinus paluta</i> )	RARES	10 À 20 M	BON	NON
CHARME D'ORIENT ( <i>Carpinus orientalis</i> ) CHARME HOUBLON ( <i>Ostrya carpinifolia</i> )	CORRECT	10 À 15 M	CORRECT	OUI
CHÊNE VÉLANI ( <i>Quercus aegylops</i> )	CORRECT	10 À 15 M	CORRECT	NON
CHÊNE AFARES ( <i>Quercus afares</i> )	CORRECT	35 À 40 M	CORRECT	VÉGÉTATIF - PAR REJETS
CHENE ZEEN ( <i>Quercus mirbeckii</i> )	CORRECT	25 À 30 M	BON	OUI
HYBRIDE CHÊNE DU LIBAN X CHÊNE CHEVELU ( <i>Quercus libani X cerris</i> )	CORRECT	20 À 25 M	CORRECT	NON
CHÊNE ROUGE D'AMÉRIQUE ( <i>Quercus rubra</i> )	CORRECT	35 À 40 M	BON	VÉGÉTATIF - PAR REJETS

10- A Lordemus, 2002, Arboretum de Gratteloup, Evaluation d'un patrimoine scientifique et pédagogique, INRA, ONF

## A EXPERIMENTER

**Utilisation des chênes du Maghreb et de méditerranée orientale pour des plantations sous couvert : chêne zeen, chêne afarès, chêne du Liban, chêne de Troie, chêne chevelu, charme oriental, charme houblon**

ESSENCES	NOMBRE D'INDIVIDUS SURVIVANT	HAUTEUR	ETAT SANITAIRE	REGENERATION
CHÂTAIGNIER ( <i>Castanea sativa</i> )	RARES	20 À 30 M	MÉDIOCRE	
CHÊNE VERT ( <i>Quercus ilex</i> )	CORRECT	15 À 25 M	BON	
CHÊNE LIÈGE ( <i>Quercus suber</i> )	CORRECT	10 À 30 M	BON	
CORMIER ( <i>Sorbus domestica</i> )	1	10 M	BON	

Le constat de l'hybridation rapide des sapins méditerranéens entre eux a été largement faite (Fady 1998<sup>11</sup>) et leur capacité de régénération est également connue. Les plantations réalisées en 1990 sur l'arboretum de Gratteloup relèvent cependant de l'échec (taux de survie faible et croissance médiocre). L'utilisation de ces espèces dans un climat aussi contraignant que celui des Maures est désormais risquée, sauf dans certaines situations de sols profonds bien alimentés en eau et de versants nord confinés.

En revanche, les taux de réussite, croissances importantes et état sanitaire corrects des charmes et chênes plantés en 1935 ainsi que leur survie au passage du feu contrastent avec les essais habituels de boisement en feuillus indigènes. Luc Blaison cite également le chêne de Troie (*Quercus trojana*) présent hors essais suivi parmi les feuillus intéressants. L'utilisation de feuillus issus de domaines bioclimatiques nettement plus contraignants que celui des Maures (Maghreb pour le chêne zeen et le chêne afarès, Méditerranée orientale pour le chêne Vélani, le chêne du Liban, le chêne de Troie et le charme d'Orient) et leur réussite au col de Gratteloup peuvent inspirer des essais plus importants. L'on peut même s'étonner que sur la base de cette réussite, l'utilisation de ces essences n'ait pas été dupliquée dans les plantations réalisées dans les années 90 qui se sont concentrées sur des résineux et des eucalyptus. Dans le cadre d'une volonté de réorienter l'utilisation des reboisements vers une

amélioration de la résilience de la forêt des Maures plutôt que vers une production de bois, ces essences pourraient faire l'objet d'essais en vraie grandeur en privilégiant les plantations sous couvert.

La partie de l'arboretum plantée en 1992 suite au feu de 1990, se trouve sur une croupe pentue, sur un sol peu épais, représentatif des conditions écologiques moyennes du massif.

Une évaluation simple du dispositif de cet arboretum a été réalisée en 2022 et débouche sur une note de A à D indiquant :

- les essences utilisables en peuplements de production (A),
- utilisables sans objectifs de production marqués (B),
- très risquées (C),
- à écarter (D).

Les essences suivantes ont été implantées sur le site mais n'ont pas été retrouvées lors de la visite sur site, trop rapide, réalisée en 2022 : Erable à feuille de frêne (espèce exotique envahissante), marronnier d'inde, aulne à feuille en cœur, aulne glutineux, Sumac, Frêne à fleur, noyer noir, noyer commun, sapin pectiné, sapin du roi Boris, sapin d'Espagne, cyprès du Tassili, métasequoia, pin vrillé, pin de Lambert, pin à bois lourd, pin de Monterey, Douglas

Autres échecs de plantation (plantés en 1990 et déjà absents en 2002) : érable à sucre, baguenaudier commun, *Eleagnus umbelata*, *Ginkgo biloba*, argousier, lycet commun, sapin du Maroc, cyprès de Lambert, pin Napoléon, thuya de Chine.

11- B. Fady, J. Pommery, 1998, Adaptation et diversité génétique des sapins méditerranéens : bilan des tests de provenance de sapins de Céphalonie dans le sud de la France et perspectives en matière d'hybridation ; Forêt méditerranéenne T XIX n°2

ESSENCES	HAUTEUR DOMINANTE	VARIABILITÉ	DIAMÈTRE MOYEN	REMARQUE	NOTE
PIN MARITIME	20	20 À 30 M	32 CM	PEUPELEMENT DE RÉFÉRENCE	A
PIN PIGNON	7		20 CM	TAUX DE RÉUSSITE ET ETAT SANITAIRE CORRECTS	B
PIN BRUTIA	17	10 À 17 M	27 CM	BON TAUX DE RÉUSSITE, BON ÉTAT SANITAIRE	A
PIN D'ALEP	15		18 CM	BON TAUX DE RÉUSSITE, BON ÉTAT SANITAIRE	A
PIN DE L'ELDAR	5		13 CM	TAUX DE RÉUSSITE, BON ÉTAT SANITAIRE MOYENS	C
PIN LARICIO DE CORSE	16		20 CM	BON TAUX DE RÉUSSITE, BON ÉTAT SANITAIRE	A
PIN LARICIO DE CALABRE	14	10 À 14 M	20 CM	TAUX DE RÉUSSITE ET ÉTAT SANITAIRE MOYEN	B
PIN DE SALZMANN	8		15 CM	TAUX DE RÉUSSITE MOYEN ET DÉPÉRISSEMENTS OBSERVÉS	B
PIN DE CRIMÉE	10	6 À 10 M	11 CM	TAUX DE RÉUSSITE ET ÉTAT SANITAIRE CORRECTS	B
PIN SYLVESTRE				TOUS MORTS CES DERNIÈRES ANNÉES	C
PIN DE BANKS				ÉCHEC DE PLANTATION	D
PIN À SUCRE				ÉCHEC DE PLANTATION	D
CÈDRE DE L'ATLAS	4	2 À 4 M		PEU DE SURVIVANTS, ECHEC DE PLANTATION	D
CÈDRE DU LIBAN	8	2 À 8 M	10 CM	TAUX DE RÉUSSITE MOYEN	C
CÈDRE DE L'HIMALAYA				ÉCHEC DE PLANTATION	D
CYPRÈS VERT	10	6 À 10 M	12 CM	TAUX DE RÉUSSITE CORRECT MAIS PEUPELEMENT NON FORMÉ	B
CYPRÈS DE L'ARIZONA	10		20 CM	BON TAUX DE REUSSITE, BON ÉTAT SANITAIRE	B
CALOCÈDRE				TAUX DE REUSSITE CORRECT	B
SÉQUOIA GÉANT	7	4 À 7 M	12 CM	TRÈS FORT IRRÉGULARITÉ, PEUPELEMENT NON FORMÉ	C
SÉQUOIA TOUJOURS VERT	7			ÉCHEC DE PLANTATION	D
SAPIN DE CÉPHALONIE	4			REPRISE TRÈS FAIBLE, DÉPÉRISSEMENTS EN COURS PARMIS LES SURVIVANTS	C
SAPIN NORDMANN	7	3 À 7		REPRISE TRÈS FAIBLE, DÉPÉRISSEMENTS EN COURS PARMIS LES SURVIVANTS	C
SAPIN DE BONMUELLER				ÉCHEC DE PLANTATION	D
FRÊNE OXYPHYLLÉ	7			REPRISE MOYENNE	C
FÉVIERS D'AMÉRIQUE				ÉCHEC DE PLANTATION	D
BOULEAU VERRUQUEUX				ÉCHEC DE PLANTATION	D
ARBRE DE JUDÉE	5			ÉCHEC DE PLANTATION	D
CHÊNE ROUGE	7		10 CM	BON TAUX DE RÉUSSITE, BON ÉTAT SANITAIRE	B
MIMOSA				PRÉSENT ET ENVAHISSANT	?

### Arboretum du Ruscas

L'arboretum du Ruscas a été implanté en deux phases, sur une surface de 7,5 hectares : entre 1963 et 1969 avec l'implantation de 90 espèces et sous-espèces d'arbres puis entre 1993 et 1996 avec des espèces principalement issues de Californie. Cet arboretum est un arboretum d'élimination permettant d'identifier des espèces qui pourraient être adaptées à des situations similaires à celles du site de l'arboretum : son objectif explicite est d'identifier des espèces utilisables en reboisement après incendie (Fady 2006).

Dans cet arboretum, orienté au sud, sur des sols plus ou moins profonds bien qu'en bas de versant, la survie des feuillus est très faible, celle des résineux et notamment des espèces originaires de milieux à tendance méditerranéenne est plus forte.

Bruno Fady, dans son article de 2006 souligne l'adaptation de l'aulne du Caucase (*Alnus subcordata*) dans les milieux à sol profond avec la meilleure réserve en eau, du pin de Monterey (*pinus radiata*), des pins noirs, notamment des pins laricio de Corse. La survie des chênes méditerranéens, plantés après 1993 (notamment *Quercus ithaburensis*, *Quercus wislizenii* et *Quercus garryana*) est également notée. Elle est nuancée par la faible croissance observée de ces chênes touchés par des dégâts d'insectes phytophages (boudraque) et les abrouissements de chevreuil.

**Espèces dont le taux de reprise est > 20% en 2005, parmi les 166 espèces et sous-espèces testées.**

- ▶ *Le taux de survie > 20% sélectionne 32 espèces et sous-espèces (dont 11 pins noirs) sur les 166 testées.*
- ▶ *Et un taux de survie > 50% n'en aurait sélectionné que 16.*

ESSENCES	TAUX DE REPRISE	HAUTEUR	DATE DE PLANTATION
SAPIN DE BORNMUELLER ( <i>Abies bornmuelleriana</i> )	< 25 %	8	1965
SAPIN DE NORMMANN ( <i>Abies nordmanniana</i> )	60 %	7	1963
CÈDRE DE L'ATLAS ( <i>Cedrus atlantica</i> ) - Tuggurt, Algérie	< 25 %	9 À 10	1963
CÈDRE DU LIBAN ( <i>Cedrus libani</i> ) - Antalia, Turquie	< 25 %	11	1963
NOYER HYBRIDE ( <i>Juglans X Regia X Nigra</i> )	60 %		1994
PIN DE L'ELDORADO ( <i>pinus attenua</i> ) - Californie	40 %		1996
PIN DE L'ELDAR ( <i>pinus eldarica</i> ) - Téhéran, Iran	< 25 %		1963
PIN FLEXIBLE ( <i>pinus flexilis</i> ) - Nouveau Mexique	60 %	10	1966
PIN NOIR ( <i>pinus nigra</i> ) - Alaçam, Turquie	40 %	13	1964
PIN NOIR ( <i>pinus nigra</i> ) - Crimée	50 %	13	1964
PIN NOIR D'AUTRICHE ( <i>pinus nigra austriaca</i> )	50 %	11	1964
PIN NOIR D'AUTRICHE ( <i>pinus nigra austriaca</i> ) - Slovaquie	30 %	11	1964
PIN DE SALZMANN ( <i>pinus nigra clusiana</i> ) - France	70 %	9 À 16	1964
PIN DE SALZMANN ( <i>pinus nigra clusiana</i> ) - Espagne	50 %	9 À 12	1964
PIN NOIR ( <i>pinus nigra dalmatica</i> ) - Croatie	35 %	6 À 13	1964
PIN DE CALABRE ( <i>pinus nigra laricio calabrica</i> )	45 %	11 À 15	1964
PIN LARICIO ( <i>pinus nigra laricio corsicana</i> )	70 %	13 À 18	1964
PIN ( <i>pinus nigra nigricans</i> ) - Bulgarie	45 %	11 À 15	1963
PIN DU CAUSASE ( <i>pinus nigra pallasiana</i> ) - Turquie	90 %	10 À 15	1964
PIN MARITIME ( <i>pinus pinaster</i> ), Cuenca, Espagne	< 25%	13	1994
PIN À BOIS LOURD ( <i>pinus ponderosa</i> ) - Californie	30 %		1965 / 1993
PIN DE MONTEREY ( <i>pinus radiata</i> )	60 %	24	1967
PIN GRIS ( <i>pinus sabiniana</i> ) - Californie	70 %		1996
DOUGLAS À GRANDS CÔNES ( <i>Pseudotsuga macrocarpa</i> ) - Californie	30 %		1964
CHÊNE BLEU ( <i>Quercus douglasii</i> ) - Californie	25 %		1996
CHÊNE DE GARRY ( <i>Quercus garryana</i> ) - Californie	50 %		1996
CHÊNE DU MONT THABOR ( <i>Quercus ithaburensis</i> ) - Israël	65 %		1996
CHÊNE NOIR DE CALIFORNIE ( <i>Quercus kelloggii</i> ) - Californie	35%		1996
CHÊNE BLANC DE CALIFORNIE ( <i>Quercus lobata</i> ) - Californie	40 %		1996
( <i>Quercus wislizenii</i> ) - Californie	60 %		1996
CORMIER ( <i>Sorbus domestica</i> )	90 %		1994



Sapin de Bornmueller, Arboretum du Ruscas©Alcina

Une analyse de ces éléments relatifs à la réussite de ces plantations expérimentales montre qu'un très faible nombre d'espèces ou de provenances présente un intérêt par rapport aux espèces indigènes. Sur l'arboretum du Ruscas, le meilleur taux de reprise est atteint par le pin pignon, essence autochtone, présentant de bonnes croissances et disposant de stratégies de résilience au feu de forêt.

Les autres espèces montrant une adaptation et une bonne croissance (le pin laricio, le pin d'Alep, le pin brutia, le cormier) sont utilisées depuis plusieurs dizaines d'années en reboisement de manière courante et sont présentes dans le massif. Elles sont également autochtones ou issues de provenances méditerranéennes.

#### Arboretum du Treps

L'arboretum du Treps a été implanté en 1975 en forêt domaniale des Maures, au sein d'un dispositif de plantations expérimentales suivi par l'INRA. Il comporte 82 espèces sur 1,8 hectares à 620 mètres d'altitude. Son objectif était de trouver des espèces de substitution au pin maritime. Des mesures réalisées en 2008 et 2010 sont présentées dans une étude comparative de cinq arboretums d'intérêt national de l'ONF (Croisille 2017)<sup>13</sup>, pour les essences présentant un taux de survie à 35 ans supérieur à 40% et une hauteur minimale de 9 mètres, correspondant à des possibilités d'utilisation de l'essence en reboisement dans des objectifs de production de bois.

**Espèces dont le taux de reprise est > 40% et la hauteur > 9m, à 35 ans, parmi les 82 espèces et sous-espèces testées.**

ESSENCES	TAUX DE SURVIE	HAUTEUR	CIRCONFÉRENCE MOYENNE	AUTRES ARBORETUMS OÙ L'ESSENCE EST SÉLECTIONNÉE
GOMMIER-MENTHE DES MARAIS ( <i>Eucalyptus rodwayi</i> )	77 %	11 M	16 CM	
GOMMIER MANNE ( <i>Eucalyptus viminalis</i> )	97 %	17 M	16 CM	CANEIRET (ESTEREL)
GOMMIER DE GREGSON ( <i>Eucalyptus gregsoniana</i> )	73 %	19 M	16 CM	
GOMMIER NOIR ( <i>Eucalyptus aggregata</i> )	76 %	15 M	18 CM	CANEIRET (ESTEREL)
PIN LARICIO ( <i>pinus nigra laricio</i> )	87 %	14 M	24.5 CM	CANEIRET ET PLAN ESTEREL (ESTEREL)
PIN NOIR ( <i>pinus nigra</i> )	63 %	10 M	22 CM	
PIN DU CAUSASE ( <i>pinus nigra ssp pallasiana</i> )	67 %	10 M	22 CM	PLAN ESTEREL (ESTEREL)
PIN PIGNON ( <i>pinus pinea</i> )	83 %	10.5 M	28 CM	
PIN MARITIME ( <i>pinus pinaster</i> )	57 %	13 M	31 CM	
CYPRÈS DE L'ARIZONA ( <i>Cupressus arizonica</i> )	90 %	14 M	22 CM	CANEIRET ET PLAN ESTEREL (ESTEREL)

13- B. Croisille; 2017; Enseignements des plantations passées dans le contexte de changement climatique; AgroParisTech, ONF

## A EXPERIMENTER

*Plantation de cyprès de Duprez sur sites de fertilité contrastée, sous forme de bouquets, implantation étudiée pour leur impact paysager.*



Bouquet de cyprès de Duprez ©Alcina

De nouveau, la performance des résineux autochtones (pins maritime et pignon) est supérieure à celle des résineux testés. Une partie des eucalyptus testés présentent des croissances en hauteur supérieures.

Luc Blaison signale également parmi les espèces intéressantes, le cyprès de Duprez (*Cupressus dupreziana*), espèce originaire du Tassili (Algérie), menacée de disparition dans son aire d'origine et adaptée à de très faibles précipitations et de très fortes contraintes hydriques. Outre l'intérêt de sauvetage de cette espèce, ses capacités à valoriser des sols extrêmement pauvres serait intéressante à tester.

### Synthèse partielle sur les espèces « nouvelles »

Les arboretums d'élimination n'ont pas passé au crible toutes les espèces disponibles. L'eucalyptus compte à lui seul 760 espèces. En revanche, nous disposons dans les Maures de 3 générations d'arboretum permettant d'identifier quelques espèces ayant déjà

14- A Clément, JM Courdier, L. Amandier, 2005 ; Les essais de pré-développement de pin maritime dans les Maures ; Forêt méditerranéenne tXXVI n°1

fait leurs preuves. Certaines sont disqualifiées par les changements climatiques, d'autres posent des problèmes d'invasion (mimosa, robinier faux-acacia dans certains milieux) et enfin, certaines sont bien connues et utilisées. Il reste certaines espèces dont il convient de vérifier l'intérêt en conditions réelles. Elles peuvent désormais être sélectionnées pour leurs caractéristiques de résilience au feu (écorces épaisses, stratégie de résistance, capacité de rejeter de souche, ...) en plus d'autres caractéristiques.

Il convient également de prendre en compte les questions d'exotisme. L'on sait que l'introduction d'espèces exotiques peut s'accompagner de déséquilibres biologiques. Le cas de l'introduction du cèdre de l'Atlas montre également que l'introduction d'espèces issues de genres ayant été présents en Europe avant les dernières glaciations peut permettre de former des écosystèmes riches. Il convient également dans ces introductions de faire attention aux risques d'hybridation et de perte de la diversité génétique représentée par les essences locales.

Les deux documents relatifs aux arboretums du Ruscas et de Grateloup soulignent l'importance de ces outils pour l'éducation à l'environnement et la pédagogie sur la biodiversité et la diversité génétique mais aussi sur les changements climatiques. L'arboretum de Grateloup bénéficie d'un aménagement touristique vieillissant. Des produits touristiques pourraient être construits autour de ces outils de découverte de la forêt et de ses richesses.

### Pins maritimes résistants à *Matsucoccus feytaudi*

Un article publié en 2005 dans *Forêt Méditerranéenne*<sup>14</sup> fait part des expérimentations de plantations comparative de provenances de pin maritime résistantes à *Matsucoccus feytaudi*. 200 ha de plantations expérimentales ont été mises en place à partir de 1996 dans le massif. Les provenances comparées aux provenances locales sont Cuenca, Tamjout et Maures résistant. Mesurées en 2006, les placettes de ce dispositif montrent :

- une bonne survie globale (75-80%),
- une légère supériorité de Cuenca sur la croissance
- de faibles différences globales
- pas de différences sur *Matsucoccus*, qui se manifeste plus tard, lorsque les écorces sont crevassées.

Un compte rendu des mesures à 20 ans réalisées sur les plantations de pré-développement de pin maritime à *Matsucoccus feytaudi* en forêt domaniale des Maures, parcelle 28 du canton des Vanades (Mounier 2020<sup>15</sup>) montre qu'à 20 ans, la plupart des pins maritimes abritent les cocons de l'insecte dans leur écorce.

15- O. Mounier ; 2020 ; Plantation de pré-développement de pin maritimes résistant à *Matsucoccus feytaudi*, compte rendu de mesures après 20 ans ; ONF RDI

Dans ces boisements, réalisés en 1999, alors que tous les arbres sont touchés pour les pins d'origine locale, la proportion est un peu plus faible pour les pins de provenance « Tamjout » (Maroc). Mais surtout, l'infestation a toujours été nettement plus faible pour cette provenance qui a un meilleur taux de reprise et une meilleure croissance. Il est prouvé que la provenance Tamjout (et dans une moindre mesure Cuenca) est moins rapidement impactée par la cochenille que les provenances locales. Les suivis vont continuer pour voir si les xylophages secondaires induisent des réactions différenciées pour ces variétés et donc si cette variation de la provenance induit une mortalité différenciée.

### Analyse d'un échantillon de reboisements

Le recueil de données de terrain a été réalisé sur les reboisement des Jaudelières, de Bremond et du Col de Grateloup. La validité statistique de cette démarche n'est pas évaluée mais elle complète l'expertise apportée par l'ONF et par les informations issues de la bibliographie. Les informations collectées par mesures de données dendrométriques sur des placettes à nombre d'arbre fixe sont synthétisées dans le tableau ci-dessous

Les pins pignons présentent de très bon taux de reprise et des croissances très significatives en hauteur comme en diamètre. La plantation des Jaudelières, bien que parcourue par le feu semble n'avoir pas subi de mortalité. Cette résistance au feu des plantations de pin pignon n'est cependant pas une généralité.



Plantation de pin pignon ©Alcina

LIEU	ESSENCE PLANTÉE	DATE DE PLANTATION	DENSITÉ INITIALE	TAUX DE SURVIE	DIAMÈTRE MOYEN	HAUTEUR DOMINANTE	VOLUME   ACCROISSEMENT
LES JAUDELIÈRES	PIN PIGNON	1994	4X4M	> 90%	23 CM	15 M	180 M3   7 M3/HA/AN
FORÊT DU DOM		1991	3X1.5 M	ÉCLAIRCI	22 CM	13 À 15 M	
BREMOND (LA MÔLE)	PIN MARITIME	1983	2X2.5 M	ÉCLAIRCI	32 CM	15 M	
LES JAUDELIÈRES	PIN LARICIO	1985	2.5X2.5 M	90 %	17 CM	21 M	190 M3   5 M3/HA/AN
BREMOND (LA MÔLE)	PIN LARICIO	1987	2X2.5 M	60 %	12 CM	13 M	200 M3   7 M3/HA/AN
	PIN LARICIO EN BANDES	1983	2.5X4M	80 %	21 CM	15 M	160 M3
	PIN LARICIO ÉCLAIRCI	1983 / 1987	2X2.5M	ÉCLAIRCI	19 CM	15 M	
BREMOND (LA MÔLE)	CÈDRE	1987	2X2.5M	10 % (ECHEC)	7 CM	12 M	
LES JAUDELIÈRES	PIN D'ALEP	1994	2,5X4M		13 CM	9 M	80 M3   2.5M3/HA/AN



Plantation mature de pin maritimes, La Môle ©Alcina

Les plantations de pin maritime étudiées présentent également de belles croissances et une forte productivité, confirmée dans l'arboretum de Gratteloup et dans les plantations de la Nible. Les effets de provenance sur la sensibilité à *Matsuccoccus* restent à valider.

Les plantations de pin larico, malgré de très belle croissances sont un peu moins productives que le pin maritime. Elles font quand même l'objet d'une sylviculture dynamique et présentent des tiges avec un potentiel de production de bois d'œuvre.

Le cèdre et le pin d'Alep, sur les deux placettes étudiées sont décevants. Pour la faible reprise et l'hétérogénéité du peuplement pour le cèdre (vérifié sur d'autres placettes en forêt du Dom et à l'arboretum de Gratteloup), et pour la croissance pour le pin d'Alep.

**Au sein des ces plantations, l'on trouve également des zones boisées en *Eucalyptus* et *Acacia*. La très forte production de l'*Eucalyptus* s'accompagne également d'une faible durée de vie. Même dans les plantations de moins de 40 ans, les *Eucalyptus* encore sur pied forment des arbres au dimensions considérables mais épars dans des peuplements sénescents.**

## Conclusion : Eléments de choix pour des essences de reboisement

L'importante densité d'arboretum d'élimination dans le massif des Maures ainsi que les reboisements réalisés dans les 40 dernières années permettent d'identifier quelques essences adaptées au reboisement dans le massif.

**Une partie de la palette disponible est composée d'essences autochtones ou déjà implantée dans le massif, souvent les plus adaptées aux conditions locales et les plus à même de constituer un peuplement forestier. Les résultats des arboretums suggèrent qu'il n'existe pas d'espèce « magique » qui soit au moins aussi productive que les espèces locales, adaptées aux changements climatiques, ayant des propriétés intéressantes vis-à-vis du feu et ne posant pas de risque biologique.**

ESSENCE	AUTOCHTONIE	CROISSANCE	AUTOÉCOLOGIE	RÉSILIENCE AU FEU	CHANGEMENTS CLIMATIQUES	MFR
<b>LES ESSENCES LOCALES ET DÉJÀ PRÉSENTES DANS LE MASSIF</b>						
PIN PINON	A+	Croissance correcte et capacité à former des peuplements fermés	Apprécie les sols profonds et drainants	Capacité moyenne de survie au passage du feu	ADAPTÉ	OUI
PIN LARICIO DE CORSE	A-	Bonne croissance	Plutôt sur sol profond en versant nord	Sensible au passage du feu	MENACÉ	OUI
PIN MARITIME <small>origine Tamjout (ou Cuenca)</small>	A-	Bonne croissance	Sur tout type de sol sauf sols squeletiques en versant sud	Très sensible au passage du feu, bonne régénération après feu	ADAPTÉ	OUI
CHÊNE LIÈGE	A+E	Bonne croissance, production de liège	Apprécie les sols profonds	Survit au passage du feu	EN PARTIE MENACÉ	OUI
PIN D'ALEP	A+	Croissance moyenne	Sur tout type de sol	Très sensible au passage du feu, bonne régénération	ADAPTÉ	OUI
CHÊNE VERT	A+	Croissance faible	Sur tout type de sol	Rejette après le feu	ADAPTÉ	OUI
<b>ESSENCES TESTÉES EN ARBORETUM ET SUSCEPTIBLES DÊTRE DÉVELOPPÉES</b>						
SAPINS MÉDITERRANÉENS	A-	Reprise aléatoire, croissance très variable	Nécessite des sols profonds et des stations fraîches et bien alimentées en eau	Très sensible au passage du feu	SAPIN BORNUELLER ADAPTÉ	OUI
CYPRÈS DE L'ARIZONA	E	Croissance correcte mais forme difficilement des peuplements fermés	Sols drainés, pousse en conditions sèches	Très sensible au passage du feu	ADAPTÉ	+
CYPRÈS VERT	BM	Croissance correcte mais peuplements ouverts	Sur tout type de sol	Très sensible au passage du feu	ADAPTÉ	+
PIN BRUTIA	BM	Bonne croissance	Nécessite des sols bien alimentés en eau pour compenser son exigence en pluie	Très sensible au passage du feu	MENACÉ	OUI
PIN DE SALZMANN	A-	Croissance moyenne	Sur tout type de sol	A qualifier	ADAPTÉ	OUI
PIN DE MONTEREY	E	Très productif	Préfère les sols sablonneux bien drainés et les situations à humidité atmosphérique correcte	A qualifier	MENACÉ	EXP
PIN DE CRIMÉE	BM	Croissance moyenne	A qualifier	A qualifier	A SURVEILLER	EXP
EUCALYPTUS SP.	E	Très bonne croissance, courte durée de vie	Tout types de sols	Très combustible, régénération par rejet	ADAPTÉ	OUI
CHARME HOUBLON ET CHARME D'ORIENT	A- ET BM	Croissance correcte	A qualifier	Régénération par rejet	A SURVEILLER	EXP
CHÊNES ZEEN, AFARES, DU LIBAN, DU MONT THABOR, DE TROIE ET AFARES	BM	A qualifier	A qualifier	Inconnue, régénération par rejet	A ETUDIER	EXP
AULNE DU CAUCASE	E	Croissance correcte et bonne reprise	Sols profonds de fond de vallon	Inconnue	A ETUDIER	EXP

Autochtonie : A+ : Autochtone, A- : Acclimaté ; BM : Essence issue du bassin méditerranéen ; E : Exotique issue d'autres aires biogéographiques

MFR (arrêté régional fixant les espèces éligibles aux aides de l'Etat) : OUI : Essence objectif éligible ; + : Essence d'accompagnement éligible ; Exp : Essence non éligible, à utiliser en dispositif expérimental

# Ce qu'il faut retenir

## Synthèse du diagnostic adaptations aux changements climatiques

### Résilience des peuplements

Dans les Maures, l'évolution de la végétation est largement guidée par les feux et par leur répétition dans le temps. La végétation méditerranéenne, sélectionnée par le phénomène de l'incendie est très résiliente au passage du feu et sa composition en espèce revient à son état initial quelques années après le feu. Il faut cependant quelques dizaines d'années sans feu pour qu'un arbre atteigne un stade adulte. Une répétition trop rapprochée des incendies fait perdre à sa végétation sa capacité de se reproduire à l'identique et empêche aux arbres de devenir adulte ou de produire des graines qui permettront la régénération de la forêt.

### Modéliser l'impact des changements climatiques

Plusieurs outils permettent d'évaluer la réaction des différentes espèces forestières à l'évolution du climat. Encore un peu imprécis vis-à-vis des exigences des arbres dans le cadre des changements climatiques, notamment en région méditerranéenne, ces outils permettent de dégager quelques tendances. Les essences qui sont actuellement limitées au versant nord (châtaignier, chêne pubescent) sont susceptibles de voir leurs conditions de vie s'empirer. Les essences qui tolèrent des conditions chaudes et sèches (chêne vert, pin d'Alep ou arbousier) sont favorisées et des espèces adaptées à des climats plus chauds (littoral sarde ou catalan) pourraient également être favorisées. Ces outils permettent également d'envisager les essences de reboisement utilisables pour la production de bois. Les cyprès, le calocèdre ou le sapin de Bommuller ou encore l'eucalyptus ont des capacités d'adaptation au climat futur.

**Des essences comme les chênes issus du Magrebh et de la méditerranée orientale ou comme le cyprès de Duprez offrent des perspectives d'expérimentation visant à enrichir les peuplements existant avec des espèces résilientes au feu en anticipation des changements climatiques. Cependant ces essences exotiques sont susceptibles d'avoir des effets négatifs sur la biodiversité, sur la ressource en eau ou de favoriser les feux**

## Régime des feux : vers une réduction du pas de temps

Le régime des feux est le principal facteur d'évolution de la végétation dans les Maures. Une augmentation du nombre de jour à risque d'incendie au cours de l'année et de la sévérité des feux est une conséquence probable de l'évolution des conditions climatiques. Ainsi les feux sont susceptibles d'avoir une récurrence de 10 à 30 ans contre 20 à 40 ans actuellement. Cette récurrence accrue, combinée à l'effet du réchauffement sur les espèces, va très probablement conduire à une modification substantielle de la végétation des Maures : raréfaction progressive des arbres, réduction de la hauteur et de la densité des maquis, transformation de certains maquis en milieux herbacés.

## Accompagner les formations arborées autochtones

L'accompagnement des formations arborées autochtones reste l'orientation de gestion proposée avec pour objectif d'optimiser leur régénération et leur résilience au changement climatique en cours.

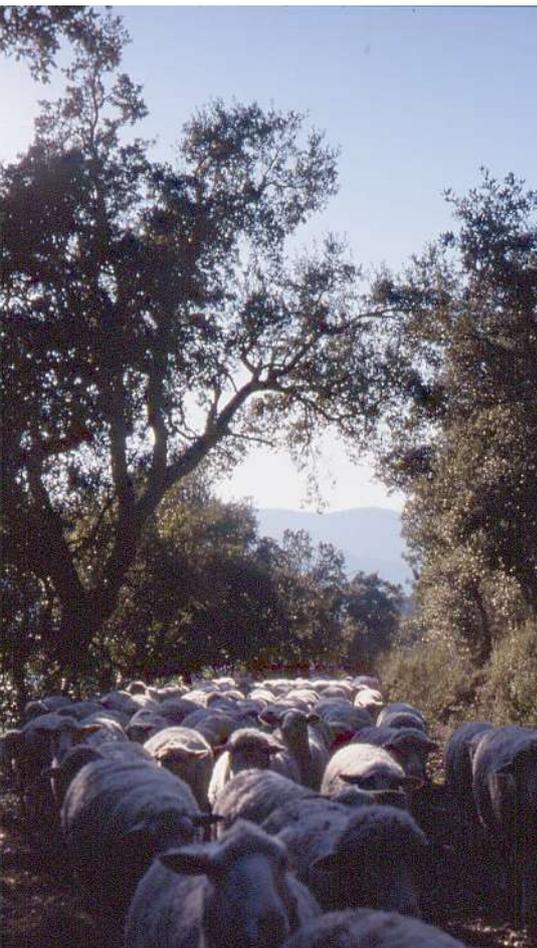
Pour autant, la continuité d'un travail déjà engagé au sein d'arboretum situés dans les Maures n'est pas à écarter, en poursuivant l'expérimentation sur quelques essences bien ciblées, plantées à une plus grande échelle que dans les arboretum, avec pour objectif de tester la résilience de ces essences au changement climatique et aux incendies, la production ligneuse devenant alors un objectif secondaire.

### A Expérimenter

- ▶ *Utilisation des chênes du Maghreb et de méditerranée orientale pour des plantations sous couvert : chêne zeen, chêne afarès, chêne du Liban, chêne chevelu, chêne de Troie, charme oriental, charme houblon*
- ▶ *Plantation de cyprès de Duprez sur sites de fertilité contrastée, sous forme de bouquets, implantation étudiée pour leur impact paysager.*

# Diagnostic sylvopastoral

**Le sylvopastoralisme représente un pâturage en milieu forestier, plus ou moins boisé, incluant les déprises agricoles en cours de reboisement naturel, et également, en région sud, les ouvrages DFCI.**



Pâturage sur piste, La Verne - 2007 ©Alcina

*« Les attentes vis-à-vis du sylvopastoralisme sont nombreuses: prévention du risque d'incendie, préservation des milieux ouverts, entretien des paysages, maintien d'un tissu rural, et plus généralement lutte contre la déprise agricole »*

*Fiche n°436010 SRGS-PACA*

Au regard de l'objectif de l'étude, il nous semble nécessaire de bien distinguer dès le départ le sylvopastoralisme du pastoralisme. Sur le plan des milieux, nous considérons que le pastoralisme concerne le pâturage extensif de ressources spontanées (herbe, ligneux, fruit) sur des espaces naturels tels que les pelouses d'alpages, les landes, les prairies « naturelles », les pourtours de vignes, les vergers...

Le sylvopastoralisme est une pratique ancestrale, et sous réserve d'une gestion raisonnée, avec bénéfice mutuel : le pâturage peut aider à des interventions sylvicoles, notamment par le nettoyage des sous-bois, et à l'inverse, l'absence de sylviculture condamne à terme le pâturage par la fermeture du milieu.

Comme nous le verrons par la suite, ces deux pratiques sont parfois complémentaires.

**Les milieux difficiles, notamment les milieux méditerranéens, sont particulièrement concernés par cette approche à bénéfice réciproque ; selon les contextes rencontrés et les objectifs recherchés, le sylvopastoralisme peut alors avoir un impact tant sur le milieu naturel que sur l'économie de**

**l'exploitation agricole (dont la nature des produits et leur commercialisation). Il agit également sur la perception du grand public vis-à-vis de l'espace pâturé mais également sur l'exploitation agricole. Le sylvopastoralisme est donc connecté aux aspects socio-économiques et à l'aménagement local.**

La conduite d'un troupeau en forêt dépend de plusieurs facteurs difficilement dissociables :

- Les objectifs recherchés (par l'exploitant ou le gestionnaire du milieu)
- La potentialité nutritive offerte par le milieu pâturé
- Les espèces et la charge animale

Dans le massif des Maures, les gestionnaires des milieux naturels poursuivent deux objectifs majeurs à la mise en œuvre du sylvopastoralisme :

- La défense des forêts contre les incendies (DFCI), par la réduction de la biomasse combustible et l'entretien des coupures de combustible gérées par les collectivités
- Le maintien et l'enrichissement de la biodiversité par l'entretien et le développement des milieux ouverts

Selon les cas, le sylvopastoralisme peut répondre à ce double objectif, ces derniers n'étant pas forcément incompatibles.

## Sylvopastoralisme et DFCI

Le pâturage des zones débroussaillées dans le cadre des PIDAF (mais également des interfaces) permet de ralentir la repousse herbacée et arbustive, et donc de réduire la fréquence d'entretien de ces zones par les maîtres d'ouvrage. Quels que soient le type d'animaux et la charge animale retenus, le pâturage de ces zones ne saurait constituer un Débroussaillage ; une intervention humaine complémentaire pour éliminer les refus est indispensable afin de conserver la fonctionnalité des ouvrages DFCI.

Cela étant, l'impact sur les zones pâturées dépend de plusieurs facteurs :

- *L'appétence naturelle de la zone débroussaillée, qui peut parfois être optimisée par la création de semis pastoraux ou la mise en œuvre de brûlage dirigé.*
- *La présence de zones naturelles en appui ou à proximité des coupures de combustibles, pouvant offrir un potentiel pastoral suffisant et permettre une solution « d'attente » lorsque la strate herbacée n'est pas suffisamment présente sur les zones débroussaillées ; il s'agit alors de zones dites de « renfort pastoral » permettant d'obtenir un meilleur impact sur la coupure de combustible sans compromettre les besoins physiologiques du troupeau.*
- *L'existence d'aménagements dédiés (points d'eau, clôtures...) permettant au troupeau d'être parqué sur la zone*

Si l'optimisation du pâturage à des fins DFCI peut induire, de la part des maîtres d'ouvrage, des aménagements sur les coupures de combustible, elle nécessite, dans tous les cas, une conduite du troupeau spécifique qui peut avoir une incidence sur l'économie de l'exploitation.

Cette recherche d'optimisation passe donc par un contrat entre le maître d'ouvrage et l'éleveur, qui définira les termes de l'engagement de chacun des parties. Ces contrats se traduisent dans les Mesures Agri-Environnementales et Climatiques (MAEC) à caractère DFCI. Des financements (Europe, Etat, Région, Département) permettent de « rémunérer » le travail du troupeau, avec une conduite du troupeau adaptée selon le niveau d'impact attendu sur l'ouvrage DFCI.

- ▶ **Niveau 1 : pâturage hivernal sur les zones de renfort DFCI**
- ▶ **Niveau 2 : pâturage printanier avec racleage de la strate herbacée sur les coupures DFCI**
- ▶ **Niveau 3 : maintien du phyto-volume sur la coupure en dessous d'un certain seuil, avec entretien complémentaire de l'éleveur pour éliminer les refus.**

On peut catégoriser les éleveurs selon que le siège de leur exploitation soit basé sur place ou non ; néanmoins, dans la majorité des cas, les troupeaux quittent les Maures pour rejoindre les estives de montagne. Il peut alors s'agir d'une transhumance « classique » (cas le plus fréquent où le troupeau quitte le Var pour « monter » dans les alpages en période estivale) ou d'une transhumance hivernale, dite également transhumance inverse (le troupeau ovin ou bovin, descend dans les Maures pendant la période hivernale pour rejoindre ensuite le siège de l'exploitation en fin de printemps).

Seul l'élevage caprin échappe majoritairement à cette règle avec des animaux qui restent sur place toute l'année.

Le Plan d'Orientation Pastoral Intercommunal (POPI), en cours d'élaboration à l'échelle du massif des Maures, définit, entre autres, le type d'éleveurs concernés par un système pastoral ainsi que les milieux pâturés.



Pâturage caprin sur coupure, 2012©Alcina



Pastoralisme bovin ©Alcina

## Sylvopastoralisme et biodiversité

L'objectif recherché par les gestionnaires des espaces concernés réside avant tout à l'impact sur les milieux ouverts ou le plus souvent semi-ouverts. Il est reconnu que l'ensemble de la biodiversité actuelle s'est mise en place dans un contexte particulier, issu de la fin de la période glaciaire : les grands herbivores étaient alors abondants, et constituaient le principal facteur d'influence sur les milieux et les espèces.

Le pastoralisme permet aujourd'hui de conserver ce type d'interactions, en développant notamment les effets de lisière et l'hétérogénéité dans la végétation, gage de biodiversité.

Le sylvopastoralisme constitue à ce titre un mode de gestion des espaces naturels inégalable. Il serait impossible d'en reproduire les effets par un travail mécanique, même si ce dernier vient compléter l'action animale. La dent de l'animal permet un travail fin, diffus et varié sur la végétation. L'impact sur la biodiversité nécessite un travail sur du moyen et long termes, avec des pratiques extensives et des dates de pâturage fluctuantes entre les années. Le sylvopastoralisme permet alors de maintenir la floraison et le développement d'un maximum d'espèces. Il induit également une hétérogénéité horizontale dans la végétation avec des zones de prélèvement et des zones d'accumulation des nutriments (les « couchades »).

**Sur la zone d'étude, le sylvopastoralisme est préconisé pour la gestion des habitats à tortue d'Hermann grâce aux interfaces créées, très propice à cet espèce ; la taille et la forme des buissons constituent alors des habitats extrêmement bénéfiques pour la tortue. Outre le maintien ou le développement des habitats, le pâturage raisonné de ces espaces participe également au développement des écosystèmes.**

Le pâturage est plus extensif que sur les ouvrages DFCI, avec une charge animale plus faible et un calendrier de pâturage qui peut également différer. Si les parcours et conduites des troupeaux diffèrent donc par rapport à l'objectif DFCI (le parcage des troupeaux n'est pas forcément nécessaire), il est important de noter que les zones de renfort pastoral, précédemment décrites, peuvent également répondre à cet objectif de développement de la biodiversité ; le pâturage permettant d'obtenir un gradient de densité de végétation ou d'ouverture du milieu, perpendiculairement à l'ouvrage DFCI, très bénéfique pour la biodiversité.

## L'impact de l'incendie sur le sylvopastoralisme

Le niveau d'impact de l'incendie sur les zones préalablement pâturées diffère évidemment selon le niveau de sévérité du feu sur la végétation, mais également selon l'état initial de ces zones.

Ainsi, les coupures de combustibles qui sont, par définition, débroussaillées, ont subi un impact relativement faible, voire nul lorsque l'entretien du débroussaillage venait d'être réalisé. La strate herbacée est réapparue parfois dès les premières pluies automnales ; une repousse est visible en ce début de printemps (Val de Périer, Val Verdun / La Court, Les Plaines, RD75).

En revanche, l'impact s'est avéré nettement plus fort sur certaines zones d'appui DFCI ou sur certains parcours pâturés de façon extensive (biodiversité). C'est particulièrement vrai pour les zones de renfort située dans la RNN ou sur le secteur de Cogolin / La Môle.

Dans tous les cas, l’incendie aura provoqué une rupture des parcours pastoraux, de logique des déplacements et calendriers de pâturage : les zones de parcours contiguës situées hors territoire incendié se trouvant, de fait, isolées. Par exemple, lors de la transhumance automnale au cours de laquelle les troupeaux quittent les estives pour regagner leurs quartiers d’hiver, les éleveurs ont été contraints par les interdictions de pâturage sur les zones incendiées qu’ils étaient obligés de traverser.

Les équipements en place dont les parcs de contentions ont pu être également détruits occasionnant des frais supplémentaires et du travail de démantèlement.

Nonobstant la réglementation qui interdit le pâturage sur les zones incendiées pendant 10ans pour les bois et forêts ne relevant pas du régime forestier (article L131-4 du code forestier), la reprise du pâturage sur les zones sévèrement impactées devra répondre aux critères suivants :

- Que la strate herbacée se soit de nouveau bien installée et enracinée ;
- Que la régénération des strates arbustives et arborées soient également effectives et hors de portée de la dent du bétail (partie sommitale), que cette régénération soit issue de rejets ou de semis naturel ;

Hors coupures de combustible, il semble donc nécessaire d’attendre à minima 3 ans pour que le sylvopastoralisme puisse de nouveau s’envisager sur ces zones incendiées, avec une faible charge animale et un calendrier adapté au milieu concerné (période hivernale). Pour les zones présentant une déficience de régénération de la strate arborée (suberaies adultes notamment), ce délai peut être rallongé. Une mise en défend de certaines zones en régénération (naturelle ou assistée) peut théoriquement s’envisager également.

Dès lors, il deviendra souvent difficile de faire pâturer les coupures DFCI peu ou pas impactées, en l’absence de zones d’appui ou de parcours permettant au troupeau de circuler d’une zone à une autre ; les éleveurs locaux, moins tributaires des zones de renfort pastoral, pourront toutefois poursuivre ce pâturage grâce à l’appui des zones en culture (vignes, vergers) peu impactées par l’incendie ou par des zones de renfort non incendiées et situées à proximité des parcours.

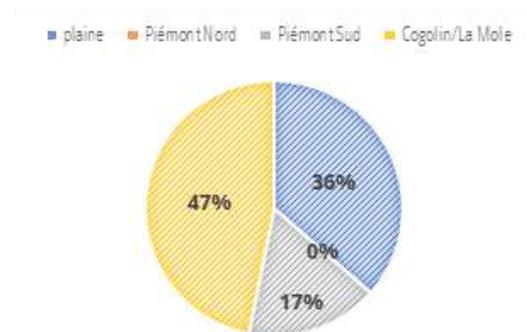
### Zoom sur le territoire incendié

Le POPI identifie près de 1300ha de territoires pastoraux sur la zone incendiée, pour une dizaine d’éleveurs concernés. En reprenant le découpage sectoriel de l’incendie (plaine des Maures, piémont nord, piémont sud, bassin de Grimaud-Cogolin-La Môle), le territoire pastoral se répartit comme suit :

PLAINE DES MAURES	PIÉMONT NORD	PIÉMONT SUD	COGOLIN / LA MÔLE
614 HA	-	276 HA	787 HA

Ces territoires représentent des parcours pastoraux qui possèdent une continuité en dehors de la zone incendiée, concernant également des zones cultivées (vignes, vergers...). Ils répondent à des objectifs pastoraux variés selon les secteurs et les zones.

Soit la répartition suivante :



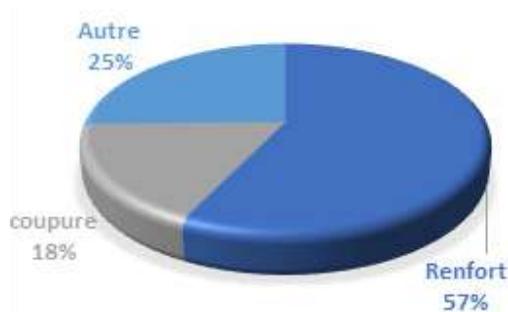
**On peut noter que sur le secteur du Piémont nord la zone des Neufs Riaux (piémont nord), où le feu fût particulièrement violent, des habitations ont pu être préservées grâce au travail d’un troupeau d’ânes présent localement.**

## Secteur de la plaine des Maures

Le secteur de la plaine des Maures comprend 614ha de parcours dont :

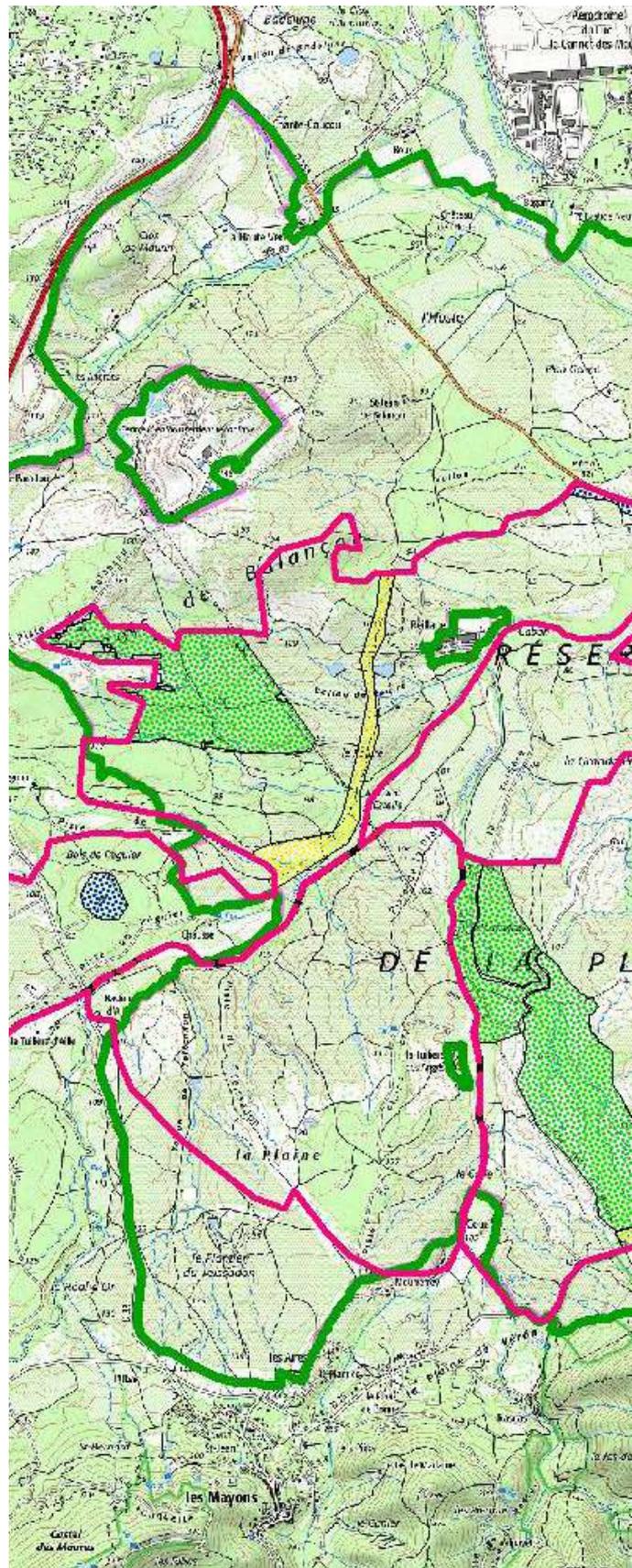
- ▶ 108ha sur coupures DFCI (plus de 50% en MAE DFCI),
- ▶ 351ha sur des zones de renfort, en majorité sous contrat MAE,
- ▶ 155ha sur des prairies, vignes, vergers...

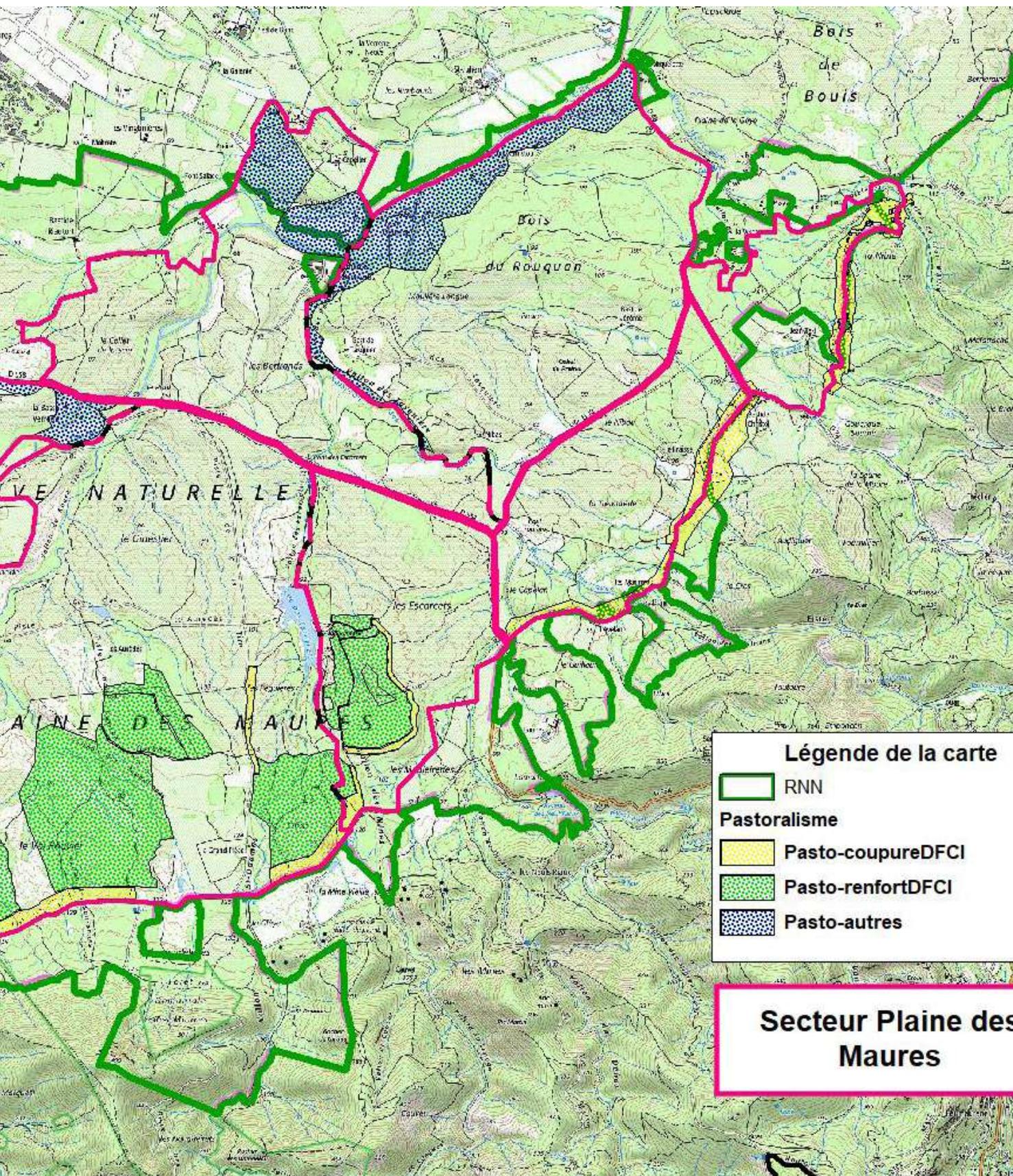
Soit la répartition suivante :



Sur la zone incendiée, la RNN, avec environ 520 ha concernés, représente 85% des parcours pastoraux de la plaine des Maures. Toutes les zones de renfort étant situées en RNN, on pourrait légitimement avancer que le pâturage de ces zones répond également à un objectif de maintien et de développement de la biodiversité.

Néanmoins, il est important de noter que la création de nouveaux parcours pastoraux au sein de la réserve ne recevait pas d'avis favorable si les zones n'étaient pas initialement pâturées au moment de la création de cette dernière (2009).





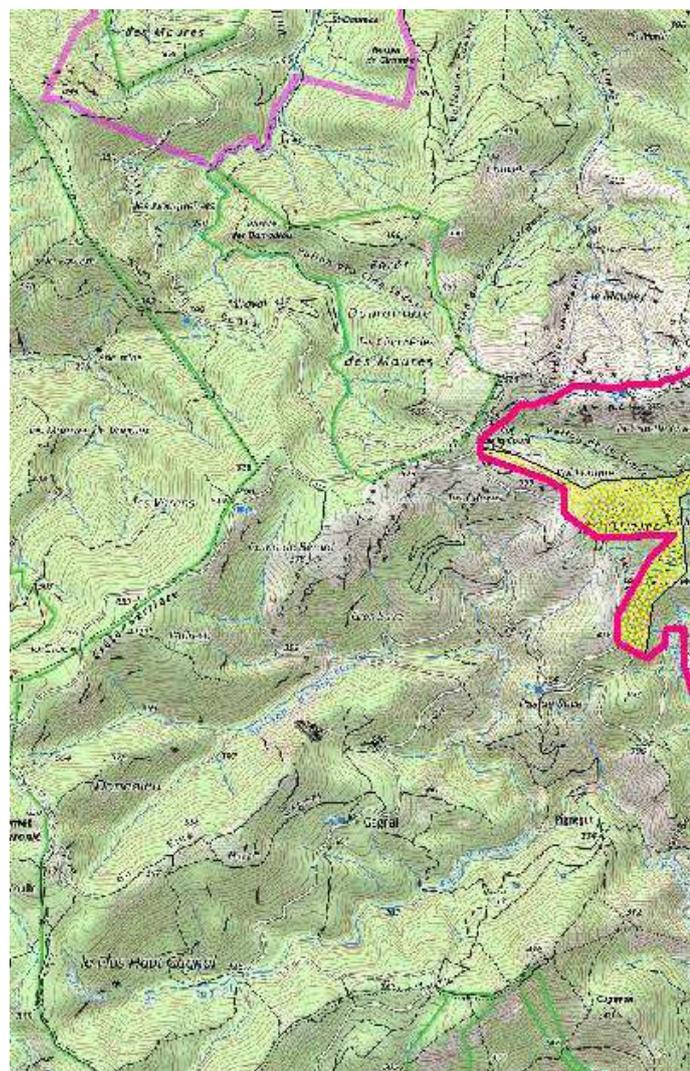
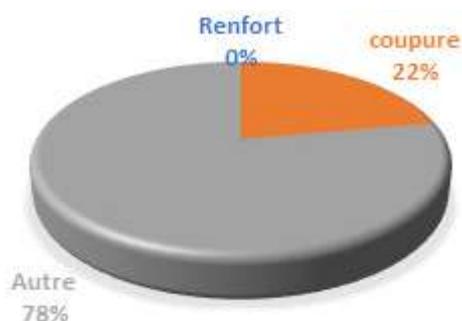
Carte de vigilance Climatique relative : Rouge = vigilance élevée; vert = Vigilance faible) ©Alcina Forêts & PyrénéesCartographie

## Secteur Piémont sud

Le secteur du piémont sud comprend 276ha de parcours dont :

- ▶ 61ha sur coupures DFCI (Val Verdun, La Court) majoritairement sous contrat MAE DFCI. Les coupures concernées ont une vocation d'axe stratégique à la lutte contre les incendies.
- ▶ 215ha sur des prairies, vignes, vergers, avec un pâturage essentiellement printanier

Soit la répartition suivante :

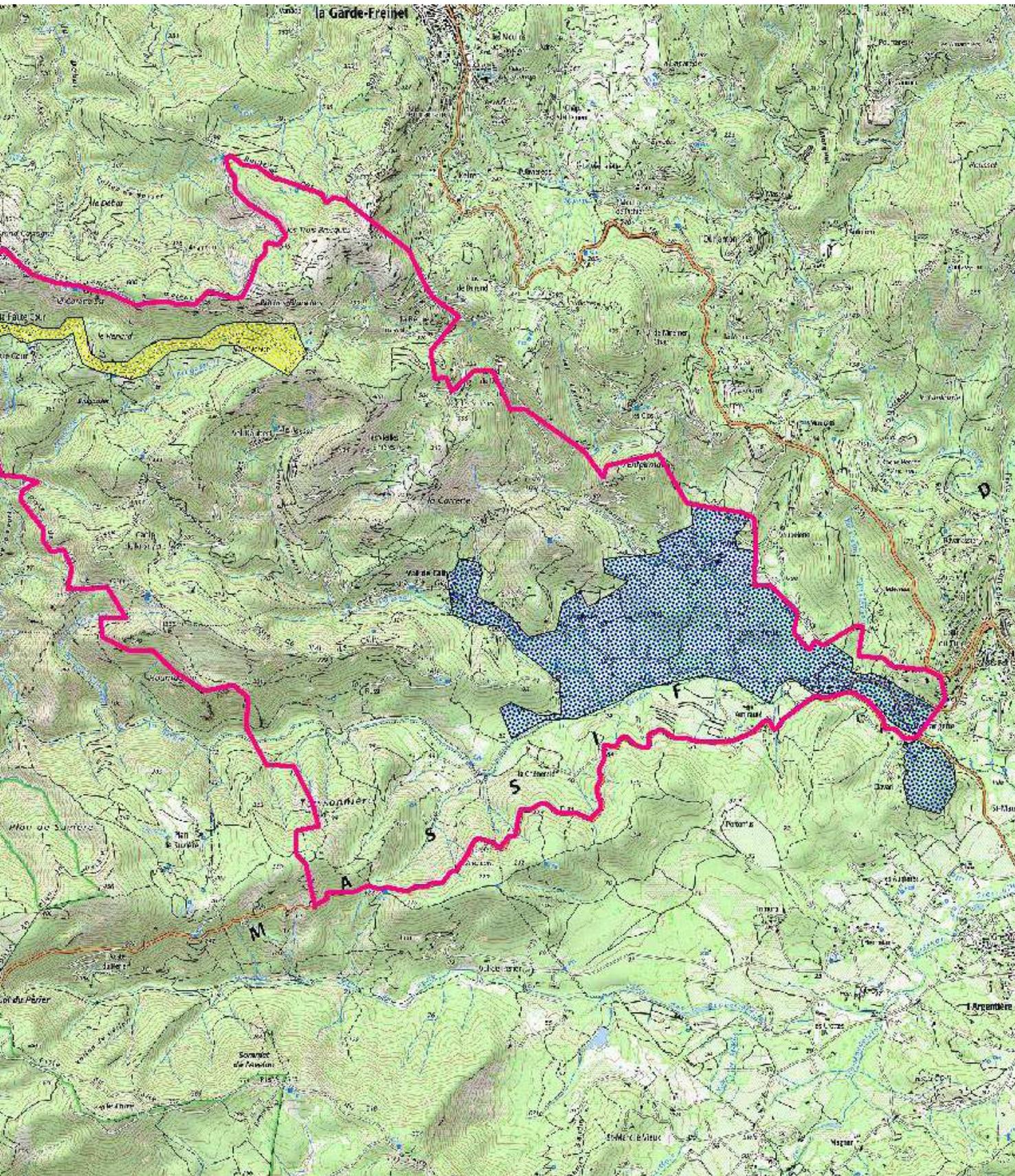


### Légende de la carte

#### Pastoralisme

- Pasto-coupeDFCI
- Pasto-renfortDFCI
- Pasto-autres

## Secteur Piémont Sud



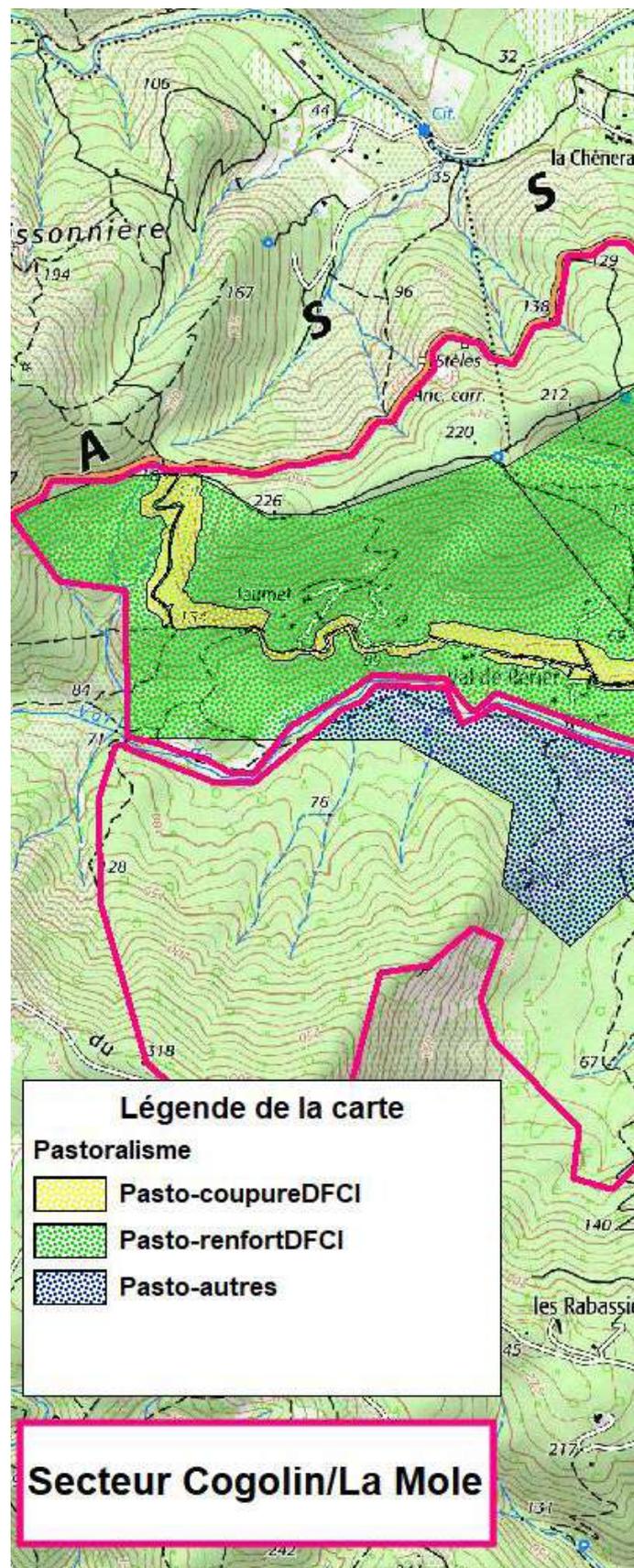
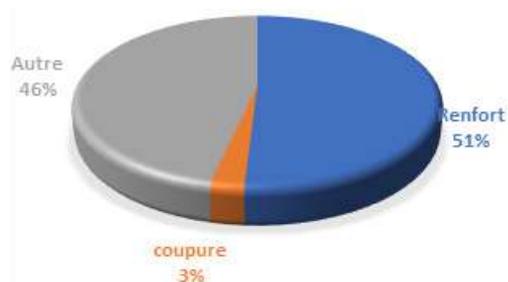
Carte de vigilance Climatique relative : Rouge = vigilance élevée ; vert = Vigilance faible) ©Alcina Forêts & PyrénéesCartographie

### Secteur Grimaud - Cogolin - La Môle

Le secteur de Grimaud, Cogolin, La Môle comprend 787ha de parcours dont :

- ▶ 20ha sur coupures DFCI (Val de Périer, Jaumet) sous contrat MAE DFCI
- ▶ 401ha sur des zones de renfort ; il s'agit du secteur Val de Périer – Trimurti – Portonfus. Il est probable que la surface réellement pâturée soit plus faible.
- ▶ 366ha sur des milieux boisés ouverts, vignes, vergers, avec un pâturage essentiellement en période hivernale.

Soit la répartition suivante :



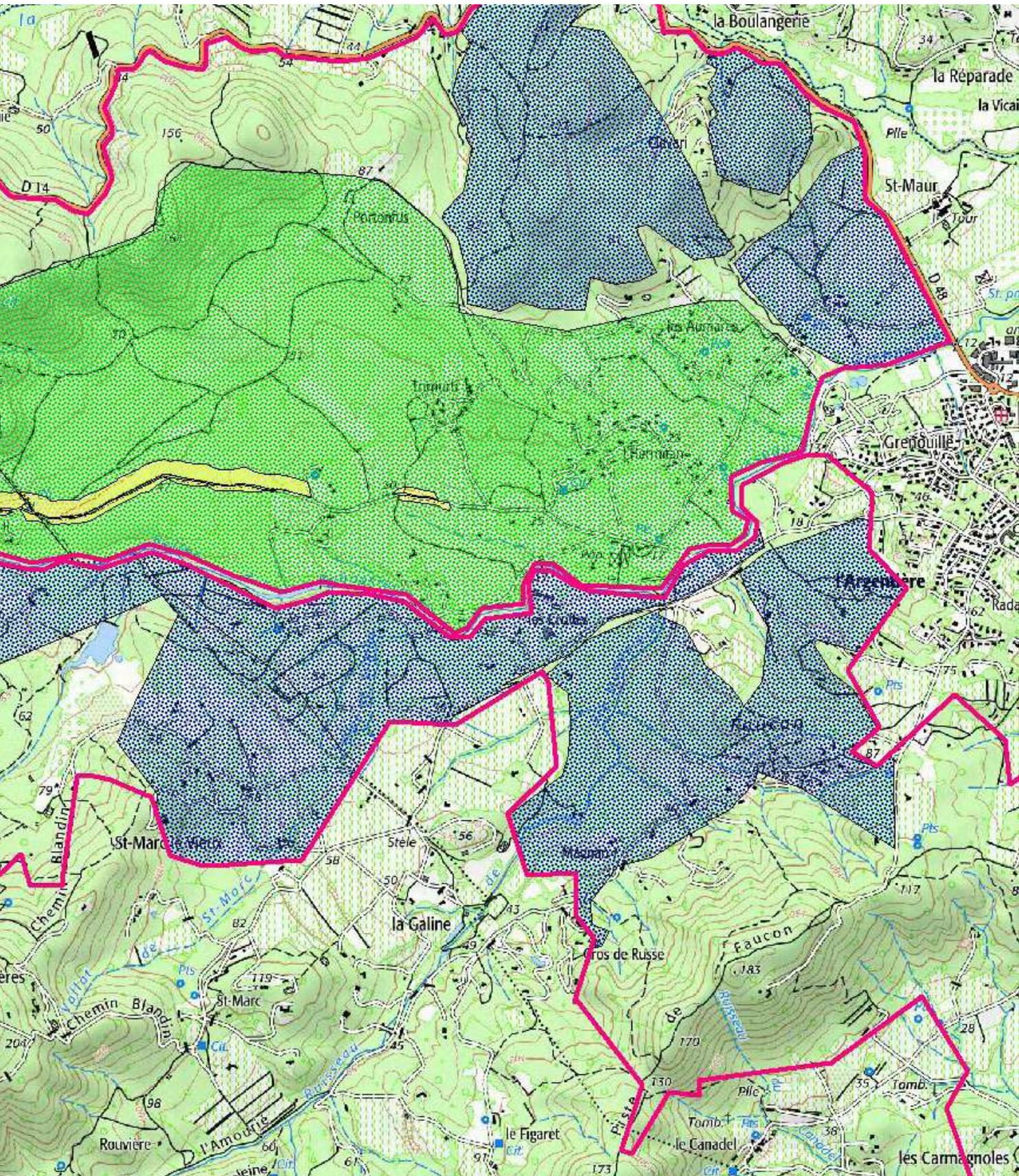




Photo ©Alcina

## Le sylvopastoralisme après l'incendie

### Sur les territoires pastoraux existants

Si la mise en réserve des territoires pastoraux est nécessaire pour que les sols soient stabilisés et la régénération arborée hors de portée des dents du bétail, une trop longue attente risque de voir les milieux se refermer rapidement par le maquis et dès lors devenir impraticable pour le sylvopastoralisme. En matière de maintien ou de développement de milieux semi-ouverts, il peut s'avérer parfois pertinent de profiter du passage du feu pour développer le sylvopastoralisme sur certains secteurs jusque-là non pâturés car non pâturables. Bien conduit, le passage d'un troupeau n'entravera pas la dynamique de repousse arbustive et pourra même contribuer à la dissémination des graines de certaines plantes. Le délai de 10ans mentionné précédemment devient alors trop long pour viser cet objectif, même si des dérogations sont possibles.

Les zones de renfort DFCI seront prioritaires pour une reprise du sylvopastoralisme.

Dès lors, il devient nécessaire d'avoir une approche pragmatique et de suivre chaque territoire au cas par cas pour proposer une reprise du sylvopastoralisme sur les zones incendiées.

Cette approche pourrait s'accompagner de « zones témoins

», sur lesquelles le pastoralisme serait mis en réserve, avec un suivi comparatif environnemental et sylvicole entre ces zones et celles qui seraient de nouvelles pâturées. Cette approche pourrait concerner prioritairement le territoire incendié de la RNN.

La charge animale et le calendrier de pâturage constitueront des critères à prendre en compte pour définir un cahier des charges au sylvopastoralisme, deux options étant théoriquement possibles :

- Avoir une charge animale instantanée forte (mais adaptée au milieu pâturé) sur un court laps de temps
- Au contraire, avoir une faible charge animale mais sur un délai plus long, avec un risque de piétinement accru et une augmentation des zones de refus.

Pour chaque cas, l'impact sur la végétation et sur les sols (piétinement) seront des indicateurs à prendre en compte.

Cela étant, il semble souhaitable, au moins pour la reprise du pâturage, de préférer une conduite du troupeau avec une garde plutôt qu'avec un parcage.

Le calendrier de pâturage intégrera les autres zones non boisées limitrophes (vignes, vergers) qui compléteront le parcours pastoral et renforceront (voire remplaceront) les zones d'appui.

En RNN, la prise en compte des espèces floristiques ou des habitats sensibles au pâturage permettra également d'adapter le calendrier.

### Identification de nouveaux territoires potentiels (TPP)

Il s'agit de nouveaux territoires pastoraux post-incendie, issus de la demande d'éleveurs. Identifiés dans le POPI, ils viennent compléter les territoires pastoraux existants de certains éleveurs. Ils concernent le secteur « Plaine des Maures » du territoire incendié, pour 125ha, dont 93ha situés en RNN. Le sylvopastoralisme de ces zones devra recevoir l'autorisation du gestionnaire de la réserve.

Cinq zones sont identifiées

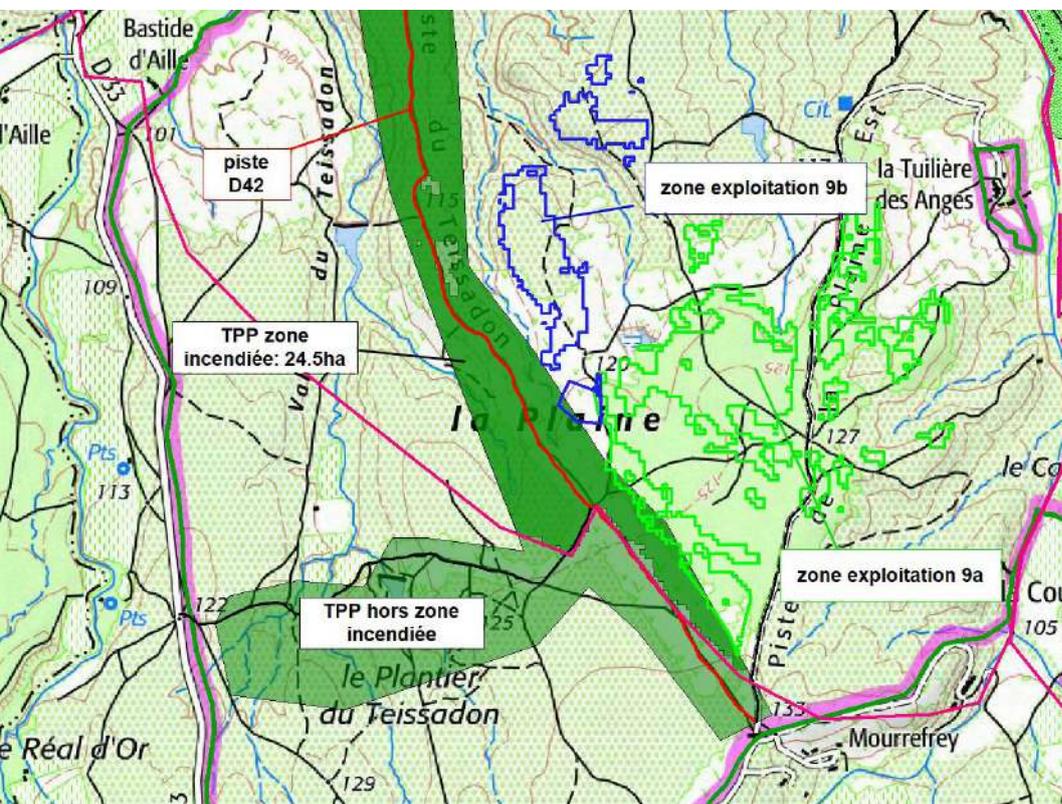
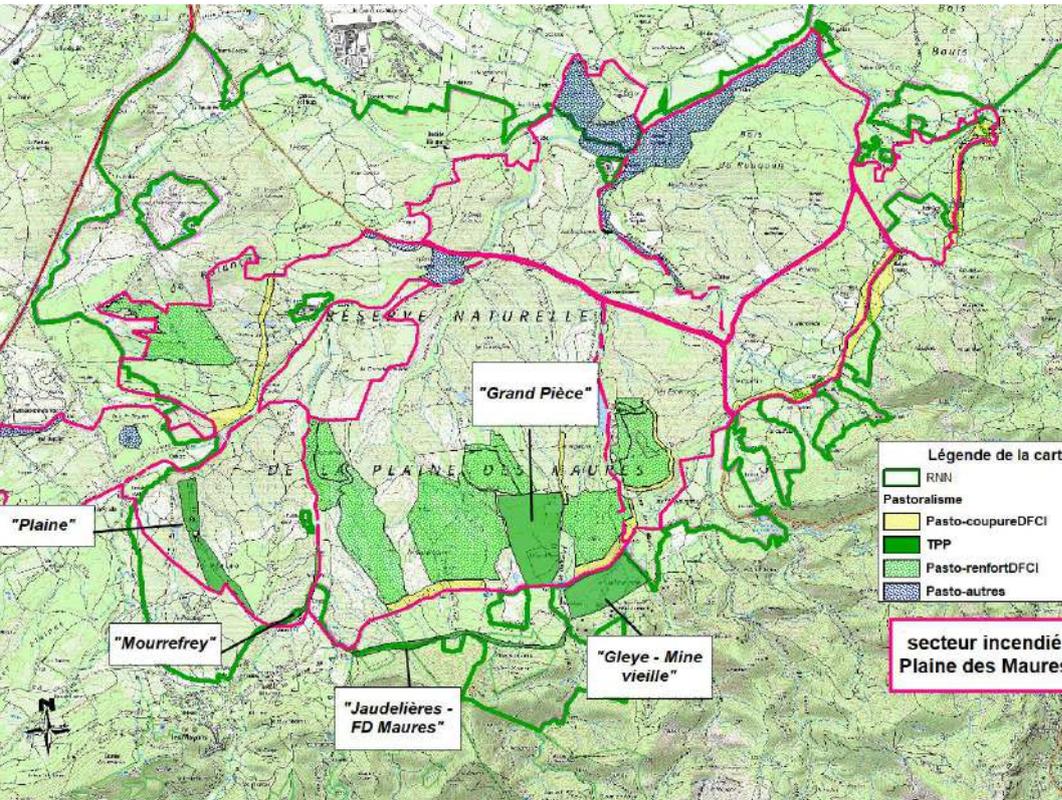
### Secteur « Les Plaines »

24.5ha en territoire incendié en RNN (le TPP se poursuit également hors zone incendiée).

La demande de l'éleveur réside à un pâturage ovin complémentaire à celui déjà réalisé sur des zones limitrophes (vigne), pour un calendrier printanier. La zone est située de part et d'autre de la piste du Teissadon, classée au PIDAF de la CCCV (n°D42 – zone d'appui principale à la lutte).

Sur le plan foncier, la totalité de la zone proposée est située sur une propriété privée dotée d'un PSG, adhérente à l'ASL GFSV.

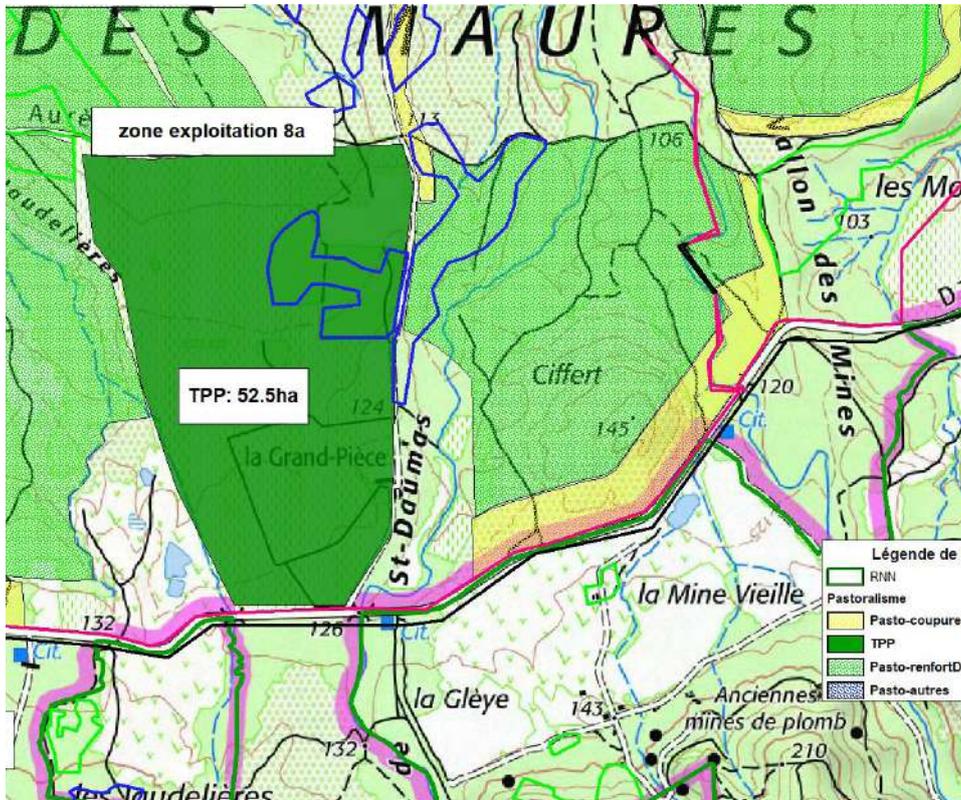
A noter que cette zone est également attenante à un secteur proposé pour une exploitation avec valorisation des bois (9a et 9b) ; si cette exploitation se réalise, il est probable que le potentiel pastoral du secteur exploité s'en trouve amélioré, le milieu étant jusqu'à présent très fermé (pinède dense de pin maritime).



### Secteur « Mourreffrey »

5ha en territoire incendié en RNN (le TPP se poursuit également hors zone incendiée).

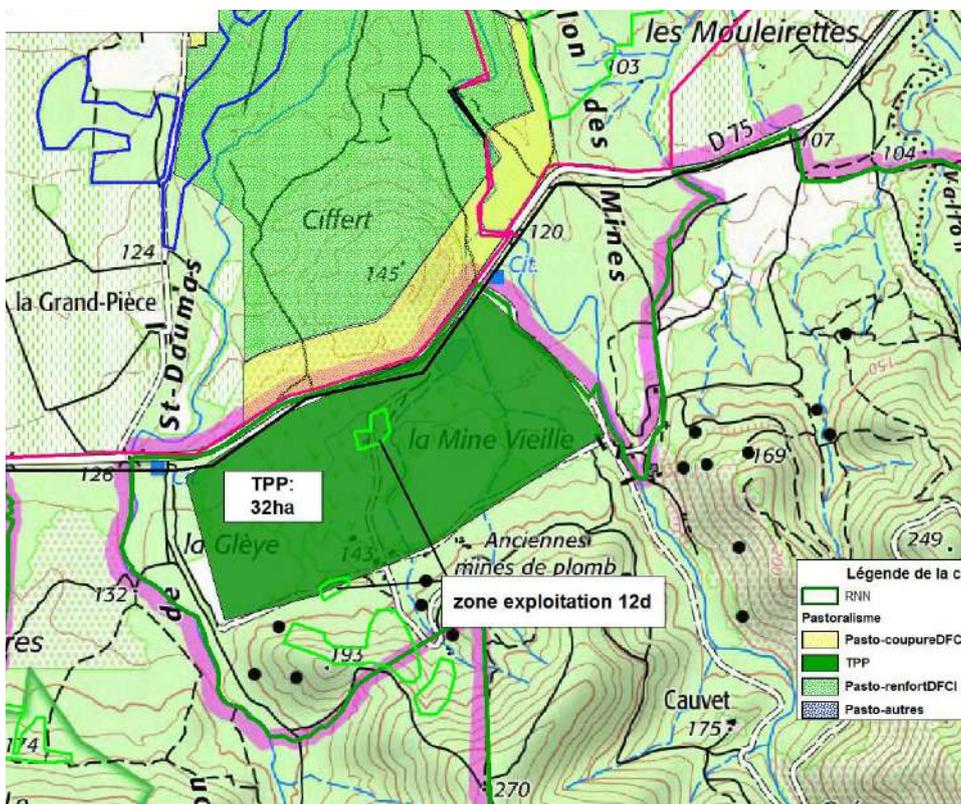
Demande d'un éleveur ovin. La zone est située pour parie sur une propriété privée dotée d'un PSG, adhérente à l'ASL GFSV. Elle représente des « Campas » (milieu ouvert non cultivé).



### Secteur « La Grand-Pièce »

52.5ha entièrement en territoire incendié en RNN. La zone concerne essentiellement des vignes et vergers. Départ du berger actuel. Demande du propriétaire pour un projet « viti-pastoralisme ».

A noter que la partie non cultivée est identifiée pour partie pour une exploitation des bois avec valorisation (secteur 8a).

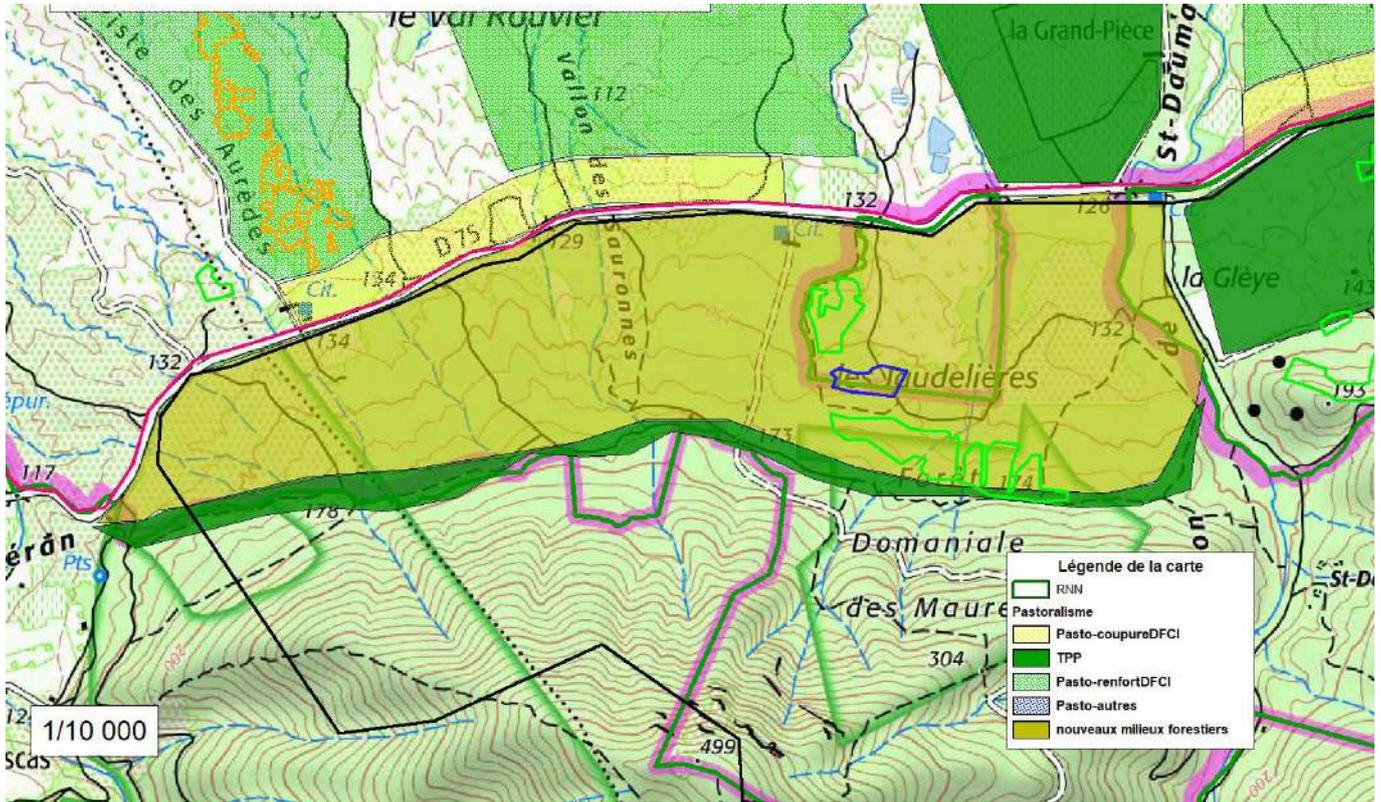


### Secteur « La Glèye - Mine vieille »

32ha entièrement en territoire incendié et hors RNN.

Demande d'un éleveur pour un pâturage ovin printanier. La zone correspond essentiellement à des milieux ouverts non cultivés et non boisés (Campas). Elle est située sur une propriété privée soumise à DGD mais dont le PSG n'est pas réalisé.

Elle comporte une petite surface proposée pour une exploitation des bois avec valorisation (secteur 12d).



### Secteur « Jaudelières – FD des Maures »

11.5ha en RNN. La demande de l'éleveur représente un passage entre territoires pâturés afin d'éviter la route départementale. La FD des Maures et le CEN sont concernés.

A noter que cette zone est attenante à un milieu forestier potentiel pour le sylvopastoralisme (cf. ci-après).

### Nouveaux milieux forestiers potentiels

Il s'agit de milieux forestiers, qui, après incendie, présentent un potentiel pastoral intéressant. Les peuplements concernés sont variables, et la longévité du potentiel pastoral de ces milieux sera parfois dépendant de l'action humaine permettant d'éviter qu'ils ne se referment.

Le sylvopastoralisme sur ces zones devra intégrer les besoins en régénération de la strate arborée (suberaie notamment) et la préservation de cette régénération.

Les retours d'expérience issus du sylvopastoralisme en milieu forestier fermé montrent que, selon le type d'animaux, la charge animale et le calendrier de pâturage retenus, des résultats en termes d'ouverture du milieu ont pu être obtenus dans le temps (7 à 10 années) : l'exemple de l'interface du village de Ramatuelle est particulièrement probant à ce titre (vaste zone de chêne pubescent et chêne liège pâturée chaque hiver pendant une dizaine d'années lors de la transhumance hivernale bovine).

### Les Jaudelières

Pâturée pour partie chaque hiver de 1995 aux années 2000 (transhumance hivernale bovine), cette zone est délimitée par la RD75 et le TPP « Jaudelières » précédemment décrit. Elle représente une centaine d'hectares. Sur une partie, elle abrite une très belle

suberaie vieillissante, partiellement brûlée, avec un impact du feu hétérogène. Elle possède naturellement un bon potentiel pastoral, avec le cytise installé en sous-étage. La régénération de cette suberaie représente un enjeu majeur, ce qui aura un impact sur la conduite du pastoralisme : un troupeau ovin de préférence, avec gardiennage, en période automnale et printanière, sur un pas de temps nécessaire uniquement pour un raclage de la strate herbacée.

Cette zone, limitrophe au piémontisme nord du massif, présente un réel intérêt DFCI, mais également paysager. Elle est principalement comprise au sein de la RNN. Le CEN, l'ONF et un propriétaire privé soumis à DGD sont concernés.

A noter que l'exploitation des bois avec valorisation au sein de la plantation de pin Laricio (FD des Maures) permettra d'ouvrir le milieu et d'améliorer son potentiel pastoral. A noter également la présence d'une source à remettre en service.



Les Jaudelières, mi-mars après l'incendie ©EGA

## Secteurs initialement sous peuplements denses de résineux

Avant incendie, ces secteurs ne présentaient pas d'intérêt pastoral, la densité des peuplements résineux en place empêchant toute apparition d'une strate herbacée, faute de lumière au sol et d'une épaisse litière d'aiguilles. Suite à l'incendie, certains de ces peuplements ont été plus ou moins sévèrement touchés ; ils sont concernés par le programme d'exploitation des bois brûlés avec valorisation.

Si cette exploitation a lieu, ces zones peuvent dans certains cas présenter un intérêt pastoral grâce à l'ouverture du milieu provoquée, sous réserve que les rémanents soient regroupés et qu'une action humaine ralentisse un tant soit peu la repousse du maquis dans le temps. Il est encore trop tôt au moment de la rédaction du présent diagnostic pour savoir si ces conditions seront réunies. On peut toutefois citer les zones suivantes, avec les réserves mentionnées ci-dessus auxquelles viendra se rajouter l'intérêt d'un éleveur pour pâturer la zone.

### Les Plaines – Secteur 9a pour l'exploitation des bois brûlés

Il s'agissait, avant incendie, d'une pinède dense de pin maritime. L'exploitation des bois brûlés conjuguée à une éclaircie dans les zones non touchées pourraient offrir un nouveau territoire pastoral de 26ha environ. A noter qu'il serait attenant à une piste DFCI (piste n°D40, avec une vocation de ZAE) ainsi qu'au territoire pastoral potentiel (TPP) « Les Plaines » décrit au chapitre précédent.

Cette zone est entièrement située en RNN et chez un propriétaire privé membre de l'ASLGFVS. Fin mars 2022, la strate herbacée était inexistante sous la pinède incendiée, exceptée dans les lieux ouverts.

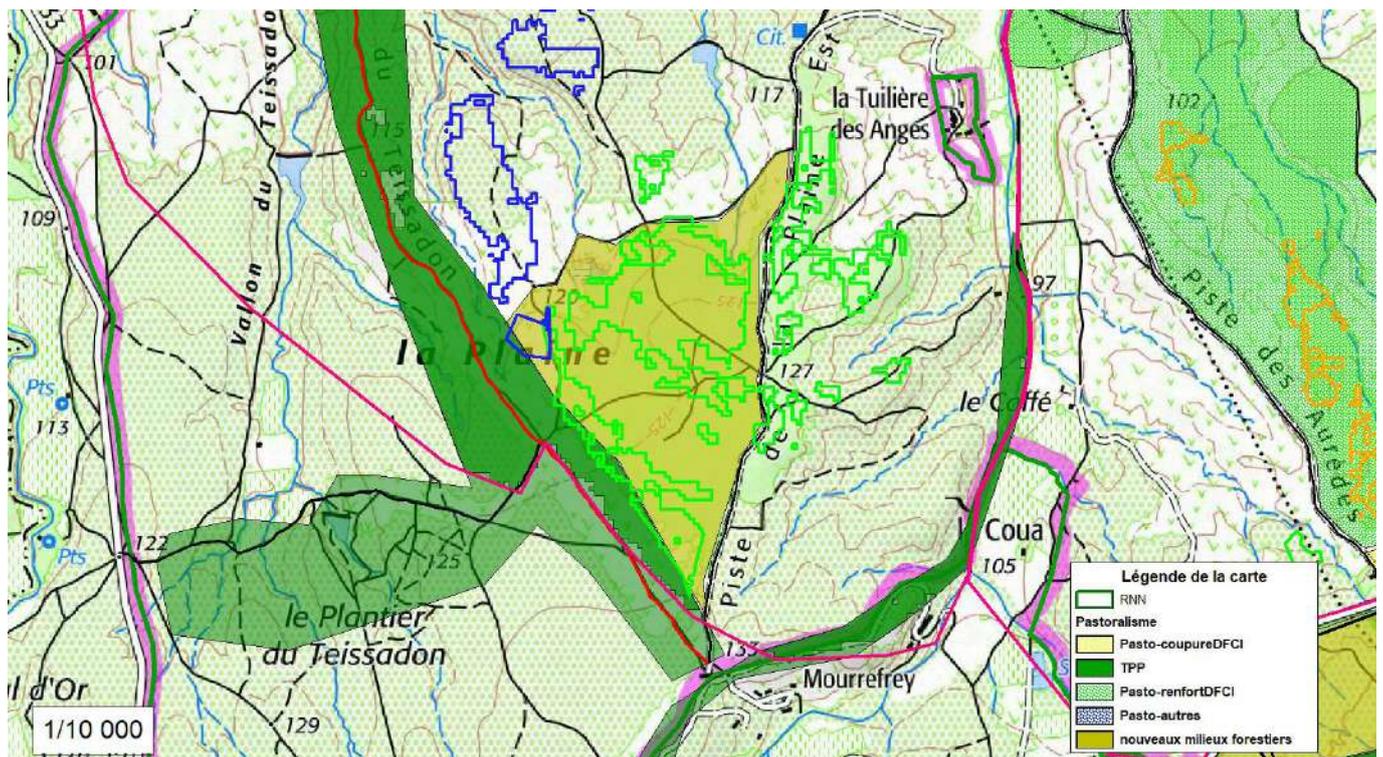
en est très certainement la cause.



Les Plaines après l'incendie : absence de strate herbacée sous la pinède dense ©EGA

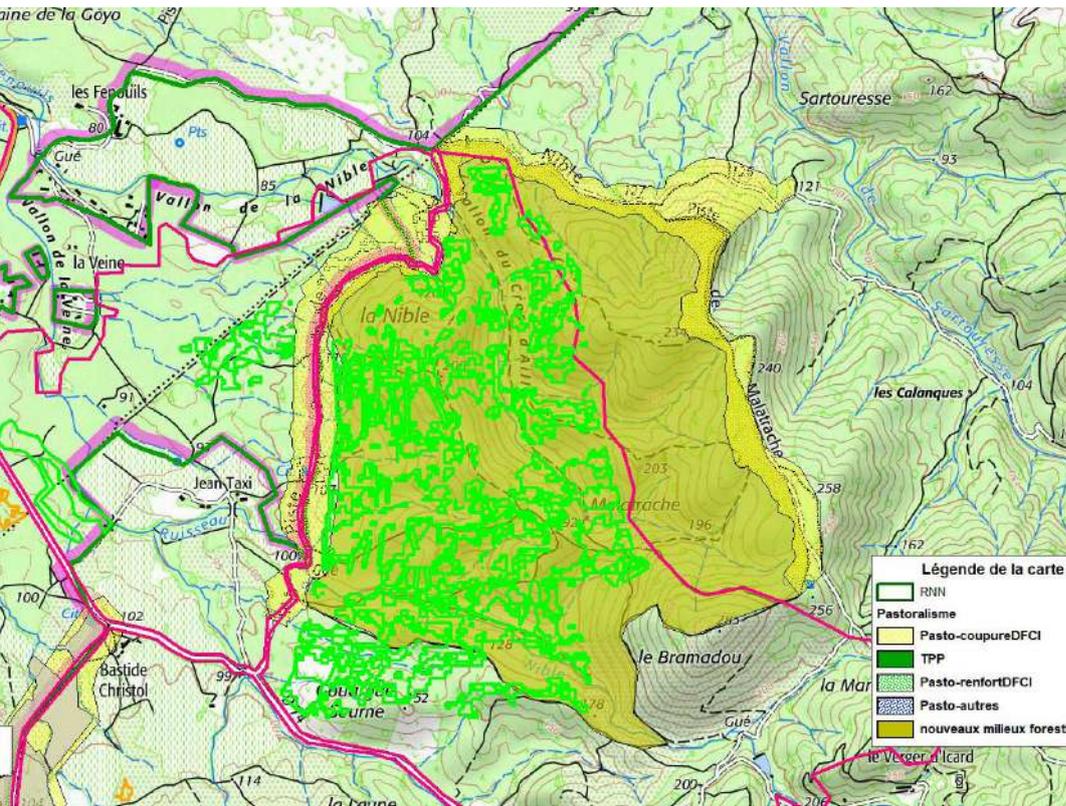


Les Plaines après l'incendie : apparition d'une strate herbacée sur les zones ouvertes ©EGA



### La NIBLE – secteur n°5 pour l'exploitation des bois brûlés

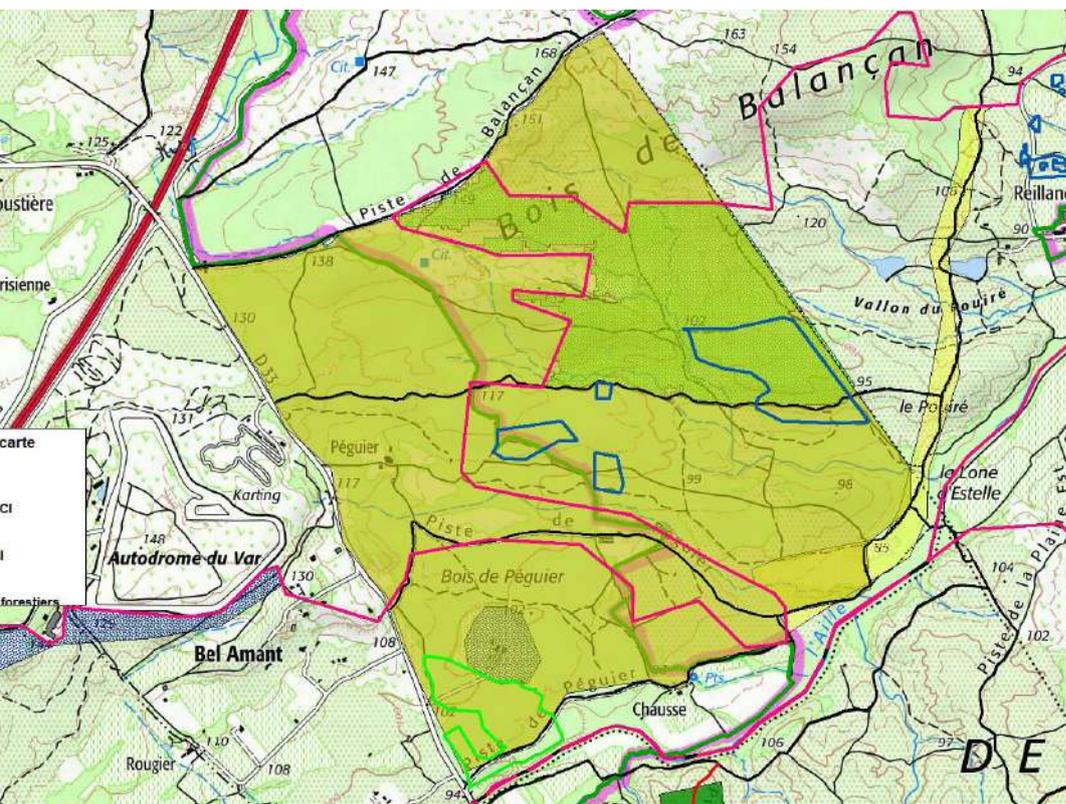
Cette zone est située hors RNN et majoritairement en F.C de La GARDE FREINET, sur le piémont nord du territoire incendié. Avant incendie, présence de plantations résineuses ou de peuplements résineux naturels, parfois denses. **Même si ce secteur ne semble pas, à priori, présenter un fort potentiel pastoral, il est intéressant de l'identifier car situé en appui (et donc en renfort) de la coupure DFCI « La Nible » qui représente un axe stratégique pour la lutte.** Cette coupure est pâturée avec un contrat MAE DFCI. En s'appuyant sur la piste de MALATRACHE (ouvrage DFCI), il s'agirait alors d'une vaste zone de renfort de 200ha environ. Présence de vallons souvent en eau en période hivernale. Il semblerait que cette zone se prête plus à un pâturage par des animaux lourds (type bovin), d'où un impact sur les sols incendiés à suivre.



### Péguier – secteurs n°10b et 10f pour l'exploitation des bois brûlés

Ce secteur représente les plantations résineuses situées en F.C du Luc. L'impact de l'incendie sur ces plantations aura été très hétérogène, mais l'incendie aura engendré une ouverture de milieux parfois très fermés (densité des plantations). Situé en RNN, certaines zones étaient déjà pâturées avant l'incendie.

Les pistes DFCI du Balançon et de Péguier délimitent ce vaste secteur potentiel (300ha), ainsi que la RD33 et la limite de commune Le Luc / Le Cannet des Maures. Il est probable que la totalité de ce secteur n'offre pas la même homogénéité pastorale, les nouveaux parcours s'appuyant alors sur les zones les plus intéressantes, les pistes DFCI existantes mais également sur la potentialité offerte par les zones cultivées mitoyennes.



# Ce qu'il faut retenir

## Synthèse du diagnostic sylvopastoral

### Organiser la recomposition des parcours pastoraux

Avant incendie, le territoire offrait de multiples parcours sylvopastoraux qui s'inscrivait dans une démarche de DFCI et également d'amélioration de la biodiversité. Les secteurs de la plaine des Maures, dont (surtout) la RNN, et celui du Piémont sud du massif étaient principalement concernés.

L'incendie, outre son impact sur les milieux, remet en question, à minima pour trois ans, les logiques de parcours et de déplacement des troupeaux.

Il est souhaitable de ne pas attendre les dix années réglementaires (excepté pour les forêts relevant du régime forestier) pour d'ores et déjà repenser le sylvopastoralisme et envisager de nouveaux parcours pastoraux.

### Restaurer une mosaïque de milieux plus résilients aux incendies

La RNN est une nouvelle fois majoritairement concernée par ces nouveaux parcours potentiels, qu'il s'agisse de ceux issus de la demande d'éleveurs ou ceux engendrés par une amélioration du potentiel pastoral par l'ouverture de milieux jusqu'alors trop fermés pour envisager du sylvopastoralisme.

Si le sylvopastoralisme est globalement favorable pour la biodiversité, des précautions seront toutefois nécessaires afin d'éviter les impacts excessifs sur la végétation (surpâturage, parcage excessif des animaux), pouvant aller jusqu'à éradiquer toute biodiversité et occasionnant même parfois l'eutrophisation de milieux aquatiques situés à proximité.

Dans le cadre de parcours, le troupeau auto-régule sa consommation en se concentrant sur les espèces les plus appétentes ; sur des milieux fermés, le parcage des animaux sera parfois nécessaire pour espérer l'effet escompté.

Dans tous les cas, une démarche participative de l'éleveur sera nécessaire pour définir une conduite du troupeau adaptée au contexte et aux objectifs recherchés ; une approche pragmatique et expérimentale sera nécessaire pour finaliser la mise en œuvre de ces nouveaux parcours, en ayant une vision globale et dynamique de l'écosystème.

De façon générale, et hors enjeu DFCI, les périodes automnales et hivernales seront privilégiées pour la biodiversité, avec si possible une alternance des calendriers.

L'établissement d'un plan de gestion pastorale visant à croiser les objectifs, les besoins des éleveurs et les enjeux en présence devrait permettre de poser les bases d'un sylvopastoralisme constructif et efficace.



*Accompagner les plantations résineuses vers davantage de multifonctionnalité : l'apparition d'une strate herbacée sous plantation résineuse entièrement calcinée offre un réel potentiel pastoral ©EGA*



*Discussion animée par François Jolidercq (EGA) sur le potentiel de rénovation des anciennes châtaigneraies "à fruits" par un itinéraire sylvicole en taillis pour la production de bois- Sortie de terrain du Groupe de travail n°1 - Route de Pic Martin, La Garde-Freinet©SAFRAN*

## Livret 1

# Synthèse des diagnostics & définition des orientations à moyens et longs termes

*Un incendie de l'ampleur du feu de Gonfaron occasionne un traumatisme immédiat chez la population et les élus. Les feux de 1990 puis de 2003 avaient suscité les mêmes réactions immédiates d'émotions et d'incertitudes pour l'avenir des territoires incendiés. Certaines actions immédiates avaient alors été parfois engagées, avec pour objectif de « gommer » l'impact visuel du sinistre, mais sans prendre le temps et le recul nécessaire pour analyser toutes les composantes du territoire et les conséquences de l'incendie sur les espaces naturels et forestiers.*

*Ce temps de réflexion et d'analyse repose dans un premier temps sur les diagnostics relatifs aux différentes thématiques et enjeux portés par ces espaces. Une fois ces derniers accomplis, les choix d'orientations de gestion peuvent s'inscrire dans différentes échelles de temps, à court, moyen et longs termes.*

*Nous proposons, afin de faciliter le processus ayant conduit à ces choix, de reprendre chaque diagnostic par leurs synthèses qui auront naturellement appelé à certains questionnements, les réponses apportées proposant alors de définir les orientations de gestion et les actions à entreprendre.*

Synthèse avec adaptations aux changements climatiques et réduction de la vulnérabilité .....	194
Définition des grandes orientations du programme .....	206
Sigles & bibliographie .....	230

# Synthèse avec adaptations aux changements climatiques et réduction de la vulnérabilité



Visite de terrain du 03 mai 2022 avec l'ensemble des parties prenantes - arrêt sur Route des Crêtes, La Garde-Freinet lors de l'Atelier n°1 : Gestion post-incendie et adaptation au changement climatique - amélioration de la résilience des peuplements forestiers et naturels, dynamique de la végétation, évolution du paysage ©SAFRAN

## Diagnostic érosion des sols

- ▶ *En milieu forestier méditerranéen, après incendie, récupération quantitative des paramètres physico-chimiques des sols en 15 à 25 ans.*
- ▶ *50 ans pour une bonne résilience qualitative de l'écosystème*
- ▶ *Si fréquence tous les 25 à 50 ans: le niveau de potentialités reste bas, en limite de rupture. Un seul épisode d'érosion intense peut compromettre durablement l'avenir de l'écosystème.*
- ▶ *Si fréquences de l'ordre de 4 feux ou plus en 50 ans, les paramètres chimiques et biologiques sont durablement altérés, marquant une dégradation des potentialités*

L'occurrence des incendies joue un rôle primordial sur les sols et, par effet induit, sur les formations végétales. L'érosion déjà en cours et constatée sur les versants pentus : perte de la couche superficielle du sol, accumulation des colluvions en fonds de vallon

## Diagnostic paysager

L'évaluation des covisibilités, mesure à 360° à partir des principes axes de communication par un observateur (h : 1.70), la perception paysagère (0-30km) des zones potentielles à la valorisation des bois brûlés. Quatre niveaux d'intensité sont déterminés suivant les masques topographiques (MNT) et de végétation (MNE) et de son état post-incendie (vert, roussi, brûlé, calciné).

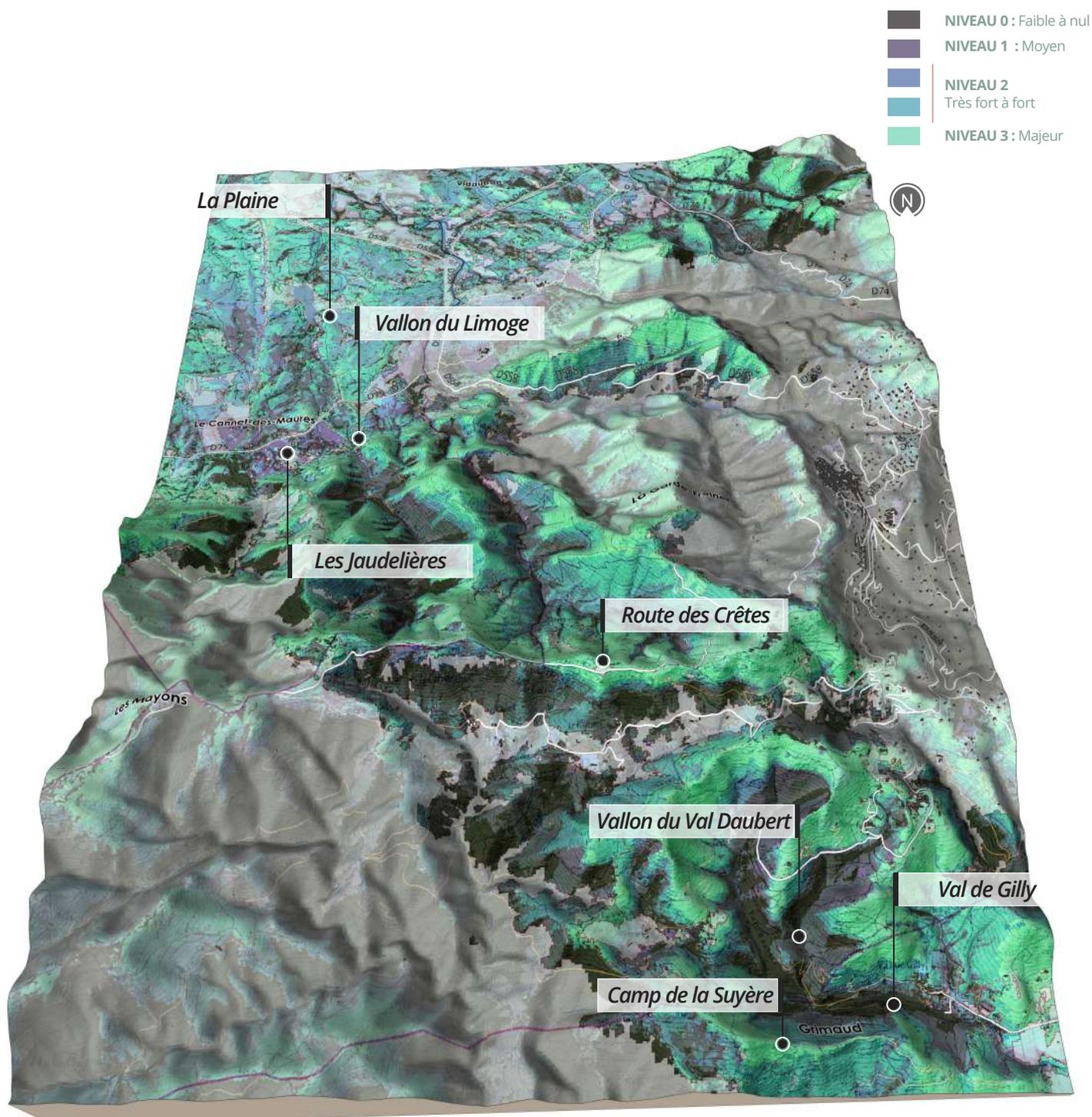
- ▶ *Très fort enjeu paysager depuis les RD : bordure des routes + nombreux cônes de visibilité (rapport Plaine/Versant)*
- ▶ *La plaine des Maures = « La petite Afrique » : un très fort enjeu paysager (covisibilité, pratiques sociales)*
- ▶ *Dynamique naturelle des formations végétales = dynamique de modification des paysages*

La cartographie interroge les attentes politique et sociales vis-à-vis du « Gommage paysager » en fonction des réalités écologiques (résilience, érosion des sols). Ainsi, le diagnostic paysager identifie deux notions transversales : « dynamiques écologique » et « culture de projet »

## Dynamiques écologiques

L'accroissement biologique et les feux de forêt sont les principaux mécanismes de fermeture et d'ouverture du paysage. En évolution libre, la forêt méditerranéenne prend une trajectoire de maturité de peuplement caducifoliée, en fonctions des conditions stationnelles. Cette fermeture progressive du paysage, s'effectue par une succession de peuplements tels que : prairie, matorral, maquis, pinède, forêt mixte, chênaie.

**L'occurrence des feux ayant un rôle important sur la dynamique naturelle des peuplements, elle a, de fait, un rôle primordial sur la modification des paysages**



Bloc diagramme des covisibilités du secteur Piémont nord - Etudes & investigations Safran / Pyrénées cartographie; BD TOPO, SCAN 25 ©IGN

### Développer une culture "du projet"

Suite au passage du feu, les milieux sont nettement ouverts et la lumière pénètrent jusqu'au sol. De nombreux éléments du patrimoine vernaculaire en pierre sèche deviennent lisibles dans les horizons forestiers : linéaires de restanques, correction torrentielle, bâti isolé. Ces derniers attestent à la fois d'une culture traditionnelle rurale révolue, mais témoignent également sur certaines logiques d'implantation, d'aménagement et d'une attention à une gestion

fine du territoire : le génie paysan (soleil, sol, eau). Par conséquent le paysage devient un axe de médiation pour sensibiliser le public qui circule en forêt, et un axe de valorisation agro-sylvo-pastoral à vocation DFCI. Pour ce faire, la mise en œuvre de levier politique et foncier restent déterminante pour une faisabilité opérationnelle et une gestion collective de la ressource combustible. Elle implique logiquement un volet planification, au sens d'une traduction réglementaire dans les documents d'urbanisme en appui de volet prévention et gestion des PIDAF.

## Diagnostic forestier

### Formations végétales en place

- ▶ 58% du territoire incendié occupé par des formations arbustives (maquis bas à maquis boisés) ;
- ▶ des formations forestières emblématiques du territoire (pinèdes adultes de pin pignon, matorrals de pin pignon, pinèdes de pin maritime, suberaies, châtaigneraies), pures ou en mélange, plus ou moins impactées par le feu selon les secteurs ;
- ▶ une répartition spatiale de ces formations qui varie selon les quatre secteurs découpant ce territoire : Plaine des Maures, piémont Nord, piémont Sud et bassin Grimaud - Cogolin - La Môle.

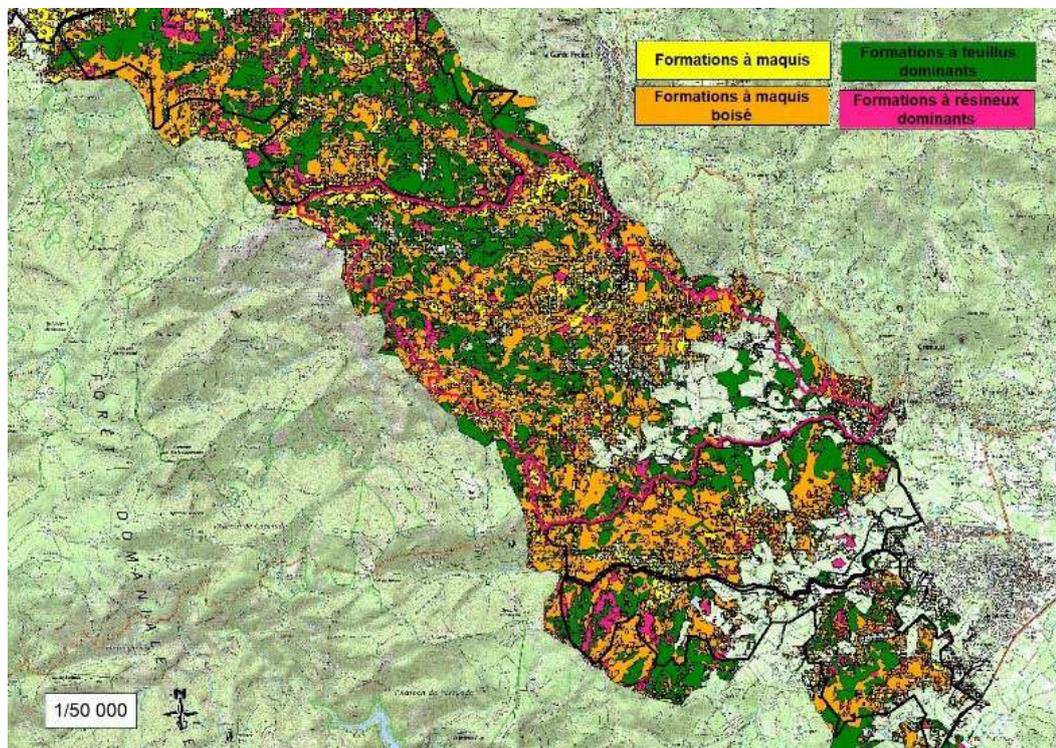
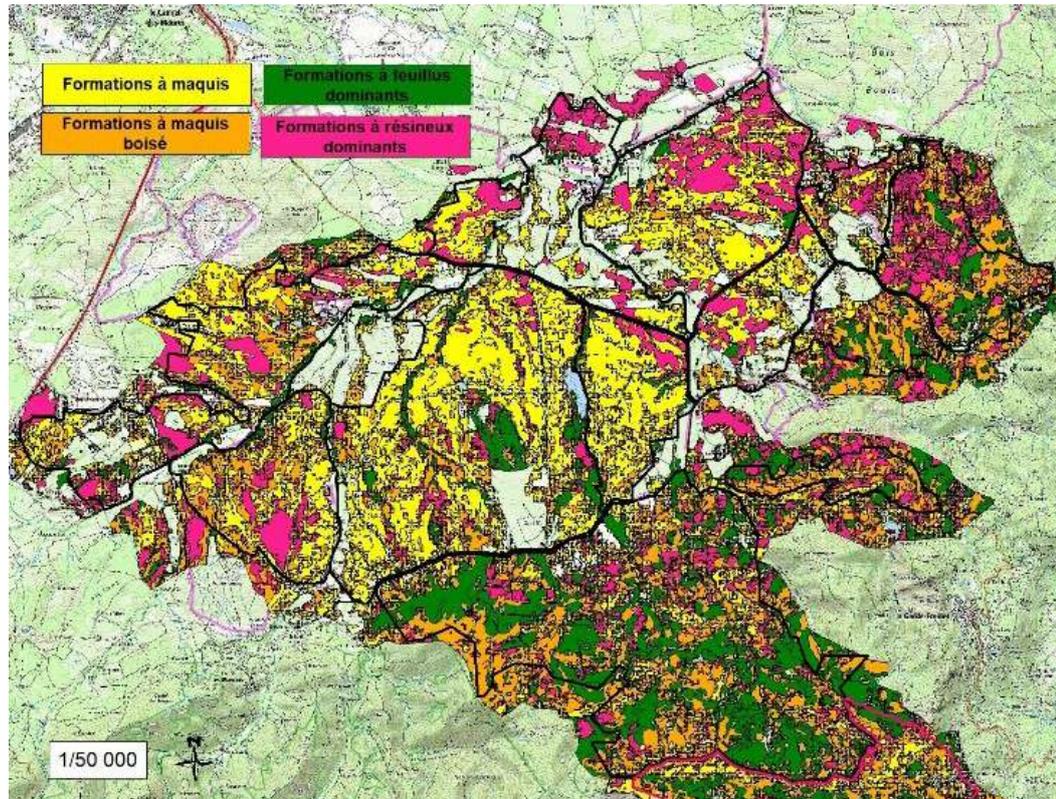
### Evolution naturelle des peuplements post-incendie

- ▶ Forte résilience au feu de la végétation méditerranéenne
- ▶ Pour les Maures : 10 à 15 ans pour que la formation végétale ait réussi à reconstituer ses capacités de régénération (rejets de souche, drageons, semis naturels) et de reproduction quasiment à l'identique.

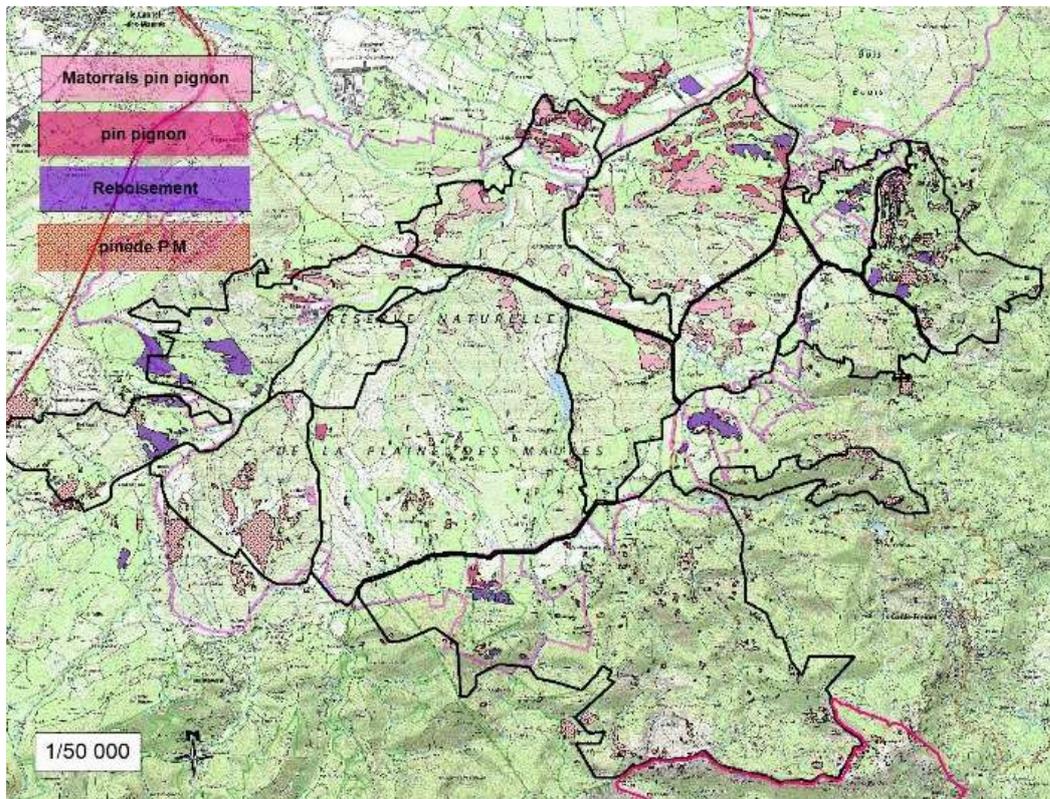
Attention ! Reconstitution ≠ Régénération à l'identique. Seule une forte occurrence des feux peut compromettre ces dynamiques naturelles avec:

- ▶ Réduction strate arborée au profit de la strate arbustive
- ▶ Perte en richesse (en diversité et en biodiversité) liée à une homogénéisation des habitats et une régression de l'état boisé, en particulier des suberaies

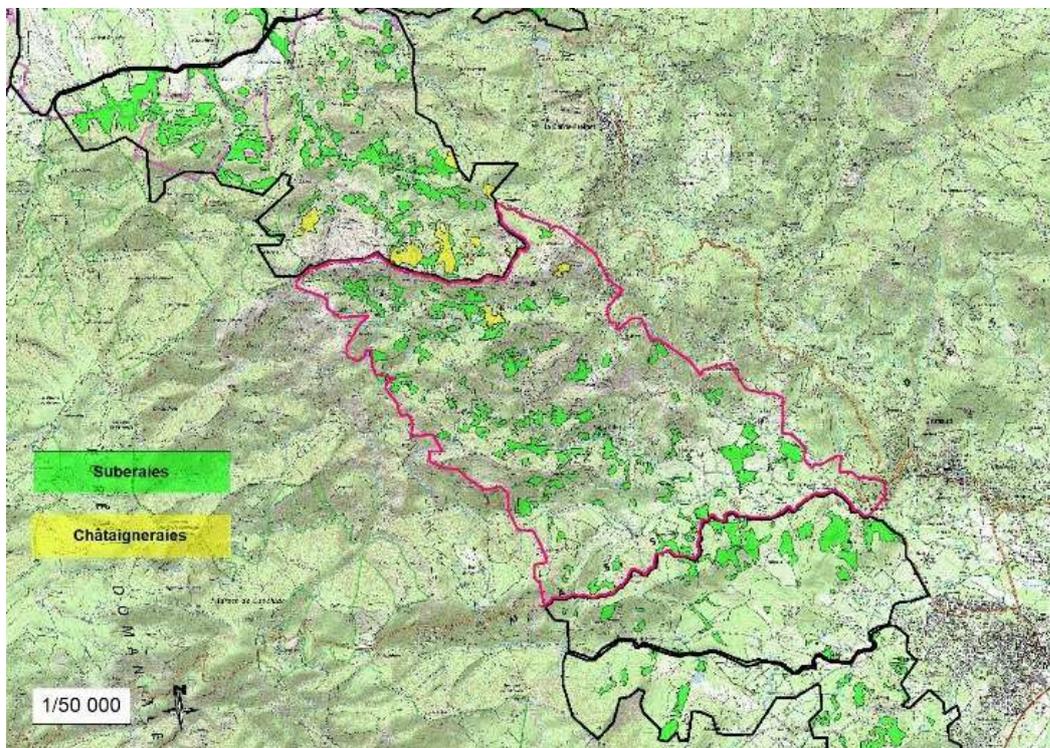
Mais... « Il est passé par ici, il repassera par là... » Forte occurrence des feux sur le territoire incendié, avec notamment une partie du feu de 2021 qui reprend l'emprise de celui de 2003.



Carte des peuplements forestiers : formations basses et matures ©Alcina



Carte des peuplements forestiers de résineux et reboisement ©Alcina



Carte des peuplements forestiers emblématiques : suberaie, châtaigneraies ©Alcina

### Evolution naturelle attendue selon les secteurs :

- ▶ **Faible impact du feu sur les compositions (présence d'espèces) dans les maquis.**
  - ▶ **Impact de la récurrence des feux sur la capacité des arbres à atteindre une taille adulte et une maturité sexuelle.**
  - ▶ **Impact sur l'abondance de certaines espèces.**
- **Plaine des Maures :** formations à maquis clairs majoritaires, essentiellement au détriment des Matorrals à pin pignon (régénération naturelle délicate pour cette essence) – Régénération par poches attendue pour le pin maritime, avec un stade de gaulis denses.
  - **Piémont Nord :** dégradation des suberaies au profit des formations à maquis boisé, sauf les zones relativement épargnées, dont les abords de la RD75 et des vallons secondaires aux trois principaux vallons encaissés traversant du nord au sud le piémont (avec peuplement mélangés avec chêne pubescent). La régénération par poches du pin maritime sera plus longue qu'après le feu de 2003 (perte de semenciers). Les châtaigneraies relativement épargnées.
  - **Piémont Sud :** développement des formations à maquis bas et maquis boisés, au détriment des suberaies claires. Quelques poches de régénération de pin maritime attendues d'ici 20/25ans dans le meilleur des cas.
  - **Bassin de Grimaud - Cogolin - La Môle :** retour à l'état initial possible d'ici une quinzaine d'années, sous réserve qu'il n'y ait pas un autre incendie. Le plateau de TRIMURTI et son versant sud fortement dégradé (maquis bas)



Vue d'ensemble de la Plaine des Maures suite au feu de Gonfaron. ©Rascas Biodiv



Pelouses mésophiles, Plaine des Maures. ©Rascas Biodiv

## Diagnostic écologique

### Un territoire emblématique affecté :

- ▶ *Un point chaud de biodiversité méditerranéenne ayant justifié un classement en RNN et un contrat NATURA2000*
- ▶ *Une part significative de la flore de France*
- ▶ *Un nombre exceptionnel d'espèces protégées concernées (61 plantes et 184 animaux en PDM)*
- ▶ *Un territoire incendié à plusieurs reprises*
- ▶ *Une mosaïque d'habitats influencée entre autres par l'histoire des feux*
- ▶ *Des périmètres à responsabilité affectés dans de grandes proportions*
- ▶ *Plus de la moitié de la RNN de la Plaine des Maures impactée par le dernier incendie (2578ha)*
- ▶ *12 % du site Natura 2000 également concerné (4000ha)*

Mais une biodiversité qui a co-évolué avec les incendies !

### Quels impacts sur les habitats ?

- ▶ *Des habitats rocheux modérément impactés mais dont le caractère minéral est renforcé*
- ▶ *Des habitats herbacés peu affectés voire favorisés*
- ▶ *Des habitats arbustifs modérément impactés (auto-succession) mais « rajeunis » et plus clairsemés*
- ▶ *Des habitats forestiers relativement impactés voire en limite de rupture:*
- ▶ *Les suberaies sont structurantes pour la biodiversité*
- ▶ *Les ripisylves sont localement très fragilisées*
- ▶ *La régénération des pinèdes de pins maritimes à l'identique pose des questions en matière de biodiversité*
- ▶ *Les châtaigneraies sont peu concernées mais ne peuvent se maintenir sans intervention humaine*

**Un impact majeur: la perte des faciès forestiers probablement irréversible localement!**

### Quels impacts sur la flore ? :

- ▶ *Des réponses variables selon les types biologiques*
- ▶ *Des familles et quelques espèces sont stimulées et dominent dans un premier temps*
- ▶ *De nombreuses plantes et stations protégées sont concernées*
- ▶ *Mais un constat globalement encourageant pour de nombreux taxons protégés et/ou endémiques observés début 2022*
- ▶ *Un risque de dynamisation d'espèces végétales exotiques envahissantes*

**Une attention particulière à porter pour des espèces nécessitant des ambiances fraîches et ombragées!**



*Pensée de Roquebrune après incendie, Les Roches Blanches, La Garde-Freinet ©Rascas Biodiv*



*Tortue survivante dans un abris sous roche, Bois du Rouquan ©Rascas Biodiv*

### Quels impacts sur la faune ?

- ▶ Une mortalité directe très difficile à estimer et très variable selon les modes de vie
- ▶ Les espèces les plus impactées sont les moins mobiles et celles liées à des micro-habitats détruits par l'incendie (litière, végétation basse, cavités arboricoles, bois mort...)
- ▶ La recolonisation peut être rapide pour des espèces mobiles ou très lente pour d'autres (10 ans ou plus) : le rythme des feux est donc crucial!
- ▶ La recolonisation dépend de la disponibilité des habitats d'espèces, elle est aussi fortement influencée par la proximité de zones refuges
- ▶ Des changements s'opèrent dans les communautés d'espèces, certaines pouvant être favorisées à terme

Globalement, les espèces d'affinités médio-européennes sont défavorisées surtout si elles dépendent d'ambiances forestières denses; certaines espèces à forte affinité méditerranéenne peuvent être favorisées

### Le cas particulier de la tortue d'Hermann :

- ▶ L'incendie, une des variables majeures expliquant l'abondance de l'espèce et les structures démographiques
- ▶ Un impact qui se cumule à d'autres feux et d'autres menaces
- ▶ Une part très significative d'habitats clés et de populations majeures impactées (plus de 20 %)
- ▶ Des taux de mortalité très variables selon les secteurs (entre 40 et 90 %)
- ▶ Des taux de mortalité très influencés par la nature des cachettes en période d'estivation (abris sous roches versus abris végétaux)
- ▶ Des noyaux de populations (Grimaud, Cogolin) dans

### L'incapacité de se restaurer naturellement

Une espèce phare, à la limite de la rupture si un incendie similaire intervient dans les 30 prochaines années!

### Pour conclure :

Le feu de Gonfaron ne remet pas en cause fondamentalement l'exceptionnelle richesse écologique du territoire. Une large part des éléments écologiques qui constituent ce patrimoine devrait pouvoir perdurer même si certains écosystèmes en ressortent affaiblis. Mais, si l'incendie ne représente pas un désastre écologique en soi, c'est la répétition des feux qui impacte fortement la biodiversité, et notamment celle inféodée aux milieux arborés et certaines formations spécifiques comme la suberaie. Les espèces méditerranéennes rares du territoire associées à des ambiances fraîches et forestières apparaissent durement impactées par cette perturbation (impact sur le cortège floristique).

L'évolution de milieux originaux et d'un grand intérêt sur la zone (ripisylves, suberaies mésophiles) méritera d'être suivi attentivement et des efforts de restauration seront peut-être nécessaires

## Diagnostic économique

Avant l'incendie, à l'échelle du massif des Maures:

- ▶ *Jusqu'au milieu du 20ème siècle, une réelle économie forestière avec le pin maritime, le chêne liège, le châtaignier et même la bruyère*
- ▶ *Un déclin des filières d'origine pour des raisons économiques (Liège, souches de bruyères), mais également pour des raisons d'état sanitaire des peuplements (pinèdes de pin maritime, suberaies, châtaigneraies)*
- ▶ *Depuis quelques décennies, une économie forestière en berne, sans production forestière majeure engendrant d'importants flux financiers. Le déclin des filières d'origine a engendré une absence des récoltes et une perte des savoir-faire*
- ▶ *Des essais de relance de filières (bois énergie, liège, châtaigne) avec la création de structures associatives (Maure Bois Energie, ASL Gestion Forestière Suberaie Varoise, Syndicat des producteurs de châtaigne), mais dans un contexte contraignant :*
  - *Une topographie difficile et une desserte insuffisante,*
  - *Un fort morcellement foncier,*
  - *Des enjeux biodiversité à prendre en compte pouvant induire d'importants surcoûts et une infaisabilité économique,*
  - *Une très forte récurrence des incendies sur certaines parties du massif...*

Toutefois, un réel potentiel pour des filières de valorisation dites « de niche » : la forêt des Maures représente une forêt de « cueillette », avec plusieurs « menus produits » situés parfois sur une même parcelle ; un contexte économique et sociétal favorables pour ces filières ?

Principal intérêt économique de la forêt des Maures : celle induite par la qualité des paysages (tourisme, loisirs) et le sylvopastoralisme

### Conséquences sur le territoire incendié

- *Sur le piémont Nord, des suberaies en production fortement impactées ; la remise en état de production avec la levée du liège brûlé devra attendre une dizaine d'années ;*
- *Des plantations résineuses de 20 à 30ans dans la plaine des Maures parfois entièrement calcinées qui n'étaient pas encore au stade productif*
- *Un secteur à fort potentiel de production ligneuse fortement impacté (La Nible)*

### Pour conclure :

Si la production forestière, au sens traditionnel du terme, ne représente pas un enjeu économique majeur en tant que tel, certaines formations arborées (suberaies, châtaigneraie, pinèdes...) induisent d'autres bénéfices, qu'ils soient environnementaux (CO<sub>2</sub>, sols, biodiversité...) ou paysagers. Si ces bénéfices sont difficilement chiffrables sur le plan économique, ils sont pourtant réels.

Dans un contexte favorable aux énergies renouvelables (plaquette, bois de chauffage), où aux mode de commercialisation en circuit court de productions locales (paillage, liège, châtaigne, miel...), les actions permettant de préserver, régénérer, voire remettre en production ces formations représentent une orientation de gestion cohérente en comparaison des bénéfices attendus. Cela permettrait également de poursuivre les actions de regroupement et d'animation foncière déjà engagées par les structures existantes.

## Diagnostic sylvopastoral

### Avant l'incendie

- ▶ *Un Plan Pastoral en cours d'élaboration à l'échelle du massif*
- ▶ *Un double objectif potentiel : DFCI et biodiversité*
- ▶ *Des zones dites de « renfort » pastoral qui permettent de répondre au double objectif*
- ▶ *Un impact sur le milieu qui dépend de l'objectif initial et de la conduite du troupeau*
- ▶ *Avant feu : environ 1300ha pâturés de façon + ou – extensive par une dizaine d'éleveurs*
- ▶ *La plaine des Maures et le bassin Cogolin/La Mole principalement concernés*
- ▶ *Des parcours pastoraux qui possèdent une continuité en dehors de la zone incendiée, et concernent également des zones cultivées*

### Impact de l'incendie

- ▶ *Faible impact sur les coupures DFCI*
- ▶ *Impact nettement plus importants sur les zones dites de « renfort »*
- ▶ *Une rupture de logique de parcours pour les éleveurs + perte d'équipements pastoraux partiellement détruits*
- ▶ *Une réglementation qui interdit le pâturage sur les parcelles incendiées ne relevant pas du régime forestier pendant 10ans*

### Après l'incendie

- ▶ *Une nécessité de pouvoir recourir au pâturage avant le terme des 10ans sur certaines zones offrant un bon potentiel, selon une logique de parcours et les objectifs visés.*
- ▶ *Des secteurs identifiés pour leur potentiel pastoral avec un objectif DFCI et biodiversité ; la RNN est majoritairement concernée.*
  - *Les Jaudelières : environ 150ha, en appui d'un ouvrage DFCI, au sein de peuplements principalement feuillus, dont des suberaies.*
  - *La plaine des Maures, dont certaines plantations résineuses calcinées ou pinèdes naturelles de pin maritime. Le potentiel pastoral est étroitement dépendant de l'ouverture du milieu et des orientations de gestion qui seront données sur ce secteur:*
  - *La Nible (hors RNN): environ 200ha, en intégrant les zones non brûlées, en appui d'un ouvrage DFCI*

Une charge animale et un calendrier de pâturage comme critères à prendre en compte pour définir un cahier des charges au sylvo-pastoralisme et répondre aux enjeux de biodiversité en présence, certains habitats sensibles étant préalablement à identifier (mares temporaires par exemple)

Une démarche participative de l'éleveur pour définir une conduite du troupeau adaptée au contexte et aux objectifs recherchés ; une approche pragmatique et expérimentale sera nécessaire pour finaliser la mise en œuvre de ces nouveaux parcours, en ayant une vision globale et dynamique de l'écosystème.

Si l'incendie tend à homogénéiser les milieux, le sylvopastoralisme peut aider à les diversifier et donc maintenir une certaine biodiversité. C'est pourquoi il ne faut pas nécessairement attendre trop longtemps avant de le réintroduire. C'est l'opportunité de développer des milieux semi-ouverts qui tendront autrement à évoluer vers des maquis denses qu'il ne sera alors plus possible de faire pâturer.

## Diagnostic climatique

### Analogie climatique

Elle procède par identification des zones géographiques dont le climat actuel est le plus proche du climat attendu en 2050. **Pour les Maures, l'analogie se porte sur les côtes de la Sardaigne, de la Catalogne et autour de Valencia.**

### Dynamique naturelle des formations végétales principalement perturbée par

Le changement climatique : amplifie, accélère la perturbation

- La répétition des incendies
- Les actions anthropiques de l'homme (cultures, DFCI, plantations...)

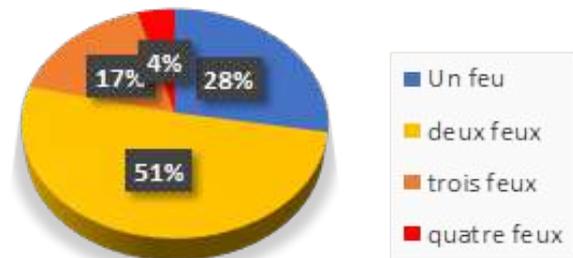
### Spirale du déclin

**Cette spirale entraîne le dépérissement d'individus, de tâches, de versants.**

- Faible état sanitaire initial des peuplements
- Limites stationnelles
- Attaques parasitaires

### Occurrence des feux

Principal impact du changement climatique : augmentation du phénomène d'occurrence des incendies et de leur puissance (fréquence plus forte, saison à risque plus longue, biomasse combustible plus importante, hygrométrie plus faible).



Répartition des occurrences des incendies depuis 1979 sur le territoire d'étude ©EGA

Sur la zone d'étude, la période de retour du feu s'établit entre 20 et 40 ans, mais avec le changement climatique :

- ▶ *Réduction de cette période (vers 15-30 ans)*
- ▶ *Perte progressive des capacités de résilience de la végétation*
- ▶ *Modification profonde des types de peuplements au profit de maquis de plus en plus bas.*
- ▶ *Impact attendu sur l'évolution des espèces floristiques inféodées aux milieux humides*

# Ce qu'il faut retenir

## Synthèse avec adaptations aux changements climatiques et réduction de la vulnérabilité

Quel que soit le diagnostic, il est évident que la récurrence des incendies joue un rôle majeur et déterminant, à prendre en compte dans les choix de mode de gestion possibles et les actions qui pourraient y être associées. Dès lors, et sur la base de ces synthèses, plusieurs questions peuvent se poser, dont les réponses orienteront les stratégies de gestion à moyen/courts termes.

### Question de base : faut-il laisser libre cours à une évolution naturelle des formations végétales ou intervenir ?

La réponse à cette question ne saurait être binaire, pour plusieurs raisons dont :

- ▶ *Dans un objectif de protection et de développement, l'évolution de la biodiversité après incendie peut s'accompagner de mesures de gestion et d'accompagnement. Des habitats tels que la suberaie ou la châtaigneraie sont déjà la résultante d'interventions anthropiques antérieures. Mais selon la nature de ces enjeux, le choix de laisser libre cours à une évolution naturelle constitue un choix de gestion en tant que tel.*
- ▶ *Une large partie de la biodiversité ne nécessite aucune intervention car seules les dynamiques naturelles spontanées permettront de la restaurer. Il faut donc se concentrer sur le maintien d'habitats structurants pour la biodiversité, si possible en lien avec l'économie forestière.*
- ▶ *La topographie du territoire incendié jouera un rôle majeur, les actions étant forcément limitées sur des pentes > 40/50%.*

- ▶ *Même si les interventions sont programmées dans le temps, les budgets, bien que conséquents, ne seront pas extensibles : l'aspect financier jouera également un rôle prédominant*
- ▶ *Bien que certains retours d'expérience existent sur des actions menées après incendies, ils restent encore faibles, et souffrent d'un manque de suivi dans le temps. Pour les actions qui seront menées, elles devront être suivies, les résultats quantifiables (indicateurs) et comparables à des zones dites « Témoin » sur lesquelles aucune intervention ne sera faite.*

Cela étant, si le choix était fait de ne pas globalement intervenir, l'évolution naturelle des peuplements pressentie (cf. synthèses), sera une dégradation des strates arborées au profit des formations arbustives, une récurrence accrue des incendies, qui, associée au changement climatique, entrainera une autre spirale du déclin :

- ▶ *Erosion accrue des sols*
- ▶ *Accélération de la disparition ou dépérissement des strates arborées*
- ▶ *Développement des strates arbustives xérophiiles*
- ▶ *Augmentation du risque d'incendie*
- ▶ *Perte globale en biodiversité*
- ▶ *Perte en qualité/en diversité des paysages*

Si le choix est fait pour une gestion « interventionniste », d'autres questions se posent immédiatement : Dans quelles mesures ? Pour quels objectifs ? Quelles natures des interventions ?

Ces questions peuvent induire les réflexions suivantes :

- ▶ *Faut-il replanter ? Si oui, où ? avec quelle essence ? quels objectifs ?*
- ▶ *Faut-il assister la régénération naturelle de certaines formations végétales ? Lesquelles ? De quelles façons ?*
- ▶ *Quelles formations végétales à privilégier ? Quelles actions ? Où ?*

Dans tous les cas, les réponses à apporter devront intégrer le risque d'incendie et sa répétition, mais également les différents enjeux et les diagnostics réalisés. Les synthèses des diagnostics et les questions qui se posent pour définir les orientations de gestion ont été présentées et débattues au sein de deux ateliers de travaux, regroupant divers spécialistes selon la thématique abordée, des gestionnaires de milieux naturels ou de DFCI :

- *Atelier n°1 (03/05/2022) : Gestion post-incendie et adaptation au changement climatique – amélioration de la résilience des peuplements forestiers et naturels, dynamique de la végétation, évolution du paysage ;*
- *Atelier n°2 (20/05/2022) : Gestion post-incendie et biodiversité – évolution de la biodiversité suite à l'incendie, mesures de gestion et d'accompagnement ;*

**Les propositions qui suivent résultent de ces deux groupes de travail.**

# Définition des grandes orientations du programme



Suberaie en versant ubac - Piste du Pic Martin, Le Cannet des Maures ©SAFRAN

BARREDO, J.-I., MAURI, A., CAUDULLO, G., DOSIO, A., 2018, Assessing Shifts of Mediterranean and Arid Climates Under RCP4.5 and RCP8.5 Climate Projections in Europe, Pure and Applied Geophysics, (175) 11, p. 3955-3971

*« La région méditerranéenne est particulièrement concernée par le changement climatique pour deux raisons. D'une part, ce changement y est plus rapide que la moyenne mondiale, et cette tendance devrait s'accroître dans le futur. D'autre part, la combinaison d'une sécheresse marquée avec la saison la plus chaude est la principale composante définissant le climat méditerranéen. Elle constitue déjà la plus grande contrainte pour la végétation. Bien que cette végétation y soit adaptée, du moins dans les conditions du passé, les changements en cours risquent de l'aggraver au-delà de la résistance connue des plantes. [...] Des projections du climat futur indiquent que le climat méditerranéen devrait gagner vers le nord l'équivalent de 25 à 50 % de sa surface actuelle selon les scénarios RCP4.5 and RCP8.5 respectivement, dans des zones où la végétation n'est pas adaptée à la sécheresse d'été, mais aussi perdre jusqu'à 16 % de cette surface côté sud au profit de zones arides et désertifiées. »*

*José Luiz Barredo, Al. 2018*

Avec près de 7000ha, le territoire d'étude présente une certaine hétérogénéité contextuelle : le niveau d'impact du feu sur les formations végétales, la topographie en place, les différents enjeux en présence, mais également les retours d'expérience des incendies passés constituent autant de facteurs à intégrer dans les orientations de gestion à moyen et longs termes. Ces orientations de gestion reposent sur quelques grands principes généraux qui intègrent cette hétérogénéité ainsi que la récurrence des incendies sur le territoire.

Sauf cas particulier, la production ligneuse ne représente pas l'orientation majeure retenue. L'objectif principal sera environnemental, en accompagnant l'évolution des formations forestières les plus emblématiques (principalement feuillues) sur les secteurs offrant le meilleur potentiel. Les actions à mettre en œuvre devront permettre d'améliorer la résilience de ces formations au risque d'incendie et au changement climatique en cours, dans le respect des enjeux de biodiversité en présence.

Il sera nécessaire d'intervenir régulièrement et progressivement, en se laissant le temps pour observer la réaction et l'évolution des peuplements aux actions engagées, en comparaison avec les zones pour lesquelles l'évolution naturelle sera retenue.

Les grands principes généraux de gestion :

- ▶ **Objectif général environnemental (biodiversité, paysage, cadre de vie, maintien des sols, et rétention des eaux pluviales, stockage carbone);**
- ▶ **Intervenir progressivement, avec un suivi dans le temps;**
- ▶ **Intervenir sur des zones ciblées pour éviter la dispersion et le saupoudrage des actions;**
- ▶ **Optimiser la résilience de formations forestières emblématiques pour leur intérêt paysager et leur biodiversité;**
- ▶ **Avoir recourt au sylvopastoralisme pour accompagner cette optimisation lorsque le contexte s'y prête;**
- ▶ **Accompagner la régénération naturelle des peuplements et leur renouvellement, le recours aux plantations étant principalement retenu à titre expérimental;**
- ▶ **Privilégier les peuplements irréguliers et la mixité des essences.**

## Accroître notre connaissance collective du phénomène incendie : une culture du feu

A chaque paysage du climat méditerranéen correspond un régime spécifique de feu, modelé localement suivant des variations météorologiques (vent, sécheresse, chaleur), des facteurs écologiques (végétation combustible) et une source d'ignition aggravée par les pressions humaines. Les effets du changement climatique et notamment la modification du régime de feux associés à l'évolution des paysages et de l'aménagement du territoire conduisent à une augmentation substantielle de la vulnérabilité aux incendies de forêt. Ainsi, la combinaison des stratégies de sécurité

civile, sylvicoles et de planification territoriale auront comme axe prospectif d'améliorer la gestion de la biomasse combustible en accompagnant les dynamiques des peuplements existants de manière à restaurer davantage d'hétérogénéité dans le paysages grâce à une mosaïque de milieux résilients au feu.

Les connaissances récentes de la science du feu, et de l'écologie des milieux méditerranéens acquises par la recherche scientifique de ces dernières années, combinées aux retours d'expérience des service départementaux d'incendie et de secours contribuent à appréhender ce phénomène complexe, de manière systémique et politique à la fois dans l'espace et dans le temps.



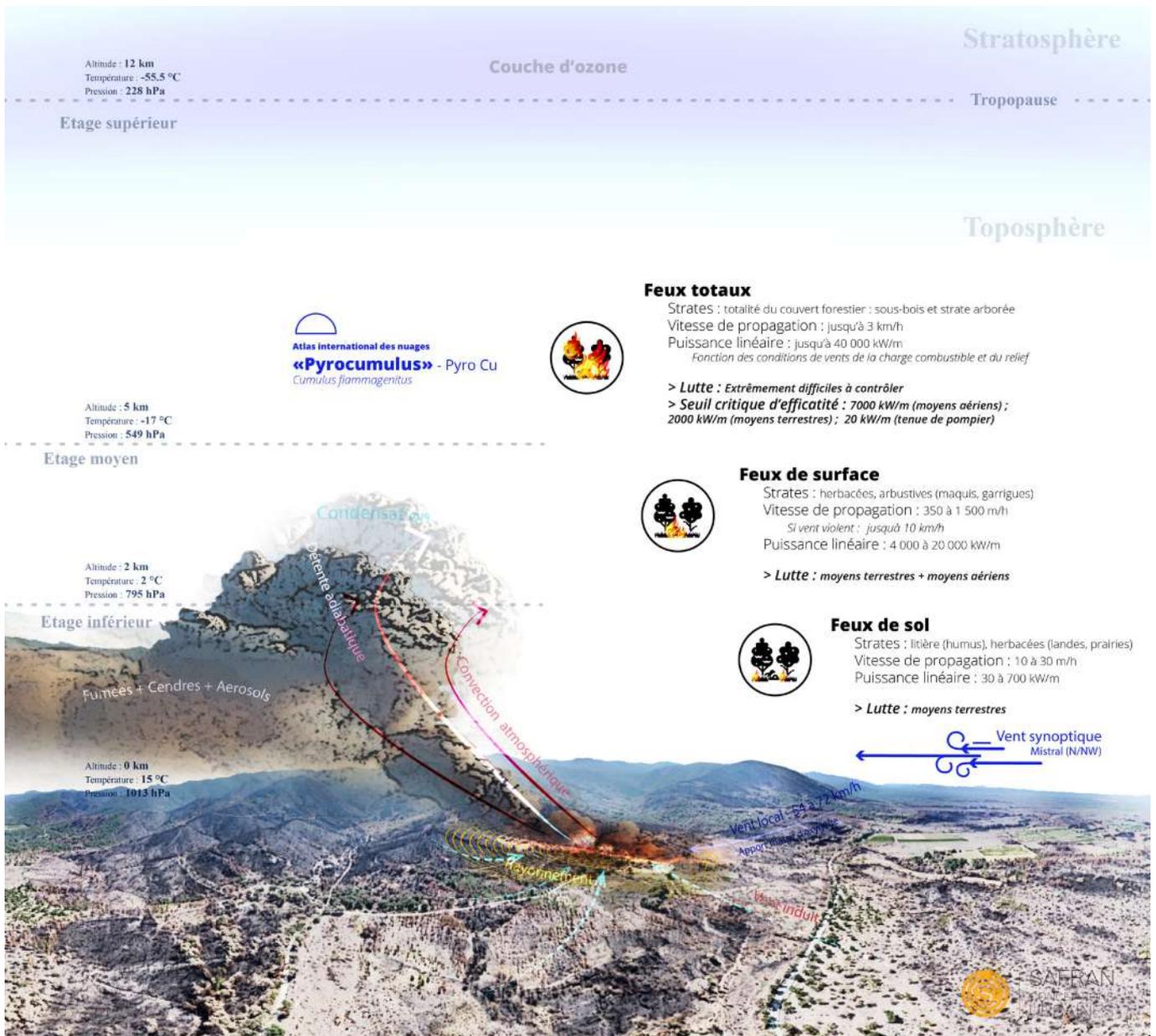
*Atlas international des Nuages : Cumulus congestus flammagenitus (CU con flgen) : ce nuage s'est formé par le phénomène de convection produit par l'incendie de forêt au niveau du sol. L'élévation de température génère alors des mouvements ascendants qui entraîne la vapeur d'eau qui se condense altitude. Le panache de fumées est déporté par le vent et les aérosols restent entre 0 et 2km d'altitude ©whatsthiscloud.com*

## Feux de forêt sous l'influence du vent : "Wind driven"

En présence de vent et/ou de pente, la forme majoritaire des feux est elliptique, l'axe principal est induit essentiellement par la direction et la force du vent (wind driven). De cette forme principale en ellipse peuvent naître sous l'influence du relief, du changement temporaire du vent, de résistances à « l'écoulement » du feu. Les dommages immédiats des incendies extrêmes sont potentiellement considérables et les écosystèmes en sont durablement affectés dans leur dynamique, leur fonctionnement et les services qu'ils rendent (Williams, 2013). Un feu de surface dégage une puissance de l'ordre de 1000 à 2000 kW/m, pour un feu total la puissance augmente d'un facteur 10 (de 10 000 à 20 000 kW/m), de manière

très exceptionnel des puissances de l'ordre de 70 000 kW/m ont pu être relevées lors du 'Black Saturday' en Février 2009 dans la région de Victoria en Australie où les feux parcoururent 430 000 hectares, tuant 173 personnes. (Santoni P.-A., 2018)<sup>9</sup>

Sachant que les limites d'efficacité des moyens de lutte sont de l'ordre de 2000 kW/m (moyens terrestres) et de 7000 kW/m (bombardier à eau), on comprend vite que la solution au problème des incendies de forêt ne peut se résumer en une augmentation des moyens de lutte, mais doit principalement se concentrer sur la prévention, sur les aménagements et les travaux nécessaires à une véritable réduction du risque qui passe forcément par une réduction de la biomasse.



Vue synoptique d'un comportement classique d'un incendie de forêt sous l'influence du vent en piémont nord du massif des Maures ©SAFRAN

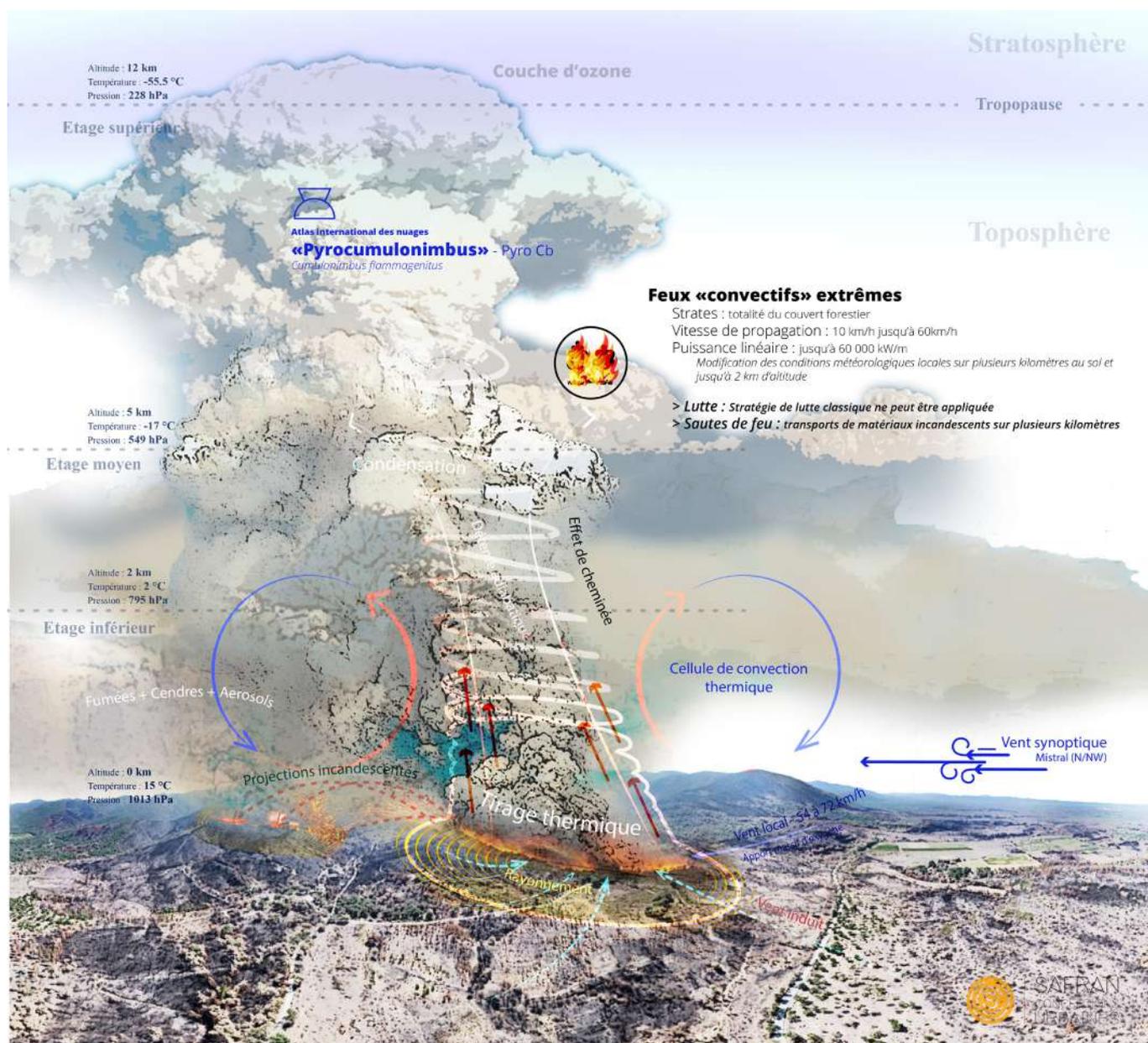
9- SANTONI P.-A., Approches expérimentale et de modélisation pour la compréhension du comportement et de l'impact des incendies de végétation, 2018, ESIA – Ecole des Sciences de l'Incendie et Applications

10- LAHAYES, Les feux de demain, 2019 - in Forêt méditerranéenne Tome XL, num 2 - juin 2019 - Changer notre regard sur les incendies

## Vers des feux convectifs extrêmes ?

Depuis les années 2000, la vulnérabilité liée aux enjeux humains et naturels (croissance démographique, étalement urbain, infrastructures, biodiversité), préoccupent les équipes de scientifiques et les décideurs au Portugal, en Grèce, en Espagne ou en France par la modification constatée de régime traditionnel des feux. (Lahaye S., 2019)<sup>10</sup>. La probabilité d'une augmentation des grands incendies sous les effets du changement climatique (températures élevées, sécheresse marquée, biomasse combustible dense) combinés aux transformations territoriales (exode rural, déprise agricole, effondrement du sylvo-pastoralisme) avec un dépassement des capacités des moyens de secours, laisse aisément supposer une recrudescence des incendies convectifs extrêmes, plus violents et potentiellement plus destructeurs dans les régions du sud de l'Europe.

Les feux extrêmes peuvent modifier l'atmosphère dans un rayon de plusieurs kilomètres, en raison des cellules de convection de grandes intensités. La modification de l'aérodynamique (orientation, vitesse des vents), l'hygrométrie (taux d'humidité) sont susceptibles d'amorcer des réactions en chaîne (tirage thermique, activité électrique, sautes de feu) augmentant l'intensité et la violence du feu.



Vue synoptique d'un comportement extrême (chaleur, sécheresse, combustible) d'un incendie de forêt convectif en piémont nord du massif des Maures ©SAFRAN

## Intégration du niveau de risque d'incendie dans la gestion post-incendie: les « zones charnières »

L'objectif n'est pas d'étudier les actions qui seraient à mettre en œuvre pour diminuer les points d'éclosion, ni même celles en faveur de la lutte et la défense contre les incendies, mais d'intégrer ce niveau de risque dans les choix possibles des modes de gestion.

Les retours d'expérience des incendies passés montrent qu'un sinistre trouvant son point d'éclosion au sein de la plaine des Maures et non maîtrisé avant qu'il n'atteigne les flancs du massif embrasera complètement ce dernier selon des trajectoires largement prédéfinies par des couloirs aérologiques (influence du relief) et la localisation de son point d'éclosion. Dès lors, sur ces trajectoires probables, on peut parler de « zones charnières » qui, si elles sont franchies, verront la propagation de l'incendie à minima jusqu'à la zone charnière suivante. Sur le territoire elles représentent généralement des lignes de rupture topographique (piémont, crête, versant sous le vent, vallons).

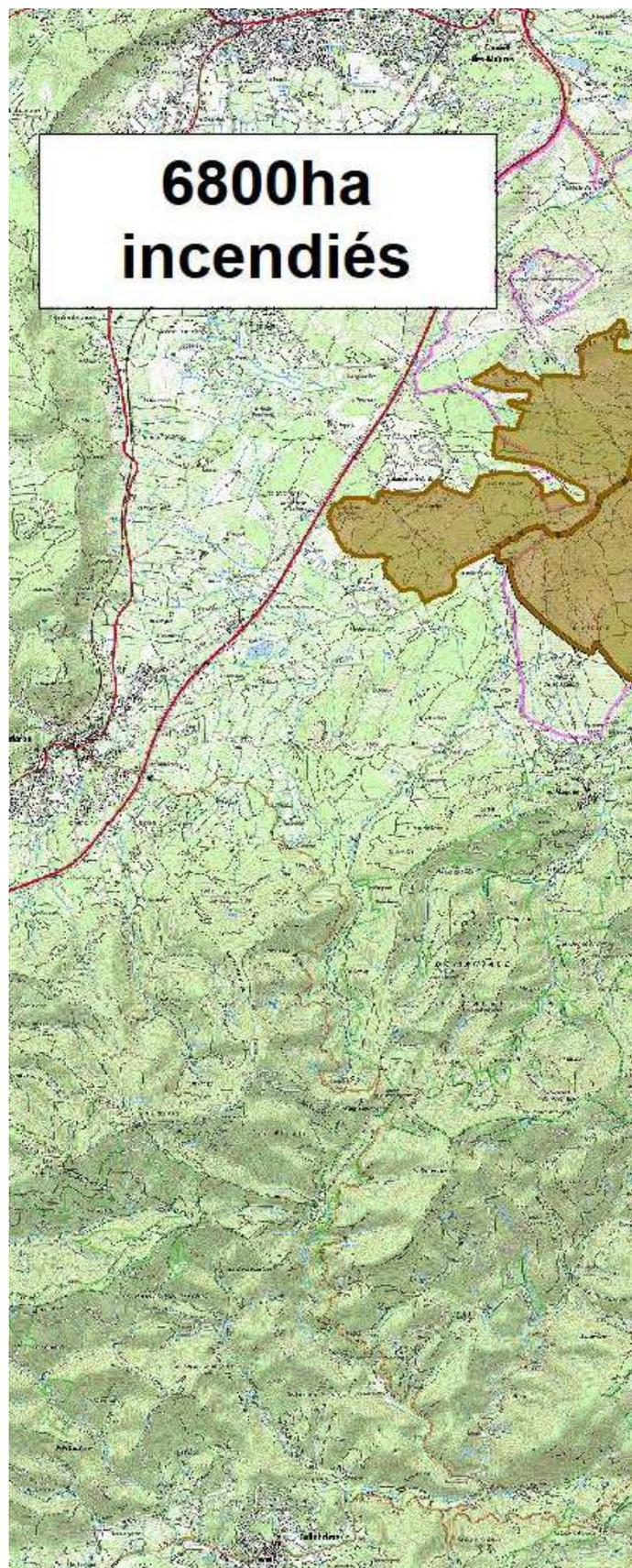
En effet, les charnières s'étendent suivant l'orientation des chaînons NE-SW, perpendiculairement à l'axe du vent dominant : le mistral. Pour des questions méthodologiques, les charnières identifiées sont bornées à l'empreinte du feu de Gonfaron (2021). Toutefois ces dernières appellent à un projet global, à l'échelle du massif des Maures, avec une cohérence intercommunale (PIDAF, PPFCl).

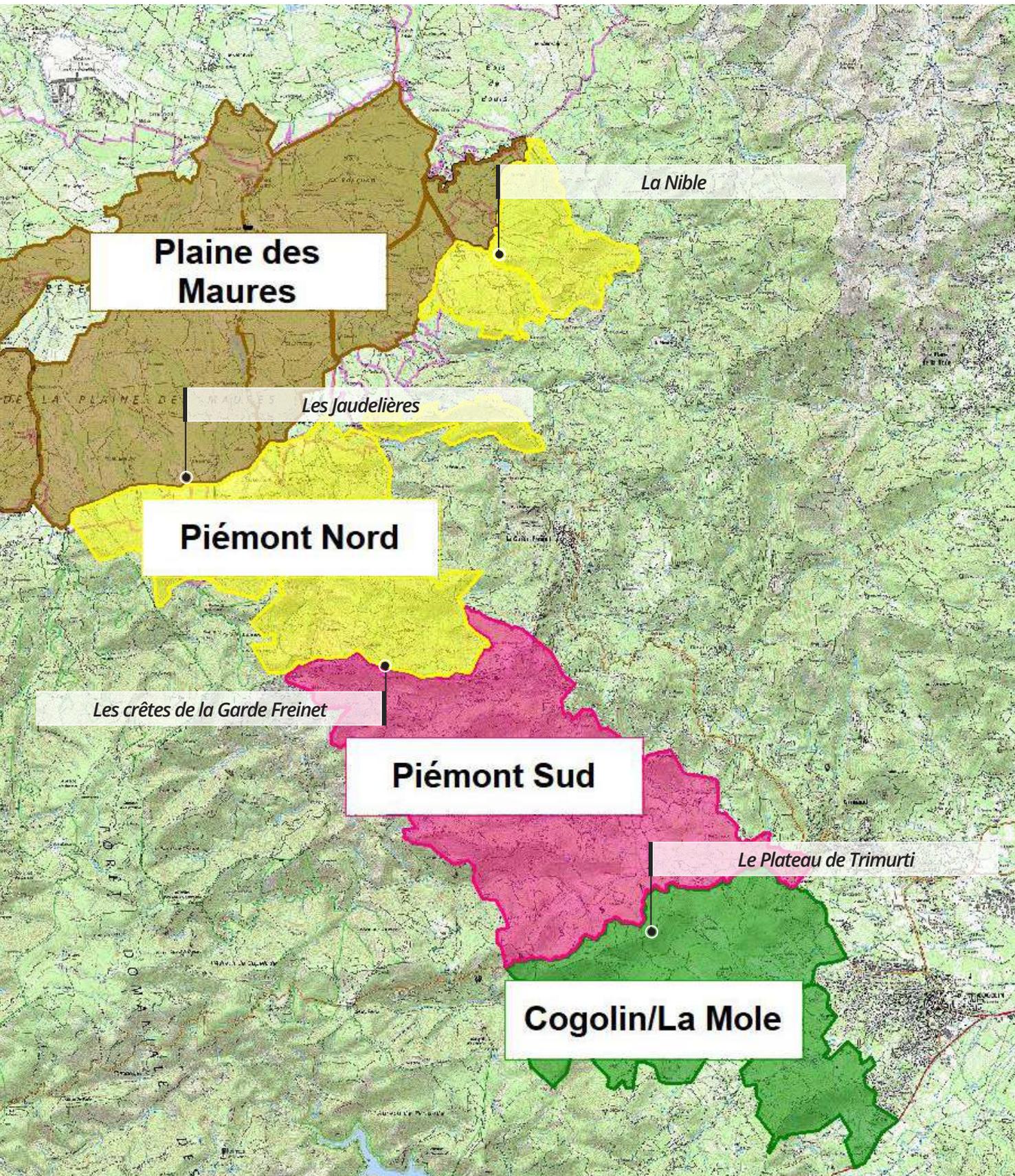
Les orientations de gestion de ces zones ont pour objectif de réduire leur combustibilité et améliorer leur résilience au feu, ralentir éventuellement la propagation d'un incendie et donc accroître le temps d'intervention des moyens de lutte, dans le respect des enjeux biodiversité en présence; ces zones viennent donc en renfort (ou en appui) des actions de DFCI déjà en place.

Pour le territoire d'étude, quatre zones charnières sont identifiées :

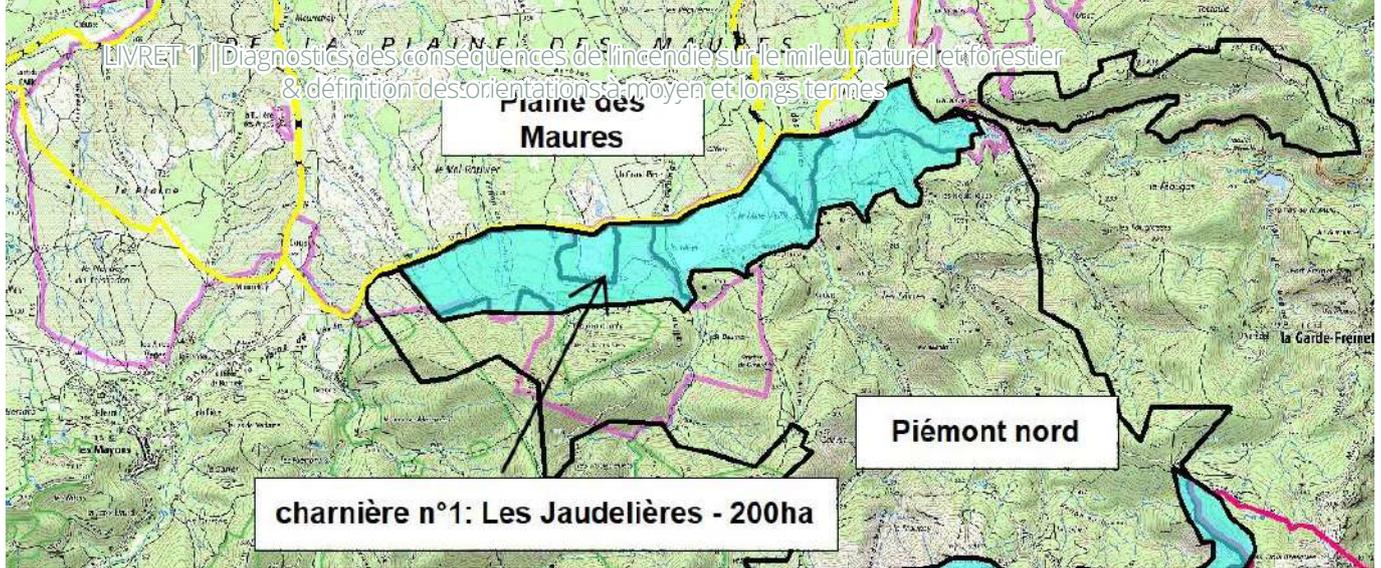
- ▶ Charnière n°1 – L'interface Plaine des Maures / Piémont Nord : il s'agit du secteur situé entre la RD75 et les 1ères pentes du piémont (schématiquement, la courbe de niveau côté « 150 »), délimité à l'ouest par la limite de la zone incendiée (limite de commune CANNET des MAURES / Les MAYONS) et par la retenue des Neufs Riaux, sous la RD558 à l'Est. Pour la suite, on appellera ce secteur « Les Jaudelières » (environ 200ha).
- ▶ Charnière n°2 – Les crêtes de la Garde Freinet : elle représente globalement la zone comprise entre la route des crêtes de LA GARDE FREINET et la piste de Pic MARTIN avant que cette dernière ne plonge vers le Nord pour rejoindre la RD75. Une centaine d'hectares sont concernés.
- ▶ Charnière n°3 – Le plateau de Trimurti : situé sur les communes de Cogolin/La Môle, il domine la RD14 (versant Nord) et la plaine de Val de Périer (versant Sud).
- ▶ Charnière n°4 – La Nible : situé en amont de la piste DFCI « La NIBLE », cette zone est très majoritairement située en forêt communale de La Garde -Freinet. Elle inclue la partie incendiée, mais également une zone non brûlée, jusqu'à la piste DFCI dite « Malatrache ».

Ces quatre zones charnières possèdent un contexte particulier pouvant appeler à des orientations et des actions spécifiques.

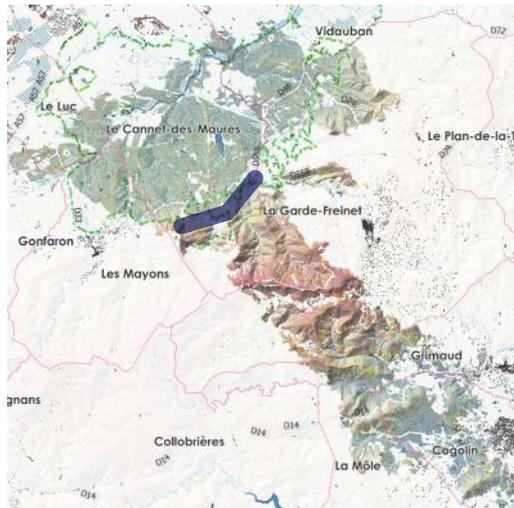




Identification des quatre zones charnières à l'interface des quatre unités paysagères©EGA



## Charnière n°1 : interface « Plaine des Maures & Piémont Nord » (200ha)



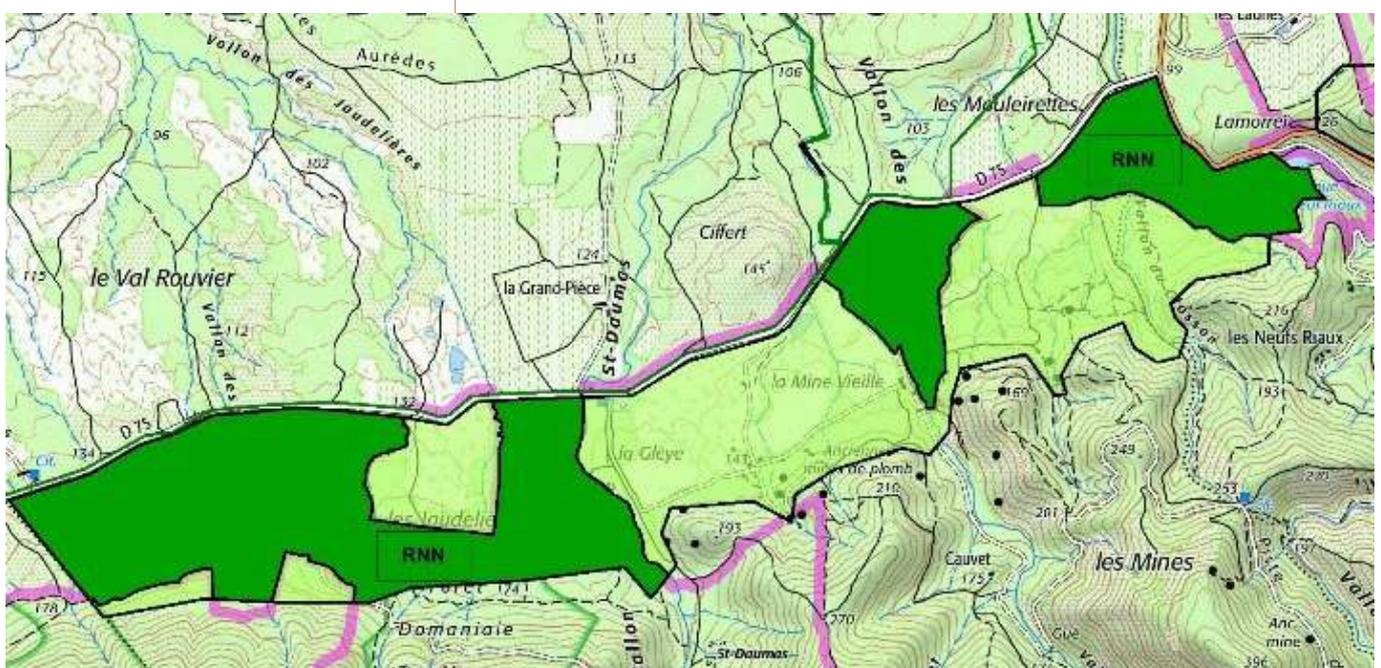
Repérage du secteur sur la trace de l'incendie

Environ 50% de la zone concerne la RNN Plaine des Maures. Elle représente une bande de 500 m de largeur en moyenne depuis la RD75, dont les 50 premiers mètres constituent déjà un ouvrage DFCI sous maîtrise d'ouvrage du CD83. Elle abrite plusieurs formations végétales, dont des formations ouvertes, mais également des suberaies adultes, parfois denses, pures ou en mélange avec du chêne pubescent principalement. L'impact du feu est hétérogène, mais la mortalité dans l'étage arboré concerne essentiellement les résineux (pin maritime) ou les chênes pubescents. Elle abrite également une plantation de pin Laricio et de pin Pignon, offrant une bonne croissance dans les deux cas. Les maquis boisés sont très majoritairement constitués d'arbousier (hauteur avant feu souvent >2m), avec un sur-étage clair de chêne liège. Le sous-bois des suberaies mésophiles est souvent dominé par le cytise velu, caractéristique de ces formations.

La zone offre un potentiel sylvicole intéressant, notamment pour la suberaie qui est bien venante mais vieillissante : elle souffre globalement d'un manque de régénération naturelle. Enfin, cette zone offre un bon potentiel sylvopastoral. Enfin, cette zone offre un bon potentiel sylvopastoral avec le cytise précédemment cité, qui était encore valorisé il y a peu en fonction des opportunités (ovins, caprins, bovins). Cette double potentialité, conjuguée à la topographie, incite à concentrer les actions sylvicoles sur cette zone, qui représente une zone d'intervention sylvicole prioritaire, en renfort des équipements DFCI existants.

Enfin, cette zone, riche en biodiversité, représente une zone de passage ou de transition entre les espèces de la plaine des Maures et celles du massif.

 PÉRIMÈTRE RNN



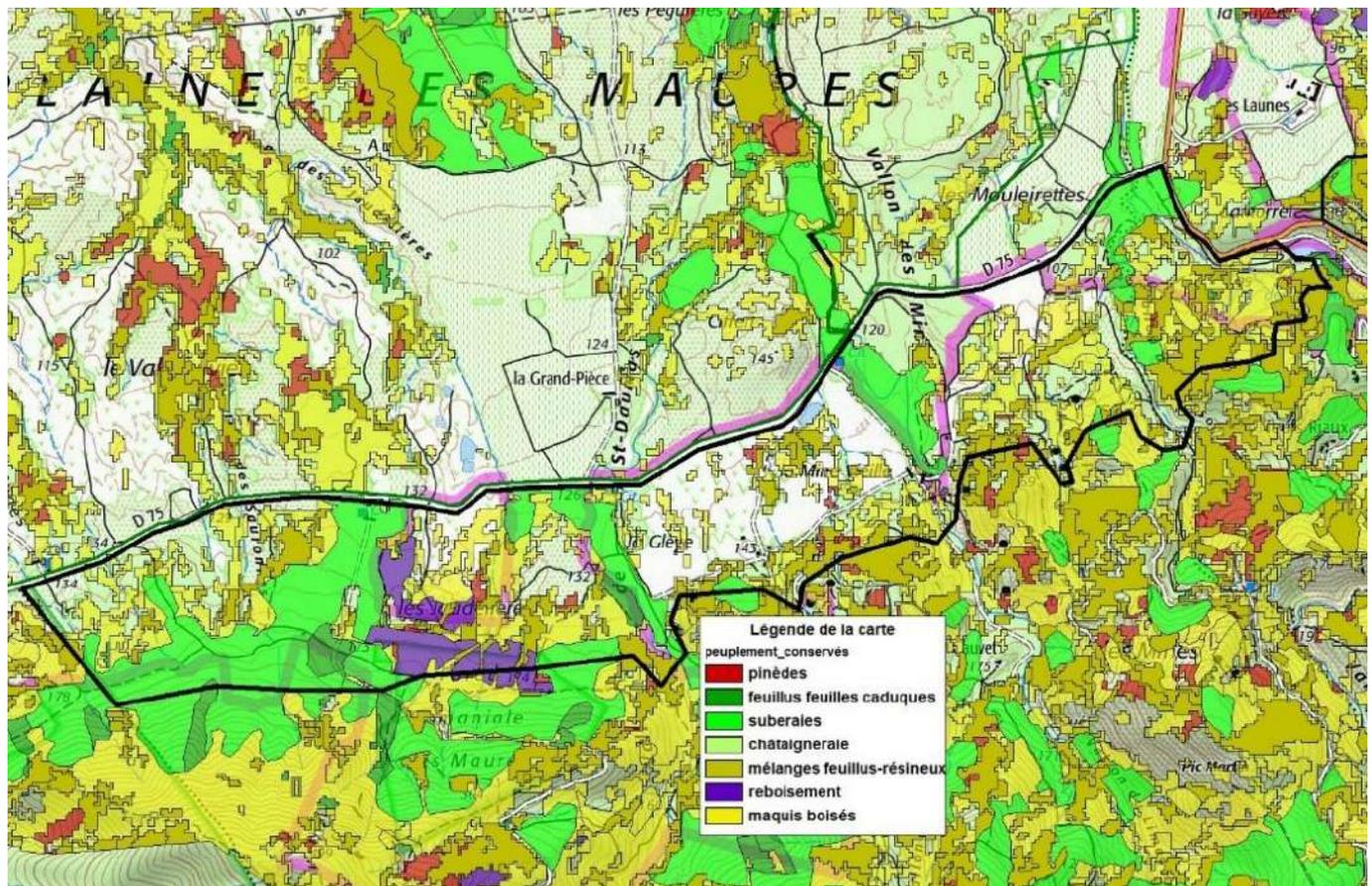
## Orientations de gestion proposées

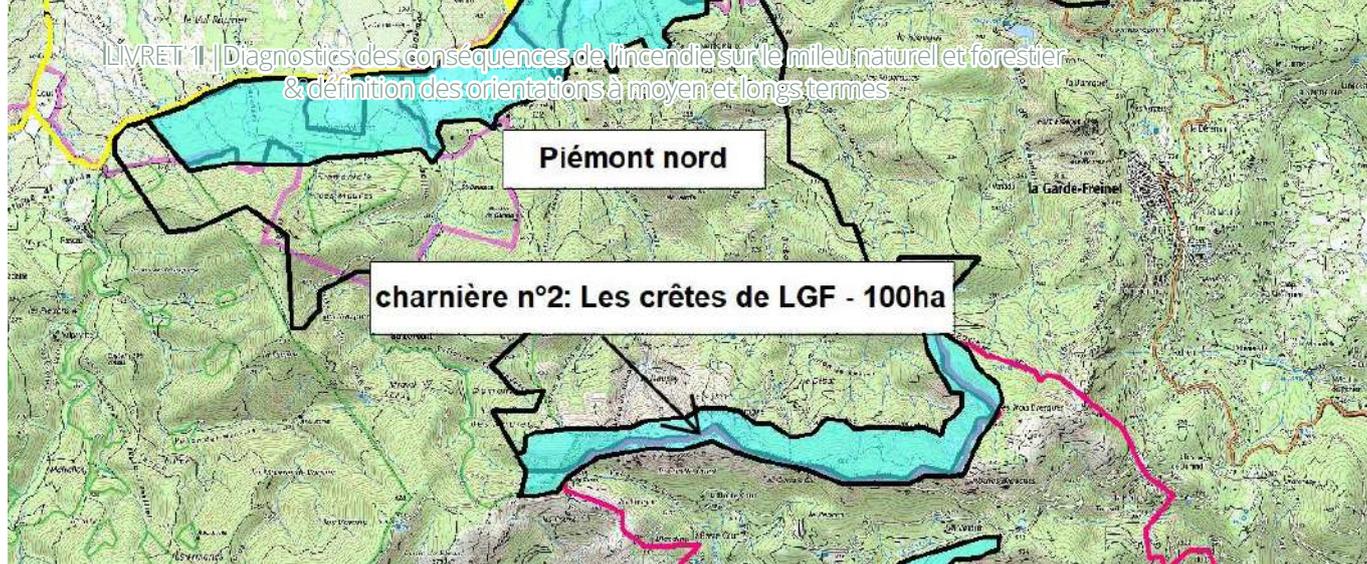
- ▶ *Rénover les suberaies vieillissantes et obtenir des peuplements irréguliers, en favorisant les discontinuités verticales par un débroussaillage du maquis,*
- ▶ *Eclaircir les parties peu impactées par le feu dans les plantations résineuses, en visant la conversion de ces forêts vers des formations feuillues (par éclaircie et plantations d'enrichissement),*
- ▶ *Favoriser le mélange des feuillus (ch.liège, ch.pubescent, châtaignier) en dehors des suberaies pures.*
- ▶ *Favoriser l'arbousier, par des Débroussailllements sélectifs et un dépressage des brins dans les cépées, dans les formations à maquis haut ou maquis arboré afin d'obtenir un taillis et non plus une formation à maquis,*
- ▶ *Favoriser le sylvopastoralisme avec une conduite du troupeau adaptée aux enjeux de rénovation de la suberaie*

*et aux habitats sensibles.*

- ▶ *Favoriser l'alternance des milieux ouverts déjà présents avec les formations arborées.*
- ▶ *Favoriser la diversité des espèces invertébrées et leur habitat (arbres à cavités)*

L'aménagement sylvopastoral proposé visera à obtenir à termes une mosaïque de formations ouvertes / arborées, en réduisant la présence du maquis en sous-étage, tout en intégrant les enjeux environnementaux en présence : le descriptif de ces actions et leur mise en œuvre seront à préciser avec la RNN pour les secteurs concernés. Un cahier des charge pastoral sera à élaborer avec le CERPAM et le gestionnaire de la RNN.





## Charnière n°2 : Les Crêtes (100ha)



Repérage du secteur sur la trace de l'incendie

La route des crêtes représente, sur son tronçon compris dans le territoire incendié, une piste DFCI avec une vocation de liaison. Du fait de sa situation en crête d'un versant sur lequel le feu s'accélère, elle ne peut constituer une zone d'appui à la lutte et a été déclassée dans le PIDAF de la CCGST.

La zone identifiée comme « charnière » est principalement située en aval de cette route, sur une largeur comprise entre 200m et 400m. La topographie est difficile, avec des pentes qui atteignent rapidement les 40% et +.

Elle est soumise à une très forte occurrence des incendies.

La grande majorité de la zone a été très sévèrement impactée, avec un niveau d'impact « brûlé » à « calciné » ; il subsiste néanmoins des poches de niveau « roussi », voire « vert », situées à l'intérieur ou aux

abords immédiats de vallons secondaires, issus des ramifications des trois vallons majeurs qui traversent le piémont Nord depuis la plaine jusqu'aux crêtes.

Les sols sont souvent squelettiques, notamment sur les pentes les plus fortes, occupées par des maquis bas. Les zones peu impactées sont occupées par des peuplements feuillus mélangés (chêne pubescent, chêne liège, châtaignier). Les peuplements résineux, issus du feu de 2003 et donc au stade de gaulis en 2021 sont, à minima, de niveau roussi, mais le plus souvent de niveau « brûlé » à « calciné ». Leur régénération naturelle reste aléatoire et demandera très certainement une vingtaine d'années.

En fonction de la géologie, certains secteurs sont irrémédiablement voués à perdurer sous des faciès majoritairement minéraux. Ces affleurements rocheux abritent des enjeux floristiques importants





Ancienne châtaigneraie, Route du Pic Martin, La Garde Freinet ©SAFRAN



Anciennes terrasses de culture en pierre sèche implantées à l'axe des vallons afin d'exploiter des sols profonds ©EGA

(Pensée de Roquebrune, Lunetière lisse, fougères rares). Ils ne se prêtent pas à des interventions sylvicoles.

Au regard des formations actuelles et de la récurrence des incendies sur ce secteur, les formations arbustives basses seront encore plus prédominantes dans l'avenir.

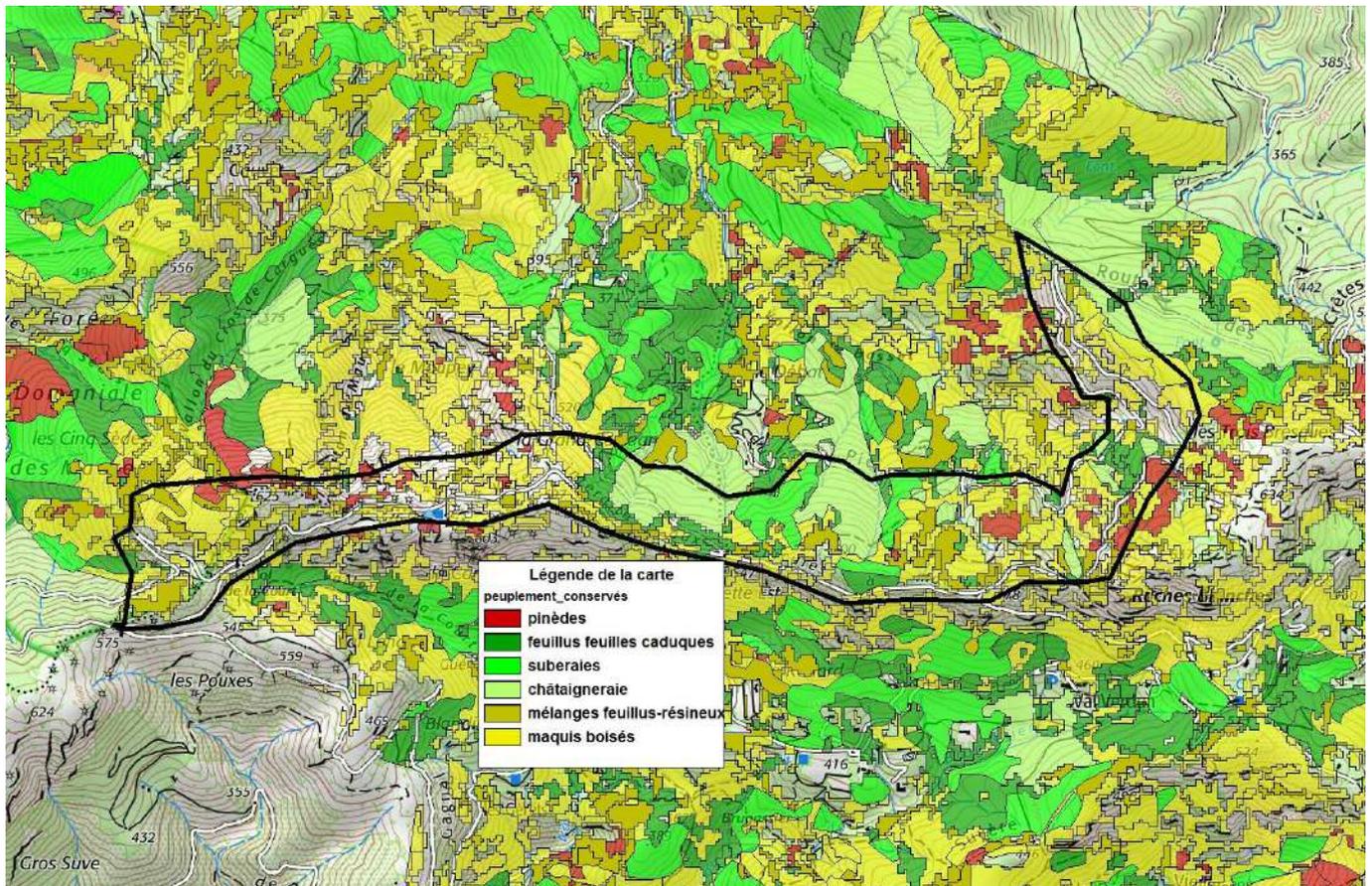
Toutefois, deux points majeurs sont à prendre en considération :

- ▶ *La présence d'anciennes restanques que l'incendie a mis à découvert. Occupées par un maquis bas, elles sont situées dans les 150/200 premiers mètres sous la crête de façon discontinues. Elles sont partiellement détruites et peu larges.*
- ▶ *La présence de châtaigneraies, situées de part et d'autre de la piste Pic Martin. Il s'agit d'anciens vergers abandonnés ; les vieux sujets sont morts, le feu ayant couvé à l'intérieur des souches. Pour autant, le taillis issu spontanément de ces fruitiers a été peu impacté par le feu, alors que les autres formations végétales limitrophes sont brûlées ou calcinées.*

En prenant en compte toutes ces données contextuelles, et pour répondre à la vocation de « charnière » donnée à la zone, une orientation agro-forestière est proposée, avec possibilité de remettre en valeur les restanques existantes, mais également de créer de nouvelles unités afin d'obtenir une continuité stratégique de réduction de la biomasse sur l'ensemble linéaire

Cette remise en exploitation agricole nécessitera d'identifier des porteurs de projets, pour des cultures qui restent encore à préciser (oliviers, cultures fourragères, châtaigniers...).

Mais elle nécessitera prioritairement de s'inscrire durablement au sein des PLU, dans un volet de planification et de gestion du risque d'incendie, en modifiant le statut et le règlement des parcelles concernées.



**LA ZONE AGRICOLE PROTÉGÉE (ZAP)**

**Communes de Saint-Martin, Pourrières et Pétion-Ville**

En 2018, la ZAP intercommunale de Saint-Martin, Pourrières et Pétion-Ville a été créée. Elle a pour objet de protéger les terres agricoles et forestières. En amont de l'élaboration du Plan de Reconquête Agricole, une sensibilisation des propriétaires de parcelles agricoles a été menée sous la forme de réunions, ateliers de concertation, par la Chambre d'Agriculture du Val et la SAFER.

Cette sensibilisation vise à la future mise en place de la ZAP à l'occasion de situations de dégradation des parcelles agricoles et forestières. Cela a permis de définir la ZAP agricole, qui se situe en vert foncé, et la SAFER à des exploitants et à des agriculteurs et à des exploitants et à des agriculteurs.

**RECONQUÊTE DE FONCIER BOISÉ**

**Commune de Grimaud (83)**

Créée en 2010, la Reconquête de Foncier Boisé a pour objet de restaurer les parcelles agricoles et forestières dégradées. Elle a mis en œuvre une stratégie concertée de mise à disposition de terres agricoles, d'une superficie de 333 ha, et de valoriser le potentiel agricole, en partenariat avec la Communauté de Communes du Val de Saint-Benoît, le Département de la Haute-Corse et la Chambre d'Agriculture du Val. Ce projet agricole a été intégré au Plan de Reconquête Agricole de la SAFER. Ce projet agricole a été intégré au Plan de Reconquête Agricole de la SAFER.

**PLAN DE RECONQUÊTE AGRICOLE, allié de nombreuses politiques publiques**

Les élus ont un fort intérêt à se saisir de l'opportunité offerte par le Plan de Reconquête Agricole pour évaluer et appuyer des éléments complémentaires et complémentaires.

Les enjeux de la Reconquête Agricole sont les suivants :  
 - L'objectif d'assurer la pérennité des terres agricoles et forestières.  
 - L'objectif de développer une production agricole et forestière compatible avec les enjeux de la Reconquête Agricole.  
 - L'objectif de développer une production agricole et forestière compatible avec les enjeux de la Reconquête Agricole.



Outil PLAN DE RECONQUÊTE Mise en œuvre dans les documents d'urbanisme, réalisé en décembre 2021 par la Chambre d'Agriculture du Val ©Audat.Var

## Conforter la Reconquête Agricole : urbanisme règlementaire et animation foncière

Les deux lois dites “ Grenelle de l’Environnement ” de 2009 et 2010 ont introduit, dans les documents d’urbanisme, les enjeux de conservation des continuités écologiques et d’analyse de la consommation d’espaces naturels, agricoles et forestiers. En 2005, les Périmètres de Protection des Espaces Naturels et Agricoles Périurbains (PAEN)\* sont créés par la Loi de Développement des Territoires Ruraux, reconnaissant ainsi la spécificité des espaces agricoles en zones périurbaines. Les lois agricoles de 2010 (Loi de Modernisation de l’Agriculture) et 2014 (Loi d’Avenir de l’Agriculture) renforcent les dispositifs de suivi et de lutte contre la disparition des terres agricoles et des espaces naturels. Le dispositif législatif en la matière est complété en 2015 par la loi relative à la Nouvelle Organisation Territoriale de la République (NOTRe) avec la mise en place des SRADDET, dont l’une des thématiques centrales porte sur la gestion économe de l’espace et redonne à la planification territoriale son rôle stratégique (prescriptivité, intégration de schémas sectoriels, co-construction).

Les Zones Agricoles Protégées (ZAP) et les Périmètres de protection et de mise en valeur des espaces Agricoles et Naturels périurbains (PAEN) sont deux outils à disposition du législateur afin de renforcer et de pérenniser les espaces agricoles : les ZAP relèvent du Code Rural et les PAEN du Code de l’Urbanisme.

Ces deux dispositifs permettent de classer les espaces délimités en zone de protection qui, une fois adoptée s’imposent aux documents d’urbanisme (SCOT, PLU,...). L’établissement de tels zonages ou périmètres renforce la lisibilité sur le devenir du foncier et donne ainsi un signal fort aux propriétaires fonciers qui auraient d’éventuelles velléités spéculatives ou attentistes sur les secteurs concernés.

## Appliqués de manière innovante au champ de la DFCL, ces deux outils à dispositions des élus locaux pourraient permettre de mettre en œuvre des actions complémentaires et transversales sur les secteurs hors PIDAF :

- *Le PAEN permet d’intégrer au-delà des zones agricoles, les zones naturelles et forestières (zones N des PLU/PLUi) et ainsi de traiter notamment des enjeux d’interface et d’effet de lisière entre espaces agricoles et zone de massif forestier (Cf -Obligations légales de débroussaillage OLD).*
- *Le PAEN s’accompagne de la mise en œuvre systématique d’un programme d’actions qui permet le soutien à des projets agricoles et d’actions agroenvironnementales compatibles avec les Plan alimentaires territoriaux (PAT) et les Plan Climat Air-Energie Territoriaux (PCAET). En revanche, l’outil ZAP ne constitue qu’une simple servitude d’utilité publique.*
- *Le PAEN s’accompagne également de la mise en place d’un droit de préemption spécifique, qui permet notamment une intervention foncière renforcée en milieu périurbain où les problématiques de débroussaillages d’usages en zone agricole peuvent être importants. La ZAP, quant à elle, ne s’accompagne d’aucun levier foncier spécifique.*
- *Sur le plan financier, les paiements pour services environnementaux (PSE) pourraient représenter un levier permettant la mise en place des actions préconisées. Utilisés en agriculture, ils rémunèrent les agriculteurs pour des actions qui contribuent à restaurer ou maintenir des écosystèmes, dont la société tire des bénéfices (préservation de la qualité de l’eau, stockage de carbone, protection du paysage et de la biodiversité...). Ces avantages sont qualifiés de services écosystémiques. Les actions des agriculteurs, quant à elles, sont qualifiées de services environnementaux.*

**En identifiant ces lignes de « transition », ces franges et lisières, une gestion en régie ou par appels à projets devra garantir la pérennité des actions, des modes de gouvernances et les financements qui y seront associés. Les PFNL (Produits forestiers non-ligneux) et les services environnementaux rendus par ces espaces feront l’objet d’une valorisation économique locale (labels, circuits-courts, etc).**

Sachant que l’ensemble de la zone ne pourra faire l’objet de cette démarche agro-forestière, il est proposé de la compléter en privilégiant les actions en faveur de la châtaigneraie, qu’il s’agisse de vergers ou de taillis (pour une production de bois à courte révolution).

Enfin, en complément, les actions visant à développer le couvert des peuplements feuillus et réduire le développement des formations à maquis sont également proposées.

**Remarque :** cette orientation agro-sylvo-pastorale pourrait également concerner d’autres secteurs dont certains possèdent des vestiges de restanques ou des châtaigneraies à fruit, notamment (et surtout) les abords de hameaux (La Court, Val Verdun, Val Daubert, Camp de la Suyère, La Tourne, Val de Gilly).

## Secteur en appui de la zone charnière n°2 : 30ha

Vu la topographie en place, et les retours d'expériences des incendies de 2003 et 2021 (sautes de feu permettant à l'incendie de franchir la crête), nous proposons d'appuyer cette zone charnière « Les Crêtes de LGF » par une seconde zone située en appui de la coupure DFCI « Camp de la Suyère », entre et le hameau du même nom et celui de Val Verdun. Cette zone, d'une trentaine d'hectares, abrite des châtaigneraies mélangées à des pins aux abords du ruisseau des Brugassières (Val Verdun) puis des gaulis de pin maritime très denses issus du feu de 2003. Les châtaigneraies, bien qu'abandonnées, ont été peu impactées, alors que les gaulis ont été calcinés et très certainement vecteurs de propagation de l'incendie. Il est probable que le pin maritime recolonise ce milieu, mais dans un délai plus long qu'après l'incendie de 2003.

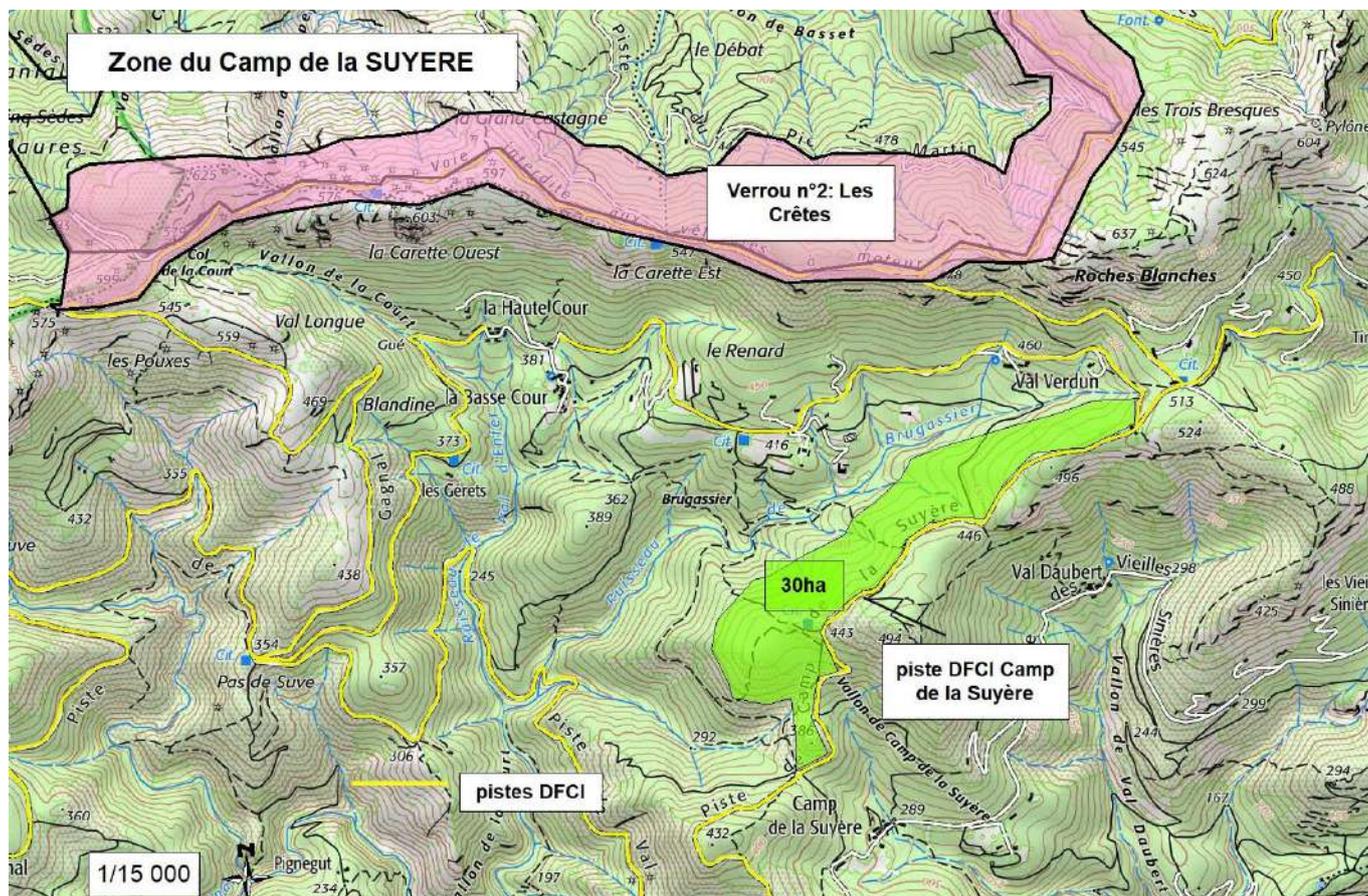
## Orientations de gestion proposées

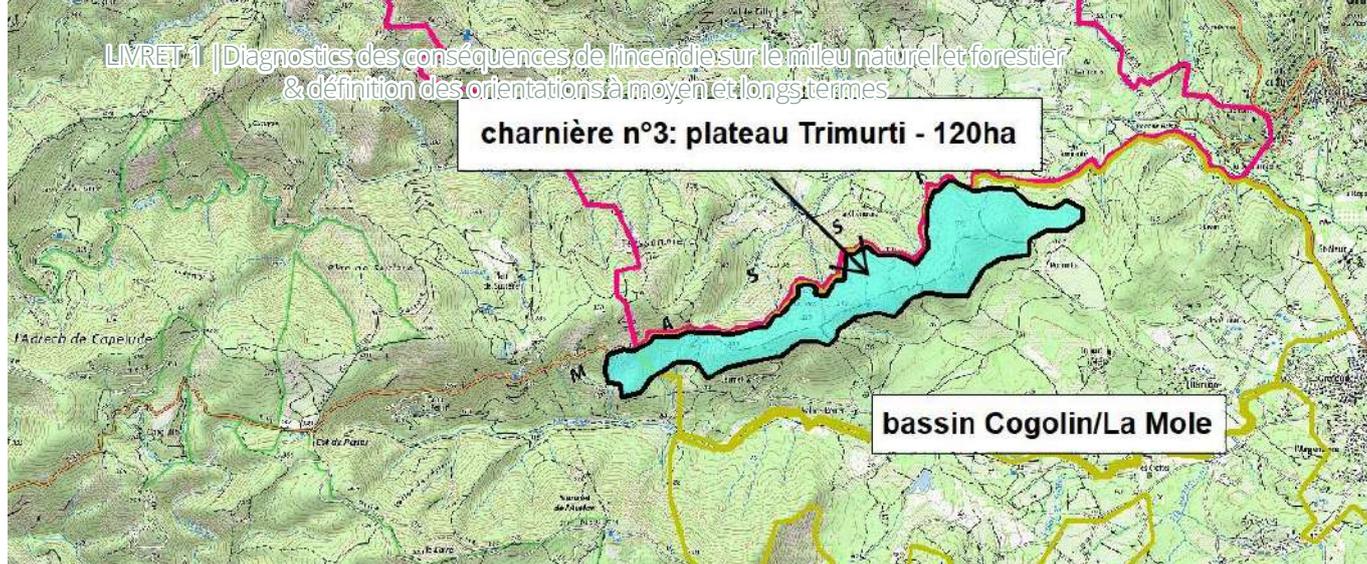
Cette « sous-zone » pourrait concentrer les actions suivantes :

- ▶ *Remise en culture des châtaigneraies et des anciennes restanques situées aux abords des hameaux de Val Verdun et de La Court*
- ▶ *Sylviculture intensive et précoce des futures pinèdes avec dépressage des futurs gaulis de pin maritime à l'aide de cloisonnements. Le recours au brûlage dirigé pour réduire la combustibilité de ces formations est identifié.*

Elles permettraient à l'ensemble de la zone de venir en renfort de la coupure DFCI existante et optimiser la lutte.

**Remarque :** cette zone charnière n°2 et sa zone d'appui ont été identifiées dans l'Appel à Manifestation d'Intérêt (A.M.I) intitulé « Incendie Territoire Résilience », lancé par la Région Sud et auquel la CCGST a candidaté. L'intercommunalité cible une vaste zone comprise entre la route des crêtes de LGF au Nord jusqu'au hameau « Camp de la Suyère » au Sud et sur laquelle des actions permettant de réduire la combustibilité sont identifiées, dont des actions de valorisations agricoles.





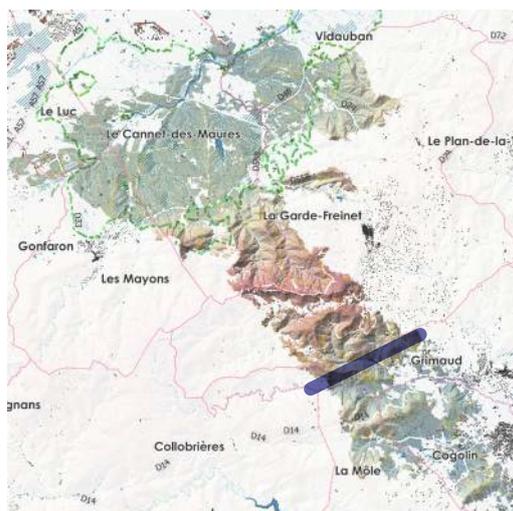
## Charnière n°3 : le plateau de Trimurti (120ha)

Ce plateau a été fortement impacté en 2003 et 2021. Du fait de l'action répétée des incendies, la partie ouest du plateau, qui autrefois abritait des jeunes suberaies claires, est aujourd'hui composée de formations arbustives basses, surtout sur le versant sud. La partie Est continue d'être peuplée de formations arborées, principalement des suberaies, pures ou en mélange.

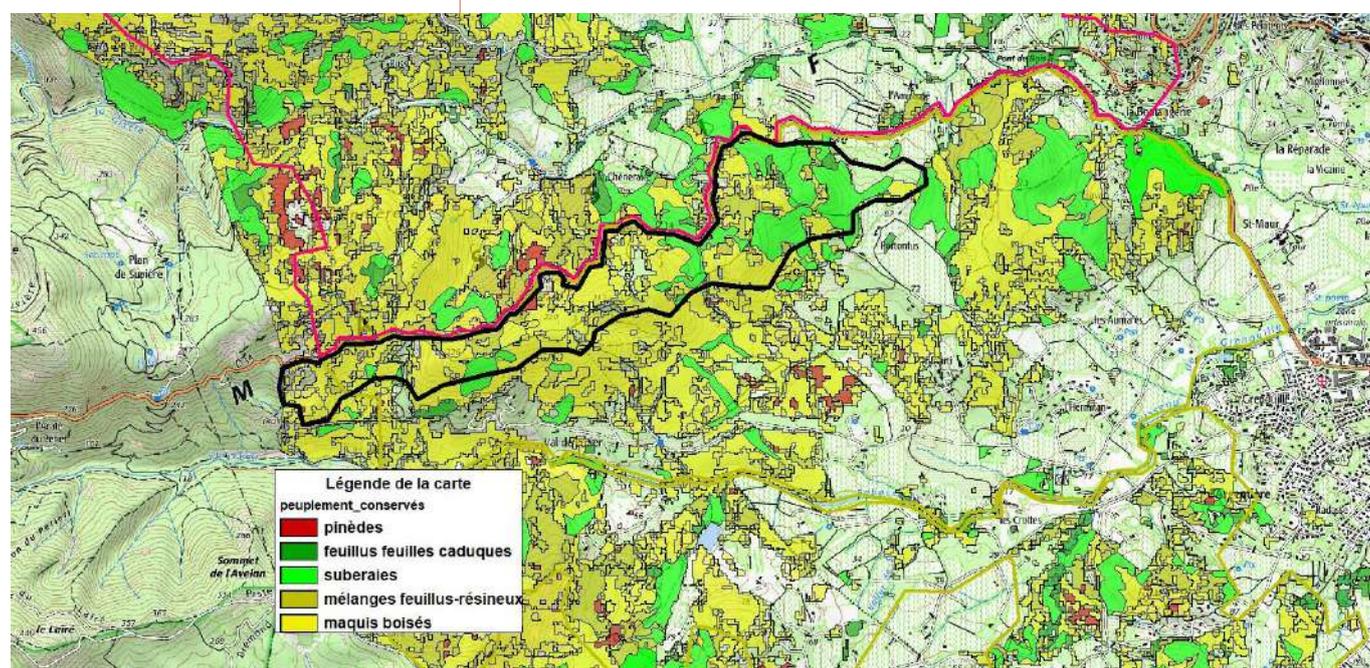
## Orientations de gestion proposées

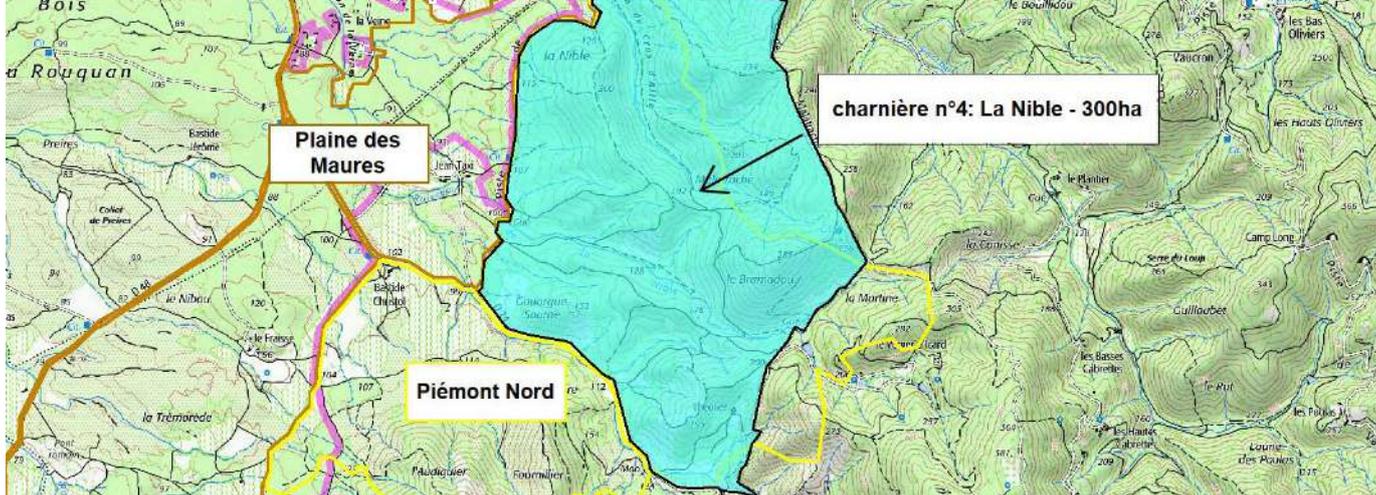
Bien qu'il n'existe aucune trace de restanques, une orientation agro-forestière est proposée, avec une mise en cultures (vignes, oliviers...) pour la partie Ouest du plateau, complétée par des actions sylvicoles sur les formations arborées sur la partie Est

La tortue d'Hermann constitue un enjeu biodiversité (niveau Notable sur la partie Est)

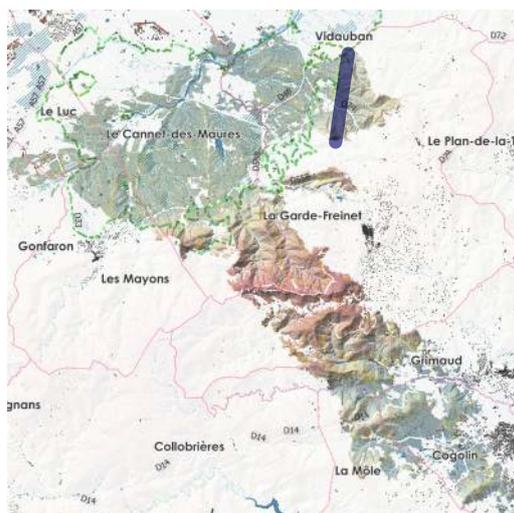


Repérage du secteur sur la trace de l'incendie

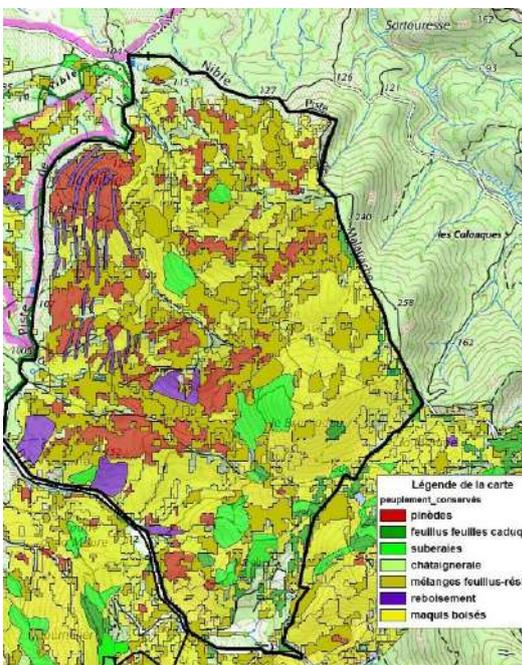




## Charnière n°4 : La Nible (300ha)



Repérage du secteur sur la trace de l'incendie



Elle n'est pas comprise dans la RNN, mais néanmoins dotée d'enjeux biodiversité majeurs, essentiellement concentrés dans les vallons et leurs abords. Elle abrite des peuplements résineux, issus de plantations (pin pignon, pin maritime...) ou de régénération naturelle. Il est important de noter que certaines pinèdes naturelles de pin maritime ne présentaient pas de signes de dépérissement (*Matsucoccus feytaudi*). Les formations feuillues sont principalement localisées aux abords des vallons, mais il existe également de nombreuses formations mixtes résineux / feuillus, avec du chêne liège notamment.

### Orientations de gestion proposées

Les maquis boisés représentent majoritairement des maquis d'arbousier avec des chênes liège épars. La zone offre un réel potentiel sylvicole mais également un bon potentiel pastoral. De fait, elle représente une zone potentielle de production.

Elle a été fortement impactée par l'incendie. En dehors de l'exploitation des bois brûlés pour une valorisation (phase n°3), la question de son avenir reste posée :

- ▶ *Laisser la régénération naturelle du pin maritime s'installer ? Cette régénération est probable, mais dans un laps de temps qui sera globalement d'une vingtaine d'années minimum (perte des semenciers). A noter que les pins adultes présentaient peu d'écoulement de résine, ce qui témoigne d'un état sanitaire correct.*
- ▶ *Intervenir par des reboisements ? Avec quelles essences ?*

La réponse à ces questions dépendra largement de l'orientation « production » pouvant être attribué à la zone, cette orientation n'ayant de sens que si les futures exploitations forestières restent

économiquement viables en intégrant les enjeux environnementaux.

Dans tous les cas, il est proposé de ne pas replanter du pin pignon ; des plantations de pin maritime, variété TAMJOUTE, pourraient s'envisager, mais par placettes en « timbre-poste », comme cela avait été réalisé sur le Col du CANADEL, RAYOL CANADEL, après le feu de 1990. L'objectif recherché serait alors d'accélérer la formation d'un couvert arboré ayant une capacité à se régénérer et de produire du bois. La densité de plantation resterait suffisamment lâche pour permettre une mixité ch.liège/pin. Le recours à des graines de pin maritime issues de peuplements adultes et semblant résister au *Matsucoccus feytaudi* pourrait également présenter un intérêt, puisque ce type d'individus existait avant feu.

Les actions à mettre en œuvre restent à définir (plantations ou non) selon si l'objectif de production est retenu ; quoiqu'il en soit la réduction du sous-étage (zone d'appui à la DFCI) et le maintien des mélanges des formations sont préconisés. Si plantation il y a, un réel suivi sera nécessaire, avec notamment un élagage précoce des sujets conservés.

Certains maquis d'arbousier pourraient également faire l'objet d'une sylviculture en vue d'une transformation en taillis.

Le sylvopastoralisme pourra contribuer à maintenir un sous-étage bas sous les formations arborées et optimiser la discontinuité verticale de combustible, permettant de réduire la vitesse et l'intensité d'un incendie.

L'ensemble viendra en renfort de la coupure DFCI « La Nible », classée « axe stratégique » dans le PIDAF de la CCGST

ZONE CHARNIÈRE	ENJEU SYLVICOLE	ENJEU PAYSAGER	ENJEU BIODIVERSITÉ	ORIENTATIONS PROPOSÉES
LES JAUELIÈRES (200HA)	FORT	FORT	TRÈS FORT	ORIENTATION SYLVICOLE AVEC OBJECTIF DE RÉNOVATION DE LA SUBERAIE – AMÉLIORATION DE LA BIODIVERSITÉ - SYLVOPASTORALISME
LES CRÊTES DE LA GARDE-FREINET (100HA)	ASSEZ FAIBLE	TRÈS FORT	MOYEN	ORIENTATION AGRO-FORESTIÈRE AVEC REMISE EN VALEUR DES RESTANQUES ET RÉNOVATION DES CHÂTAIGNERAIES, COMPLÉTÉES PAR L'AMÉLIORATION DE LA RUPTURE VERTICALE DE COMBUSTIBLE SOUS LES PEUPLLEMENTS FEUILLUS
APPUI DE LA GARDE-FREINET (30HA)	MOYEN	FORT	MOYEN	ORIENTATION SYLVICOLE AVEC OBJECTIF DE RÉNOVATION DES CHÂTAIGNERAIES, SYLVICULTURE INTENSIVE ET PRÉCOCE DES PINÈDES SPONTANÉES PERMETTANT UNE RÉDUCTION DE LA COMBUSTIBILITÉ, ORIENTATION AGRO-FORESTIÈRE AUTOUR DES HAMEAUX (RESTANQUES).
PLATEAU DE TRIMURTI (120HA)	FAIBLE	TRÈS FORT	MOYEN	ORIENTATION AGRO-FORESTIÈRE (PARTIE OUEST) ET SYLVICOLE (PARTIE EST)
LA NIBLE (300HA)	TRÈS FORT	FORT	FORT	ORIENTATION DE PRODUCTION SELON LA VIABILITÉ ÉCONOMIQUE DES FUTURES EXPLOITATIONS EN INTÉGRANT LES ENJEUX BIODIVERSITÉ

## Intégration du risque d'incendie dans la gestion post-incendie : synthèse

Le fort niveau de récurrence des incendies sur la zone d'étude incite à intégrer le risque d'incendie dans la définition des orientations de gestion à moyens et longs termes. Au regard des parcours des feux antérieurs, quatre zones dites « charnières » sont identifiées comme points de passage systématiques d'un incendie qui se déclarerait dans la plaine des Maures et qui ne pourrait être maîtrisé avant de franchir le piémont nord du massif.

L'objectif principal de ces zones sera de réduire la vitesse de propagation et l'intensité de l'incendie en y appliquant certaines actions adaptées au contexte rencontré et aux autres enjeux en présence, tout en permettant d'améliorer la résilience des peuplements et leur combustibilité, en favorisant prioritairement les formations feuillues.

## Replanter : une orientation de gestion ?

### Que faire sur les plantations existantes incendiées ?

Il s'agit de plantations résineuses (pin pignon, pin laricio, pin brutia) datant des années 80 ou 2000. Ces plantations ont toutes été identifiées lors de la phase n°3 de l'étude, pour une exploitation des bois brûlés. En reprenant le découpage sectoriel et zonal retenu lors de cette phase, il s'agit :

- Secteur n°5 – zone 5a : La Nible
- Secteur n°12 – zone 12a : Piémont Nord / Les cinq Sèdes
- Secteur n°4 – zone 4a : L'Audiguier
- Secteur n°6 – zone 6a : Viouret
- Secteur 6 – zone 6b : Collet de la Scie
- Secteur 8 – zone 8c : Val Rouvier/Les Aurèdes
- Secteur 10 – zones 10b et 10f : Péguier
- Secteur 10 – zone 10e : La Tuilière d'Aille

La zone n°12a est comprise dans la zone charnière « Jaudelières » et donc concernée par les actions mentionnées précédemment.

La zone n°5 (La Nible) est identifiée dans la zone charnière « La Nible » comme zone de production potentielle

Pour les autres, seules les zones 4a, 6a 10b et 10e ne sont pas dans la RNN.

L'impact de l'incendie sur ces plantations est très hétérogène, et deux cas de figure se présentent.

- ▶ *Plantation partiellement détruite*
- ▶ *Plantation entièrement détruite.*

Ces deux situations appellent à des orientations de gestion différentes.

Dans le 1er cas, il est proposé de ne pas replanter, et de favoriser le chêne liège pour obtenir des peuplements mélangés. Une éclaircie dans les parties indemnes est également retenue afin d'ouvrir ces peuplements jusque-là trop fermés.

Dans le second cas (zones 5a, 6b, 8c, 10b, 10e), la question de l'opportunité d'un reboisement peut se poser sous la forme suivante : reboiser, pour quoi faire ?

**S'il existe un objectif de production, seules les zones accessibles et sur lesquelles la prise en compte des enjeux environnementaux permettra de réaliser des coupes économiquement viables sont à retenir. En prenant en compte les synthèses des diagnostics, notamment du diagnostic climatique, le pin maritime, variété « TAMJOUTE » pourrait être retenu. Dans tous les cas, la conduite sylvicole devra permettre d'avoir des peuplements peu denses à maturité.**

**S'il n'existe pas d'objectif de production, ou que l'exploitation des bois ne s'avère pas économiquement viable en intégrant les préconisations environnementales, il vaudra mieux s'abstenir de replanter et accompagner l'évolution naturelle des peuplements vers des formations mixtes et non fermées.**

## Faut-il envisager des plantations supplémentaires sur de nouveaux secteurs ?

Une nouvelle fois, il est nécessaire de répondre à la question : pour quoi faire ?

**Si l'objectif est de reconstituer un étage arboré dense pour réduire à termes le développement des formations arbustives, il sera alors nécessaire de :**

- ▶ *Prendre des zones relativement accessibles pour permettre un suivi des plantations les trois Ières années.*
- ▶ *Choisir des essences qui pourront, à maturité sexuelle, assurer une régénération naturelle*
- ▶ *Choisir des essences qui seront adaptées au changement climatique prévisible.*

**Constat :**

- *La liste des essences résineuses proposées pour anticiper le changement climatique comporte des espèces résineuses particulièrement combustibles (cyprés par exemple).*
- *La liste des essences feuillues est très restreinte ; les retours d'expérience sur des chênes espagnols sont négatifs. Une expérimentation sur des surfaces restreintes est retenue pour d'autres essences/provenance*

- *En dehors des zones dites « charnières », les secteurs relativement accessibles et situés en dehors de la RNN sont peu nombreux ; quelques croupes possibles sur le piémont Nord ou piémont Sud.*
- *En prenant l'occurrence des incendies sur le territoire considéré, il existe peu de probabilité que la plantation arrive à maturité sexuelle (20/25 ans minimum) avant le passage d'un nouvel incendie.*
- *Il est possible que le pin d'Alep s'implante progressivement sur le territoire (déjà présent sur une partie du littoral ainsi que sur le Nord du territoire incendié)*

**Sur la base de ces constats, l'introduction de nouvelles essences par plantation ne semble pas opportune. Il semble souhaitable de privilégier les formations arborées existantes. Néanmoins, des plantations par placettes de variétés de pin maritime résistantes à *Matsuccocus* n'est pas complètement à écarter.**

## Si l'objectif est de permettre la reconstitution d'un habitat d'intérêt communautaire

Les suberaies et les matorrals à pin pignon sont principalement concernées.

### Pour les matorrals :

- *Cela concerne la RNN ;*
- *Très fort enjeu paysager de ces formations arborées ;*
- *L'assistance par plantation diffuse, en remplacement pied à pied de sujets adultes morts, est proposée sur les zones fortement impactées (régénération naturelle peu probable) ;*
- *La question de l'intérêt de cette reconstitution reste à poser au comité scientifique de la RNN ; une expérimentation pourrait être proposée, avec zone témoin comparative pour évaluer dans le temps l'évolution de l'action.*

### Pour les suberaies :

- *Cela concerne les suberaies vieillissantes en déficit de régénération (zone charnière « Les Jaudelières » principalement)*
- *Les retours d'expérience sur des plantations n'ont pas été très probants ;*
- *Le recours à des variétés portugaises ou espagnoles pourrait être testé à titre expérimental avec un objectif de diversification du matériel génétique ;*
- *La régénération par rejets de souche ou drageonnage donne de meilleurs résultats.*



Régénération naturelle de pin maritime ©Alcina

## Hors plantations : quelles formations à privilégier ? Pour quels objectifs ? Quels types d'action

### Formations à cibler

Il est préconisé de se concentrer sur les formations arborées qui sont naturellement présentes, à savoir :

- Les suberaies
- Les formations feuillus mixtes
- Les châtaigneraies
- Les pinèdes (pin maritime, pin pignon)
- Mais également les maquis arborés à arbousier

### Localisation spatiale

Si l'on enlève les zones identifiées préalablement comme « charnière », « zone d'appui à la zone charnière » ou « zone de production », les zones à privilégier répondraient aux critères suivants :

- Pente < 30%
- Présence d'une desserte, même sommaire (moins de 200 m).

Sur la base de ces critères, les surfaces potentielles par type de peuplement sont les suivantes :

- ▶ Pinèdes pin maritime : 95ha
- ▶ Pinèdes et Matorrals pin pignon : 225ha
- ▶ Reboisements résineux : 72ha
- ▶ Maquis boisés : 517ha
- ▶ Suberaies et maquis à ch.L ou ch.Pub : 685ha
- ▶ Mélange F/R, résineux dominants : 135ha
- ▶ Mélange F/R, feuillus dominants : 174ha
- ▶ Feuillus feuilles caduques : 100ha
- ▶ Châtaigneraies : 5ha

Soit un total de 2000ha dont 300ha sur zones avec orientation de gestion spécifique:

- Charnière « Jaudelières » : 120ha
- Charnière « Crêtes de LGF » : 20ha
- Appui à la charnière « Crêtes de LGF » : 10ha
- Charnière « Plateau Trimurti » : 40ha
- Charnière « La Nible » : 120ha

### Objectifs

Il ne s'agit pas d'objectifs de production, mais de maintien des formations ciblées et d'optimiser leur résilience au changement climatique, mais également à l'incendie.

- ▶ Rajeunir les formations feuillus, dont les suberaies, pour obtenir des peuplements irréguliers
- ▶ Favoriser la mixité des essences, feuillues ou (et) résineuses.
- ▶ Favoriser la mosaïque des milieux « ouverts / fermés »
- ▶ Intégrer les enjeux biodiversité en présence

### Types d'actions

Les actions énoncées ci-dessous seront développer dans le livret III - Définition du programme sur 5 ans et des orientations de gestion à longs termes (phase n°4 de l'étude).

#### Suberaie

- Recépage des sujets morts ou dans un très faible état sanitaire => recépage sélectif (pas de recépage en plein : RetEx ONF sur recépage en plein ayant conduit à un balivage sur l'ensemble de la surface).
- Conserver des vieux sujets à cavité.
- Sélection progressif des rejets de souche (3 à 4 rejets puis 2)
- Taille de formation des sujets sélectionnés
- Eclaircie dans les sujets sains (3 à 4 classes d'âge)
- Griffage du sol pour drageonnage (uniquement sur surface avec pente < 10% et selon enjeux environnementaux)
- Semis complémentaires de glands (en appui de fascines)
- Plantation (à titre expérimental, avec autre provenance pour diversifier matériel génétique : RetEx ASLSV)
- Coupe du maquis

#### Châtaigneraie

Si objectif production bois.

- Recépage des sujets morts
- Sélection des rejets

Si objectif production fruit

- Coupe des sujets morts et du sous-étage
- Greffage ou plantation, avec sélection des provenances
- Tailles, mises en défens contre le chevreuil, arrosages

#### Chênaie pubescente

- Recépage des sujets morts ou dans un très faible état sanitaire, pour optimiser l'apparition de rejets ;
- Sélection progressif des rejets de souche (3 à 4 rejets puis 2) pour obtenir un taillis ;
- Eclaircie dans les sujets sains (3 à 4 classes d'âge) ;
- Coupe du maquis

### Pinède de pin maritime

- Dépressage précoce par cloisonnement au stade du gaulis (10/15ans)
- Recours au brûlage dirigé selon le contexte environnemental
- Eclaircies sélectives (30/40ans) et élagage
- Coupe du maquis
- Plantation en « timbre-poste » ou regarnis avec variété TAMJOUTE

### Cas particulier des ripisylves

Les ripisylves représentent des formations végétales inféodées aux bords des cours d'eau ou plans d'eau. Dans le cas présent, il s'agit de formations arborées, principalement de feuillus (aulne, peuplier, frêne...). Elles jouent un rôle écologique important et constituent des habitats naturels spécifiques (cf. diagnostic biodiversité). Les ripisylves concernées sont essentiellement situées aux abords du Mourrefrey, de l'Aille (Plaine des Maures) et de la Giscle. L'impact du feu sur ces formations est très hétérogène, avec une alternance sur de faibles longueurs de linéaires non impactés et brûlés, avec, dans ce dernier cas, une mortalité observée sur des arbres adultes.

S'il reste actuellement délicat d'avoir une idée précise de la résilience des ripisylves suite à l'incendie, la coupe des arbres morts est préconisée ; dans de nombreux cas, des rejets de souche

sont attendus. Toutefois, des travaux de restauration / maintien des berges pourront s'avérer nécessaires lorsque celles-ci s'avèrent sensibles à des risques d'érosion ou d'effondrement. La plantation d'arbres en tige figure parmi ces travaux éventuels.

### Les espèces exotiques envahissantes (EEE)

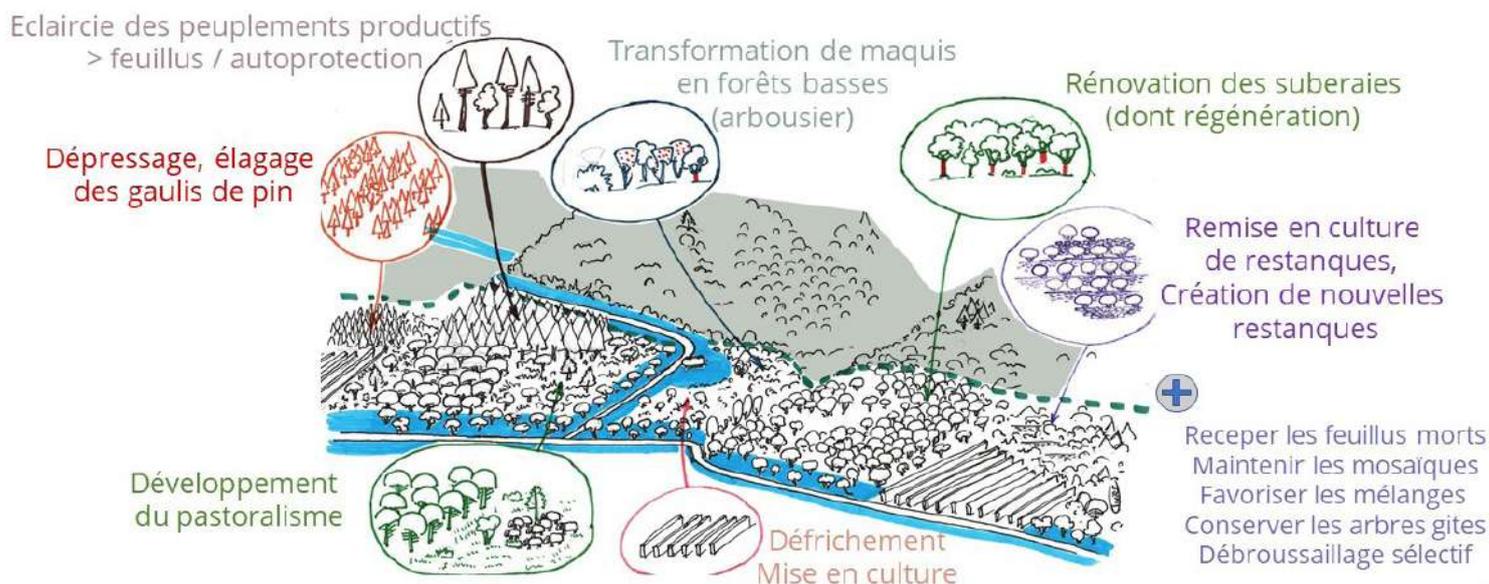
Rappel (diagnostic biodiversité) : « ...D'une manière générale, les EEE sont par définition très résistantes et particulièrement favorisées par les incendies et les perturbations engendrées. Elles disposent donc le plus souvent de caractères adaptatifs qui peuvent les favoriser en cas d'incendie. Les espèces les plus impactantes pour la biodiversité sur cette zone sont le *Mimosa Acacia dealbata*, la *Jussie à grandes fleurs Ludwigia grandiflora* et le *Paspale dilaté Paspalum dilatatum*... »

Un suivi de la progression de ces espèces sera nécessaire, avec, notamment pour les espèces situées au sein des ruisseaux et mares temporaires de la plaine des Maures, un arrachage manuel qui devra probablement être répété dans le temps.



Photomontage du territoire des Maures en 2050 : restauration d'une mosaïque paysagère sur les zones chamrières par la conjugaison d'actions agrosylvo-pastorales. En piémont nord et sud des Zones d'Accueil du Public en Forêt (ZAPEF) permettront une médiation et une sensibilisation du public à l'écologie du feu - TPFE Jordan SZCRUPAK - Le pouvoir du feu, 2014 (ENSP) ©SAFRAN

# Synthèse des orientations de gestion à moyen et longs termes



Vue synoptique des orientations de gestion à moyen et longs termes ©Alcina

## Développer un projet de territoire résilient au risque feux de forêt

Aux termes des trois premières phases de l'étude (9 mois), des groupes de travail et des arbitrages exprimés lors des COPIL et COTECH, avec l'ensemble des parties prenantes ; les orientations suivantes s'inscrivent sur un volet "GESTION" et viennent en appui des documents cadres qui régissent les volets "PREVENTION et LUTTE" de la DFCI (PIDAF, PFCFI, PPRif et carte d'Aléa). Restaurer la mosaïque paysagère à l'échelle du territoire passe nécessairement par la traduction réglementaire des enjeux climatiques et d'évolution du régime des feux dans le volet "PLANIFICATION" du territoire (SCOT, PLU) en cohérence avec le Plan Climat-Air-Énergie Territorial (PCAET), le Contrat de Transition Ecologique du Massif des Maures (CTE), le Plan d'Occupation Pastorale Intercommunale (POPI), le Plan Alimentaire Territorial (PAT) avec le soutien de la DDTM du Var et de la Chambre d'Agriculture.

Ces orientations de gestion adaptées au contexte géomorphologique, s'appliquent prioritairement sur les zones "Charnières" du territoire et initient la volonté collective de développer un projet global pour la protection de la forêt et de milieux naturels du massif et de la Plaine des Maures. Elles visent à optimiser la discontinuité verticale du combustible et améliorer la résilience des formations végétales.

- ▶ *Intégration de la répétition des incendies dans les orientations de gestion par la mise en place de zones dites « zones charnières » sur lesquels les actions d'optimisation de la rupture verticale de combustible seront ciblées tout en favorisant la reconstitution d'un étage arboré dense, en appui à la DFCI. L'agroforesterie est identifiée comme orientation selon le contexte rencontré (présence d'anciennes restanques).*
- ▶ *Identification d'une zone présentant un potentiel sylvicole intéressant pour lui réserver un objectif de production ligneuse si la prise en compte des enjeux environnementaux permet la viabilité économique des exploitations.*
- ▶ *Sur le reste, objectif environnemental, biodiversité, paysage, cadre de vie, maintien des sols, stockage carbone.*
- ▶ *La plantation pour reconstituer des formations arborées représente un choix très ponctuel ; il est préféré d'accompagner la régénération naturelle comme orientation générale, en favorisant l'état irrégulier des peuplements feuillus, la diversité des mélanges, et le maintien en mosaïque des milieux dits « fermés » ou « ouverts ».*
- ▶ *Le sylvopastoralisme est identifié comme mesure accompagnant le maintien en mosaïque des formations végétales et la biodiversité*
- ▶ *Les actions à mettre en œuvre concerneront des formations arborées spécifiques, localisées sur des zones à pente modérées et desservies*

Les tableaux de synthèse qui suivent reprennent les actions proposées en fonction des orientations retenues ; de fait, ils représentent un début du livret III - Définition du programme sur 5 ans et des orientations de gestion à longs termes (phase n°4 de l'étude).

ENJEUX EN LIEN AVEC L'INTÉGRATION DU NIVEAU DE RISQUE D'INCENDIE ET D'OPTIMISER LA RÉSILIENCE DE FORMATIONS ARBORÉES SPÉCIFIQUES	ORIENTATIONS PROPOSÉES	ACTIONS PROPOSÉES
<b>LES JAUDELIÈRES ( 200 HA)</b>		
SUBÉRICULTURE ET BIODIVERSITÉ	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ <i>Rénovation de la suberaie</i></li> <li>▶ <i>Favoriser les peuplements irréguliers feuillus</i></li> <li>▶ <i>Maintien des mosaïques des formations végétales</i></li> <li>▶ <i>Maintien / optimisation des mélanges des essences</i></li> <li>▶ <i>Réduction des formations arbustives au profit des formations arborées</i></li> </ul>	<p>RECÉPAGE SUJETS MORTS (TOUTE ESSENCE)                      CONSERVATION ARBRES À CAVITÉS (TOUTE ESSENCE)                      SÉLECTION DES REJETS DE SOUCHE (FEUILLUS + ARBOUSIER)                      RÉGÉNÉRATION ASSISTÉE DE LA SUBERAIE PAR PLANTATION OU SEMIS (EXPÉRIMENTATION)                      ÉCLAIRCIES ET ÉLAGAGE DES PLANTATIONS RÉSINEUSES NON BRÛLÉES                      DÉPRESSAGE DES GAULIS DE PIN PUIS ÉCLAIRCIE/ÉLAGAGE                      DÉBROUSSAILLEMENTS SÉLECTIFS DU SOUS-ÉTAGE SYLVOPASTORALISME ADAPTÉ AUX ENJEUX (RÉGÉNÉRATION, BIODIVERSITÉ)</p>
<b>LES CRÊTES DE LA GARDE-FREINET (100 HA)</b>		
AGROFORESTERIE	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ <i>Remise en valeur agricole des restanques existantes</i></li> <li>▶ <i>Création de nouvelles restanques</i></li> <li>▶ <i>Rénovation des châtaigneraies à fruit</i></li> <li>▶ <i>Rénovation des châtaigneraies à bois</i></li> <li>▶ <i>Favoriser les formations feuillues denses</i></li> <li>▶ <i>Réduction des formations arbustives au profit des formations arborées</i></li> </ul>	<p>INSCRIPTION AU SEIN DES PLU ET DOCUMENTS DE PLANIFICATION                      APPELS À PROJETS / RÉGIE MUNICIPALE OU INTERCOMMUNALE                      MAÎTRISE DU FONCIER                      ABATTAGE ARBRES MORTS - GREFFAGES - PLANTATIONS                      ABATTAGE ARBRES MORTS - SÉLECTION DES REJETS, BALIVAGE                      DÉBROUSSAILLEMENT</p>
<b>ZONE D'APPUI AUX CRÊTES DE LA GARDE-FREINET (30HA)</b>		
AGROFORESTERIE	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ <i>Remise en valeur agricole des restanques existantes</i></li> <li>▶ <i>Création de nouvelles restanques</i></li> <li>▶ <i>Rénovation des châtaigneraies à fruit</i></li> <li>▶ <i>Rénovation des châtaigneraies à bois</i></li> <li>▶ <i>Sylviculture intensive et précoce des pinèdes</i></li> </ul>	<p>INSCRIPTION AU SEIN DES PLU ET DOCUMENTS DE PLANIFICATION                      APPELS À PROJETS / RÉGIE MUNICIPALE OU INTERCOMMUNALE                      MAÎTRISE DU FONCIER                      ABATTAGE ARBRES MORTS - GREFFAGES - PLANTATIONS                      ABATTAGE ARBRES MORTS - SÉLECTION DES REJETS, BALIVAGE                      DÉPRESSAGE PAR CLOISONNEMENTS PUIS ÉCLAIRCIE/ÉLAGAGE ET ENTRETIEN                      DÉPRESSAGE PAR CLOISONNEMENTS PUIS ÉCLAIRCIE/ÉLAGAGE ET ENTRETIEN</p>
<b>PLATEAU DE TRIMURTI (120 HA)</b>		
AGROFORESTERIE	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ <i>Création de restanques (partie ouest)</i></li> <li>▶ <i>Rénovation des formations feuillues en favorisant les mélanges (partie est)</i></li> </ul>	<p>INSCRIPTION AU SEIN DES PLU ET DOCUMENTS DE PLANIFICATION                      APPELS À PROJETS / RÉGIE MUNICIPALE OU INTERCOMMUNALE                      MAÎTRISE DU FONCIER                      RECÉPAGE DES ARBRES MORTS                      SÉLECTION DES REJETS, BALIVAGE, Y COMPRIS ARBOUSIER                      DÉBROUSSAILLEMENT</p>
<b>LA NIBLE (300 HA)</b>		
PRODUCTION LIGNEUSE	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ <i>Rénovation des pinèdes</i></li> <li>▶ <i>Favoriser les peuplements mélangés feuillus/résineux</i></li> <li>▶ <i>Maintien / optimisation des mélanges des essences</i></li> <li>▶ <i>Réduction des formations arbustives au profit des formations arborées</i></li> </ul>	<p>EXPLOITATION DES BOIS BRÛLÉS                      SÉLECTION DES REJETS DE SOUCHE (FEUILLUS + ARBOUSIER)                      RÉGÉNÉRATION ASSISTÉE DU P.M PAR PLANTATION EN « TIMBRE-POSTE » DE VARIÉTÉS RÉSISTANTES AU MATSUCOCCUS FEYTAUDI OU SEMIS À PARTIR DE GRAINES SÉLECTIONNÉES (EXPÉRIMENTATION)                      DÉPRESSAGE DES GAULIS DE PIN PUIS ÉCLAIRCIE/ÉLAGAGE                      DÉBROUSSAILLEMENTS SÉLECTIFS DU SOUS-ÉTAGE SYLVOPASTORALISME ADAPTÉ AUX ENJEUX ÉCOLOGIQUES (RÉGÉNÉRATION, BIODIVERSITÉ)</p>

## Arbres décisionnels des secteurs hors zones charnières

En dehors des parcelles identifiées en tant que “zones charnières”, plusieurs réflexions doivent baliser la faisabilité des actions de planification ou travaux sur les peuplements existants afin de sauvegarder et optimiser les fonctionnalités écologiques et améliorer la résilience des formations végétales en place.

CONTRAINTES TECHNIQUES	ORIENTATIONS PROPOSÉES	ACTIONS PROPOSÉES
<p><b>Quoi ?</b> LES SUBERAIES LES FORMATIONS FEUILLUS MIXTES LES CHÂTAIGNERAIES LES PINÈDES (PIN MARITIME, PIN PIGNON) LES MAQUIS ARBORÉS À ARBOUSIER</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ <i>Rajeunir formations arborées existantes et l'irrégularité des peuplements</i></li> <li>▶ <i>Favoriser les mélanges « résineux/feuillus »</i></li> <li>▶ <i>Favoriser la diversité des espèces</i></li> <li>▶ <i>Rechercher l'alternance des milieux ouverts et « fermés »</i></li> <li>▶ <i>Gestion spécifique des ripisylves</i></li> </ul>	<p><b>Pour les feuillus (y compris arbousier)</b> RECÉPAGE DES SUJETS MORTS SÉLECTION DES REJETS, BALIVAGE ECLAIRCIES ASSISTANCE À LA RÉGÉNÉRATION SI NÉCESSAIRE (SUBERAIES) PLANTATIONS EXPÉRIMENTALES</p>
<p><b>Où ?</b> PENTE &lt; 30% PRÉSENCE D'UNE DESSERTE, MÊME SOMMAIRE (MOINS DE 200 M).</p>		<p><b>Pour les résineux</b> ECLAIRCIES DANS LES PLANTATIONS NON BRÛLÉES ASSISTANCE À LA RÉGÉNÉRATION (PIN PIGNON) ASSISTANCE À LA RÉGÉNÉRATION (PIN MARITIME) DÉPRESSAGE DES GAULIS ISSUS SEMIS NATURELS EXPÉRIMENTATION</p>

## Plaine des Maures

TYPE DE VÉGÉTATION INITIAL	ÉTAT APRÈS FEU	CONDITIONS	ACTIONS À MENER
MAQUIS CLAIR (G0)	SOL NU	OBJECTIFS ORIENTÉS VERS LE MAINTIEN DE LA BIODIVERSITÉ ACTIONS POUVANT ÊTRE INFLUENCÉES PAR LA DENSITÉ POST-INCENDIE DES CISTAIES DENSES	LIBRE ÉVOLUTION LE CAS ÉCHÉANT (DÉVELOPPEMENT D'UNE CISTAIE DENSE CONTRAIGNANTE POUR LA DIVERSITÉ VÉGÉTALE HERBACÉE), ENVISAGER DES FAUCHES MANUELLES HIVERNALES SUR LES CISTES À + 3-4 ANS POUR MAINTENIR UNE DIVERSITÉ STRUCTURELLE SYLVOPASTORALISME DE PARCOURS ENVISAGEABLE CRÉER DES ABRIS POUR LA PETITE FAUNE
MAQUIS BOISÉ (G6)	SOL NU	PRÉSENCE SIGNIFICATIVE DU CHÊNE LIÈGE	ENVISAGER DES TAILLES DE SÉLECTION ET DE DÉGAGEMENT AU PROFIT DU CHÊNE LIÈGE
PLANTATION RÉSINEUSES (R12)	PINÈDE INCENDIÉE	PRÉSENCE SIGNIFICATIVE DE FEUILLUS SI LE SOL LE PERMET	ENVISAGER UNE CONVERSION VERS UN PEUPELMENT FEUILLUS ET/OU MIXTE SI RÉGÉNÉRATION DE RÉSINEUX
	INCENDIE PARTIEL	PRÉSENCE SIGNIFICATIVE DE RÉSINEUX SURVIVANTS	PROCÉDER À DES ÉCLAIRCIES (SUJETS MORTS OU AFFAIBLIS) ET À UN ÉLAGAGE DES SUJETS D'AVENIR
MATORRAL À PIN PIGNON (R13)	SOL NU	OBJECTIFS ORIENTÉS VERS LE MAINTIEN DE LA BIODIVERSITÉ ET LA QUALITÉ DES PAYSAGES	PLANTATION MANUELLE DE JEUNES PLANS PAR BOUQUETS ; VISER UNE DENSITÉ FAIBLE DES PEUPELEMENTS BASÉE SUR LES PAYSAGES PRÉEXISTANTS (80 À 100 TIGES PAR HECTARE)
	INCENDIE PARTIEL	OBJECTIFS ORIENTÉS VERS LE MAINTIEN DE LA BIODIVERSITÉ ET LA QUALITÉ DES PAYSAGES ; ÉVALUER LE TAUX DE SURVIE DES PINS PIGNONS	PLANTATION MANUELLE DE JEUNES PLANS PAR BOUQUETS ; VISER UNE DENSITÉ FAIBLE DES PEUPELEMENTS BASÉE SUR LES PAYSAGES PRÉEXISTANTS ET EN TENANT COMPTE DES SUJETS SURVIVANTS (80 À 100 TIGES PAR HECTARE)
PINÈDES À PIN PIGNON (R13)	PINÈDE INCENDIÉE	ÉVALUER LE TAUX DE SURVIE DES PINS PIGNONS ET L'ÉVENTUELLE RÉGÉNÉRATION; LIMITER OU CONTRAINDRE LA PÉNÉTRATION D'ENGINS EN CAS D'ENJEUX TORTUE D'HERMANN	PLANTATION MANUELLE DE JEUNES PLANS PAR BOUQUETS ; VISER UNE DENSITÉ MODÉRÉE DES PEUPELEMENTS BASÉE SUR LES PAYSAGES PRÉEXISTANTS (100 À 200 TIGES PAR HECTARE) ; ENVISAGER UN ÉLAGAGE DES JEUNES PINS À + 15 ANS AFIN D'AMÉLIORER LA RÉSILIENCE DU PEUPELMENT EN CAS DE NOUVEL INCENDIE
	INCENDIE PARTIEL	ÉVALUER LE TAUX DE SURVIE DES PINS PIGNONS ET L'ÉVENTUELLE RÉGÉNÉRATION ; LIMITER OU CONTRAINDRE LA PÉNÉTRATION D'ENGINS EN CAS D'ENJEUX TORTUE D'HERMANN	ENVISAGER UNE ÉCLAIRCIE DES PEUPELEMENTS, LE DÉVELOPPEMENT DE CLAIRIÈRES ET SUIVRE LA POSSIBILITÉ D'UNE RÉGÉNÉRATION NATURELLE ; ENVISAGER UN ÉLAGAGE DES JEUNES PINS À + 15 ANS AFIN D'AMÉLIORER LA RÉSILIENCE DU PEUPELMENT EN CAS DE NOUVEL INCENDIE

## Massif des Maures

TYPE DE VÉGÉTATION INITIAL	ÉTAT APRÈS FEU	CONDITIONS	ACTIONS À MENER
MAQUIS BAS (G4)	SOL NU	ZONE CHARNIÈRE OU BORDURE DFCI	CONTRÔLE DE LA REPOUSSE PAR PÂTURAGE OU DÉBROUSSAILLEMENT
		AUTRE	ATTENTE (DYNAMIQUE NATURELLE)
MAQUIS HAUT (F0) MAQUIS BOISÉ (G6) GAULIS RÉSINEUX (R10G) < 20ANS	SOL NU AVEC REJETS	ZONE CHARNIÈRE OU BORDURE DFCI	CONTRÔLE DE LA REPOUSSE PAR PÂTURAGE OU DÉBROUSSAILLEMENT OU DÉBROUSSAILLEMENT SÉLECTIF AU PROFIT DES ESSENCES ARBORÉES ET ARBOUSIER
		AUTRE PENTE <30%	ATTENTE (DYNAMIQUE NATURELLE) OU DÉBROUSSAILLEMENT SÉLECTIF AU PROFIT DES ESSENCES ARBORÉES ET ARBOUSIER
		AUTRE SUR PENTE	ATTENTE (DYNAMIQUE NATURELLE)
SUBERAIES (F0S)	SUBERAIE INCENDIÉE	ZONE CHARNIÈRE OU BORDURE DFCI	CONTRÔLE DE LA REPOUSSE PAR PÂTURAGE OU DÉBROUSSAILLEMENT, MAITRISE DU MAQUIS, RÉNOVATION PAR RECÉPAGE DES SUJETS MORTS ET EN ÉTAT SANITAIRE MÉDIOCRE, OBTENTION DE RÉGÉNÉRATION OU PLANTATION (OBJECTIF D'IRRÉGULARISATION DES CLASSES D'ÂGE), CONSERVATION DE VIEUX SUJETS À CAVITÉ
		AUTRE PENTE <30%	
		AUTRE SUR PENTE	ATTENTE (DYNAMIQUE NATURELLE)
TAILLIS À FEUILLES CADUQUES (F2)	SOL NU AVEC REJETS	ZONE CHARNIÈRE OU BORDURE DFCI	RECÉPAGE DES MORTS ET AFFAIBLIS A T+5 ANS : DÉBROUSSAILLEMENT SÉLECTIF (DÉGAGEMENT) AU PROFIT DES ESSENCES ARBORÉES
	TAILLIS À SOUS-ÉTAGÉ INCENDIÉ	ZONE CHARNIÈRE OU BORDURE DFCI	EXTRACTION DES RÉSINEUX
		AUTRE PENTE <30%	SYLVICULTURE PRUDENTE PAR ÉCLAIRCIES SUCCESSIVES PRÉLEVANT <30% DU VOLUME ET FAVORISANT LE MÉLANGE
		AUTRE SUR PENTE	ATTENTE (DYNAMIQUE NATURELLE)
CHÂTAIGNERAIES (F21)		OBJECTIF FRUIT	COUPE DES SUJETS MORTS ET DU SOUS-ÉTAGÉ, GREFFAGE DE REJETS OU PLANTATIONS, TAILLES
		OBJECTIF BOIS	RECEPAGE DE L'ENSEMBLE (MAINTIEN D'ARBRES À CAVITÉ) POUR OBTENTION D'UN TAILLIS ET SÉLECTION DES REJETS
		AUTRE SUR PENTE	ATTENTE (DYNAMIQUE NATURELLE)
RIPISYLVES (F3)	SOUS-ÉTAGÉ INCENDIÉ	AUTRE SUR PENTE	ATTENTE (DYNAMIQUE NATURELLE)
MIMOSA (F4)	SOL NU		DÉGAGEMENT DE SUJETS « TIRE-SÈVE » À SANS, CERCLAGE ET MISE EN PLACE DE MANCHONS TRAITÉS À LA SAUMURE
MÉLANGES FEUILLUS-RÉSINEUX (M10A ET M11A) FUTAIES RÉSINEUSES (R10) GAULIS RÉSINEUX > 20 NS (R10G) PLANTATIONS RÉSINEUSES (R12)	SOL NU	ZONE CHARNIÈRE OU BORDURE DFCI	A T+5 ANS : SÉLECTION AU PROFIT DES FEUILLUS ET D'UNE PART MINORITAIRE DE RÉSINEUX PAR DÉGAGEMENT MANUEL, ENTRETIEN DE LA VÉGÉTATION BASSE PAR PÂTURAGE OU DÉBROUSSAILLEMENT APRÈS DÉGAGEMENT.
		ZONE DE PRODUCTION DE BOIS	EXTRACTION DES BOIS BRULÉS, RECEPAGE DES FEUILLUS SANS AVENIR, PLANTATION EN PIN MARITIME (VARIÉTÉ TAMJOUTE/CUENCA)
		AUTRE SUR PENTE	ATTENTE (DYNAMIQUE NATURELLE)
	PEUPELEMENT ROUSSI	ZONE CHARNIÈRE OU BORDURE DFCI	EXTRACTION DES BOIS BRULÉS, RECEPAGE DES FEUILLUS SANS AVENIR, ÉCLAIRCIE DANS LES RÉSINEUX VIVANTS DENSES. ENTRETIEN DE LA VÉGÉTATION BASSE PAR PÂTURAGE OU DÉBROUSSAILLEMENT APRÈS DÉGAGEMENT
		ZONE DE PRODUCTION DE BOIS	EXTRACTION DES BOIS BRULÉS, RECEPAGE DES FEUILLUS SANS AVENIR, ÉCLAIRCIE DANS LES RÉSINEUX VIVANTS DENSES, REGARNIS EN PIN MARITIME (VARIÉTÉ TAMJOUTE/CUENCA) OU FEUILLUS
		AUTRE PENTE <30%	EXTRACTION DES BOIS BRULÉS, RECEPAGE DES FEUILLUS SANS AVENIR, ÉCLAIRCIE DANS LES RÉSINEUX VIVANTS DENSES AU PROFIT D'UN MÉLANGE DE FEUILLUS
		AUTRE SUR PENTE	ATTENTE (DYNAMIQUE NATURELLE)
MATORRAL À PIN PIGNON (R13)	SOL NU		PLANTATION DE PIN PIGNONS PAR BOUQUETS ESPACÉS DE 20 MÈTRES
	INCENDIE PARTIEL		ATTENTE (DYNAMIQUE NATURELLE)
PINÈDES À PIN PIGNON (R13)	PINÈDE INCENDIÉE	ZONE CHARNIÈRE OU BORDURE DFCI	CONTRÔLE DE LA REPOUSSE PAR PÂTURAGE OU DÉBROUSSAILLEMENT
		AUTRES	PLANTATION DE PIN PIGNONS PAR BOUQUETS ESPACÉS DE 20 MÈTRES
	INCENDIE PARTIEL	ZONE CHARNIÈRE OU BORDURE DFCI	EXTRACTION DES BOIS BRULÉS, RECEPAGE DES FEUILLUS SANS AVENIR, CONTRÔLE DE LA REPOUSSE PAR PÂTURAGE OU DÉBROUSSAILLEMENT
		AUTRES	EXTRACTION DES BOIS BRULÉS, RECEPAGE DES FEUILLUS SANS AVENIR, ATTENTE

## Suivis des actions

Les suivis des actions promues représentent, en tant que tel, un élément des orientations de gestion.

Ils auront pour objectif de mesurer l'impact des actions retenues dans les orientations au regard des objectifs suivis. A cet effet, ils devront être réguliers dans le temps. Ces suivis serviront également de retour d'expérience (RetEx) pour d'autres sinistres à venir.

Plusieurs points sont à préciser en amont :

- La structure qui recueille, centralise, diffuse les résultats
- L'opérateur en charge de la mise en œuvre sur le terrain et de la collecte des données
- Le protocole d'intervention, les indicateurs à mesurer, la fréquence et la durée des interventions
- Le budget à anticiper.
- La sécurisation du foncier permettant d'intervenir dans le temps

La réponse à ces questions sera traitée lors de la phase n°4 de l'étude. A ce stade, nous pouvons néanmoins déjà identifier les types de suivis selon les contextes et objectifs recherchés.

### Les « suivis forestiers »

Ils concernent les actions dites « forestières » décrites précédemment et relatives à la régénération / renouvellement des peuplements et l'optimisation de leur résilience au feu et au changement climatique.

Les actions retenues lors de la phase n°3 (exploitation des bois incendiés pour une valorisation) sont également concernées.

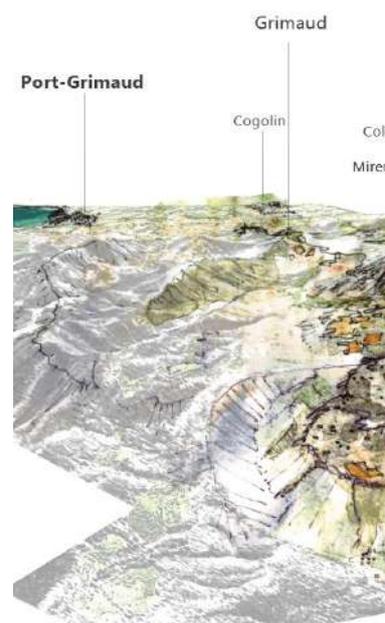
**Comme pour tout type de suivi, il sera nécessaire d'identifier une ou des zones dite « Témoin », non concernées par la ou les actions, et répondant au même contexte, ces zones servant de « référence » et d'élément de comparaison avec les zones traitées.**

Le protocole devra être simple, avec des indicateurs facilement identifiables / mesurables sur le terrain. Le suivi de la mortalité, de la régénération (selon l'essence et le mode régénératif), de l'accroissement en hauteur et diamètre (opérations de balivage notamment), de la diversité des classes d'âge (irrégularité des peuplements), du nombre d'espèces en présence (étage arboré et arbustif) sont autant de critères qu'il sera nécessaire de quantifier sur des placettes dont la surface et la densité restent à définir.

Les plantations demanderont certainement un protocole spécifique.

### Les suivis « biodiversité simple »

Ils seront associés au suivis forestiers, avec pour objectif d'évaluer l'impact des actions sur la biodiversité. Il ne s'agira pas d'un suivi scientifique exhaustif sur la présence / absence de toutes les espèces faunistiques ou floristiques, mais de quantifier avec des indicateurs facilement mesurables l'impact des actions « forestières » sur les habitats et sur quelques espèces faunistiques et floristiques emblématiques et représentatives du milieu concerné.



### Les suivis « biodiversité complet »

Il s'agira cette fois-ci d'un suivi plus exhaustif sur la biodiversité, identifiant lors de chaque mesure la présence / absence d'un cortège relatif à la biodiversité défini en fonction des habitats concernés (bio-indicateurs). Ce type de suivi, plus complexe, sera à réserver aux interventions au sein de la RNNPDM, avec une fréquence des mesures probablement plus basse que pour les deux autres types précédemment cités.

Des suivis étaient déjà en place sur le territoire de la RNNPDM. Ils ont été réalisés de manière ponctuelle ou régulière avant l'incendie. Certains protocoles ont d'ailleurs été repris lors du printemps 2022 et permettent déjà de fournir des informations sur l'impact de l'incendie. Les suivis les plus intéressants à maintenir suite à l'incendie sont les suivants :

- Suivi de placettes « tortue d'Hermann » par indice horaire mis en place par l'EPHE-CNRS sur la Plaine des Maures au sens large ;
- Suivi des populations de Tortues d'Hermann par Capture-Marquage-Recapture réalisés par la SOPTOM (programme Life) sur les vallons des Neuf Riaux et de Saint Daumas ;
- Suivi de la population de Cistude d'Europe sur le Vallon de Saint Daumas par CMR (CEN PACA) ;
- Suivi des populations de pie-grièches sur la RNN PDM (LPO) ; fait en 2021 et repris en 2022 ;
- Inventaire des coléoptères saproxyliques sur le Vallon de Saint Daumas (ESAP de Purpan et CEN PACA) ;
- Suivi Temporel des oiseaux Communs (STOC), Les Aurèdes, Saint Daumas, protocole national MNHN, coordination CEN PACA ;



4

**Promouvoir des usages tactiques du feu**

Coups, Brûlage dirigé, Zones d'appui  
«Restaurer une écologie du feu»



1

**Accompagner les peuplements forestiers**

Resilience, fertilité, PFNL, cannevas  
«Le temps long comme valeur»



3

**Valoriser la biomasse combustible**

PAT, Sylvio-pastoralisme, biodiversité,  
«L'animal comme compagnon du projet»



2

**Restaurer la mosaïque de milieux méditerranéens**

Alternance de milieux, classes d'âge, écotones  
«Dessiner les lisières»

La Garde-Freinet

Barrage de Vanadal

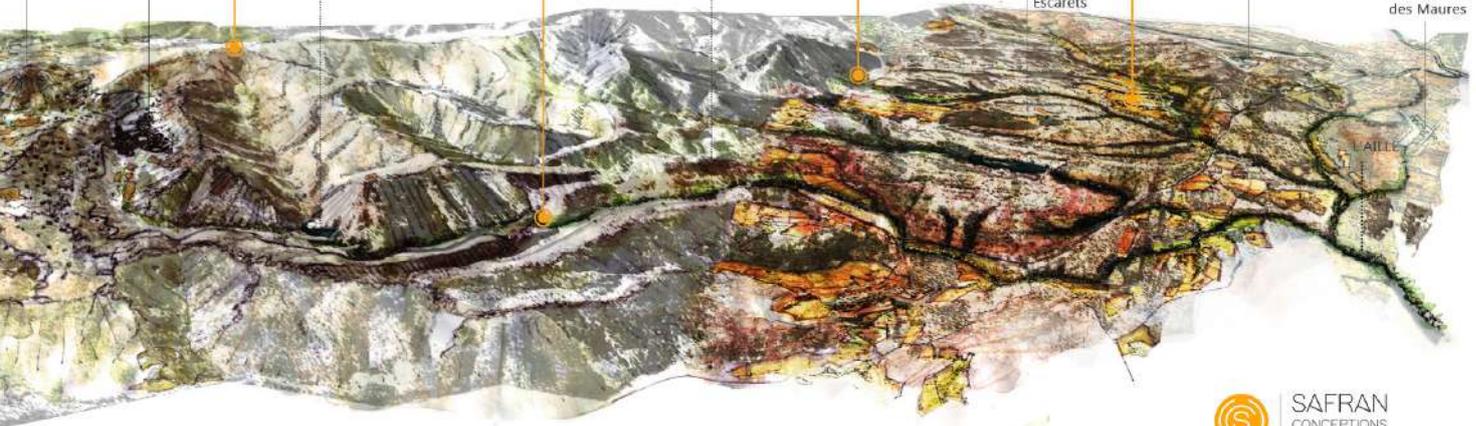
Barrage des Neufs Riaux

Barrage des Escarets

Décharge de Balançon

Aérodrome du Cannet des Maures

line de mer



Stratégie pour le territoire des Maures en 2050 : améliorer la résilience des peuplements dans un contexte de changement de régime de feux implique une saisonnalité des itinéraires de gestion (hors période critique) et une économie de soutien des espaces naturels et forestiers (sylviculture, PFNL, services environnementaux). - TPEF Jordan SZCRUPAK - Le pouvoir du feu, 2014 (ENSP) ©SAFRAN

- État des lieux sur les plantes exotiques envahissantes (rapport de stage coordonné par Annie Abboucaya) ;
- Placettes de suivis floristiques sur des habitats prioritaires (exemple suivi de la mare de Rodier, Life Mare temporaires, 2004, Tour du Valat) ;
- D'autres suivis pour lesquels nous avons moins d'éléments ont pu être réalisés sur le territoire et sont sans doute pertinents.

Le contrôle en présence /absence de certains taxons liés à des ambiances forestières mésophiles actuellement dégradés est également important (voir la diagnostic biodiversité). En effet, c'est le maintien dans la durée de stations connues qui permettra de renseigner sur la persistance de ces espèces sensibles à l'incendie.

**Expérimentations**

**Objectif reconstitution matorral pin pignon**

- Plantation de pin parasol en remplacement de sujets morts

**Objectif régénération suberaie**

- Plantation d'espèces feuillues (Lesquelles ?) – chêne liège, ...
- Semis de glands de chêne Liège (en amont de fascines)
- Griffage du sol (drageonnage)

**Autres objectifs sylvicoles**

- Plantations expérimentales de nouvelles essences pour tester leur résilience au changement climatique et à l'incendie (F.D, F.C) ;

Ce type de suivi peut s'inspirer des techniques de calcul de l'Indice de Biodiversité Potentielle (IBP) développées ces dernières années en forêt privée.

**Objectif de protection des sols**

- Mesurer les hauteurs d'accumulation de sédiment en amont des fascines
- Evaluer le recouvrement végétal en amont des fascines

**Objectif biodiversité**

- Mise en place d'abris pour la petite faune ;
- Les abris en matériaux végétaux sont utiles, faisables un peu partout mais ne sont pas pérennes ;
- Les abris rocheux artificiels peuvent aider à la survie des animaux en cas de nouvel incendie (à développer en priorité là où les abris naturels sont rares) ;

Le suivi de ces aménagements peut être réalisé de différents manières (pièges à traces, pièges photographiques, endoscope).



# annexes

# Acronymes

## A.P.B.

Arrêtés Préfectoraux de Protection de Biotope

## BD Forêt

Base de Données Forêt. Publiée par l'IFN

## C.F.T

Charte Forestière de Territoire

## CO.FOR

association des COmmunes FORestières

## C.R.G.F

Commission des Ressources Génétiques Forestières

## C.R.P.F

Centre régional de la Propriété Forestière

## D.D.T.M

Direction Départementale des Territoires et de la Mer

## D.F.C.I

Défense de la Forêt Contre les Incendies

## D.R.A.A.F

Direction Régionale de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Forêt

## D.R.E.A.L

Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement (inclut les anciennes D.I.R.EN)

## E.B.C

Espaces Boisés Classés

## I.B.P

Indice de Biodiversité Potentielle

## I.F.N

Inventaire Forestier National, établissement public chargé d'effectuer l'inventaire permanent des ressources forestières.

## I.G.N

Institut National de l'Information Géographique et Forestière

## I.N.P.N

Inventaire National du Patrimoine Naturel

## L.P.O

Ligue de Protection des Oiseaux

## M.F.R

Matériel Forestier de Reproduction

## M.H

Monuments Historiques

## Natura 2000

Réseau européen de sites conservatoires pour les Habitats, la Faune et la Flore

## P.A.E.N

Périmètres de protection et de mise en valeur des espaces agricoles et naturels périurbains

## P.A.T

Les Plans d'Approvisionnement Territoriaux, sont des outils d'aide à la décision, basé sur des données cartographiques, qui permettent d'évaluer la ressource forestière d'un territoire.

## P.C.A.E.T

Le Plan Climat Air-Énergie Territorial est un outil de planification, à la fois stratégique et opérationnel, qui permet aux collectivités d'aborder l'ensemble de la problématique air-énergie-climat sur leur territoire.

## P.I.D.A.F

Plan Intercommunal de Débroussaillage et d'Aménagement Forestier

## P.P.F.C.I

Plan de prévention des forêts contre l'incendie

## O.L.D

Obligations légales de débroussaillage

## O.N.F

Office National des Forêts

## P.D.M

Plan de Développement de Massif

## P.E.F.C

Programme de reconnaissance des Certifications Forestières

## P.S.G

Plan simple de gestion, Document de gestion qui permet à un propriétaire forestier privé, en s'appuyant sur un descriptif de sa forêt, d'établir un programme de coupes et travaux pour une durée de 10 à 30 ans.

## S.R.C.E

Schéma régional de cohérence écologique

## S.R.G.S

Schéma Régional de Gestion Sylvicole

## U.I.C.N

Union Internationale pour la Conservation de la Nature

## W.W.F

World Wildlife Fund (Fond mondial pour la protection de la vie sauvage)

## Z.I.C.O

Zone d'Intérêt Communautaire pour les Oiseaux (site du réseau Natura 2000)

## Z.N.I.E.F.F

Zone Naturelle d'Intérêt Écologique, Faunique et Floristique

## Z.P.S

Zone de Protection Spéciale (site du réseau Natura 2000)

# Glossaire

## A

**Abri** : Partie d'un peuplement temporairement maintenue pour protéger des plantations.

**Accompagnant** : Arbre du peuplement auxiliaire très précieux pour l'éducation et la protection des arbres de place.

**Association végétale** : Groupement de végétaux en équilibre au moins momentané avec le milieu, et caractérisé par sa composition floristique.

**Arbre de place** : Arbre d'avenir, intentionnellement maintenu lors du martelage ou des soins à la jeune forêt en vertu d'une fonctionnalité précise.

**Arbre "bio" (Arbre-Habitat)** : Arbre généralement âgé présentant des caractéristiques de qualité écologique (cavités, branches mortes, cassures et pourritures, polypores, dégâts de foudre, fentes et fissures, aires de rapaces, tapis de lierre...) et servant d'habitat ou de source de nourriture à différents organismes. C'est un arbre voué à l'accomplissement complet de son cycle biologique. Signalé par un triangle inversé, tracé dans son bois à la hauteur du trait d'inventaire (1.30 m).

**Accrue** : Étendue de terrain colonisée naturellement par la forêt.

**Accrus** : Peuplements forestiers qui ont colonisé naturellement des terrains à l'abandon.

**Affouage** : Dans une forêt communale (ou sectionale), bois accordé, dans certaines conditions, aux habitants de la commune, pour leurs besoins ruraux et domestiques.

**Âge d'exploitabilité** : Âge d'exploitation des arbres au stade de leur renouvellement, lié aux objectifs et aux conditions de station.

**Amélioration** : Ensemble des coupes et travaux sylvicoles destinés à favoriser le développement des meilleurs arbres.

**Aménagement forestier** : Document de gestion d'une forêt publique. A partir de l'analyse du milieu naturel et du contexte

socio-économique, l'aménagement forestier fixe les objectifs à long et à moyen terme, puis détermine l'ensemble des interventions souhaitables pendant une durée de 10 à 20 ans.

**Aménités forestières** : Bienfaits produits par la forêt en termes de cadre de vie et d'accueil du public.

**Andain** : Alignement des rémanents laissés sur place après exécution d'une coupe ou de travaux forestiers.

## B

**Balivage** : Choix et désignation des baliveaux à chaque passage en coupe dans un taillis sous futaie ou, par extension, dans un taillis.

**Baliveau** : Tige issue de semis ou par extension brin de taillis sélectionné qui constituera une réserve.

**Bille de pied** : Partie basse du tronc (6 à 8 m de hauteur), dans laquelle se concentre l'essentiel de la valeur économique de l'arbre.

**Biodiversité** : Variété de la vie à trois niveaux : la variété des écosystèmes (diversité des écosystèmes), variété des espèces (diversité des espèces) et variété au sein des espèces (diversité génétique).

Synonyme : diversité biologique.

**Boisement** : Plantation d'arbres forestiers, en extension de la forêt existante.

**Bouquet** : Groupe d'arbres sensiblement du même âge occupant une surface comprise entre 10 et 50 ares.

**Brin** : Tige de petit diamètre.

## C

**Candidat** : Arbre bien conformé, indépendamment des espacements. Notion utilisée uniquement à des fins didactiques ou pour évaluer le potentiel d'un

peuplement.

**Cépée** : Ensemble de rejets se développant sur la souche d'un arbre.

**Chablis** : Arbre accidentellement renversé, cassé, déraciné, foudroyé, atteint de maladies ou mort.

**Chandelle** : Partie d'un arbre restée verticale et attachée au sol, après les bris faits par le vent ou la neige.

**Clairière** : Lieu, dans une forêt, dégarni d'arbres et de buissons et tapissé de végétation herbacée.

**Cloisonnement** : Ouverture linéaire dans les peuplements pour faciliter, soit les travaux d'entretien sylvicole, soit les exploitations.

**Colline** : Relief souvent isolé, de faible hauteur relative (100 m), dont les versants ne comportent pas d'escarpement.

**Concurrent** : Arbre gênant le houppier d'un arbre de place.

**Coupe d'abri** : Procédé de régénération naturelle sous le couvert de semenciers, utilisé avec les espèces à graines lourdes (chêne, hêtre, châtaignier) ainsi qu'avec les essences héliophiles (pin sylvestre, mélèze...).

**Coupe de conversion** : Genre d'éclaircie appliquée à la conversion de peuplements encore réguliers en futaie jardinée, mettant l'accent sur la différenciation de la structure.

**Coupe d'ensemencement** provoque l'apparition du semis.

**Coupe progressive** : Mode de traitement basé sur le respect d'un agencement spatial, en fonction de critères d'exploitation des produits et en fonction des risques (vent, dégâts occasionnés au rajeunissement).

**Coupes de régénération** : Coupes successives réduisant progressivement le couvert forestier afin de favoriser les semis. Par ordre chronologique,

**Coupe rase** : Coupe de la totalité des arbres d'un peuplement. Opération supprimant le reliquat du peuplement sur

la parcelle (sauf arbres maintenus pour des raisons écologiques ou paysagères).

## D

**Débardage, débusquage** : Acheminement des bois exploités de leur lieu d'abattage jusqu'à leur lieu d'enlèvement ou place de dépôt où ils pourront être chargés sur camion.

**Dégagement** : Opération consistant à supprimer ou affaiblir toute végétation susceptible de gêner le développement de semis et/ou de jeunes plants. Ne pas confondre avec dépressage.

**Dépressage** : Réduction de la densité des plants afin d'accroître la croissance et la vigueur du jeune peuplement. Le produit du dépressage n'est pas vendable, contrairement à l'éclaircie.

**Dégâts du gibier** : Abroutissement excessif, par les ongulés sauvages, au-delà du seuil critique des essences en station destinées à former plus tard le peuplement principal. Dans certains cas, la frayure peut également être considérée comme dégât du gibier (lorsqu'elle affecte les tiges d'avenir).

**Desserte** : Ensemble des voies de vidange d'une forêt (layons, pistes à tracteurs et chemins à camions). Avant chaque intervention en forêt, il est essentiel de connaître le concept de desserte (voies et directions de sortie des bois).

**DHP** : Diamètre à hauteur de poitrine (à 1.3 m du sol).

**Diamètre dominant** : Moyenne des diamètres à hauteur de poitrine des cent plus grosses tiges du collectif par hectare.

**Diamètre d'exploitabilité** : Diamètre moyen fixé par le gestionnaire pour exploiter le peuplement.

**Différenciation naturelle** : Faculté qu'un arbre vigoureux possède d'émerger au-dessus de la mêlée. Le processus de différenciation est gouverné par la compétition. La compression latérale des couronnes permet aux arbres les plus forts

d'une même espèce de passer dans l'étage dominant.

**Synonyme : autodifférenciation, hiérarchisation.**

## E

**Écotone** : Un écotone est une zone de transition écologique entre deux écosystèmes. Par exemple, une lisière, entre un bois et une prairie. Cette zone est généralement très riche en biodiversité car elle abrite des espèces propres à ce milieu de transition mais aussi des espèces appartenant à chacun des écosystèmes le bordant.

**Éclaircie** : Réduction de la densité d'un peuplement en faveur notamment des meilleurs arbres. Les éclaircies produisent généralement du bois marchand.

**Éclaircie sélective** les arbres destinés à être coupés pour réduire la densité du peuplement sont choisis un à un.

**Écologie** : Étude des interactions des organismes vivants avec le milieu physique et les autres organismes qui forment leur environnement.

**Éducation** : Effets de l'entourage permettant de développer les bonnes dispositions des arbres et de contenir les mauvaises. On distingue l'éducation collective de l'éducation individuelle.

**Effort de régénération** : Surface à régénérer choisie pour maintenir ou rechercher l'équilibre des classes d'âges au sein d'une forêt.

**Élagage** : Chute naturelle ou suppression des branches inférieures d'un arbre sur pied pour produire une bille de pied exempte de nœuds.

**Enrésinement** Remplacement, partiel ou total, d'un peuplement d'arbres feuillus par des conifères.

**Equien - Equienne** De même âge. Se dit en général d'une forêt issue de plantation où d'un peuplement d'une espèce héliophile issu de rajeunissement

naturel dont les arbres ont approximativement le même âge.

**Espèce rare** : Notion généralement relative (rare par rapport à d'autres espèces plus communes).

**Essence** : Terme forestier pour désigner les espèces d'arbres susceptibles de croître en forêt.

**Essence associative** : Essence qui pourvoit à la défense des intérêts d'une autre espèce. Essence qui exerce une action coopérative favorisant le développement de ses voisins.

**Synonyme : « bois blancs ».**

**Essence principale objectif** : Essence désignée pour rester ou pour devenir, à long terme, l'essence qui détermine la sylviculture à appliquer.

**Essence secondaire** : Essence associée à une (ou plusieurs) essence(s) principale(s).

**Étage d'un peuplement** : Répartition des arbres selon leur hauteur dans un peuplement.

**Étage dominant** : ensemble des arbres les plus hauts d'un peuplement.

**Étage dominé** : ensemble des arbres les plus bas d'un peuplement.

**Étage (sous-)** : ensemble des arbres placés sous le couvert des arbres les plus hauts. Ne pas confondre avec le sous-bois uniquement formé d'arbustes et d'arbrisseaux.

**État sanitaire** : Bilan descriptif du peuplement forestier du point de vue de sa physiologie et des dégradations pouvant être causées par des insectes, des champignons ou des pollutions diverses.

## F

**Feuille précieux** : Essence forestière dont le bois est utilisé en menuiserie-ébénisterie : érables, frêne, tilleul, arbres fruitiers (merisier, alisier torminal, cormier...).

Flachis Entaille faite à l'écorce des arbres désignés pour être abattus (remplacé de plus en plus souvent par une marque de couleur).

### Synonyme : Blanchis

Fonction protectrice : La forêt exerce une fonction protectrice lorsque, directement ou indirectement, elle favorise la sécurité et la santé, notamment en protégeant la population ou des biens de valeur notable, en contribuant à régulariser le climat et le régime des eaux, en purifiant et régénérant l'air et l'eau et en réduisant le bruit. On admet que toute forêt exerce, dans une modeste mesure au moins, une fonction protectrice. La fonction protectrice est réputée particulière lorsque la forêt en question est située sur des pentes où il pourrait y avoir, en son absence ou en raison de son mauvais état, un risque direct de glissement de terrain, d'érosion, de chutes de pierres ou d'inondations, pour la population ou des biens infrastructurels nécessaires à la collectivité dans son ensemble.

Fonction économique : Une forêt exerce une fonction économique si elle sert à la production et à l'approvisionnement en bois.

Fonction sociale : La fonction sociale se définit par rapport à la capacité d'accueil qu'offre localement une forêt.

Fonction du maintien de la biodiversité : La fonction du maintien de la biodiversité vise à préserver ou à restaurer les écosystèmes forestiers en faveur de la faune et de la flore menacées. L'intensité de cette fonction est liée à la diversité, à la beauté, à la rareté et à la valeur biologique d'un site forestier.

Forêt mélangée : Peuplement forestier dont les arbres appartiennent à plusieurs essences, soit uniquement feuillues, soit uniquement résineuses. Ne pas confondre avec forêt mixte.

Forêt mixte : Forêt composée d'un mélange d'essences feuillues et résineuses.

Forêt "soumise" : Ancienne dénomination des forêts auxquelles s'applique

le régime forestier (forêt domaniale, communale, départementale ou d'un établissement public).

Fourré : Voir stades d'évolution.

Futaie : Forêt composée d'arbres issus de graines.

Friche : Étendue de terrain non cultivée, laissée à l'abandon.

Futaie : Peuplement forestier issu de semis ou de plants.

Futaie irrégulière : Peuplement forestier présentant un large éventail des âges sur une même parcelle.

Futaie jardinée : Peuplement forestier mélangé de tous âges et de tous diamètres. Cas particulier de futaie irrégulière.

Futaie régulière : Peuplement forestier en général de même âge ou de dimensions voisines (diamètre, hauteur).

## G

Groupement forestier : Regroupement de propriétaires de forêt privée, au sein d'un massif. Défini par le Code forestier.

Groupement syndical forestier : Regroupement de propriétaires de terrains relevant (ou susceptibles de relever) du régime forestier. Défini par le Code Forestier.

Grume : Tronc d'un arbre abattu et ébranché. Les grumes préparées par les bûcherons sont transportées par de grands camions transporteurs à remorques appelés « grumiers », long véhicule tracté au tonnage atteignant trente ou cinquante tonnes.

## H

Héliophile : Essence qui nécessite la lumière dans le jeune âge.

Houppier : Ensemble des ramifications et du feuillage allant de la première branche

verte à la pousse terminale de l'arbre.

### Synonyme : couronne.

Hydromorphie : Ensemble de caractères présentés par un sol engorgé par l'eau de façon périodique ou permanente.

Îlot (de sénescence ou de vieux bois) : En forêt, un « îlot de sénescence » est une zone volontairement abandonnée à une évolution spontanée de la nature jusqu'à l'effondrement complet des arbres. C'est un des moyens de promouvoir la biodiversité forestière en favorisant des espèces et habitats liés au bois mort et aux arbres sénescents.

Indigène : Qui est issu du sol même où il habite.

Interface : Limite commune à deux milieux différents. La lisière par exemple est une interface entre une forêt et un milieu ouvert.

### Synonymes : zone de transition, écotone.

IFN: Inventaire forestier national, établissement public chargé d'effectuer l'inventaire permanent des ressources forestières.

## J

Jardinage (Mode de traitement) Opération sylvicole en futaie jardinée, réunissant en une seule et même intervention les aspects suivants :

- récolte ;
- sélection ;
- éducation ;
- régulation du mélange des essences ;
- interventions fréquentes et légères ;
- perfectionnement de la structure ;
- régénération.

L'irrégularité de la structure et la régénération ne sont pas des objectifs directs du jardinage, mais simplement une conséquence – visible avec le temps – d'un traitement qui applique avec

détermination les principes du jardinage, soit :

- *Evaluation et traitement individuel de chaque arbre*
- *Utilisation des forces de la nature (rajeunissement spontané, différenciation, climat forestier...)*
- *Interventions régulièrement répétées*
- *Martelages soigneux suivis de coupes réalisées par un personnel bien formé*

## K - L

**Lande** : Formation végétale dont les espèces dominantes sont ligneuses et basses (par exemple les bruyères, les genêts).

**Layon** : Passage non stabilisé utilisé par les engins forestiers pour la vidange des bois.

**Ligneux** : Qui a la nature et/ou la consistance du bois.

**Lisière** : Limite entre deux formations végétales de hauteur, d'espèces dominantes ou de nature différentes.

**Ligneux** : Se dit des espèces végétales avec un axe constitué de bois (lignine).

## M

**Martelage** Avant une coupe, désignation des arbres à exploiter par marquage spécifique : à l'aide d'un marteau forestier ou de peinture. Opération par laquelle on marque par un flachis ou un signe de couleur les arbres destinés à être abattus.

Le martelage est le geste central de toute sylviculture écosystémique - intégrative. Sa mise en œuvre est une synthèse d'éléments de portée écologique, économique, esthétique..., appliquée au cas particulier de chaque arbre ou bouquet d'arbres.

**Mattoral** : Formation de végétaux ligneux, d'une succession régressive due au passage récurrent du feu, correspondant généralement à un écosystème forestier dégradé, parfois à un réembroussalement

d'anciennes pâtures ou de terres cultivées laissées à l'abandon.

Méthode du contrôle : Méthode de suivi permanent et de conduite de l'action sylvicole basée sur [18] + [28] :

- *la délimitation et l'entretien de divisions (parcellaire immuable),*
- *les inventaires périodiques,*
- *le calcul d'accroissement (basé sur un tarif unique),*
- *la fixation de la possibilité, et*
- *le contrôle annuel des exploitations.*

**Milieu (milieu naturel)** : Espace caractérisé par des facteurs physiques, chimiques et biologiques relativement homogènes

**Mode de traitement** : Manière d'intervenir en forêt (façon de conduire les martelages et les soins sylviculturaux) à l'échelle de l'unité d'aménagement. Le mode de traitement dépend de la structure souhaitée à long terme.

**Monument naturel** : Élément naturel isolé, particulièrement remarquable et identifiable.

**Multifonctionnelle (Sylviculture)**: Traitement sylvicoles visant une mise à profit aussi rationnelle que possible de toutes les ressources matérielles et immatérielles que fournit la forêt.

## N

**Nettoisement** : Élimination des tiges gênantes dans un jeune peuplement. Synonyme : Dégagement

**Niche écologique** Place occupé par une espèce dans un écosystème.

## P

**Parcelle** : Division de la forêt utilisée comme cadre de référence géographique pour l'exécution des coupes et des travaux culturaux. Délimitation d'une forêt en parties nommées « parcelles », en vue de son étude et de sa gestion.

**Pâturage boisé** : Surface sur laquelle alternent, en forme de mosaïque, des peuplements boisés et des pâturages sans couvert et qui sert aussi bien à la production animale qu'à l'économie forestière.

**Paysage** : Portion structurée de territoire perçue par un observateur depuis un point particulier et avec sa sensibilité propre (filtre culturel).

**Perchis** : Voir stades d'évolution.

**Peuplement** : forestier (Au sens large) partie de forêt qui se distingue des parties avoisinantes par l'âge, la composition en essences ou la structure, dont la surface justifie un traitement sylvicole spécifique.

**Phases de vie** : Evolution des états de l'arbre ou des peuplements forestiers (installation, qualification, expansion, maturation, sénescence)

**Phytosociologie** : Etude des associations végétales naturelles.

**Place de dépôt** : Lieu de stockage provisoire puis d'enlèvement des bois après débardage.

**Plan simple de gestion (PSG)** : Document de gestion durable qui permet à un propriétaire forestier privé, en s'appuyant sur un descriptif de sa forêt, d'établir un programme de coupes et travaux pour une durée de 10 à 30 ans.

**Point noir paysager** : Élément ou lieu d'aspect communément perçu comme négatif, nuisant fortement à l'esthétique d'un paysage. Par opposition à un élément remarquable.

**Possibilité** : Volume de bois exploitable pour répondre aux objectifs du plan de gestion.

**Procédé de régénération** Voir mode de traitement.

**Provenance** : Lieu où se trouve le peuplement dans lequel les graines ont été récoltées. Par extension, désigne aussi le lot de graines issues d'un endroit précis.

# R

**Rajeunissement** : Voir stades d'évolution.

**Rationalisation biologique** : Principe qui vise à laisser faire à la nature tout ce qu'elle peut faire toute seule, en n'apportant éventuellement que des mesures correctrices légères.

Se fonde essentiellement sur :

- *la mise à profit de la différenciation naturelle;*
- *la concentration des mesures sur un minimum d'arbres.*
- *Le jardinage est l'expression la plus élaborée des rationalisations biologiques dans la gestion forestière.*

**Reboisement** : Plantation d'arbres forestiers, en remplacement d'un peuplement préexistant.

**Recépage** : Coupe de la totalité des brins d'un taillis.

**Régénération** : Opération par laquelle un arbre ou un peuplement forestier, parvenu au stade de la récolte, est renouvelé. Par extension, ensemble des jeunes peuplements nés à la suite des opérations de régénération.

**Régénération artificielle** : Renouvellement d'un peuplement forestier par introduction de graines ou de plants.

**Régénération naturelle** : renouvellement d'un peuplement forestier à partir de la germination des graines produites par les arbres adultes.

**Régime forestier** : Ensemble des lois et règlements, déterminés par le Code Forestier et appliqués à la gestion des forêts "publiques" (forêts de l'État et des collectivités).

**Rejet** : Jeune pousse qui se développe après la coupe sur une souche ou ses racines.

**Rémanents d'exploitation** : Branchages et déchets végétaux restant sur une coupe après exploitation et sortie des produits marchands.

**Remarquable (Paysage ou ensemble paysager)** : Espace qui attire l'attention par

sa beauté ou son aspect original, paysage pittoresque.

**Réserve** : Arbre maintenu sur pied lors du passage en coupe dans un taillis-sous-futaie.

**Résilience** : Capacité d'un système dynamique, d'une espèce ou d'un individu à absorber une perturbation, à se réorganiser, et à continuer de fonctionner de la même manière qu'avant.

Du verbe latin *resilire* (« rebondir »).

**Révolution** : Durée (en années) du cycle de production d'un peuplement, de son installation à sa récolte ; la révolution dépend de l'essence et des interventions sylvicoles pratiquées.

**Rotation** : Durée séparant deux coupes successives dans la même division. En futaie irrégulière, il convient d'adapter les rotations aux conditions de station :

# S

**Secteur de gagnage** : Lieu où le gibier cherche sa nourriture. Clairière herbeuse pour les ongulés.

**Sélection** : Opération culturale visant à favoriser directement (sélection positive), ou indirectement (sélection négative) les tiges les plus précieuses d'un peuplement.

**Semencier** : Arbre laissé sur pied pour couvrir de semences un terrain.

**Site** : Paysage considéré du point de vue de son aspect esthétique et pittoresque.

**Sous-solage** : Travail du sol par passage d'un engin muni de grosses dents pour décompacter en profondeur.

**Stades d'évolution** : Rajeunissement : jeunes arbres, jusqu'à une hauteur de 1,3 m. Synonyme : *recrû*.

**Fourré** : jeunes arbres, de 1,3 m de hauteur, jusqu'à un diamètre dominant à hauteur de poitrine [DHP] de 10 cm.

**Perchis** : arbres de 10 à 17.5 cm DHP.

**Jeune forêt** : l'ensemble des stades d'évolution du rajeunissement au perchis

forme la jeune forêt.

- *Jeune futaie*
- *Futaie adulte*
- *Vieille futaie*

## Synonyme : succession écologiques

**Station** : (Au sens forestier) Étendue de terrain homogène dans ses conditions physiques (climat, relief, roche mère, sol) et biologiques (dynamique de la végétation) agissant sur la croissance d'une forêt.

**Strate** : (Au sens forestier) chacune des couches horizontales d'une certaine étendue qui composent la forêt.

**Structure** : Répartition dans l'espace des éléments d'un peuplement forestier selon son mode de renouvellement, les âges et les dimensions des arbres.

- *Structure régulière* : Les couronnes des arbres occupent plus ou moins la même portion de l'espace vertical, et forment une voire plusieurs strates, parfaitement distinctes.
- *Structure irrégulière* : Les houppiers se distribuent plus ou moins dans tout l'espace vertical et ne laissent pas percevoir de stratification. La forêt jardinée pied par pied possède par exemple une structure parfaitement irrégulière.

Entre les formes régulières et irrégulières, la réalité de terrain embrasse un continuum de structures.

**Sylviculture** : La sylviculture est l'art d'accompagner le développement naturel de la forêt pour obtenir des produits et des prestations de qualité. Elle permet de mettre en valeur – pour les propriétaires et la société – les biens et services générés par la forêt.

**Sylviculture adaptative** : Sylviculture qui, en vue de renforcer la capacité d'adaptation des peuplements, s'attache à promouvoir :

- *la diversité des essences,*
- *la diversité génétique (autrement dit, la régénération naturelle qui garantit au mieux la transmission aussi complète que possible des informations génétiques d'une génération à l'autre),*
- *la complexité des structures,*
- *la résistance et la stabilité individuelle des arbres (face aux stress biotiques et abiotiques),*
- *des volumes sur pied en harmonie avec les stations.*

Sylvopastoralisme : Type de gestion agroforestière qui vise la production de matière ligneuse (arbres) et de fourrage, ainsi que l'élevage de bétail, en tirant avantage des interactions entre les différentes composantes du système.

## T

Taillis (simple) : Peuplement forestier constitué de tiges de même âge issues de rejets de souches et groupées en cépées sur chaque souche.

Taillis-sous-futaie : Mélange d'un taillis surmonté d'arbres feuillus d'âges divers.

Talweg / Thalweg : Ligne théorique joignant les points les plus bas d'un relief.

Tournière Espace permettant aux engins d'entretien de tourner et d'accéder

aux différentes ouvertures linéaires dans le peuplement.

Traitement (sylvicole) : Nature et organisation des opérations sylvicoles visant à diriger le développement d'un peuplement, notamment sa régénération, ou à augmenter son rendement et sa qualité dans une unité de gestion ou parcelle.

Transformation : Renouvellement d'un peuplement forestier avec un changement d'essence (généralement par plantation) ou de structure.

Trouée : Ouverture momentanée dans une forêt, destinée à se regarnir.

## U

Unité d'aménagement : Division élémentaire de la forêt la plus homogène possible. Les unités d'aménagement

correspondent aux divisions des forêts publiques ou des forêts privées dotées d'un plan de gestion. Là où le plan de gestion fait défaut, elles correspondent à des entités forestières homogènes et prennent appui sur le parcellaire cadastral et les éléments marquants du terrain.

## V

Vallée : Dépression allongée, composée de versants et d'un talweg généralement drainé par un cours d'eau.

Vallon : Petite vallée courte et peu profonde, aux versants à faible pente.



# Bibliographie

- AGIR écologique, (2022). Suivi post-incendie des populations de Tortue d'Hermann, RNN Plaine des Maures. DREAL PACA. Rapport d'étude, 15 p.
- Ballouard JM., Afériat M; Bonnet X., Caron S., Daneluzzi., Catard A, Guicheteau D.,(2022) Impact d'un incendie et effet de l'habitat sur la mortalité directe d'une population de Tortues d'Hermann (*Testudo Hermannii hermannii*) dans la Réserve Naturelle Nationale de la Plaine des Maures (Var, 83 France), SOPTOM, soumis, 32p.
- Barbero, M., Bonin, G., Loisel, R., Miglioretti, F. and Quézel, P. (1987) Impact of forest fires on structure and architecture of Mediterranean ecosystems. *Ecologia Mediterranea* 13, 39-50.
- Brin, A., Brustel, H., et Valladares. L. (2005) Inventaire de coléoptères saproxyliques de la suberaie de Saint Dumas, Rapport d'étude, WWF, 30p.
- Brotons, L., Pons, P. and Herrando, S. (2005) Colonization of dynamic Mediterranean landscapes: where do birds come from after fire? *Journal of Biogeography* 32, 789-798.
- Catard A. 2016. Rapport d'expertise. Inventaire des zones humides du Var. Conservatoire d'espaces naturels de Provence-Alpes-Côte d'Azur. Département du Var. 142p.
- Cheylan, M. (1984) The true status and future of Hermann's tortoise *Testudo hermanni robertmertensi* Wermuth 1952 in western Europe. *Amphibia-Reptilia* 5, 17-26.
- Cheylan, M. and Poitevin, F. (1998) Impact of fire on a population of European pond turtles (*Emys orbicularis*) in south-eastern France. Paper presented at the Proceedings of the EMYS Symposium Dresden 96, Deutschland, 1998.
- Cheylan, M., Couturier, T., Astruc, G., (2008) Impact des incendies sur la Tortue d'Hermann: résultats des études menées dans le Var, Rapport d'étude, DIREN PACA, 38p.
- Cheylan, M & Poitevin, F. (2010) Suivi des reptiles et des amphibiens du cours du Pey-Revest: effet des incendies sur la faune herpétologique, Rapport d'étude, DIREN PACA, 35p.
- Clivillé, S., Montori, A., Llorente, G. A., Santos, X. and Carretero, M. A. (1997) El impacto de los incendios forestal sobre los anfibios. *Quercus* 138, 10-13.
- Couturier, T. (2011) Ecologie et conservation de la Tortue d'Hermann, Approche multi-échelle dans un paysage méditerranéen perturbé. Thèse de doctorat, EPHE, 193p.
- Couturier T., Geoffroy D., Jailloux A., Besnard A., (2019). Dynamique de reconquête de la faune et de la flore après incendie du Cap Lardier dans le Parc national de Port-Cros. Rapport méthodologique, protocole version 1. Coopération AFB-CEFE. 49 p.
- Département du Var, (2015) Plan de gestion de la Réserve Naturelle de la Plaine des Maures, 2015-2020, Département du Var, 414p.
- Fons, R., Grabulosa, I., Feliu, C., Mas-Coma, S., Galan-Puchades, M. T. and Comes, A. M. (1993) Postfire dynamics of a small mammal community in a mediterranean forest (*Quercus suber*). In *Fire in Mediterranean ecosystems*, Vol. 5, Trabaud, L. and Prodon, R. eds, pp. 259-270. Ecosystems research report, Brussels-Luxembourg.
- Fons, R., Grabulosa, I., Marchand, B., Miquel, J., Feliu, C. and Mas-Coma, S. (1996) Mammifères et incendie en milieu méditerranéen. Réponses de l'insectivore *Crocidura russula* (Soricidae) et du rongeur *Eliomys quercinus* (Gliridae) en forêt de chênes-lièges brûlée. *Vie Milieu* 46, 313-318.
- Fons, R., Grabulosa, I., Saint Girons, M. C., Galan-Puchades, M. T. and Feliu, C. (1988) Incendie et cicatrization des écosystèmes méditerranéens. Dynamique du repeuplement en micromammifères. *Vie Milieu* 38, 259-280.
- Fons, R. and Marchand, B. (1994) Impact du feu sur les populations de micromammifères en zone méditerranéenne. CNRS, Université Paris 6, Laboratoire Arago, Banyuls/mer.

- Friend, G. R. (1993) Impact of fire on small vertebrates in Mallee woodlands and heathlands of temperate Australia: a review. *Biological Conservation* 65, 99-114.
- Grimal, F & Johanet, A. (2017) Suivi naturaliste de la recolonisation post-incendie du Plateau de Vitrolles, Ligue pour la Protection des Oiseaux, 36p.
- Guicheteau, D, (2021) Premier bilan écologique de l'incendie survenu le 16 aout 2021 sur la RNNPDM. Réserve Naturelle de la Plaine des Maures 41p.
- Hailey, A. (2000) The effects of fire and mechanical habitat destruction on survival of the tortoise *Testudo hermanni* in northern Greece. *Biological Conservation* 92, 321-333.
- Hanes, T. L. (1971) Succession after fire in the chaparral of southern California. *Ecological Monographs* 41, 27-51.
- Hétier, J.-P. (1993) Forêt méditerranéenne : vivre avec le feu ? *Éléments pour une gestion patrimoniale des écosystèmes forestiers littoraux*. Les cahiers du conservatoires du littoral N°2.
- Jacquet, K. (2006) Biodiversité et perturbations : Dynamique de l'avifaune après incendie et ses relations avec la dynamique végétale. pp. 275. Université Montpellier II, Montpellier.
- Jacquet, K. & Cheylan, M. (2008) Synthèse des connaissances sur l'impact du feu en région méditerranéenne, Rapport d'étude, DIREN PACA, 80p.
- Kiss, L. (2002) Impact des incendies sur les communautés de gastéropodes terrestres en basse Provence calcaire. In Aix-Marseille III, pp. 187. Université de Droit, d'Économies et des Sciences d'Aix-Marseille.
- Les écologistes de l'Euzière, ed (2004) *Le feu dans la nature. Mythes et réalité*, Prades-Le-Lez.
- Marsol, L. (2004) Réhabilitation écologique de la mare temporaire méditerranéenne de Catchéou après incendie. *Forêt Méditerranéenne* XXV, 337-346.
- Nageleisen, L.-M., & Piou, D. (2018). Évolution du paysage sylvo-sanitaire au cours des trente dernières années. *Revue forestière française*, 70(6), 579–594.
- Naveh, Z. (1974) Effects of fire in the Mediterranean region. In *Fire and ecosystems*, Kozłowski, T. T. and Ahlgren, C. E. eds, pp. 401-434. Academic Press, London.
- Naveh, Z. (1975) The evolutionary significance of fire in the Mediterranean region. *Vegetatio* 29, 199-208.
- Nivet, C. Ateliers REGEFOR (2017) Émergence de bioagresseurs en forêt : comment identifier et atténuer les risques ? . *Revue forestière française*, AgroParisTech, 2018, 70 (6), pp.557-567.
- Santalla, S., Salgado, J. M., Calvo, L. and Fernandez, M. (2002) Changes in the carabidae community after a large fire in a *Pinus pinaster* stand. In *Fire and biological processes*, Trabaud, L. and Prodon, R. eds, pp. 215-231. Backhuys publishers, Leiden.
- Santos, X., Bros, V., Miño, A., 2009. Recolonization of a burnt Mediterranean area by terrestrial gastropods. *Biodiv. Conserv.* 18, 3153–3165.
- Santos, X. & Cheylan, M. (2013) Taxonomic and functional response of a Mediterranean reptile assemblage to a repeated fire regime. *Biodiv. Conserv.* 168, 90-98.
- Trabaud, L. (1983) Evolution après incendie de la structure de quelques phytocénoses méditerranéennes du Bas-Languedoc (sud de la France). *Ann. Sci. for.* 40, 177-196.
- Trabaud, L. and Lepart, J. (1980) Diversity and stability in garrigue ecosystems after fire. *Vegetatio* 43, 49-57.
- Veille, J.-F. (2004) Régénération et sylviculture des subéraies incendiées. *Forêt Méditerranéenne* XXV, 357-362.

RESPIR  
FONDS RÉGION SUD  
POUR L'INVESTISSEMENT RESPONSABLE



2021 | 2026



Equipe :

