

Contribution à l'étude de la fructification et de la régénération naturelle du cèdre de l'atlas (Cedrus atlantica Manetti) dans le sud de la France

Jean Toth

▶ **To cite this version:**

Jean Toth. Contribution à l'étude de la fructification et de la régénération naturelle du cèdre de l'atlas (Cedrus atlantica Manetti) dans le sud de la France. Sciences du Vivant [q-bio]. Université Paul Cézanne (Aix Marseille 3), 1978. Français. NNT : . tel-02859780

HAL Id: tel-02859780
https://hal.inrae.fr/tel-02859780

Submitted on 8 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

N° d'ordre 16638
L'Université d'Aix-Marseille III.

N° d'enregistrement du Centre National de la Recherche Scientifique A.O. 13192

ZOOLOGIE FORESTIÈRE
I. N. R. A.
DOCUMENTATION - BIBLIOTHÈQUE
Av° Vivaldi - Téi. (90) 82.39.50
84000 AVIGNON
cl= 2-22
N° 312

FACULTÉ DES SCIENCES ET TECHNIQUES DE MARSEILLE SAINT-JERÔME.

THÈSE

PRÉSENTÉE POUR OBTENIR LE TITRE DE DOCTEUR INGÉNIEUR

par

Jean TOTH

CONTRIBUTION A L'ÉTUDE DE LA FRUCTIFICATION ET DE LA RÉGÉNÉRATION NATURELLE DU CÈDRE DE L'ATLAS (CEDRUS ATLANTICA MANETTI) DANS LE SUD DE LA FRANCE.

Soutenue le 23 Mars 1978 devant la Commission d'Examen.

M.M. R. NÈGRE
J. PARDÉ
A. PONS
P. QUÉZEL

SOMMAIRE.

AVANT-PROPOS.

GÉNÉRALITÉS. I

INTRODUCTION. 1

CHAPITRE I. Les organes de reproduction et leurs cycles de développement 3

1.1. Fleur mâle : morphologie, formation, développement et rôle 5

1.1.1. Maturité des fleurs mâles 5

1.1.1.1. Le grain de pollen 5

1.2. Inflorescence femelle : morphologie développement 9

1.3. Inflorescence femelle de 1 à 3 mois (Année N) 11

1.4. Cônelet de 4 à 9 mois (Année N+1) 11

CHAPITRE II. Cônelets, cônes de un et deux ans, désarticulation 16

2.1.1. Datation et processus de la fécondation 16

2.1.2. Le développement de l'ovule 16

2.1.3. La croissance du cônelet 18

2.2. Cône de 1 an (Année N+1) 18

2.2.1. Teneur en eau des cônes 21

2.3. Cône de 2 ans (Année N + 2) 21

2.3.1 Maturité morphologique et physiologique 22

2.3.2 Post-maturité ou maturité physiologique provoquée 22

2.3.3. Facteurs déterminant l'ouverture des écailles 23

2.3.4. La désarticulation naturelle 23

2.3.4.1. Période de désarticulation 24

2.3.4.2. Simulation de désarticulation 24

2.3.4.2.1. Installation du dispositif 27

2.3.4.2.2. Déroulement de l'expérience 28

Pages

2.3.4.2.3. Essai complémentaire sur la simulation de désarticulation 32

2.3.4.3. Facteurs climatiques entraînant la désarticulation 33

2.3.4.4. Le rôle du vent dans la désarticulation 33

2.3.4.5. Comment la désarticulation peut ne pas avoir lieu 33

2.3.5. Récolte des cônes et désarticulation artificielle 34

2.3.5.1. Date de récolte des cônes 34

2.3.5.2. Méthodes de désarticulation artificielle 35

2.4. Résumé du cycle complet de reproduction 36

CHAPITRE III - Production des cônes 38

3.1. Quantification de la production des cônes 38

3.2. Age de l'Arbre et Fructification 40

3.3. Production des cônes à l'échelle de l'arbre isolé 42

3.3.1. Influence de la direction géographique des branches sur la production des cônes 42

3.3.2 La production des cônes par niveau de hauteur 45

3.4. Production des cônes à l'échelle d'un peuplement 45

3.4.1. Méthode de calcul 47

3.4.2. Différentes relations biométriques 48

3.5. Comparaison de la production des cônes : arbre isolé - peuplement 48

3.6. La production totale cumulée des cônes par arbre 50

CHAPITRE IV. Graine du Cèdre 52

4.1. La qualité des graines 52

4.1.1. Fluctuation de la production des graines et variation de leur qualité 52

4.1.2. Attaque des graines par le Megastigmus 53

Pages

4.1.3. Qualité des graines dans les grandes cédraies méridionales 55

4.2. Germination 56

4.2.1. Le déroulement de la germination 57

4.2.2. La photosensibilité des graines durant la germination 58

4.2.3. Hydratation et déshydratation des graines 61

4.2.4. Effet du froid sur les graines 62

4.2.4.1. Rappels théoriques 62

4.2.4.2. Expérimentation 63

4.2.5. Rôle des différentes parties de la graine dans la germination 64

4.2.6. Tests de germination 65

4.2.6.1. Méthode employée (nouveau germoir) 67

4.2.6.2. Déroulement du test de la germination 67

4.2.7. Vitesse de germination 69

4.2.8. La germination à différentes températures 72

4.2.9. L'uniformité de la germination 74

4.2.10. Germination et poids des graines 74

4.2.11. Activation de la germination des graines du cèdre 75

4.3. Repiquage des graines germées et prélevées sur germoir 78

4.4. Conservation des graines 79

4.4.1. Conservation traditionnelle 80

4.4.2. Comparaison des états de conservation à différentes températures 80

4.4.3. Conservation des graines à 4° C sans contact direct avec les éléments air - humidité 85

4.4.4. Possibilité de conservation des graines de Cèdre en dessous de 0°C. 86

Pages

4.4.5. Influence du cône sur les graines lors du stockage ou de la conservation 86

4.4.5.1. Cônes ouverts 86

4.4.5.2. Cônes fermés 87

CHAPITRE V . La régénération naturelle 88

5.1. Cycle d'ensemencement et de régénération 88

5.1.1. Régénération à partir de l'arbre isolé 92

5.1.2. Régénération issue de plusieurs arbres 92

5.1.2.1. Méthode de travail 93

5.1.2.2. Carrés installés en 1970: premier comptage 93

5.1.2.3. Nouveaux carrés installés en 1976 et comptage des nouveaux semis dans les carrés 1970 97

5.1.2.4. Observations sur l'implantation et les survies des plantules dans les deux dispositifs 98

5.1.3. Régénération sous peuplement 98

5.1.4. Influence de la litière sur la régénération du Cèdre 102

5.2. Essais de semis en milieu naturel 104

5.3. La survie des plantules 108

CHAPITRE VI. Conclusion 110

CHAPITRE VII. Discussion. 113

Annexe Répartition et description des cédraies étudiées. 115

Station n° 1 Saumon (près de Digne) 117
" n° 2 Montagne de Lure 118
" n° 3 Rialsesse 118
" n° 4 Marcilly 119
" n° 5 Veraza "La Courbatière" 120
" n° 6 Caunes-Minervois 121
" n° 7 Saou (près de Crêt) 122

Pages

Station n° 8	Belvezet (chantier pilote)	122
" n° 9	Valleraugue "La Pieyre"	123
" n°10	Lamalou les Bains (Ecr. Comb.)	123
" n°11	Graulhet (Route Busque)	124
" n°12	La Verne - Ragusse	124
" n°13	Saint Maximin la Ste Baume	125
" n°14	Mont-Ventoux	125
" n°15	Petit-Lubéron "Crête"	126
" n°16	Cabrières d'Avignon	127
" n°17	Lubéron "Trou du Rat"	127
" n°18	Montfavet "Seignonne"	128
" n°19	Courtine (près d'Avignon)	129

Bibliographie. 130

A V A N T - P R O P O S

****

La réalisation de cette étude et la rédaction de cette thèse n'ont pu se faire que grâce à la collaboration bienveillante de tous ceux qui de loin ou de près sont intéressés par le Cèdre.

Je tiens à remercier ici :

- M. PARDÉ, Directeur de Recherches au C.N.R.F., qui m'a initié à cette essence et qui, durant dix années m'a patiemment conseillé sur l'ensemble de mon plan de recherches. Il a eu la gentillesse de relire minutieusement et à plusieurs reprises ce manuscrit auquel il a apporté d'intéressantes corrections. Enfin, très chaleureusement il a accepté de faire partie du Jury.

- M. NÈGRE, Professeur à la faculté des Sciences de St-Jérôme qui n'a pas hésité à dépenser un temps précieux pour me faire part des données recueillies sur le Maroc et le Lubéron qu'il connaît particulièrement bien ; il a eu l'amabilité de juger ce travail et d'y apporter des critiques judicieuses permettant une rédaction plus facile de cette thèse. De plus, il a accepté de jouer le rôle de coordinateur entre les différents membres du Jury auquel il participe.

- M. QUÉZEL, Professeur à la Faculté des Sciences de St Jérôme avec qui j'ai eu des relations très étroites durant les trois années du contrat D.G.R.S.T., contrat permettant de nombreux échanges de vues sur la botanique et la biologie du Cèdre. Je lui suis reconnaissant d'avoir accepté de siéger à mon Jury.

- Ses collaborateurs, MM. BARBERO, LOISEL, AUBERT et THINON avec qui j'ai eu des discussions profitables et tout particulièrement avec M. THINON qui, avec un esprit de haute camaraderie m'a apporté sa collaboration à des relevés floristiques dans plusieurs stations du Mt-Ventoux.

- M. PONS également Professeur à la Faculté de St-Jérôme qui m'a accordé de nombreux et fructueux entretiens. Je lui adresse ici ma reconnaissance pour sa présence dans le Jury de cette thèse.

- M. DELABRAZE, Directeur de la Station de Sylviculture méditerranéenne d'Avignon qui s'est intéressé à mon travail et m'a procuré le matériel jusqu'ici absent, me permettant ainsi d'approfondir mes recherches et d'effectuer des observations en laboratoire sur la désarticulation des cônes et l'analyse de la teneur en eau.

- M. BONNET-MASIMBERT, Chargé de Recherches à la Station de l'Amélioration des Plantes d'Orléans pour les contacts très amicaux qu'il m'a témoignés, les critiques et corrections qu'il a apportées à mon manuscrit. Ses conseils et la communication de ses expériences sur d'autres espèces m'ont aidé très largement.

- Mme MULLER, de la même station qui n'a pas hésité à m'aider dans les tests de germination et a pris en considération mes points de vue sur la dormance et la germination.

- M. BONNEAU, Directeur de la Station du Sol Forestier du C.N.R.F. qui m'a fait effectuer les analyses de sol provenant de différentes cédraies.

- M. MILLIER et ses collaborateurs du C.N.R.F. qui ont effectué les calculs biométriques.

- M. CHAMPAGNAT, Professeur à la Faculté des Sciences de Clermont-Ferrand qui m'a apporté des éclaircissements sur bien des problèmes.

- M. CÔME, Directeur de Recherches au Laboratoire du C.N.R.S. de Meudon qui m'a reçu et conseillé très utilement pour la germination.

- M. CHAVAGNAT, du groupe d'Etudes et Contrôles des Semences, pour sa collaboration dans les tests de germination.

- Le laboratoire de Palynologie du C.N.R.S. de Montpellier pour les observations effectuées sur les pollens de Cèdre.

- Mon camarade DUMAS DE VAULX du laboratoire de cytologie de l'I.N.R.A. à Montfavet qui n'a pas ménagé son aide pour les analyses et les observations des tubes polliniques.

- Monsieur DELANGRE de la Station de Zoologie de l'I.N.R.A. à Montfavet pour son aide chaleureuse dans le développement des nombreuses photos.

- La station du S.T.E.F.C.E. qui m'a fourni les données climatiques.

- MM. TURREL et PETTINETTI, Techniciens à la Station de Sylviculture d'Avignon qui m'ont aidé à recueillir les données sur le terrain, par tous les temps et quelles que soient les difficultés rencontrées. Leur infatigable énergie et leur volonté d'aboutir dans mes analyses et mes observations quelquefois très longues et fastidieuses, leur esprit de collaboration et leur dévouement sans faille méritent d'être soulignés.
Leur curiosité scientifique m'a poussé parfois à aller plus loin dans la recherche pour satisfaire les questions soulevées.

- Toutes les personnes des Centres de Gestion de l'Office National des Forêts d'Avignon et de Carcassonne qui m'ont autorisé à effectué de très nombreuses observations et expérimentations dans leurs forêts. Les tournées en leur compagnie et leurs échanges de vue sur différents problèmes écologiques et sylvicoles du Cèdre ont été d'un intérêt certain dans mon étude.

Il ne faut pas oublier tous ceux qui, avec une remarquable abnégation et un souci très haut de bien servir la science ont renforcé la certitude des résultats obtenus par leurs observations personnelles sur le terrain, observations dont ils m'ont fait part.
Je ne puis pas tous les citer ici mais qu'ils soient assurés de ma gratitude.

GENERALITES

Le genre "Cedrus" se divise respectivement en quatre espèces :

- Cedrus atlantica MANETTI - Cèdre de l'Atlas
- Cedrus libani BARREL - Cèdre du Liban
- Cedrus deodara LOUDON - Cèdre de l'Himalaya
- Cedrus brevifolia HENRY - Cèdre de Chypre

Ces quatre espèces, essentiellement montagnardes, occupent des surfaces d'importances très inégales et forment spontanément trois blocs géographiquement différents :

- Afrique du Nord - Asie Mineure - Himalaya - (P. BOUDY 1952).

Le premier bloc représenté par le Cedrus atlantica comprend :

- l'Atlas marocain avec 130 000 ha environ étalés sur deux zones d'altitudes différentes de 1300 à 2400 m : Moyen Atlas, Haut Atlas et le Rif.

- l'Atlas algérien avec 25 000 ha : Djebel Aurès et Teniet el Haad.

Le deuxième bloc se divise en deux parties occupées chacune par une espèce particulière :

- le Cedrus libani . au Liban occupe, avec 1700 ha, les 4 % des 44 700 ha de surface boisée. (B. CHOUCHANI, M. KHOUZAMI, P. QUEZEL 1975). Un reliquat historique, composé d'arbres plusieurs fois centenaires se trouve dans la vallée de Kadicha, à 1800 m d'altitude.

. en Turquie son aire est très vaste entre 1500 et 2000 m d'altitude (P. QUEZEL, A. PAMUKCUOGLU 1973).

- le Cedrus brevifolia dans l'île de Chypre, en forêt de Paphos, s'étend sur une surface assez restreinte (W. FINLAYSON 1971).

Le troisième bloc, avec le Cedrus deodara représente les grands massifs de l'Inde et de l'Afghanistan aux vastes étendues sur le nord-ouest de l'Himalaya entre 1350 et 3500 m. d'altitude (L. PARDÉ 1937).

Le cèdre a vécu tout aussi spontanément en Europe, où P. BOUDY (1950) signale sa présence en Sibérie (à 56° de latitude) au Miocène, et A. PONS (1964) relève la présence du pollen dans les formations du Pliocène. Des climats autres que le climat méditerranéen ont permis l'apparition d'autres espèces. Cedrus deodara en est l'exemple.

Au quaternaire il disparut totalement du bassin nord circum méditérranéen et il fallut attendre la deuxième moitié du XIXe siècle pour qu'il fasse, grâce à l'homme, sa première et restreinte réapparition en France (F. TESSIER 1900). L'Italie allait le réintroduire également (A. PAVARI 1927) mais sur une échelle de moindre importance. Quant à l'Espagne, elle ne fit que très timidement, et ces dernières decennies seulement, des tentatives d'introduction.

Parmi ces quatre espèces de Cèdre citées, c'est le Cèdre de l'Atlas qui fut essentiellement employé dans le reboisement du Sud méditerranéen français. C'est en raison de sa facilité d'adaptation dans les conditions difficiles, de sa rusticité, que cette essence fut choisie. (H. DE BRUN 1922, R. MAURY 1960).

On signale de petits bouquets de cèdre du Liban, créés à partir de graines rapportées du moyen Orient : Saint Michel l'Observatoire (Alpes de Haute-Provence) en est l'exemple le plus typique. Bien que des caractères de cèdre de l'Atlas soient décelables dans les régénérations "naturelles" qui ce sont installées. Pollinisation à longue distance ou sélection climatique locale ayant fait évoluer la population ? Une étude est en cours pour préciser ces points.

De nombreux exemples sont également à citer : parcs de résidences, jardins publics.

On peut trouver le cèdre du Liban, d'origine certaine, dans des dispositifs expérimentaux récents créés par la Station d'Amélioration des Arbres Forestiers, en région méditerranéenne.

Pour ce qui est des deux autres espèces, si on trouve le cèdre de l'Himalaya dans des parcs et des arboretums on ne voit le cèdre de Chypre que dans quelques arboretums seulement.

Le Cèdre de l'Atlas occupe actuellement une dizaine de milliers d'hectares dans la région méditerranéenne, représentés surtout par quatre grands massifs :

- Mont Ventoux et Lubéron (Vaucluse)
- Rialsesse et Marcilly (Aude)

A ces massifs importants s'ajoutent des surfaces plus réduites, d'origine ancienne ou récente, des ilôts et des bosquets éparpillés dans tout le Sud de la France (J. TOTH 1971).

Ci-après, une carte de répartition donne leur situation géographique et représente les différents dispositifs expérimentaux installés (fig. n° 1). La description détaillée des diverses cèdraies étudiées figure en annexe p. 116.

Fig. 1 SITUATION DES DISPOSITIFS EXPERIMENTAUX DANS LE SUD DE LA FRANCE



INTRODUCTION

Le Cèdre de l'Atlas (Cedrus atlantica MANETTI), qui ne fut que timidement introduit d'Afrique du Nord dans les reboisements du Sud de la France vers les années 1862, devait connaître un tel succès d'extension par régénération naturelle à partir des peuplements créés ou d'arbres isolés, qu'il fut plus largement admis et que des plantations en Cèdres se multiplièrent, surtout depuis cette dernière décennie.

La Recherche Forestière et l'Institut pour le Développement Forestier ont contribué à cette réalisation (J. TOTH 1970, 1971 et 1973 a,b,c, R. PUTOD 1973-74), surtout dans le domaine de la diffusion des connaissances acquises, en soulignant les facilités d'adaptation de cette essence naturalisée en région méditerranéenne.

Plus récemment la Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique a également, durant trois ans, grâce à son aide, incité les chercheurs de différentes disciplines à mener à bien de nombreuses études concertées.

Bien que l'intérêt de cette essence et sa résistance aux conditions difficile(climat, sol) aient poussé beaucoup de forestiers à s'intéresser à son essor et à encourager son extension, il reste encore en France un certain nombre de problèmes qui méritent d'être étudiés, et en particulier :

- date et déroulement de la floraison
- production des cônes et maturation des graines
- désarticulation des cônes
- régénération naturelle.

Il faut signaler, qu'au Maroc, des études approfondies abordèrent les domaines biologique, écologique, pédologique et climatologique, cernant surtout les difficultés de la régénération (B. LEPOUTRE 1963, 1964, B. LEPOUTRE et A. PUJOS 1964, A. PUJOS 1966).

Ces excellentes études n'ont toutefois pas apporté la solution à tous les mystères physiologiques entourant cette régénération et sa pérennité.

Ayant pris connaissance de la complexité des problèmes et de la différence écologique entre le pays d'origine et le pays d'adoption, il a paru nécessaire d'entamer, dans ce dernier, une étude approfondie.

Au Maroc, les études effectuées portent sur le manque de régénération naturelle dans la cédraie autochtone en altitude (au dessus de 1800 m) qui, pendant des siècles, a pourtant connu une vitalité certaine.

En France, le problème est fondamentalement différent étant donné que la plupart des peuplements de cèdre se régénèrent avec abondance, tout spécialement sur le Mont Ventoux et au Lubéron et qu'il n'en est rencontré qu'exceptionnellement sans régénération (J. TOTH 1970, A.VIAL 1974, J.PARDÉ 1976).

Néanmoins cette régénération abondante accuse une hétérogénéité au niveau des massifs :

On observe, dans le même massif, des trouées abondamment pourvues avoisinant des espaces dépourvus.

Notre objectif principal vise à déterminer les différentes causes de la réussite ou de la non réussite de cette régénération, spécialement en considérant l'autécologie.

La régénération étant un phénomène global, intéressant surtout les plantules, il convenait de se demander si toutes les graines produiraient ou non des plantules ; en allant plus loin il était intéressant de rechercher si, à partir de la fleur femelle, une graine fertile prenait toujours naissance. Cela conduisait naturellement à examiner les processus de la fécondation et les conditions qui les régissent.

Ainsi fut pris en considération l'ensemble du cycle depuis la floraison jusqu'à l'installation des plantules.

C'est pourquoi une très grande importance a été attachée à l'étude biologique et physiologique des organes reproducteurs, ainsi qu'à leur phénologie. On a également abordé le problème du dynamisme de la fructification, celui de la quantification des cônes et ce durant de nombreuses années, tant à l'échelle de l'arbre isolé qu'à celle du peuplement (J. TOTH 1973 a).

Cet enchaînement a conduit à examiner minutieusement la maturation des cônes et celle des graines qu'ils abritent. Cette maturation s'accompagne, pour les cônes, de l'ouverture des écailles et de la désarticulation ; il était utile de cerner le mécanisme de ces phases étroitement liées à l'influence de facteurs propres à chacune d'elles.

Sur les graines ont été effectués de très nombreux tests d'hydratation et de déshydratation, de germination et de photosensiblité.

Les essais ont été poursuivis non seulement au laboratoire mais aussi "in situ" dans les conditions naturelles pour discerner l'action des différents facteurs.

Pour ces essais, de nombreuses observations et des prélèvements ont été réalisés dans un réseau de dix neuf stations couvrant le Sud de la France. (fig. n°1 p.III) dont les coordonnées figurent dans le tableau donné en annexe (p.116).

Pour mener à bien cette étude, il était difficile de s'appuyer régulièrement sur un grand nombre de stations trop éloignées du centre d'Avignon ; aussi a-t-il été nécessaire de se concentrer sur une station principale, celle du Mont-Ventoux, et plus précisément de la forêt communale de Bédoin située sur la face sud, à une altitude de 600 à 1100 m.

La plupart des observations sont rattachées à ce massif ; grâce à son étendue et à la multiplicité de ses aspects il est capable de satisfaire à des études écophysiologiques cherchant à étudier tout un cycle évolutif sur une même essence ; en effet, l'introduction du Cèdre sur 15 ha environ en 1862 présente aujourd'hui l'éventail de ses quatre générations successives s'étalant sur 800 ha aménagés et largement débordés de par la puissance colonisatrice de la régénération naturelle (J. TOTH 1972).

CHAPITRE I. - LES ORGANES DE REPRODUCTION ET LEURS CYCLES DE DÉVELOPPEMENT

La floraison, la pollinisation et la fécondation sont les trois étapes maîtresses de la vie des organes reproducteurs . Elles sont , de par leur dénomination, à l'origine de bien des discussions entre spécialistes cherchant à enfermer dans des dates approximatives mais bien définies chacun de ces faits importants.

Aussi importants soient-ils, ces stades sont précédés d'une quatrième phase (en réalité la première dans l'ordre chronologique des choses), celle de l'apparition et du développement des bourgeons floraux.

En effet, selon la théorie de certains, la floraison engloberait les préliminaires à l'épanouissement des fleurs, préparatifs qui ne sont autres que l'accroissement des bourgeons floraux jusqu'à leur maturité morphologique ; pour d'autres, le terme floraison disparaît ne laissant place qu'au terme "fleur".

Si on en reste à la définition du terme "floraison", à savoir : époque, durée du temps d'épanouissement des fleurs, il est plus juste et plus correct de jumeler les termes pollinisation et floraison car on est alors en plein épanouissement floral.

Donc, partant de là, on aura :

- préliminaires à la floraison ou développement des inflorescences
- floraison et pollinisation
- fécondation

En biologie végétale, ces différents stades apparaîssent beaucoup plus nettement chez les angiospermes que chez les gymnospermes (A. GUILLIERMOND et G. MANGENOT 1960). Ces derniers sont bien schématisés à travers le Pin qui, malheureusement, à bien des points de vue se différencie du Cèdre, membre de la même famille.

Le Cèdre, quant à lui, est resté assez longtemps peu décrit. En effet, les renseignements recueillis à son sujet sont rares, limités à des observations sommaires portant plus sur des généralités botaniques que sur des observations scientifiques fondamentales.

Il ne faut pas oublier qu'il s'agit là d'une essence introduite, naturalisée et que pour affermir son implantation, des études biologiques de vulgarisation étaient, au départ, nécessaires à son essor.

C'est d'ailleurs ainsi que nous avons commencé nos travaux vers 1969-70, nous attachant plus à la biologie qu'à la physiologie.

Après avoir, avec beaucoup d'autres, mieux fait connaître la renommée méritée de cette essence, il nous apparut nécessaire, d'en connaître mieux ses fonctions de reproduction et de régénération, phases essentielles pour assurer sa pérennité dans les différentes conditions écologiques du Sud de la France.

Grâce à des observations phénologiques, on a pu situer l'époque et le déroulement de la floraison dans les différentes stations assises dans des régions topographiquement et géographiquement variées, avec une insistance toutefois marquée pour les placettes du Mont-Ventoux.

a./ Préliminaires à la floraison ou développement des inflorescences

Ils comprennent la durée du développement des bourgeons floraux, mâles et femelles, à partir de leur apparition, leur transformation, leur accroissement en volume et en poids jusqu'à l'acquisition de la maturité morphologique.

Cette maturité morphologique se traduit pour l'une et l'autre des inflorescences par leur taille maximum définitivement atteinte et par "l'entr"ouverture" des écailles.

b./ Floraison et pollinisation

Il s'agit de l'épanouissement des organes qui se traduit par la large ouverture des écailles.

Cette suite immédiate à la maturité morphologique n'est autre que la maturité physiologique qui marque le départ de la pollinisation.

- La fleur mâle connaît la déhiscence qui va libérer ses grains de pollen.
- l'inflorescence femelle, toutes écailles largement ouvertes devient le récepteur du pollen.

Il est nécessaire de souligner que malgré l'écart considérable, de plusieurs mois, entre l'apparition des deux sexes, une extraordinaire convergence fait que l'un et l'autre arrivent en même temps à leur maturité physiologique. Ce fait sera développé dans le paragraphe suivant.

c./ Fécondation

C'est la phase qui a donné lieu au plus grand nombre de controverses et de confusions.

Nombreux sont ceux qui ont simplifié le problème en donnant comme époque de fécondation le moment de pollinisation prétendant que cette fécondation se déroulait à l'automne de l'année N.

D'autres ont tout bonnement groupé l'ensemble des trois phases entre septembre et octobre.

Il a fallu entreprendre des études en vue de cerner ce problème en entamant des observations phénologiques étalées sur plusieurs années, appuyées par des analyses microscopiques effectuées à intervalles réguliers. Leurs résultats résolvent l'énigme de la reproduction sexuée du Cèdre.

L'étude de la fécondation, à l'encontre des deux phases précitées, a nécessité une toute autre orientation pour obtenir des certitudes que les seules observations sur le terrain ne pouvaient apporter.

Même des dissections de cônelets sous binoculaire n'étaient pas suffisantes pour confirmer ou infirmer la date précise de la fécondation.

Il fallait aller plus loin et, grâce à l'aimable collaboration du laboratoire de cytologie de la Station d'Amélioration des Plantes de l'I.N.R.A. à Montfavet, on a pu entamer et mener à bien des examens cytologiques qui nous apportaient enfin la réponse aux questions posées.

Ces examens ne cherchaient pas à mettre en évidence la fusion des noyaux mâles et femelles, mais à déceler les préliminaires à cette caryogamie précédée du développement des tubes polliniques.

De plus, des observations minutieuses ont permis de déceler qu'immédiatement après l'apparition de ces tubes polliniques (ceci sera développé dans le paragraphe suivant) se produit une croissance extrêmement rapide du petit cônelet issu directement de l'inflorescence femelle. Toute logique en déduit

donc que la fécondation a eu lieu.

De toute façon, pour mener à bien une étude approfondie de la caryogamie, étude qui n'entrait pas dans notre programme, il eut fallu disposer de temps et de moyens.

1.1.- FLEUR MÂLE : MORPHOLOGIE, FORMATION, DÉVELOPPEMENT ET RÔLE

Morphologiquement, la fleur mâle se présente comme un bourgeon arrondi, de quelques millimètres, qui est visible au coeur de la rosette vers la fin Juin. Rien ne la distinguerait de l'inflorescence femelle si celle-ci apparaissait en même temps ; en fait, elle ne sera présente que deux mois plus tard, vers la fin août.

Le bourgeon floral mâle arrondi est recouvert d'une pellicule cireuse, marron, protectrice de la jeune ébauche. Cette pellicule se déchire rapidement pour laisser poindre un petit châton plutôt rond, très légèrement ovoïde, vert tendre (voir photo n° 1) reposant au coeur d'une rosette.

Courant juillet il adopte une silhouette de petit obus strié de croisillons miniatures, réguliers ; ces croisillons, ou écailles, ne sont en fait que les futures étamines, assises des sacs polliniques.

Par la suite, on observera une croissance progressive (voir photo n°2) qui aboutira à la taille définitive début septembre, taille atteignant 4 à 5 cm de longueur et 1 cm de diamètre environ. Il offrira alors une couleur jaune verdâtre.

En fonction des conditions écologiques, on peut observer une légère précocité ou tardivité qui sera accusée dans le même sens par les inflorescences femelles aussi.

1.1.1. - MATURITÉ DES FLEURS MÂLES

Le premier signe extérieur de maturité des fleurs mâles est l'apparition de fendillements qui suivent latéralement les lignes de croisillons mentionnés ci-dessus.

C'est à ce stade que les châtons abandonnent leur rigidité précédente pour une certaine souplesse.

1.1.1.1. - Le grain de pollen

Les grains de pollen du Cèdre se composent de trois parties, comme chez la plupart des conifères : deux ballonnets remplis d'air encadrant le corps.

Leurs dimensions sont consignées sur la fig. n°2. (p.7)

Les spécialistes en palynologie se réfèrent à la structure du pollen pour établir des distinctions entre les différentes espèces végétales.

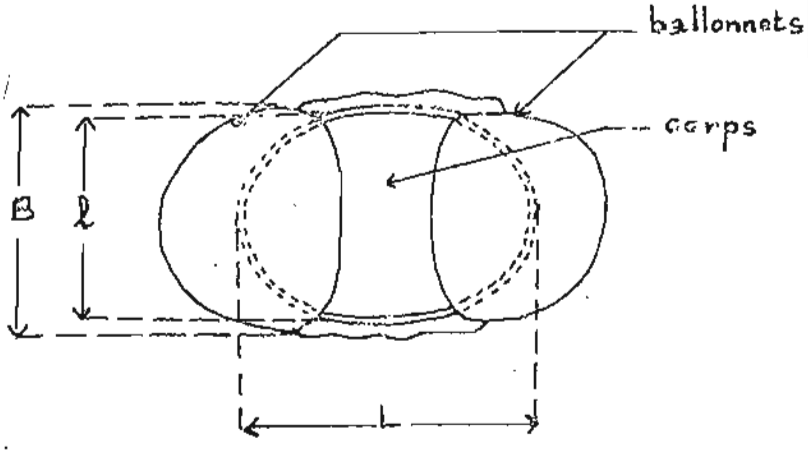
Les mesures effectuées au laboratoire de palynologie du C.N.R.S. de Montpellier (B. AYTUG 1961) montrent que les trois espèces de Cèdre peuvent être classées en ordre décroissant selon les dimensions moyennes de leurs grains de pollen:

1/ Cedrus atlantica MANNETTI
2/ Cedrus libani BARREL
3/ Cedrus deodara LOUDON

Il est curieux de constater que cet ordre est l'inverse de celui dans lequel se classent les espèces en ce qui concerne leurs feuilles et leurs cônes.

Fig n° 2

POLLEN DE CÈDRE



L : longueur du corps du grain

l : largeur du corps du grain

B : longueur du ballonnet

TABLEAU N°1 Dimensions d'un grain(1)

	L en micron	l en micron	B en micron
C Atlantica	61,5	50,2	52,7
C Libani	58,0	47,3	50,5
C Deodara	56,0	44,2	47,4

D'après AYTUG 1961

(1) Il s'agit des moyennes arithmétiques des mesures faites; des "recoupements" sont possibles.

1.2. - INFLORESCENCE FEMELLE : MORPHOLOGIE, DÉVELOPPEMENT.

Il faut bien préciser que le châton femelle est formé d'écailles dont chacune est une fleur femelle composée de deux carpelles soudés. C'est donc l'ensemble des écailles des fleurs qui forme le cônelet appelé "inflorescence femelle". Cette inflorescence renferme une moyenne de 130 ovules.

L'apparition de cette inflorescence femelle, à l'inverse de celle du châton mâle, est beaucoup plus tardive; elle ne se manifeste que fin août par le gonflement de certains petits bourgeons marron au fond de leur rosette ; à présent ils pourront être appelés bourgeons floraux ou ébauches florales.

Le développement et la transformation se font très spectaculairement en passant par quatre stades différents, stades consignés dans la fig. n°3.

Le quatrième stade ou stade final s'achèvera vers la mi septembre, lorsque les châtons mâles seront prêts à déverser leur pollen.

A ce stade, l'inflorescence femelle a ses écailles largement ouvertes, réceptives à la pollinisation. Elles ne se refermeront que plusieurs semaines après. Il n'est pas rare de trouver, courant octobre, l'inflorescence femelle avec ses écailles ouvertes.

Faute d'avoir pu étudier expérimentalement la fermeture des écailles, on en est réduit à envisager les deux causes suivantes :

a./ la réception de pollen en quantité suffisante qui devrait satisfaire la majeure partie des fleurs de l'inflorescence (le nombre de fleurs équivaut à la moitié de celui des ovules).

b./ Les mauvaises conditions climatiques, basse température, période de pluie.

On retiendra que les inflorescences femelles nées deux mois plus tard que les fleurs mâles se développent en 3 semaines seulement et comblent leur retard pour arriver en temps voulu à la pollinisation, résultat du long développement de 3 mois des châtons mâles.

Ces châtons mâles d'ailleurs, de par leur seule présence durant deux mois, amènent certains observateurs à se tromper : ils les prennent pour des inflorescences femelles et prédisent trop vite, en jaugeant leur nombre élevé en général, une bonne récolte de graines.

Ainsi que nous l'avons vu (fig. n°3 p.10) l'ébauche femelle est initialement un bourgeon arrondi recouvert d'une pellicule cireuse, marron, qui protègera la jeune inflorescence jusqu'au troisième stade de son développement; elle se déchirera alors pour dévoiler, vers début septembre, au coeur de la rosette, un petit cônelet ovoïde, vert pâle, très tendre, d'environ 5 à 10 mm de hauteur pour quelques mm de diamètre. Néanmoins la date peut varier, avancer ou légèrement retarder, et ce, en fonction des conditions climatiques.

Ainsi la sècheresse de l'été 1976 a joué de telle sorte qu'on a vu apparaître les signes du quatrième stade tout au début du mois de septembre.

Il faut ajouter aussi que l'âge de l'arbre et l'exposition de ses branches (arbres de plus de 100 ans et branches au Sud) peuvent jouer sur ces variations, en faveur d'une plus grande précocité.

Dans certaines stations et pour certains arbres, l'inflorescence femelle est colorée d'un vert bleuâtre, ou légèrement violet.

Cependant cette coloration ne caractérise, en fait, que les inflorescences femelles avortées, ou en cours d'avortement, rencontrées en très grand nombre, durant huit mois, de la pollinisation à la fécondation. Il est par conséquent très facile et peu étonnant de tirer des conclusions trompeuses.

En fait l'inflorescence viable, sauf exceptions très rares, est de couleur verte. Elle se transformera en un cônelet encore vert qui le restera jusqu'en

Fig n°3 ÉVOLUTION DE L'INFLORESCENCE FEMELLE

STADE 1	STADE 2	STADE 3	STADE 4
			
L'ébauche : le rond gonflé, de couleur marron, est assis, au fond de la rosette.	L'ébauche a grandi. Toujours marron, son extrémité ovale est plus claire que la base.	L'enveloppe marron de l'ébauche éclate et laisse apparaître l'inflorescence de couleur verte avec les écailles légèrement écortées	Il n'y a plus d'enveloppe marron. L'inflorescence est de couleur vert clair ; ses écailles largement écortées sont réceptives à la polli-nisation.

octobre de l'année N+1 (cône de 1 an). A cette date il virera d'abord au violet, puis au marron roux.

Comme conclusion à ce paragraphe, on trouvera représentées avec un fort grossissement, côte à côte, inflorescence femelle et fleur mâle à la date de la pollinisation (photos n°4).

1.3. - INFLORESCENCES FEMELLES DE 1 À 3 MOIS (année N)

De un à trois mois débute la transformation de l'inflorescence femelle en cônelet, sans augmentation ni de poids, ni de dimensions (longueur-diamètre).

En quoi consiste cette transformation ? Il s'agit tout simplement, dans le cas des conifères et plus principalement du cèdre, de la fermeture lente des écailles après pollinisation ; ainsi fermées ces écailles abritent et protègent les grains de pollen qui ont réussi à pénétrer à l'intérieur.

Ce phénomène est appelé gymnospermie compensée.

Dans ce premier stade, de 1 à 3 mois de l'année N, a lieu un fait aussi très important ; il s'agit du fort pourcentage d'avortements des inflorescences femelles (voir tableau n°1). Ces avortements se traduisent, on l'a dit, par un virage de la couleur vert tendre au violet.

Le cônelet viable est tendre et élastique au toucher ; non viable il est rigide et sec. Ce fait a été constaté au cours de nos relevés périodiques étalés sur plusieurs années.

Cette "détérioration" de l'organe femelle peut atteindre certaines années des proportions très élevées en fonction des conditions locales.

Le tableau n°1 donne des renseignements recueillis dans les massifs du Mont Ventoux et du Luberon, de 1974 à 77, et ce aux fins de comparaisons ; il s'agit des relevés des moyennes par branche d'inflorescences femelles, au moment de la pollinisation et de la fécondation.

Ces relevés sont toujours effectués sur les trente mêmes branches des mêmes arbres.

En consultant ce tableau, on peut constater qu'il y a des différences tant de production que de fécondation selon les années. Toutefois, à une forte production d'inflorescences femelles correspond une moyenne importante de cônelets fécondés et vise versa. Ainsi en 1974-75, à la moyenne élevée d'inflorescences femelles (25,5) correspond une moyenne de fécondation (9,7) qui reste importante vis à vis de celle des autres années où la production d'inflorescences femelles est plus faible.

1.4. - CÔNELET DE 4 A 9 MOIS * (année N+1)

Dans cette période de 4 à 9 mois, de janvier à mai de l'année N+1, il y a de nouveau un changement survenant vers la fin avril et qui s'échelonne jusqu'à la fin mai.

Il s'agit d'une augmentation assez lente de poids et de dimensions en fonction des conditions climatiques et des situations géographique et topographique de la station.

La plaine témoigne toujours d'une plus grande précocité que les stations d'altitude ou de montagne.

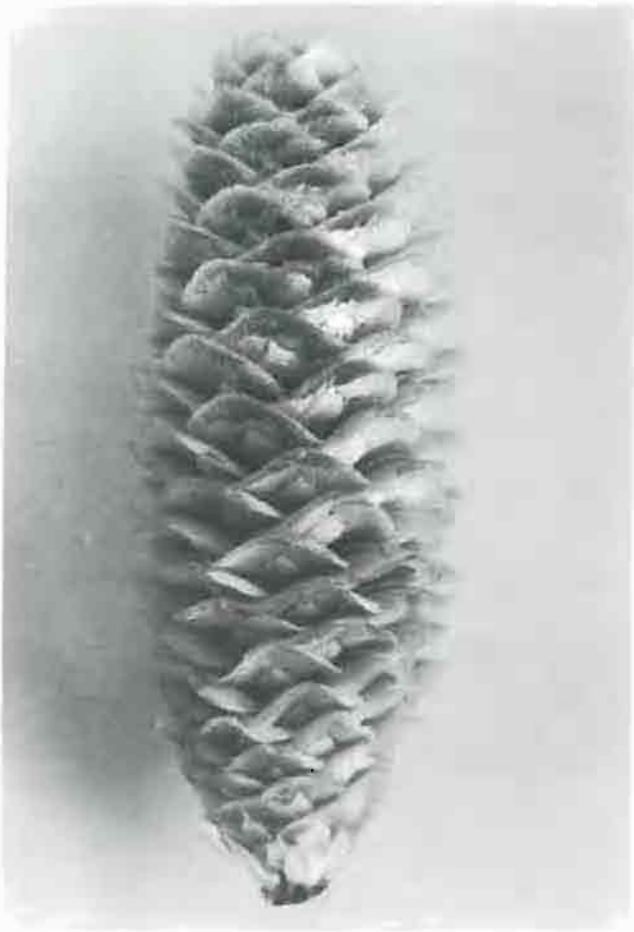
Ainsi, on a pu observer en plaine, à faible altitude, un changement dès le mois de mars en 1976.

Comment se manifeste ce changement ?

* il apparaît nécessaire de faire une coupure à 9 mois en raison de la fécondation qui survient.

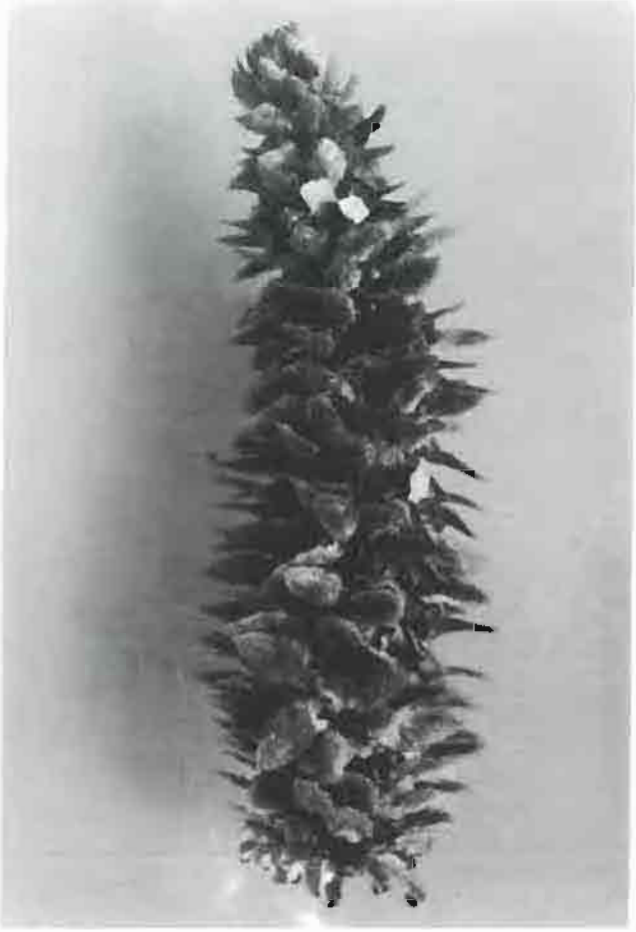
INFLORESCENCE FEMELLE ET FLEUR MÂLE
FIN SEPTEMBRE

Photos n° 4



Inflorescence femelle avec ses écailles largement ouvertes. Epoque de la réception du pollen. Grossissement X 5.

Echelle : ——— 1 cm



Fleur mâle peu après l'envolée de son pollen. Déjà sec et endommagé par les conditions climatiques pluie et vent Grossissement X 2.

Echelle : ——— 1 cm

Tableau n°1

NOMBRE MOYEN PAR BRANCHE DES INFLORESCENCES FEMELLES ET DES CÔNELETS FÉCONDÉS

STATIONS DU Mt VENTOUX ET DU LUBÉRON - ANNÉES 1974 À 77

STATIONS	Sept. 1974	Mai 1975		Sept. 1975	Mai 1976		Sept. 1976	Mai 1977	
	Inflorescences ♀	Cônelets fécondes		Inflorescences ♀	Cônelets fécondés		Inflorescences ♀	Cônelets fécondés	
		Nb	%		Nb	%		Nb	%
VENTOUX	27,8	12,3	44	4,9	1,5	31	8,3	1,9	23
LUBERON	23,1	7,1	31	4,6	0,8	17	4,7	1,1	23
MOYENNES DES DEUX STATIONS	25,5	9,7	38	4,8	1,2	24	6,5	1,5	23

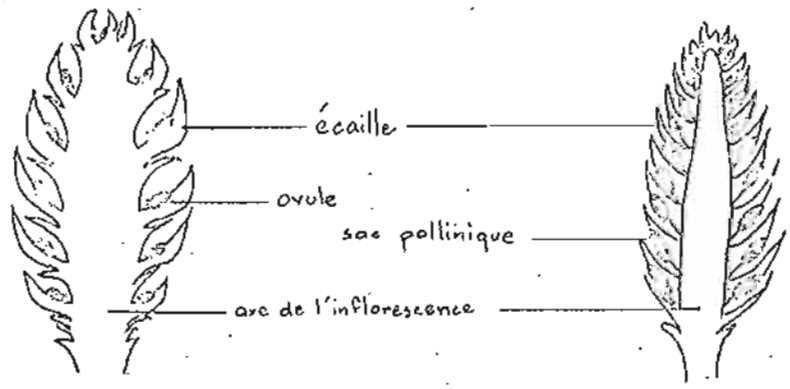
Après avoir récolté toutes les semaines cinq cônelets sur les arbres échantillons de deux stations différentes (la Seignonne en plaine, le Mont-Ventoux à 850 m d'altitude), après les avoir mesurés, pesés, disséqués pour en extraire l'ovule, on a constaté un accroissement : en longueur, en diamètre, en poids, ainsi qu'une augmentation du volume de l'ovule (tableau n°2).

Cet accroissement des dimensions du cône, cette augmentation de volume de l'ovule coïncident exactement, tous les ans, avec le débourrement du Cèdre et la montée de sève.

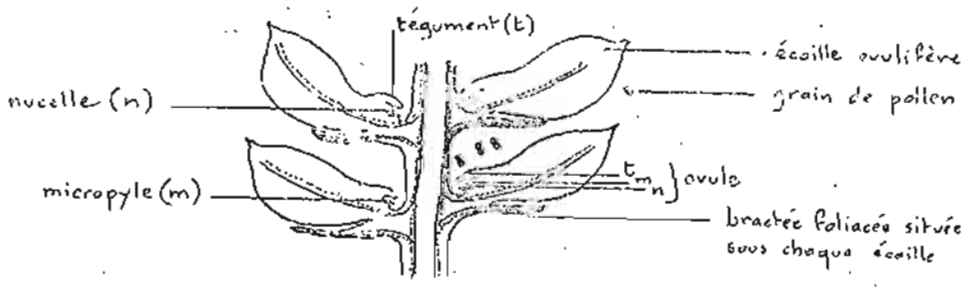
Il faut souligner que l'augmentation du volume de l'ovule survient avant l'apparition du tube pollinique.

Il apparaît opportun de donner ici, à la fin de ce chapitre I un schéma représentant la coupe de l'inflorescence femelle et de la fleur mâle.

Par ailleurs on mentionne dès maintenant que dans le chapitre de la régénération naturelle un schéma d'arbre représente l'ensemble du cycle de reproduction sexuée.



Coupe schématique de l'inflorescence femelle et de la fleur mâle



Coupe longitudinale axiale de la partie moyenne d'une jeune inflorescence femelle de Cèdre.

d'après A. GUILLIERMOND et G. MANGENOT

TABLEAU n° 2 - DÉVELOPPEMENTS "CÔNELET et OVULE" - PRINTEMPS 1976

	CÔNELET						OVULE			
	LA SEIGNONNE			MONT-VENTOUX			LA SEIGNONNE		MONT-VENTOUX	
DATES	long. mm.	diam. mm.	poids g.	long mm.	diam. mm.	poids g.	long. mm.	diam. mm.	long. mm.	diam. mm.
1-4	18,5	8,9	0,90	16,2	7,7	0,60	1,08	0,84	0,90	0,73
7-4	19,1	9,3	0,93	16,6	7,8	0,61	1,17	0,99	0,93	0,76
14-4	20,5	10,4	1,28	16,9	7,9	0,62	1,25	1,03	0,97	0,81
21-4	24,2	13,0	2,33	17,3	8,0	0,63	1,55	1,06	1,00	0,86
28-4	29,0	15,1	3,75	17,9	8,9	0,86	1,72	1,16	1,28	0,94
5-5	30,3	15,8	3,96	20,2	10,4	1,20	1,89	1,25	1,35	1,00
12-5	34,0	24,6	6,85	24,1	12,6	2,50	3,33	1,58	2,07	1,36
19-5	36,9	26,5	11,64	26,9	16,8	4,17	3,92	1,76	2,36	1,50
26-5	40,4	28,6	19,11	28,6	19,0	5,31	4,22	1,90	3,12	1,71
2-6	43,3	31,1	23,09	35,7	23,1	10,84	4,60	2,37	3,74	2,02
10-6	46,2	34,0	29,39	38,4	27,4	15,93				
16-6	49,7	37,1	36,46	45,0	33,2	22,12				
22-6	53,8	40,5	48,74	47,8	34,2	28,35				
30-6	58,2	41,4	50,01	50,6	35,4	33,63				

CHAPITRE II - CÔNELETS, CÔNES DE UN AN ET DEUX ANS, DESARTICULATION

2.1.1. - DATATION ET PROCESSUS DE FÉCONDATION

Durant la période décrite dans le paragraphe précédent on constate un regroupement des grains de pollen autour ou dans le micropyle. Les analyses microscopiques montrent que ceci est encore plus accentué vers fin avril, courant mai (voir photo n°5 p. 17).

C'est à partir de fin mai que se rencontrent les premiers tubes polliniques. Ils sont abondants début juin. Dès ce moment la fécondation se produit et la croissance du cônelet devient exponentielle. Il faut absolument rejeter le fait que la fécondation a lieu lors de la pollinisation, à l'automne de l'année N.

En effet, lors de leur réception sur les inflorescences femelles, les grains de pollen sont nettement dispersés sur toute la surface des écailles. Puis ils se trouvent canalisés jusqu'au contact du micropyle, à travers les interstices que ménagent les écailles ovulifères du cônelet qui est alors toujours dressé. Les grains adhèrent au bord interne, apparemment "poisseux", du micropyle ; une sécrétion nucellaire nocture vient les recueillir, comme la marée montante peut entraîner en mer les objets flottants déposés sur une plage (M. FAVRE-DUCHARTRE 1970).

Le tube pollinique ne se développe qu'après le débourrement des aiguilles, à une date plus ou moins rapprochée de celui-ci, en fonction des conditions locales, microclimatiques (voir photo n°6).

Malgré de minutieuses observations nous n'avons jamais trouvé de tube pollinique avant le débourrement. L'apparition des tubes bien développés n'a eu lieu qu'à partir de fin mai début juin, quand l'ovule avait déjà bien grossi.

2.1.2. - LE DÉVELOPPEMENT DE L'OVULE

On a poursuivi toutes les semaines l'examen et les mesures de l'ovule dès l'instant où on a constaté une augmentation de ses dimensions; cette augmentation coïncide avec la période de l'éclatement des bourgeons végétatifs c'est à dire du débourrement.

Ces mesures ont été effectuées à l'aide d'un micromètre.

Par conséquent, et logiquement, il apparaît que le développement de l'ovule est tout à fait indépendant de l'existence du tube pollinique et qu'il se déclenche, non pas en liaison avec cette formation du tube mais en liaison avec l'ensemble de ses supports : écaille, cônelet, arbre, ainsi qu'il a été dit plus haut.

En effet le cônelet qui, durant six mois n'a subi aucun accroissement tant en volume qu'en poids, connaît alors un grossissement dès l'éclatement des bourgeons végétatifs, ce qui indique qu'avec la montée de sève, réalimenté à son tour, il reprend ses activités de croissance.

L'ovule bénéficie lui aussi, de cette remontée de sève et y puise les éléments nutritifs nécessaires à sa constitution. Il va accumuler des substances organiques en prévision de la future graine.

En raison de l'augmentation rapide des dimensions de l'ovule (tableau n°2) on doit abandonner le micromètre et le remplacer par le pied à coulisse.

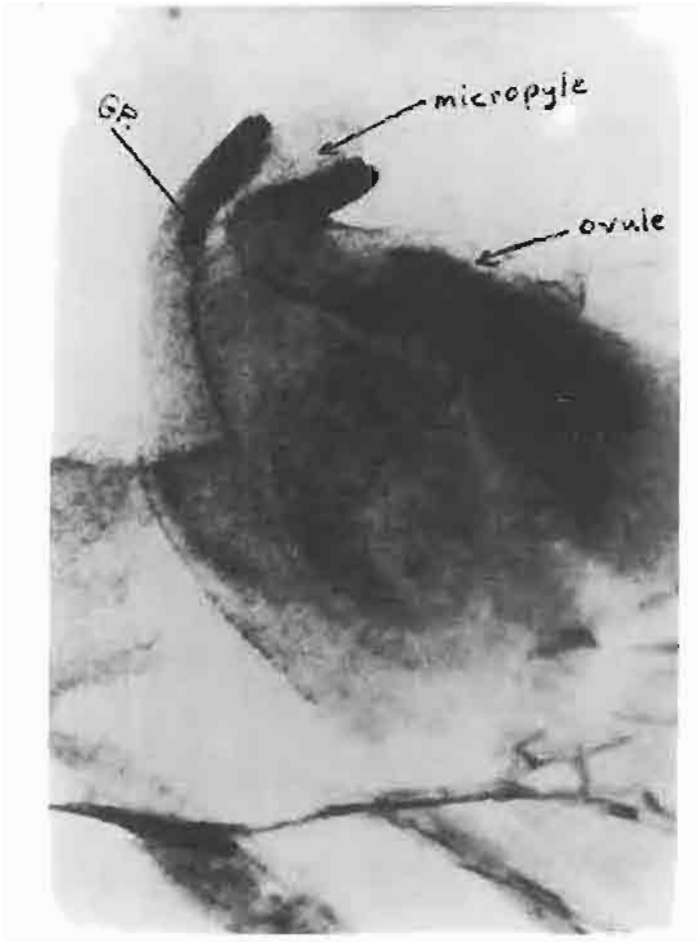
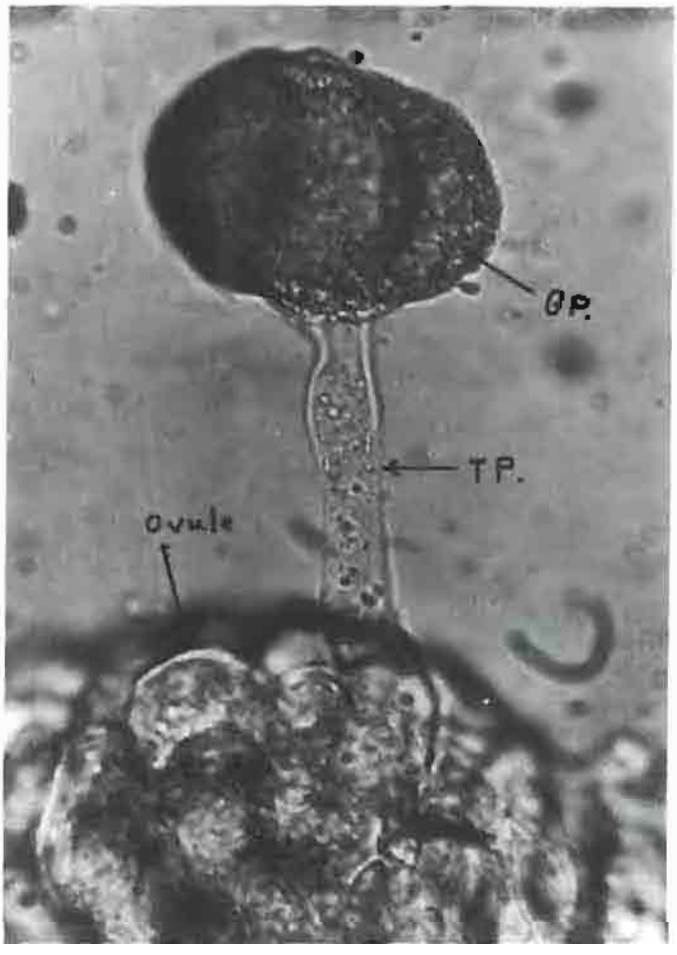


Photo n° 5 (ovule).
Mise en évidence de la bonne conservation des grains de pollen dans le micropyle, jusqu'au mois d'avril de l'année N + 1. Il n'y a pas encore émission du tube pollinique, donc fécondation exclue.



Grossissement : 1 × 400
GP = grain de pollen
TP = tube pollinique.

Photo n° 6
Développement du tube pollinique à partir de fin mai début juin.

Ce développement de l'ovule a montré, ainsi qu'il était logique, un décalage de 15 jours environ entre les échantillons récoltés en montagne (Mont-Ventoux 850 m. d'altitude) et ceux obtenus en plaine (La Seignonne - Avignon 25 m d'altitude) au bénéfice de cette dernière (voir tableau n°2).

On peut donc conclure que le développement de l'ovule est étroitement lié à celui du cônelet et que ce développement est plus précoce en plaine qu'en montagne.

En effet ce sont les conditions climatiques, et notamment la température plus élevée en plaine, qui déterminent le degré de rapidité de la croissance, ainsi que le révèle le tableau n°3 qui met en évidence un écart de 3 à 4°C en faveur de la plaine par rapport à la montagne.

D'ailleurs cette avance n'est pas constante ; elle se comble petit à petit et lors de la maturité morphologique du cône on observe une égalisation des poids et des dimensions entre les cônes de montagne et ceux de plaine.

2.1.3.- LA CROISSANCE DU CÔNELET.

Dans les paragraphes précédents on a noté que l'inflorescence femelle ou cônelet n'accusait aucune modification de croissance, tant en dimension qu'en poids, depuis le mois de septembre de l'année N jusqu'à fin mars de l'année N+1.

A partir de cette date, il est surprenant de constater que la valeur du poids, réduite encore à quelques dixièmes de grammes (0,34 g*) fin mars de l'année N+1, va progresser à un échelon nettement supérieur dès la fin avril, (2,13 g) pour marquer une montée plus nette encore dans les quatre mois suivants et atteindre une valeur de 84, 21 g fin septembre, son poids maximum (voir fig. n°4 p.20).

2.2.- CÔNE DE 1 AN (ANNÉE N+1)

Par simple observation visuelle, il semble que le petit cônelet atteigne très rapidement sa taille définitive. En fait, après un examen plus approfondi (pesée, mensuration), on constate que le développement va se poursuivre, mais plus lentement.

De plus, sa couleur vert clair à vert foncé permet de distinguer ces cônes de 10 mois, des cônes de deuxième année de couleur marron et qui seront mûrs dès l'automne à venir bien que leurs écailles soient encore fermées.

Il paraît très important de noter que c'est dès le début de l'automne (parfois fin septembre mais surtout courant octobre) de l'année N+1 que se produit une modification de couleur des cônes passant du vert au violet pour arriver au marron-roux.

La première teinte marron est dûe à l'oxydation de la résine suintante et déposée sur les écailles à l'extérieur des cônes ; c'est le signe que ces cônes acquièrent leur maturité morphologique ; ceci implique que la graine est déjà formée et qu'elle possède bien distinctement : tégument, endosperme, embryon. Quant à la maturité physiologique, abordée dans le paragraphe des cônes N+2, elle n'est pas encore acquise.

Mais revenons à nos cônes de 10 mois encore bien verts, souvent légèrement résineux aux écailles bien dessinées et qui vont bientôt atteindre leur poids frais maximum.

* poids frais

Tableau n°3

COMPARAISON DES DONNÉES CLIMATIQUES ENTRE STATION DE PLAINE (AVIGNON) ET D'ALTITUDE (Mt VENTOUX - ROLLAND 850m)

ANNÉE 1976

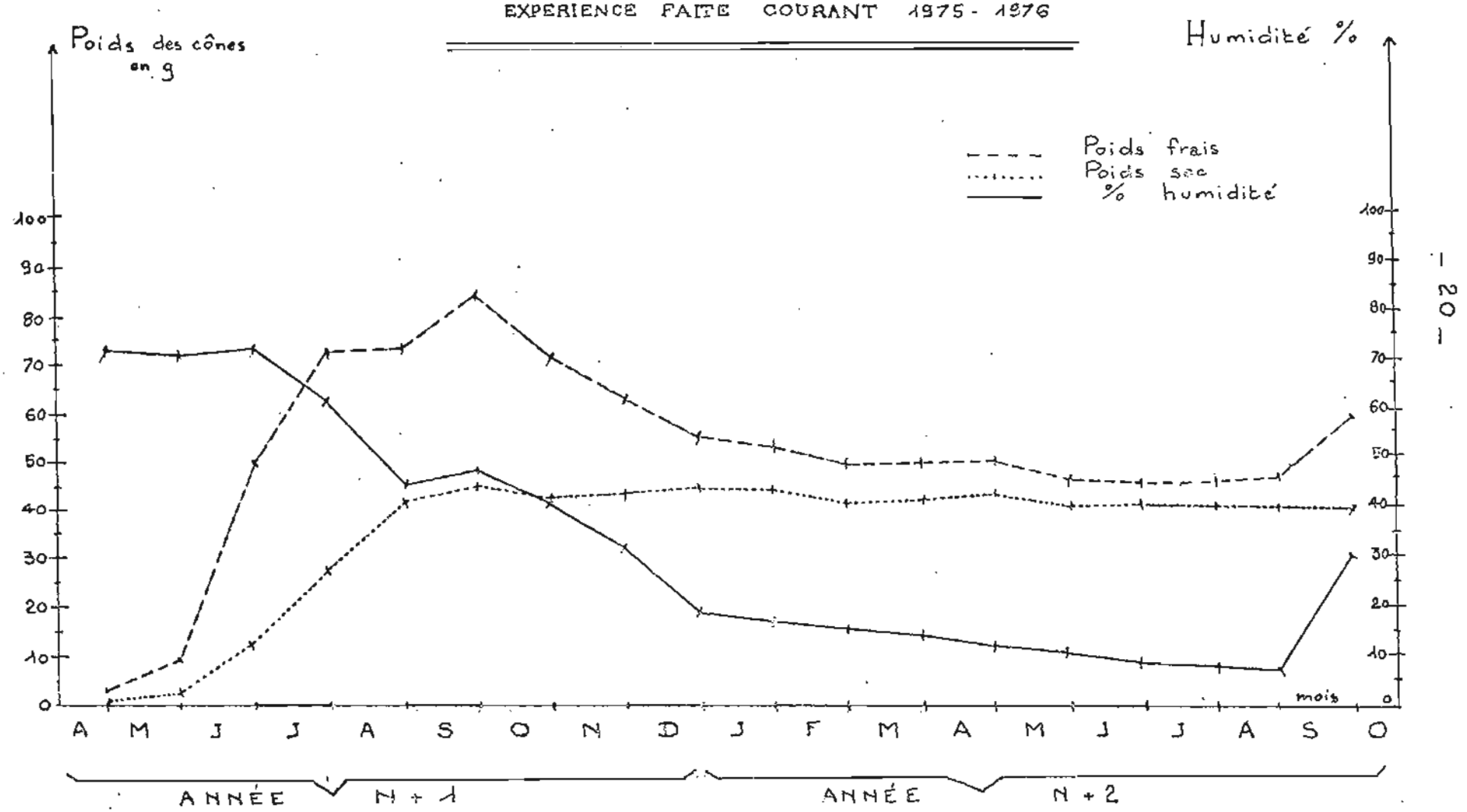
STATION D'AVIGNON				STATION DU Mt VENTOUX			
MOIS	TEMPÉRATURES SOUS ABRI			MOIS	TEMPÉRATURES SOUS ABRI		
	Min °C	Max °C	Moy °C		Min °C	Max °C	Moy °C
JANVIER	2,6	10,4	6,5	JANVIER	-0,5	8,0	3,7
FÉVRIER	3,2	12,3	7,7	FEVRIER	1,2	8,1	4,6
MARS	3,7	14,6	9,1	MARS	0,3	9,8	5,1
AVRIL	6,8	16,5	11,7	AVRIL	3,1	11,9	7,5
MAI	11,1	23,5	17,3	MAI	7,3	18,9	13,1
JUIN	14,9	28,6	21,8	JUIN	12,2	24,8	18,5
JUILLET	18,1	28,9	23,5	JUILLET	13,0	24,6	18,8
AOÛT	15,2	27,5	21,3	AOÛT	11,3	23,6	17,5
SEPTEMBRE	12,4	22,4	17,2	SEPTEMBRE	8,5	17,5	13,0
OCTOBRE	9,0	17,7	13,1	OCTOBRE	6,4	12,9	9,7
NOVEMBRE	4,5	11,9	8,2	NOVEMBRE	1,1	8,1	4,6
DÉCEMBRE	2,3	9,7	6,0	DECEMBRE	0,9	6,3	3,6
MOYENNES ANNUELLES	8,6	18,7	13,6	MOYENNES ANNUELLES	5,4	14,6	10,0

Fig n°4

TENEUR EN EAU DES CÔNES

ANNÉES N+1 ET N+2

EXPÉRIENCE FAITE COURANT 1975 - 1976



2.2.1.- TENEUR EN EAU DES CÔNES.

Une fois arrivés au maximum de leur poids, les cônes vont connaître une sorte de décroissance vers les mois de septembre-octobre de l'année N+1. Cette décroissance de poids coïncide avec le virage de couleur, signe extérieur qu'il y a une transformation interne.

La couleur verte du cône indique une teneur importante en eau, plus de 50 % et la présence interne d'une graine en cours de formation.

En effet, si on sectionne transversalement un cône, il apparaît des graines blanches, sans distinction nette du tégument, de l'endosperme, de l'embryon.

La couleur marron traduit la déshydratation progressive accompagnée de la lignification des écailles des cônes et des téguments des graines.

On a mis en évidence cette baisse de teneur en eau, en fonction des dimensions des cônes ou des dates de récolte, par déshydratation des cônes dans une étuve réglée selon les cas et de 60 à 105° C.

La technique utilisée a consisté à récolter chaque mois, et sur le Ventoux et sur le Lubéron, un échantillon de 30 cônes représentatifs de chacun d'eux ; il s'agit d'un échantillonnage par grappe (G.W.SNEDECOR et W.G COHRAN 1971), ce qui signifie que par arbre et sur quinze arbres d'un peuplement, deux échantillons sont récoltés, l'un sur la moitié inférieure, l'autre sur la moitié supérieure de la cîme.

Les cônes ainsi récoltés furent numérotés, pesés et déshydratés. Pour obtenir leur teneur en eau il a suffi de répéter les pesees jusqu'à stabilisation de leur poids : poids sec.

On avait donc :

$$H\ \% = \frac{Pf - Ps}{Pf} \times 100$$

ou $H\ \%$ = pourcentage d'humidité
Pf = poids frais
Ps = poids sec.

La fig n°4 p.20 donne la relation entre les trois paramètres : poids moyen frais, poids moyen sec et pourcentage d'humidité.

En consultant ce diagramme on constate qu'à partir de fin septembre se produit la phase essentielle et irréversible : le poids frais commence à baisser, le poids sec se stabilise tandisque le pourcentage d'humidité accuse une deuxième chute.

2.3.- CÔNE DE DEUX ANS (ANNEE N+2).

Dans son milieu naturel, le cône de deux ans subira durant le printemps et l'été N+2 une déshydratation intensive liée à une progression vers la maturité physiologique ; les graines humides auparavant deviendront des graines sèches. Quelques unes de ces graines possédent déjà une certaine faculté germinative; elles sont encore hermétiquement enfermées dans un cône dur.

A cette époque l'ouverture du cône ne peut se faire qu'artificiellement sous action mécanique (couper ou scier). Le trempage dans l'eau n'a aucune effet sur ces cônes.

Ce n'est qu'à la fin de l'été, courant mois d'août ou septembre, que l'humidité de l'air ou l'imbibition de l'eau de pluie peuvent avoir une certaine influence sur l'ouverture naturelle des écailles.

Pendant cette période, grâce à l'expérience du trempage des cônes dans l'eau froide ou tiède mais jamais chaude, durant 48 heures ou plus, les cônes vont se ramollir tout d'abord, et ouvrir leurs écailles qui resteront très solidaires de leur rachis.

Pour sortir les graines encore bien enchassées dans les écailles pourtant ouvertes, il faut exercer, avec un certain effort, une torsion pour dissocier les écailles du rachis auquel elles sont encore solidement fixées. A ce stade, on verra, dans les paragraphes suivants, que le cône renferme encore des graines qui ne sont pas physiologiquement mûres.

On est encore loin du moment de la désarticulation naturelle où les écailles et les graines tombent et se séparent du rachis sans intervention, sans difficulté.

2.3.1.- MATURITÉ MORPHOLOGIQUE ET PHYSIOLOGIQUE.

Pendant les deux ans qui amèneront progressivement le cône à sa maturité naturelle, il aura à franchir deux étapes importantes : la maturité morphologique et la maturité physiologique.

La première de ces étapes est matérialisée par le virage de la couleur vert au marron. Ceci bien sûr n'apporte qu'un minimum de précisions. Par contre, sur la courbe de teneur en eau des cônes, ce moment est défini vers la fin décembre, début janvier ; il se situe à cheval sur les années N+1 et N+2, lorsque les trois courbes "frais", "sec" et "pourcentage d'humidité" atteignent chacune un palier dont elles ne varieront guère.

A ce moment là, les cônes sont encore très durs et l'extraction des graines ne peut se faire que très difficilement et mécaniquement, amenant une grande perte par des lésions.

Pourtant à cette date, lors de l'extraction des graines, celles-ci contiennent en général leurs trois éléments principaux : embryon, endosperme et tégument. Ces trois éléments distincts nous permettent d'avancer que la maturité morphologique du cône, et des graines qu'il abrite, est atteinte.

La maturité physiologique n'aura lieu que 10 à 11 mois plus tard, aux environs de la désarticulation naturelle ; les graines jusque là abritées dans les écailles deviennent indépendantes des écailles; elles-mêmes se dessoudent du rachis que n'alimente plus l'arbre.

Cette maturité physiologique correspond à la deuxième phase de la maturité naturelle du cône.

Il est possible de mener des graines abritées dans un cône âgé de 1 an à leur maturité physiologique, par un traitement au froid, + 4°C de température en général (ZAKI 1972).

On appellera cette étape "Post-maturation". Signalons cependant que ces graines de un an ainsi traitées ne se conservent pas. Ce problème sera plus amplement détaillé dans un paragraphe du chapitre sur les graines.

2.3.2.- POST-MATURITÉ OU MATURITÉ PHYSIOLOGIQUE PROVOQUÉE.

Après les essais effectués au Maroc par ZAKI (1972) sur différents lots de graines extraites des cônes non matures, et d'après les résultats positifs au point de vue faculté germinative de ces graines grâce à un traitement par le froid, il fut jugé utile d'effectuer des essais analogues sur les cônes

récoltés en France, sur le Mont-Ventoux, dont les conditions climatiques et édaphiques sont différentes de celles du Maroc.

Pour ce faire, nous avons récolté des cônes fin décembre 1975 de l'année N+1, cônes très durs, ayant déjà acquis leur taille définitive et possédant leur couleur violet ou marron depuis deux mois environ.

Après les avoir désarticulés mécaniquement nous avons mis en germination leurs graines :

1./ sans traitement, sitôt après la récolte

2./ avec traitement au froid à 4°C

et à 70 — 90 % d'hygrométrie pendant trois mois. (Le choix de cette durée sera expliqué dans le chapitre sur la germination).

Dans le 1er cas on observe une faculté germinative des graines très faible de 1 à 5 % environ seulement, ce qui signifie que les graines sont immatures.

Dans le 2e cas on observe un pourcentage très élevé de faculté germinative des graines, 85% environ, ce qui démontre que les graines ont atteint leur maturité physiologique provoquée. Il est aussi possible qu'avec le traitement au froid nous ayons levé la dormance, puisque la germination est très homogène et rapide.

2.3.3. - FACTEURS DÉTERMINANT L'OUVERTURE DES ÉCAILLES.

Nous avons vu déjà précédemment que dans l'année N+2, à partir du vingt-deuxième mois et en fonction des conditions climatiques (chaleur de l'été, humidité de l'automne) les écailles des cônes s'entrouvent principalement en leur sommet.

L'accentuation des écarts entre les températures et les humidités diurnes et nocturnes, fait que l'ouverture se poursuit et s'étend vers la partie médiane. Elle peut même atteindre la partie inférieure sans que la désarticulation se produise pour autant.

L'action de l'écartement des écailles prépare le cône à sa désarticulation en permettant à l'humidité et à l'eau de pluie de pénétrer profondément à l'intérieur des écailles, de les imbiber ainsi que les graines.

Récemment encore il apparaissait comme évident que la désarticulation était le résultat de l'alternance chaleur - humidité. Cette conception largement divulguée n'était en fait fondée sur aucune base et expérience scientifiques solides. Il y avait en fait confusion entre l'ouverture des écailles et la désarticulation.

Simulons cette alternance chaleur-humidité en faisant une expérience qui consiste à imbiber au maximum vingt cônes de 2 ans durant dix jours, puis à les exposer au soleil ou à une source de chaleur.

On observe alors un rapide dessèchement des cônes accompagné de leur ouverture. Une pesée prouve qu'ils ont perdu l'eau absorbée et retrouvé leur poids initial. (Cette opération s'est répétée plusieurs fois sans jamais aboutir à aucune désarticulation ; celle-ci semble donc devoir être attribuée à d'autres facteurs climatiques cf. p 33)

2.3.4.- LA DÉSARTICULATION NATURELLE.

Il apparaît que plus la fructification est abondante et plus il y a homogénéité dans l'ouverture des écailles.

L'aboutissement de la désarticulation est la libération des graines, incrustées dans la cavité des écailles, à raison de deux, de part et d'autre de l'axe de symétrie de cette écaille.

Dans le cas du cèdre cette libération de la graine demande une chute complète de l'écaille ou plutôt un détachement de celle-ci de son rachis.

A la différence des pins, les écailles de cèdre se séparent du rachis (ainsi qu'il vient d'être indiqué) d'où la "désarticulation", tandis que les écailles du cône de pin restent solidaires de celui-ci, leurs graines étant projetées.

Il n'est peut être pas inutile de remarquer que ces deux phénomènes différents aboutissent à deux aspects différents sous le semencier :

- pour le cèdre, nous observons un tapis d'écailles lors des années de forte production, avec bien entendu les graines disséminées çà et là.
- dans le cas du pin au contraire, le dessous de l'arbre est parsemé de cônes entiers.

2.3.4.1.- PÉRIODE DE DÉSARTICULATION

Tout au long des années d'observations, il a été constaté que l'époque de désarticulation pouvait varier dans une amplitude allant de novembre à avril de l'année suivante.

Les deux premières années de 1970 à 1972 nous avons trouvé une désarticulation relativement homogène ayant commencé tôt, vers la fin novembre pour s'achever vers la fin février de l'année suivante.

Par la suite et surtout pour les années 1973,74,75 une discordance est apparue vis à vis des années précitées; en effet, au cours de ces années, le maximum de la désarticulation s'est situé en février, mars et avril, alors que durant novembre, décembre et janvier il n'y a eu qu'une faible quantité de graines tombées, donc de cônes désarticulés. (fig. 5 p25).

En possession des données climatiques du secteur étudié pour les années prises en considération, il a été aisé de faire une synthèse de la question qu'il est possible de résumer ainsi :

- Les automnes 1970 à 72 ont bénéficié d'une précipitation assez importante avec, par intermittence, une température allant jusqu'à -6°C, température qui persistera après la cessation des pluies. Il y a donc gel.

Les cônes imbibés se sont comportés au gel comme l'auraient fait des pierres qui éclatent. Dans notre cas les lignes d'éclatement sont déjà dessinées : il s'agit des écailles.

L'expérience du "piégeage" des graines tombant au sol a donné des résultats de forte chute de graines après cette "concordance climatique".

- Pour ce qui est des années ultérieures, 1973 à 75, les précipitations n'ont pas manqué ; toutefois elles n'ont pas été suivies de basses températures, qui n'ont sévi qu'en février, mars et au tout début avril, dates qui correspondent aux chutes maximales des graines. (voir. fig. n°6 p26).

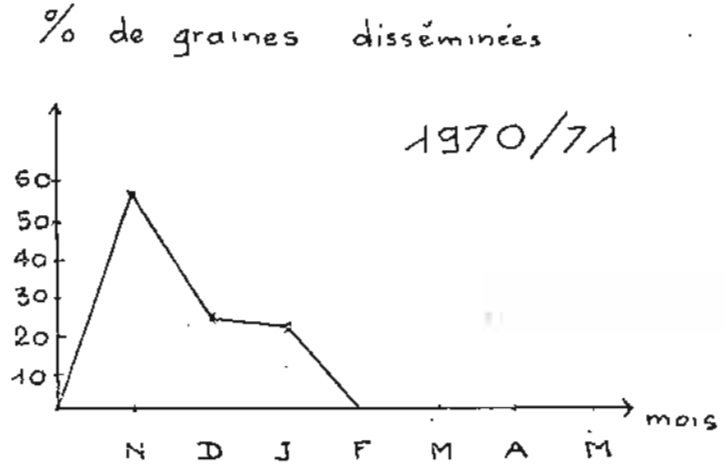
Malgré les nombreuses informations acquises, il a paru préférable de confirmer ces résultats par une expérience de simulation de désarticulation effectuée dans l'enceinte de la Station des Recherches Forestières d'Avignon.

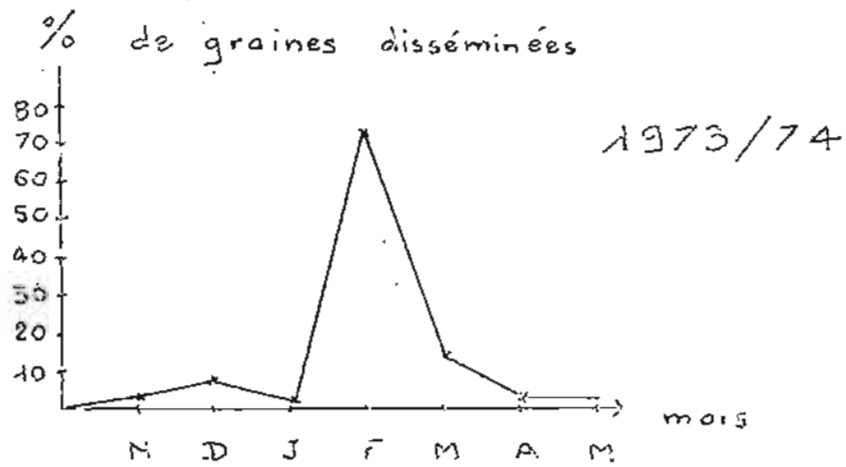
2.3.4.2.- SIMULATION DE DÉSARTICULATION.

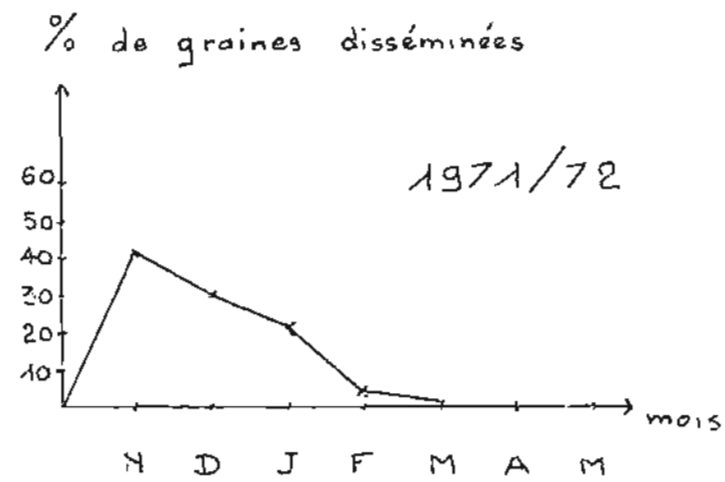
Malgré une production des cônes particulièrement faible de l'année 1975, il a été possible de repérer quelques arbres porteurs d'un nombre suffisant de cônes de 2 ans pour effectuer l'essai de désarticulation artificielle, appelée par la suite "simulation de désarticulation".

Fig nº 5

DISSÉMINATION DES GRAINES DURANT QUATRE PÉRIODES







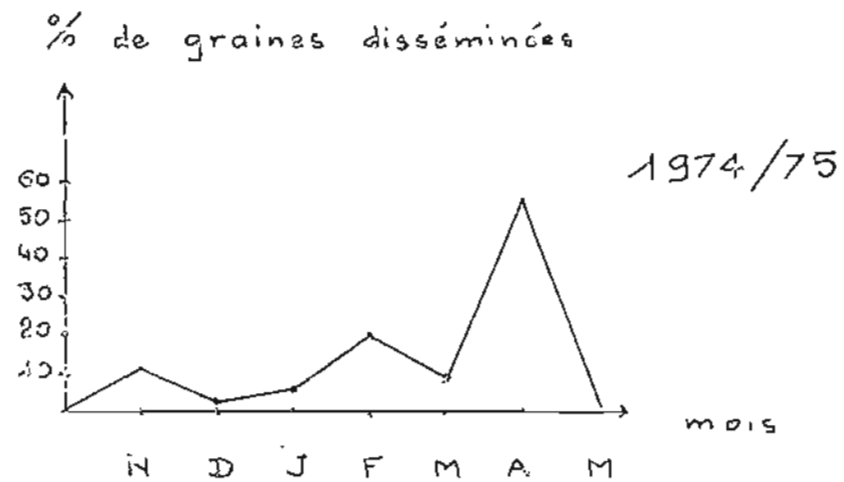


Fig. n°6 DÉSARTICULATION DES CÔNES DISSÉMINATION DES GRAINES

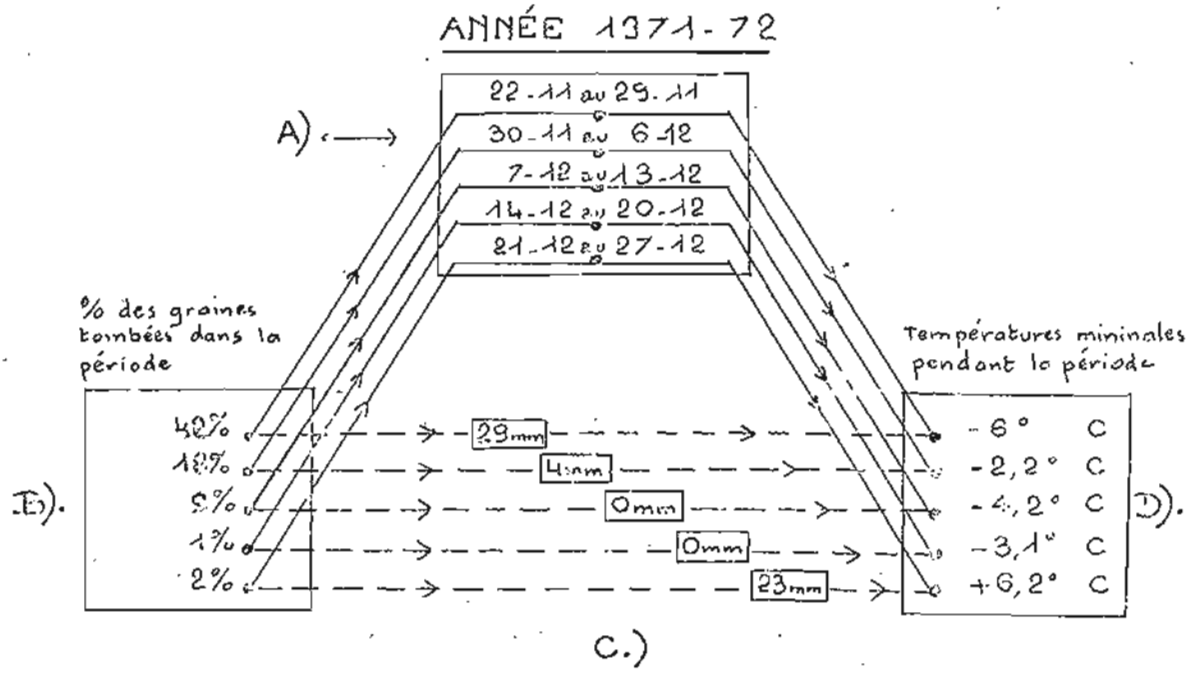
RELATION À QUATRE VARIABLES :

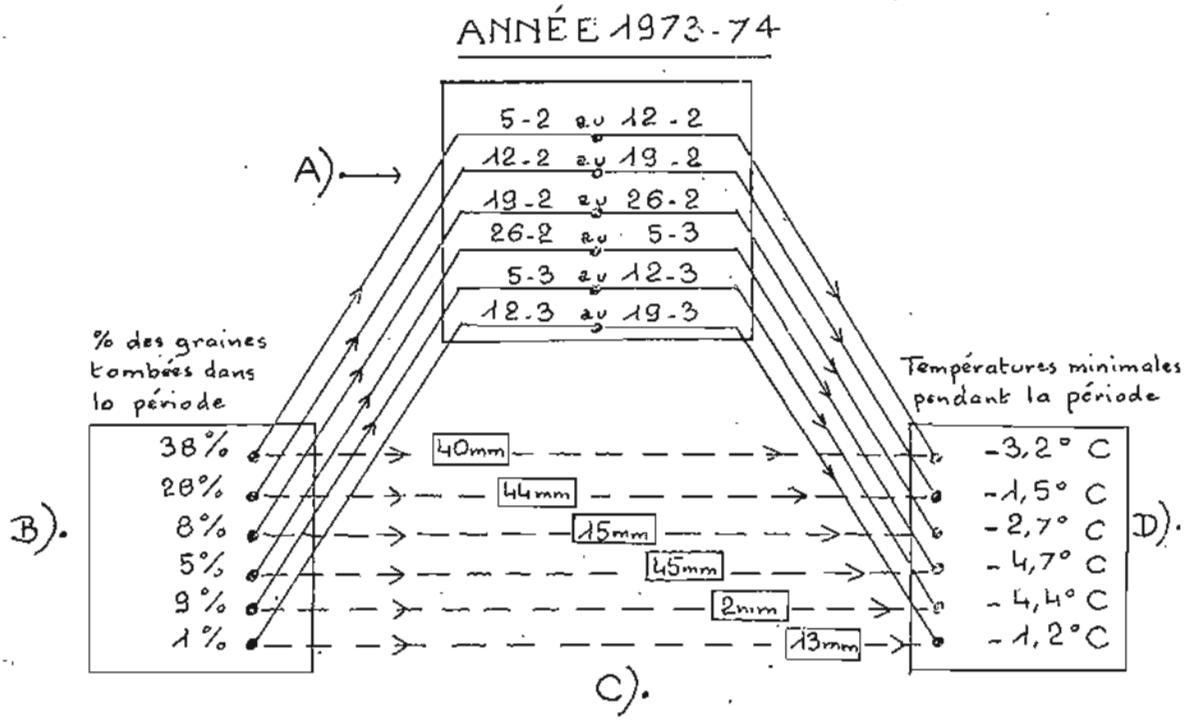
A. TEMPS EN SEMAINES

B. POURCENTAGE DES GRAINES DISSEMINÉES PAR PÉRIODE A

C. PLUVIOMÉTRIE EN mm PAR PÉRIODE A

D. TEMPÉRATURE MINIMUM DURANT LA PÉRIODE A





Nota : Ne figurent sur ces schémas que les dissémination pendant la période maximale de celles-ci

La récolte de ces cônes a été effectuée dans le secteur abritant le dispositif 84-07 créé pour l'étude de la production des cônes d'une part, et de la phénologie de la floraison d'autre part. Il s'agit d'un peuplement âgé de 46 ans lors de la récolte (janvier 1976), issu du reboisement, situé en forêt communale de Bédoin sur la face Sud du Mont-Ventoux à 850 m. d'alt. environ.

Au total, il a été prélevé 90 cônes qui allaient permettre d'expérimenter trois modalités de traitement. Les cônes fraîchement récoltés et possédant leur maturité physiologique ont été répartis en trois lots de 30 unités, chacun également proportionné entre les cônes aux écailles fermées, ceux aux écailles ouvertes sur le 1/3 supérieur, et ceux aux écailles ouvertes sur plus du 1/3 des cônes.

Il convient d'insister sur le fait que des cônes de même âge peuvent présenter des degrés d'ouverture en fonction de leur exposition sur l'arbre (niveaux du houppier, direction des branches) et aussi de l'âge de l'arbre.

Ce phénomène est d'ailleurs extrêmement intéressant à étudier en corrélation avec la désarticulation. C'est pour cette raison que nous avons varié notre récolte et que nous avons apporté à ces trois critères une notation de 1 à 3, qui nous le verrons par la suite, sera indispensable pour reconnaître les différences entre leurs états d'imbibition.

L'expérience consistait à soumettre des cônes à trois modalités d'essais d'aspersion d'eau différentes :

I./ aspersion continue, jour et nuit
II./ aspersion nocturne, dessication diurne
III./ aspersion diurne, dessication nocturne

Précisons qu'avant la date de récolte il n'y avait pas encore eu de températures inférieures à 0°C, températures estimées favorables à la désarticulation à la suite des observations relatées plus haut (p.). En conséquence de quoi, nous avions tout pouvoir pour provoquer artificiellement cette phase en créant un facteur climatique contrôlé (aspersion = précipitation) conjointement à un facteur climatique naturel à venir, si fréquent à cette époque de l'année, à savoir la basse température en dessous de 0°C.

Ainsi nous pouvions prouver ou réfuter nos hypothèses.

2.3.4.2.1.- INSTALLATION DU DISPOSITIF.

Pour mener à bien cette expérience un certain matériel était nécessaire, à savoir :

1./ trois cadres rectangulaires métalliques avec 30 emplacements des cônes représentés chacun par une vis fixée dans le cadre, la tête en bas, de façon à ce que son extrémité permette de recevoir le cône en la vissant dans son rachis. Les cônes retrouvent ainsi leur position naturelle, telle qu'ils la connaissent sur l'arbre.
2./ un système d'arrosage par aspersion offrant une répartition d'eau homogène pour les trois cadres.

3./ un poste météorologique comprenant :

- un pluviomètre
- un thermomètre enregistreur
- un hygromètre enregistreur
- un évaporomètre "piche"
- un thermomètre minima
  (voir photo n° 7).

2.3.4.2.2. - DÉROULEMENT DE L'EXPÉRIENCE.

Après avoir pesé et numéroté chacun des cônes avant l'arrosage, afin de suivre les évolutions individuelles, il a fallu les fixer sur les vis comme cela a été indiqué précédemment et les soumettre aux trois modalités d'arrosage précitées. La pesée répétée chaque jour nous a informé de l'augmentation de poids, dans les trois lots, due à l'imbibition des cônes.

Il est à noter que le lot soumis à un arrosage permanent témoigne d'un poids en constant accroissement alors que les lots soumis à un arrosage intermittent subissent l'alternance de l'hydratation et déshydratation accusant ainsi une courbe sinusoïdale avec une augmentation progressive de l'imbibition. L'essai commencé le 26 janvier 1976 a, durant 3 jours, montré très peu de changement si ce n'est dans la continuité de l'imbibition.

C'est le quatrième jour qu'est apparue une profonde modification due au changement de température.

En effet, dans la nuit du 29 au 30 janvier, la température minimum a atteint -7,4°C pour monter à 8,7°C dans la journée.

Les trois modalités, avec des résultats différents, ont accusé cette baisse de température nocturne avec gel suivie d'une hausse diurne avec dégel.

Les modalités "aspersion continue" et "aspersion nocturne" n'ont pas réagi d'une façon spectaculaire puisque sur trente cônes, dans chacun des cas, quatre à cinq cônes au maximum se sont désarticulés (voir fig. n°7 p.30).

Par contre la modalité "aspersion diurne" a témoigné d'une façon significative du facteur gel-dégel sur la désarticulation : vingt cinq cônes sur trente ont été désarticulés.

Dans les deux autres modalités, il est bon de souligner que les cônes n'avaient pas été désarticulés parce que, la nuit par suite de la continuité d'aspersion, ils avaient subi l'influence protectrice d'une carapace de glace. (voir photo n° 8).

Cette carapace de glace protectrice a empêché l'eau de geler à l'intérieur des cônes : les écailles sont restées solidement attachées au rachis. Les quelques exceptions de désarticulation le doivent plus certainement à l'écartement plus accentué de leurs écailles, et donc à une plus grande facilité de pénétration du gel, d'où formation interne de la glace.

On peut objecter, bien entendu, que dans les conditions naturelles un tel phénomène peut ne pas se produire.

Toutefois on peut constater un étroit parallélisme entre les conditions naturelles et ces conditions artificielles.

En effet, à la fin de l'automne, à altitude convenable pour le Cèdre, et sous climat méditerranéen, l'abaissement notable en intensité et en durée de l'ensoleillement diminue considérablement l'évaporation. L'humidité se condense sur les feuilles, les cônes. C'est aussi la période hivernale de pluies importantes.

Que survienne alors un fort abaissement de la température qui produit le gel, et la formation de glace enveloppe et protège du gel interne toute surface mouillée et refroidie. De toute façon, ce qui importe ici c'est la modalité III qui entraîne la désarticulation.



Photo n° 7. — Dispositif de simulation de désarticulation :
à gauche : abri météo
à droite : système d'arrosage et supports des cônes.

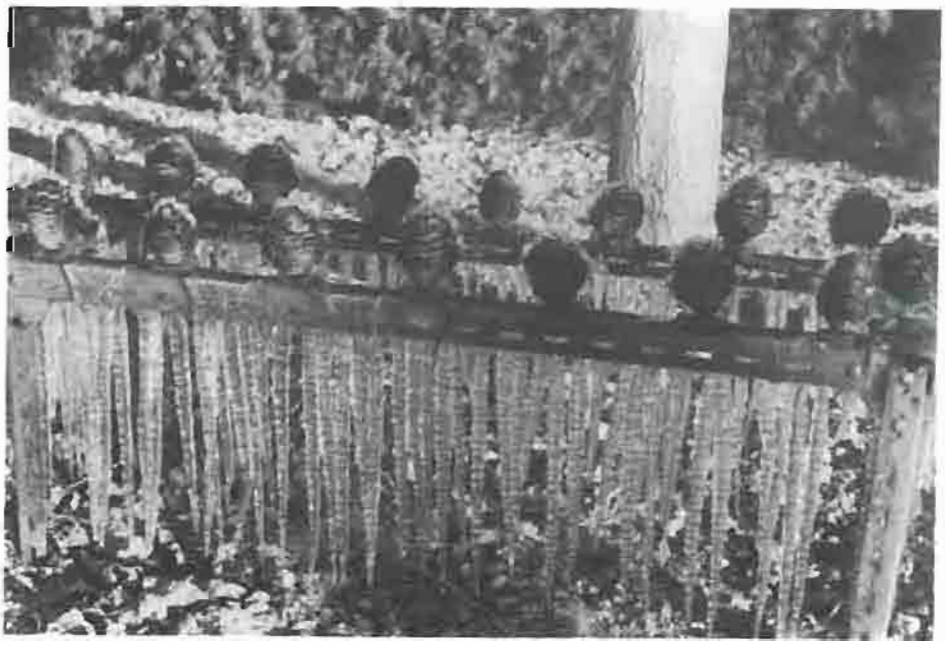


Photo n° 8. — Cônes enveloppés d'une carapace de glace protectrice.
Modalité : arrosage nocturne — non arrosage diurne.

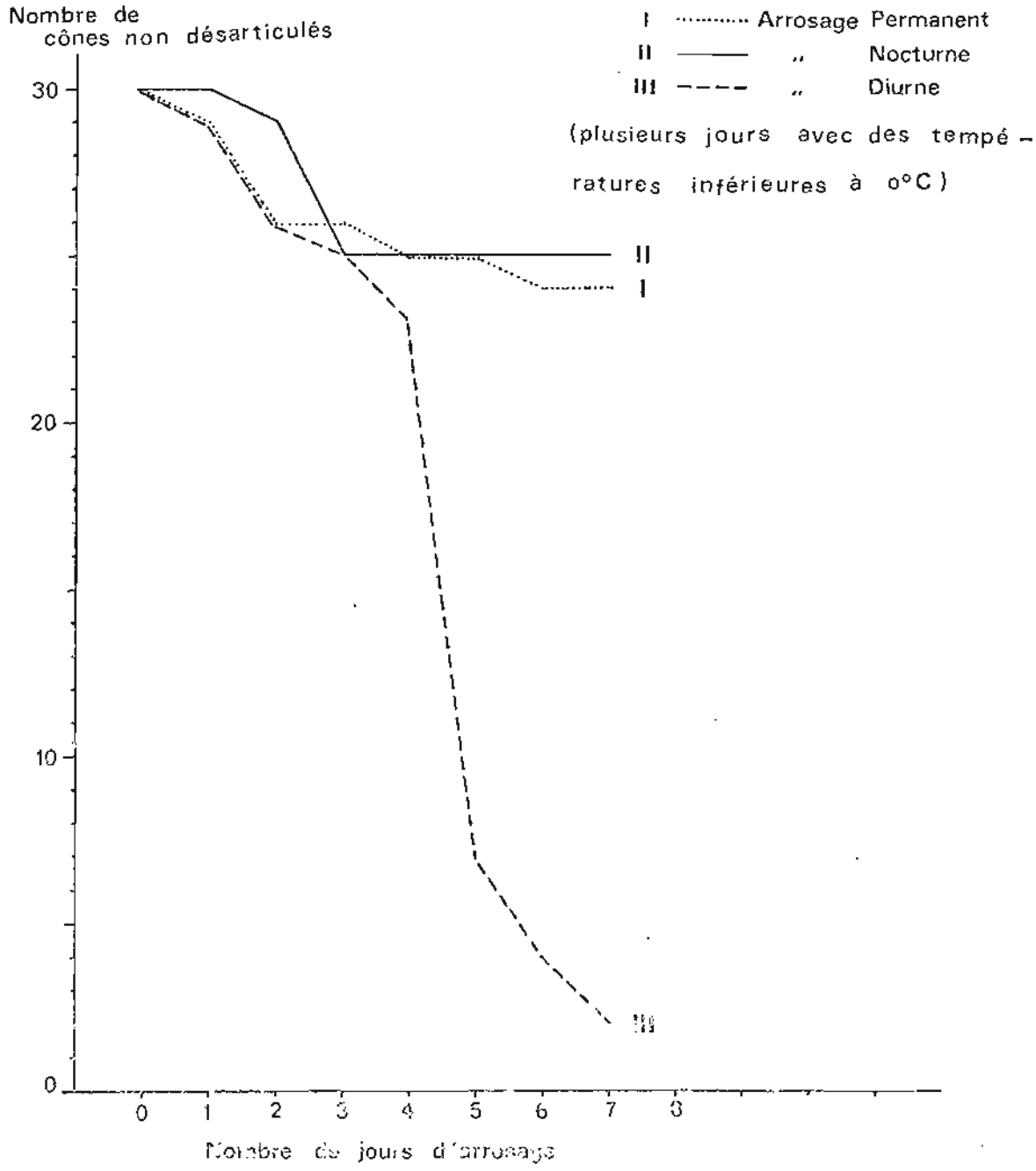


Fig. 7 – VARIATION DU TEMPS D'ARROSAGE NECESSAIRE POUR OBTENIR LA DESARTICULATION DES CONES , SUIVANT LE TRAITEMENT APPLIQUE

Cette désarticulation obéit aux mêmes lois physiques en milieu naturel.
En effet on observe une multitude de cônes désarticulés sur le terrain quand une forte période de pluie est suivie de l'alternance gel et dégel.

Au moment où fut enregistré la désarticulation de 27 cônes sur 30 par arrosage et où la température est descendue à -7,4°C à Avignon, on a relevé une température beaucoup plus élevée, seulement -0,9°C, sans précipitation précédente sur le Mont-Ventoux où on n'a pas distingué de trace de désarticulation.

Cette désarticulation (maximum) n'allait avoir lieu qu'en avril après le passage d'une forte précipitation et d'un froid prononcé.. A cause de l'importance du phénomène, il est bon d'avancer ici les données nécessaires à la bonne compréhension de la liaison de ces deux facteurs.

Dates	Température minimum	Précipitation
	°C	mm
3 Avril 1975	- 1,3	13,5
4 " "	- 2,2	10,0
5 " "	- 5,8	19,0
6 " "	- 1,7	19,1
7 " "	- 4,8	2,0

C'est au cours du mois d'avril qu'a lieu le déclenchement maximum de la désarticulation, (voir fig. n° 5) pour une valeur de 55,67 % alors qu'il n'était que de 46,23 % pour les cinq mois précédents dont l'échelonnement suit :

Nov.	11,07 %	Fév.	19,67 %
Déc.	0,84 %	Mars	8,04 %
Jan.	4,71 %		
		Total :	46,23 %

Pour mieux lier les renseignements, il est préférable de les compléter avec les données recueillies tout récemment et concernant la désarticulation de l'année 1976/77.

Un dispositif de piégeage des graines a été mis en place sur le Mont-Ventoux, trois ans auparavant, pour contrôler la dissémination des graines au niveau du peuplement ; il a permis par la même occasion de cerner la date de désarticulation des cônes puisque l'envol des graines découle directement de l'éclatement des cônes.

Ce dispositif fut réalisé avec la mise en place de quatre vingts bassines rectangulaires, en plastique, d'une surface de réception de 2320 cm2 chacune; ceci permit de couvrir une surface "réceptive" de 18,56 m2.

Le contrôle a commencé début novembre et durant ce mois aucune graine n'est tombée dans les pièges : tous les cônes sont restés intacts sur les arbres.

C'est au cours de la 1ère semaine de décembre que s'est produit le phénomène nécessaire au déclenchement, à savoir, l'alternance des fortes précipitations et des basses températures.

1er et 2 décembre il est tombé 41 mm d'eau qui ont ramolli les écailles.

Les 3, 4 et 5 décembre le thermomètre est descendu à -4°C et -5°C. Cette température a entraîné trois cycles gel-dégel qui ont provoqué l'éclatement de la plupart des cônes. En effet, le contrôle hebdomadaire a donné pour la période de 6 à 12 décembre 1423 graines piégées sur un total de 5260, d'où 27% des graines disséminées en 6 jours seulement.

2.3.4.2.3.- ESSAI COMPLÉMENTAIRE SUR LA SIMULATION DE LA DÉSARTICULATION.

Après l'expérience exposée ci-dessus et pour corroborer les observations sur le terrain, on a cherché à provoquer la désarticulation en laboratoire, avec une basse température en dessous de 0°C.

Pour mieux percer l'effet du gel, son importance selon son intensité et sa durée, on a étagé ces basses températures sur deux paliers : -5°C et -2°C.

Dans chacun des cas, un lot de 100 cônes (50 fermés + 50 mi-ouverts) sont mis au frigidaire après dix jours de trempage (*). Après 6, 12, 24 et 48 heures de séjour au froid, ils sont placés à la température ambiante de +20°C.

On peut alors constater les faits suivants d'après le tableau n°4.

TABLEAU n°4 - RELATIONS BASSES TEMPÉRATURES ET DURÉE DE TRAITEMENT

Durée du traitement en heures	- TEMPÉRATURES -	
	- 2°C	-5°C
6	Les cônes restent souples un peu gelés, non désarticulés. Les écailles restent très solidaires du rachis.	Cônes gelés extérieurement, non désarticulés, mais il est possible de le faire manuellement sans effort
12	Les cônes sont plus durs. Il y a eu formation d'un gel tissuaire. Désarticulation encore difficile.	Les cônes de petite taille, aux écailles ouvertes avant le traitement se désarticulent seuls. Les autres se cassent au milieu. Quelques uns des cônes qui étaient fermés avant, montrent une certaine résistance à la désarticulation manuelle.
24	La désarticulation est plus facile mais les écailles ne quittent pas seules leur rachis.	Il y a formation de cristaux de glace tant sur les écailles que sur les rachis. Après dégel les écailles se dessoudent complètement et glissent sur le rachis. C'est la désarticulation complète
48	Le gel tissuaire pénètre jusqu'au rachis. Les écailles se dessoudent seules du rachis. La désarticulation est totale.	

Il ressort que la désarticulation complète s'opère après une durée de mise au froid d'autant moins longue que la température est plus basse.

Cependant il y a un seuil, vers les -8, -10°C, à ne pas dépasser :

(*)La durée de dix jours nécessaire à l'imbibition complète des cônes a été déterminée par des pesées et des dissections de ces cônes, en cours de trempage.

la qualité des graines en serait fortement endommagée.

Les résultats des tests sur les graines seront communiqués dans le paragraphe les concernant.

2.3.4.3.- FACTEURS CLIMATIQUES ENTRAINANT LA DÉSARTICULATION.

Disons le encore, l'écartement des écailles se fait en fonction de l'humidité et de la chaleur mais leur détachement dépend en partie d'une autre combinaison de facteurs climatiques.

Durant sept années consécutives il a été possible d'observer et de constater qu'à partir des mois septembre - octobre, quand l'alternance chaleur - humidité est la plus importante, les écailles s'entrouvent de plus en plus sans aboutir à la désarticulation.

En fait nous n'assisterons à cette désarticulation qu'à partir de fin novembre, décembre et même bien plus tard quelquefois, en fonction des températures.

Plus les températures sont basses en début d'hiver, plus vite nous verrons la désarticulation ; ceci tend à prouver que si l'ouverture des écailles a besoin d'humidité et de chaleur, la désarticulation aurait besoin d'humidité et de froid, comme l'ont montré les expériences portant sur la désarticulation provoquée.

2.3.4.4. - LE RÔLE DU VENT DANS LA DÉSARTICULATION.

Nous avons vu dans les différents paragraphes ci-dessus que le déclenchement de la désarticulation est dû essentiellement à l'action gel-dégel après une forte imbibition des cônes. Cependant il ressort de la figure 5 p. 25 qu'en dehors du maximum des chutes de graines, il y a des chutes faibles étalées en aval et en amont de ce maximum.

C'est là que l'on peut affirmer que le vent joue un rôle indéniable, surtout après l'éclatement des cônes par l'action du gel-dégel. En effet, dès lors, le cône excessivement vulnérable, même à la plus petite vibration, ne résiste pas à un léger coup de vent, à plus forte raison à un vent fort, pour se dévêtir de ses écailles abritant les graines.

Or, il a été souligné que sous l'action d'une forte humidité le cône, ramolli, ouvre ses écailles sans qu'elles éclatent pour autant. Néanmoins, ses écailles ouvertes, le cône devient plus fragile ; qu'il survienne de fortes rafales comme celles qui balaient la région on assistera à une désarticulation forcée de très faible ampleur ; elle n'atteint que les cônes les plus fragiles ou les mieux préparés dans ces conditions peu adéquates au phénomène expliqué plus haut.

2.3.4.5.- COMMENT LA DÉSARTICULATION PEUT NE PAS AVOIR LIEU.

Dans certaines stations et surtout dans les parcs, on peut voir des cèdres d'âges différents, de vieux cèdres porteurs d'innombrables cônes décolorés avec des écailles très largement ouvertes.

Il s'agit d'abres se trouvant dans des conditions climatiques où ne sont pas réunis les facteurs nécessaires à la désarticulation. Ainsi dans la région

de NICE (06) ou d'ARLES (13) où le thermomètre atteint rarement 0°C, et en dessous (à moins d'années exceptionnelles et très espacées), les cônes subiront une imbibition par la pluie ; le gel ne succédant pas, ils ne connaîtront pas l'éclatement de leurs écailles, mais simplement leur ouverture.

Nous avons d'ailleurs observé sur le Mont-Ventoux, dans certaines microstations protégées de basse altitude, et dans notre dispositif de la Seignonne à Montfavet près d'AVIGNON, que les fortes précipitations ont déclenché la germination à l'intérieur des écailles. La radicule, qui apparaît après une forte imbibition des graines, rencontre l'obstacle du rachis contre lequel elle bute. Sa croissance ne s'arrête pas pour autant; comme elle ne peut pas poursuivre sa course côté rachis elle développe la plantule qui force le tégument à éclater pour apparaître avec ses feuilles cotylédonnaires entre les écailles.

2.3.5.- RÉCOLTE DES CÔNES ET DÉSARTICULATION ARTIFICIELLE.

Nous avons noté tout au long de nos expériences l'importance de la date de récolte et la répercussion qu'elle peut avoir sur la plus ou moins grande difficulté à désarticuler les cônes manuellement (actuellement il n'y a pas d'autre méthode pratiquée en France).

Nous nous en sommes encore mieux rendus compte, à l'automne 1976 lorsque la Direction Générale de l'Office National des Forêts nous a demandé d'apporter notre concours à ce sujet.

En effet, une récolte très importante de cônes réalisée dans le Sud de la France, à la fin de l'été - début automne 1976, avait été rassemblée et stockée dans la grande sécherie de La Joux. Elle représentait une quantité de 556 hl soit environ 284 000 cônes. Le tiers de cette quantité se compose de cônes complètement fermés ou à peine entr'ouverts et qui ne se prêtaient pas dans ces conditions à une simple désarticulation manuelle sans prétraitement.

C'est ce problème important qui nous a poussé à traiter plus en détail l'ensemble de cette question.

2.3.5.1. - DATE DE RÉCOLTE DES CÔNES

Certaines circonstances telles que la disponibilité de main d'oeuvre à un temps donné, ou l'extrême prudence des récolteurs de cônes, ou bien l'illusion d'une saison qui semblait très favorable à la maturation des cônes, telle que l'année 1976, incitent à une récolte précoce courant septembre.

Cette action comporte trois inconvénients majeurs :

1./ Il y a confusion possible et probable entre cônes de 2 ans fermés et cônes de 1 an en virage de couleur. C'est en effet à cette époque que le cône de 1 an change sa couleur verte contre une violette, rousse ou marron.
2./ Les cônes récoltés précocement renferment des graines à embryon blanc comportant un état de dormance ou d'immaturité très prononcé.
3./ Les cônes de 2 ans fermés qui ont subi la chaleur et la sècheresse de l'été et qui ne sont pas imbibés des pluies automnales ne s'ouvriront pas après la récolte sans avoir été trempés plus ou moins longtemps dans l'eau (1 à 10 jours au plus).

Pour pallier ces inconvénients et pour réduire le prix de revient des graines, tout en augmentant leur qualité germinative, il est instamment recommandé de récolter les cônes du cèdre à partir du mois d'octobre seulement et de ne cueillir que ceux qui ont des écailles souples et déjà bien ouvertes.

Point n'est besoin de formuler de crainte car les expériences de sept années, dans des conditions climatiques annuelles très diverses, n'ont jamais enregistré l'éclatement des cônes et la dissémination des graines avant la fin novembre au plus tôt. En conséquence, il y a tout octobre et novembre devant le récolteur pour qu'il trouve une facilité de désarticulation sur ces cônes récoltés avec une faculté germinative des graines bien acquise.

2.3.5.2.- ÉTAT EMBRYONNAIRE - FACULTÉ GERMINATIVE DES GRAINES

Etant donné l'importance de la faculté germinative des graines, il a été jugé nécessaire de lui consacrer plusieurs paragraphes dans le chapitre IV sur les graines.

Toutefois il est bon dès maintenant de mettre en lumière la relation étroite entre la date de récolte et la faculté germinative.

Le pouvoir germinatif des graines dépend essentiellement de la maturité de l'embryon, celle-ci se traduisant par la couleur des cotylédons. Au moment d'une récolte précoce en août-septembre de l'année N+2, cet embryon est de couleur blanche.

Cette couleur blanche est extrêmement nette lorsqu'il s'agit de cônes aux écailles fermées. L'embryon prend une teinte jaune citron quand les écailles ne sont qu'entrouvertes depuis peu.

Après les récoltes successives de septembre 1976, il a été possible de mettre en évidence que des cônes récoltés trop tôt et donnant des graines aux embryons blancs ou peu teintés accusent un très faible taux de germination.

Plusieurs stations ont été testées ; étant donné l'uniformité de leurs résultats, seules les données du Mont-Ventoux seront consignées dans le tableau ci-dessous.

TABLEAU n°5 - ÉVOLUTION DE L'EMBRYON* ET FACULTÉ GERMINATIVE EN FONCTION DE LA DATE DE RÉCOLTE

DATES DE RÉCOLTE		CÔNES FERMÉS % d'embryons		FACULTÉ GERMINATIVE	CÔNES OUVERTS % d'embryons			FACULTÉ GERMINATIVE
MOIS	SEMAINES	Blanc	Jaune	%	Blanc	Jaune	Vert	%
Septembre	1ère	95	5	2	63	37	0	7
	2ème	75	25	6	51	49	0	9
	3ème	57	43	8	42	58	0	14
	4ème	30	70	9	19	65	16	19

* La couleur de l'embryon est celle du cotylédon.

2.3.5.3.- MÉTHODES DE DÉSARTICULATION ARTIFICIELLE

La désarticulation artificielle, même lorsque les écailles sont complètement ouvertes est une opération qui demande beaucoup de temps - donc coûteuse - quand elle se pratique manuellement, seule méthode appliquée en France actuellement. Il serait donc préférable d'introduire une méthode mécanique beaucoup plus rentable à condition toutefois de ne pas léser les graines fragiles.

Une telle méthode paraît avoir existé si l'on se rapporte à la bibliographie forestière, (E. BARABITS 1966) qui mentionne la conception d'un instrument simple et astucieux permettant d'extraire les graines de cèdre sans les abimer.

Mais revenons à ce qui existe en France de nos jours. Les cônes souples, aux écailles largement ouvertes cédent à une simple torsion autour du rachis. Malheureusement cette opération entraîne la lésion de quelques graines qui se trouvent sur le plan de pivotage. Néanmoins le pourcentage par rapport au total des graines d'un cône reste très faible.

Les cônes qui sont peu ou pas ouverts, et qu'une simple torsion ne désarticule pas, demandent un prétraitement de trempage en eau froide ou tiède - jamais chaude-, et ce durant plusieurs jours, selon l'avancement de leur état d'ouverture. Il est conseillé de changer l'eau une ou deux fois.

Ce trempage ne semble absolument pas nuire aux graines. Durant cette période elles s'imbibent. Il est suffisant de les sécher légèrement si on les sème peu de temps après et d'abaisser leur teneur en eau à 8-10 pour 100, si on veut les conserver plus longtemps. On peut aussi songer à l'action gel-dégel provoquée artificiellement. Pour ce faire, il est suffisant de tremper et d'imbiber des cônes, de les soumettre à une température ne descendant pas au dessous de -8 ou -10°C, puis de les exposer à une température de dégel : les cônes éclateront. Ce procédé nouveau a l'avantage d'être celui de la nature et de ne pas détruire les graines. Il est possible, mais cela reste à vérifier, que la conservation des graines n'en soit pas atténuée non plus.

2.4.- RÉSUMÉ DU CYCLE COMPLET DE REPRODUCTION.

Dans les deux chapitres précédents a été abordé le cycle complet de la reproduction sexuée du cèdre, de la floraison à la désarticulation des cônes ou dissémination des graines.

Dans le chapitre suivant sera traité l'ensemble des problèmes de la production des cônes.

Toutefois, avant d'entamer cette nouvelle partie, il est souhaitable de présenter un résumé sous forme de tableau des différentes phases de la reproduction.

Ce tableau n°6 clarifiera la question de l'âge des cônes. Très souvent il est dit que le cône demande trois ans pour atteindre sa maturité physiologique (G. KRUSSMANN 1966). Or de la floraison à la dissémination des graines, on peut compter en effet trois années et même quatre (la quatrième entamée) si la désarticulation a lieu tardivement ; ceci ne figure pas dans le tableau, mais les flèches le laissent deviner.

En fait, si le compte se fait en mois, le total atteindra quelques 30 mois.

Tableau n° 6

REPRÉSENTATION CHRONOLOGIQUE DU DÉVELOPPEMENT DE LA REPRODUCTION À LA DISSÉMINATION

ANNÉE	MOIS	APPARITION		POLLINISATION	FÉCONDATION	MATURITÉ		DÉSARTICULATION
		CHATON ♂	INFLORESCENCES ♀			MORPHOLO	PHYSIOLO	
						DES CÔNES		
N	J							
	J							
	A							
	S							
	O							
	N							
	D							
N + 1	J							
	F							
	M							
	A							
	M							
	J							
	J							
	A							
	S							
	O							
	N							
	D							
N + 2	J							
	F							
	M							
	A							
	M							
	J							
	J							
	A							
	S							
	O							
	N							
	D							

CHAPITRE III - PRODUCTION DES CÔNES -

Il va de soi que l'importance quantitative des graines est en relation directe avec celle des cônes; en conséquence il est nécessaire d'estimer la production des cônes pour pouvoir se faire une idée approximative de la quantité des graines disponibles.

Cette quantification peut se faire soit à l'échelle de l'arbre isolé, soit à l'échelle du peuplement. Le nombre de cônes produits est grandement tributaire de la morphologie de l'arbre, elle-même étroitement liée à l'écologie et à la sylviculture.

Comme le souligne BOUDY (1950) les semenciers assurent une production de graines d'autant plus abondante que les arbres ont des houppiers plus étalés, qu'ils sont plus éclairés donc plus espacés et que les peuplements sont plus ouverts.

Cette constatation a également été confirmée par B.G. YI (1976) grâce à ses nombreuses observations faites en Languedoc-Roussillon.

3.1. - QUANTIFICATION DE LA PRODUCTION DES CÔNES

La production des cônes de cèdre présente de fortes variations d'une année sur l'autre suivant les individus* et les peuplements ; mais il y a une atténuation de ces différences au niveau de tout un peuplement.

Pour pouvoir quantifier la production annuelle des cônes, il faut choisir judicieusement la période d'observation, étant donné la particularité du cèdre qui porte à la fois des cônes de 1 an et des cônes de 2 ans. A certaine époque de l'année il y a similitude apparente entre ces deux stades du point de vue couleur et taille, ce qui soulève des problèmes de distinction dans l'établissement de la production des cônes. (voir photos n°9).

Il faut insister sur le fait que vers le mois de septembre - octobre les cônes N+1 manifestent un virage de couleur passant du vert clair ou foncé au violet, marron roux.

Toutefois sur le même arbre se tient encore un certain nombre de cônes N+2 de même couleur et de même taille.

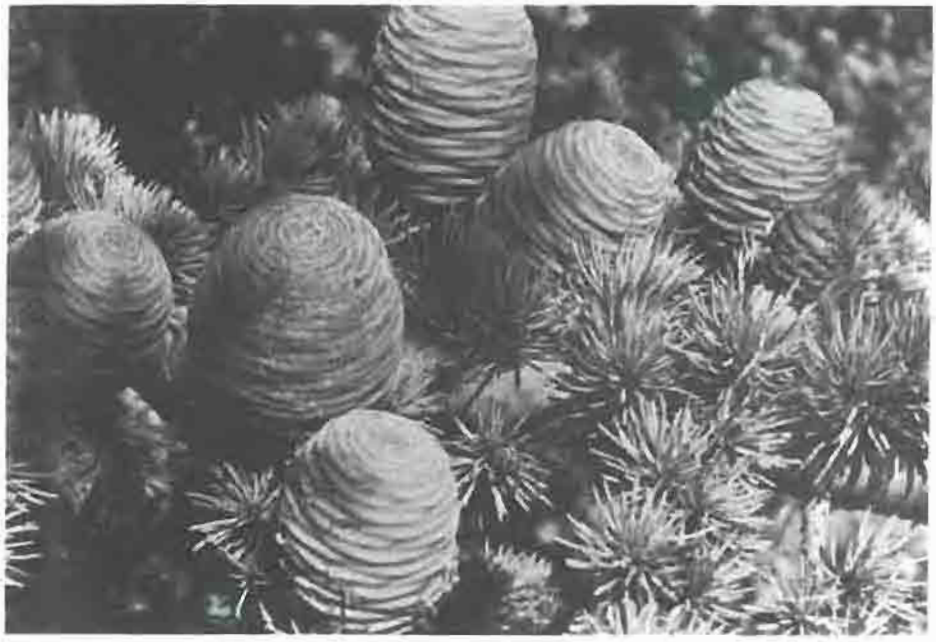
Ces cônes tardent à ouvrir leurs écailles et se confondent d'autant mieux ainsi fermés avec les cônes N+1 ayant viré de couleur.

Il faut ajouter que cela n'est pas seulement trompeur au point de vue estimation de la production - soit sur les cônes de 1 an soit sur ceux de 2 ans - mais aussi pour les récolteurs qui opèrent normalement à partir du mois d'octobre; même les ramasseurs les plus expérimentés peuvent être induits en erreur par la confusion de ces deux stades mal discernés ainsi que cela a déjà été souligné.

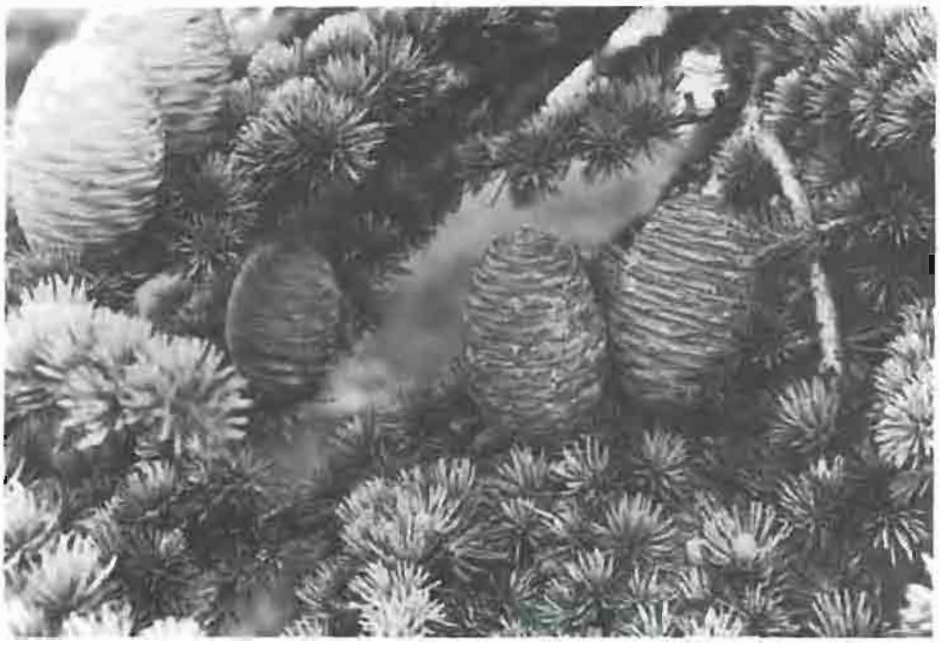
L'expérience montre que les cônes N+1 ne s'ouvriront même pas après avoir subi une très longue durée de trempage dans l'eau et de séchage à une température élevée ensuite (20 à 30°C).

D'après l'expérience, il apparaît que le meilleur moment pour réaliser le comptage des cônes est le mois d'août où la couleur des cônes N+1 est encore distinctement verte et où les N+2 nettement marron, commencent déjà à se craqueler.

(*) Il faut préciser que le cèdre bien que botaniquement monoïque témoigne "de facto" d'un comportement dioïque. Il y a des arbres qui ne portent jamais de cônes mais uniquement des châtons mâles ; d'autres ne portent que des cônes et jamais de châtons mâles ; enfin, certains offrent, par branche, une séparation châtons mâles, cônelets femelles. (H. GAUSSEN 1964).



Cônes de 1 an (année N + 1) ayant viré de couleur.



Cônes de 2 ans (année N + 2)

Photos n° 9 — Cônes représentant deux étapes différentes, avec des caractères communs autorisant la confusion. Photos prises fin septembre 1976.

Echelle : 1/3.

En ce qui concerne la technique de quantification de la production des cônes, une évaluation peut être faite soit l'année précédant la récolte sur les cônes de 1 an qui compteront pour l'année suivante, soit sur ceux de 2 ans à récolter sous peu. Dans ces deux cas il faut grimper sur les arbres dominants, les cônes étant plus visibles "vus de dessus". Il suffit alors à l'oeil, ou à l'aide de jumelles, de faire le comptage sur les arbres dans un rayon de 20 m environ.

Un deuxième opérateur à terre "apprécie" les branches basses et les parties du houppier cachées à la vue du grimpeur.

Il a été souligné dans le chapitre II. "Cônelets, cônes de un an et deux ans, désarticulation" qu'il était déjà possible de prévoir, avec une bonne appréciation, la production des cônes à partir du cônelet de 8 mois, fécondé, qui fournira des données sur la production avec 16 mois d'avance.

Dans ce cas la technique est différente. Il faut faire un échantillonnage bien stratifié sur une trentaine de branches environ appartenant à de nombreux individus bien dispersés.

Enfin il est possible de faire une bonne approximation de la totalité des cônes produits durant toute la vie d'un cèdre, grâce aux rachis qui restent solidaires des branches toute la durée de l'existence de l'arbre. Il suffit alors d'effectuer le comptage des rachis à l'occasion des coupes de régénération ou coupes finales. L'évaluation est plus juste encore sur les arbres isolés que sur ceux des peuplements qui peuvent avoir perdu des branches basses et sèches; dans ce cas, l'évaluation, même approximative, permet néanmoins une quantification valable.

3.2.- ÂGE DE L'ARBRE ET FRUCTIFICATION.

Il fut difficile, jusqu'à présent et faute d'éléments précis, de situer vers quel âge le cèdre commence à fructifier.

Dans sa flore forestière, A. MATHIEU (1897) a mentionné que le cèdre ne donnait ses premiers fruits que vers l'âge de quarante ans.

Suite aux premières implantations sur le Mont-Ventoux plusieurs observateurs (H. de BRUN 1922) ont noté que l'apparition des cônes avait lieu vers 22-25 ans.

D'une façon générale les nombreuses publications (M. DE MONCHY - M. REYNIER 1926) signalent que le cèdre est fructifère vers l'âge de 30 ans.

Il apparut donc nécessaire de cerner de plus près ce problème en effectuant les analyses des taches de régénération naturelle renfermant des cèdres en âge de fructifier au Mont-Ventoux et au Petit-Lubéron.

On a noté que dans un massif, les cèdres de même âge voient les fleurs mâles apparaître 4 ou 5 ans avant les fructifications femelles (Ce phénomène est inversé pour le Douglas, communication personnelle de M. BONNET-MASIMBERT).

Ainsi, pendant plusieurs années, on peut voir des jeunes cèdres de 15 à 20 ans porter des châtons mâles sans la moindre trace de cône.

Procéder à des observations dans une régénération naturelle présente l'inconvénient d'une relative incertitude quant à son âge. Pour pallier cette incertitude d'une part, et pour approfondir et élargir notre étude d'autre part, nous avons axé nos recherches dans des jeunes plantations d'origine artificielle, donc d'âge connu, et nous avons guetté l'apparition des premières floraisons.

Nous avons repéré quatre stations écologiquement différentes et géographiquement éloignées l'une de l'autre sur deux types de substrat : calcaire et cristallin.

Le point commun à ces quatre stations est que chacune d'elles abrite de très jeunes cèdres plantés en 1958. Toutefois il faut souligner que cette date commune de plantation n'implique pas un âge commun, puisque certaines utilisèrent des plants de 1 an et d'autres des plants de 3 à 4 ans. D'ailleurs cette différence ressortira dans la date de précocité de floraison.

Dans ces stations, indépendamment du sol, la mise à fleurs initiale de certains arbres se produit très précocement grâce à la réunion de conditions extrêmement favorables.

Ainsi, la première station, sise à 370 m d'altitude sur le Petit-Lubéron, dans le Vaucluse, est encaissée dans une dépression recouverte d'alluvions et bénéficie d'une quantité d'eau bien supérieure à l'ensemble du Lubéron, compte tenu de la cuvette en fonddde dépression. La floraison a commencé à l'âge de seize ans. La deuxième station, sur calcaire, est située à Belvézet, dans le Gard, sur un chantier pilote de 140 ha reboisé au milieu de la garrigue. Les arbres fleurissant hâtivement se trouvent dans un carré qui a bénéficié d'un travail de sol spécial, effectué par les engins mécaniques, et comprenant un soussolage complété par la constitution d'un bourrelet sur le trait de soussolage. Cette opération a eu un double effet sur les plants :

- une protection du système radiculaire grâce au bourrelet fait de terre et d'éboulis
- une quantité de réception d'eau supérieure par le creusement des deux côtés de la ligne transformés en planches profondes.

Ainsi nous avons observé une croissance nettement supérieure pour ces cèdres plantés dans ce carré par rapport à celle des cèdres plantés avec d'autres méthodes (soussolage seul, décapage avec soussolage). En effet certains arbres de ce carré spécialement traité, ont porté des châtons mâles à l'âge de 16 ans et en 1976 nous avons trouvé des cônes de deux ans alors que les arbres avaient 19 ans de plantation.

La troisième station, sur substrat cristallin à Caunes - Minervois dans l'Aude, se résume à un alignement de sept cèdres sur lesquels la "dioïcité" est nettement caractéristique. Depuis trois ans que nous les observons, deux portent chaque année des châtons mâles et deux des cônes femelles.

Ils ont commencé leur floraison à partir de l'âge de 15 ans et, à l'âge de 17 et 18 ans ils donnaient déjà des cônes avec des graines fertiles; la faculté germinative dépasse les 50 p. 100.

Quant à la quatrième station sise à Graulhet dans le Tarn, elle se compose d'un bosquet d'une vingtaine de cèdres âgés de 17 ans en 1975, fructifères déjà avant qu'ils ne soient repérés en 1973.

Depuis, leur faculté germinative a été testée, elle varie de 80 à 90 p.100, selon la date de récolte et les années climatiques.

Il convient de préciser qu'il s'agit d'une station très exceptionnelle, sur substrat cristallin, avec un remblai de plus de 3 m de terre fine très riche. Quant à l'humidité, elle est garantie constante de par la proximité d'une petite rivière.

Nous n'avons surtout pas voulu généraliser ces quatre cas très exceptionnels, mais il était nécessaire toutefois de les mentionner afin de démontrer que la fructification du cèdre peut être très précoce, de quinze à vingt ans dans des conditions propices.

Dans les conditions plutôt difficiles, celles dans lesquelles le cèdre a le plus fréquemment été implanté, l'âge de fructification est beaucoup plus tardif.

Pour le déterminer il n'y a pas d'autre recours que de carotter des arbres non porteurs de rachis, signe indéniable d'une non fructification.

Ces carottages ont permis d'établir l'âge de ces échantillons qui s'échelonne de dix à trente cinq ans.

Il a suffi alors, grâce à des observations répétées régulièrement, de déceler la première apparition de fructification.

Dans les conditions du Ventoux et du Lubéron, sur les arbres aux houppiers dégagés, l'âge moyen de fructification se situe vers les trente-trente deux ans.

Bien entendu ceci n'implique pas l'installation immédiate d'une régénération naturelle ; ce problème sera abordé dans le chapitre "régénération".

3.3.- PRODUCTION DES CÔNES À L'ÉCHELLE DE L'ARBRE ISOLÉ.

Les arbres isolés présentent une fructification beaucoup plus importante que les arbres de peuplement en raison de leur surface de houppier plus développée où l'effet de l'interaction de la concurrence est exclu.

Certains d'entre eux produisent régulièrement et abondamment des cônes bien que l'on observe également chez eux une courbe fluctuante d'une année sur l'autre ; une année de production abondante peut être suivie par une année de production plus faible et même inexistante.

La figure n° 8 reflète bien cette fluctuation fournie par trois arbres échantillons isolés. Ce diagramme nous renseigne sur plusieurs choses :

- il y a des arbres (n°3) qui sont beaucoup plus fructifères que d'autres (n° 1 et 2)
- il y a des années de forte fructification enregistrées sur l'ensemble des arbres (année 1973)
- il y a des années de production moyenne comme le témoignent nos trois échantillons (année 1970, 71 et 76)
- enfin il y a des années de très faible production (années 1972 et 74) et des années pratiquement dépourvues de production (1975).

Mais si nous partons d'une production donnée pour un arbre donné, nous remarquons que l'ensemble des arbres accuse des fluctuations importantes de la production de cônes.

3.3.1.- INFLUENCE DE L'ORIENTATION DES BRANCHES SUR LA PRODUCTION DES CÔNES.

Il a été démontré (J. TOTH 1973 a) que la position des branches sur l'arbre isolé a une influence capitale sur la production des cônes et ce, après trois ans d'observations (1970-72).

Aujourd'hui, après avoir poursuivi ces observations pendant quatre années encore (1973-76), il est possible d'apporter des données corroborant les premières.

Les données qui vont être communiquées concernent l'arbre échantillon n°3 qui accuse une régularité de fructification et une production élevée des cônes et qui possède un houppier bien équilibré.

En se référant au tableau n° 7 les constatations suivantes peuvent être formulées :

- la production moyenne annuelle des cônes sur 7 ans est de 27,4 seulement pour la direction Nord tandis qu'elle est de presque dix fois supérieure pour la direction Sud, à savoir 265,7 cônes.
- Quant aux deux autres directions Est et Ouest, elles offrent respectivement 114,6 et 94, 7 cônes, valeurs intermédiaires bien que l'Est ait nettement l'avantage.
- La moyenne annuelle de ces valeurs donne une bonne proportionnalité.

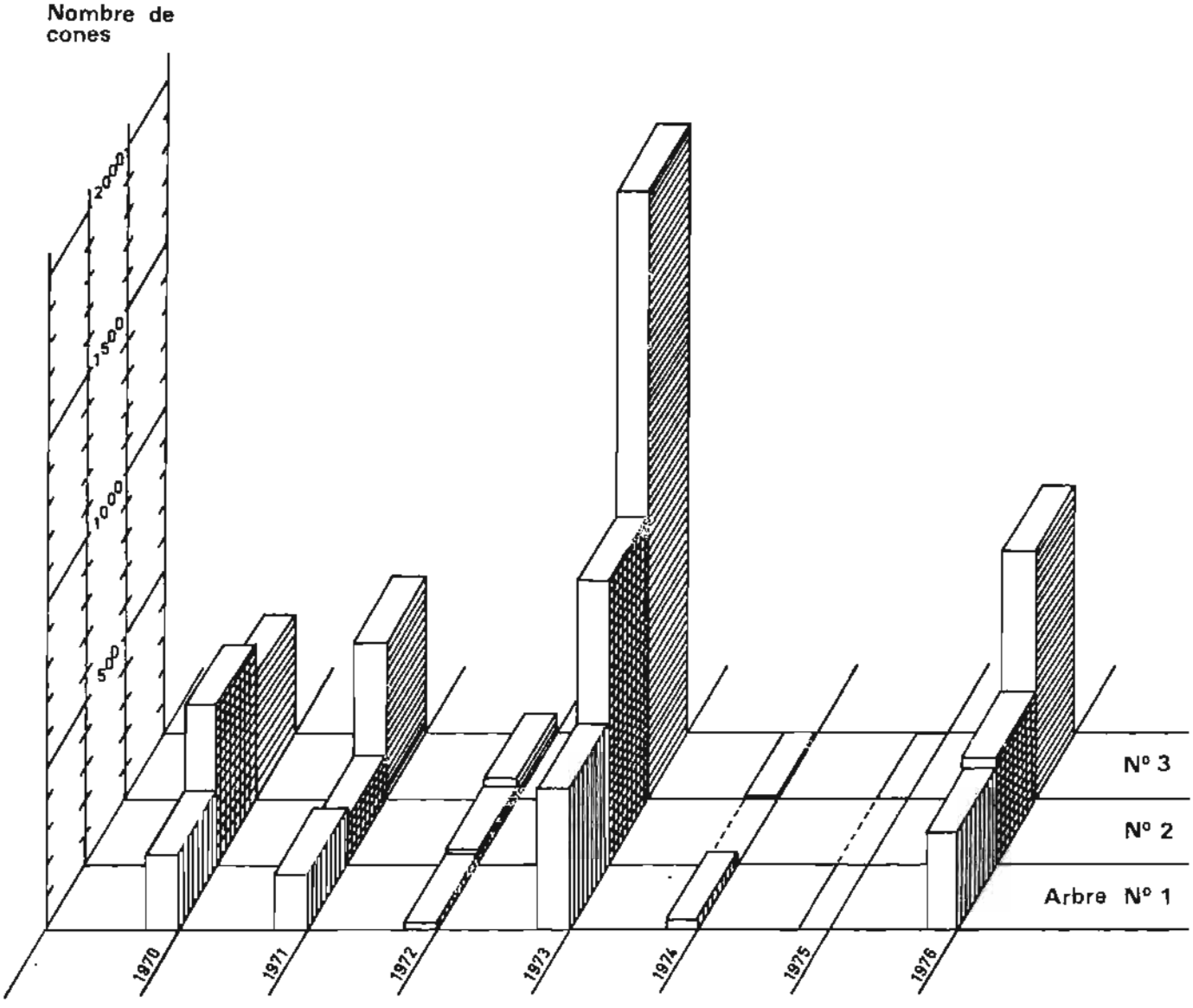


Fig. 8 - VARIATION DE LA PRODUCTION DE CONES DURANT 7 ANS , SUR 3 ARBRES ISOLES

(Mt Ventoux - Plaine de l'escalier - Altitude 1050m.)

RÉPARTITION DES CÔNES SUR UN ARBRE ISOLÉ ANNÉE 1970-76

FACE SUD DU Mt VENTOUX 1050 m D'ALTITUDE

NIVEAU de la HAUTEUR mètre	DIRECTION																										TOTAL 4 DIRECTIONS							TOTAL DE 7 ANS PAR NIVEAU	PRODUCTION MOYENNE ANNUELLE PAR NIVEAU
	NORD							EST							SUD							OUEST													
	70	71	72	73	74	75	76	70	71	72	73	74	75	76	70	71	72	73	74	75	76	70	71	72	73	74	75	76	70	71	72	73	74	75	76		
I 0 - 2,50	0	0	0	0	0	0	0	13	7	8	65	3	0	55	32	59	2	221	0	0	116	8	12	0	111	0	0	36	53	78	10	397	3	0	203	750	107,1
II 2,51 - 5,00	3	5	0	27	0	0	8	76	23	13	194	0	0	90	63	91	9	383	0	1	100	8	31	6	107	0	0	102	150	150	28	711	0	1	300	1340	191,4
III 5,01 - 7,50	3	28	0	73	1	0	44	13	24	7	89	2	0	120	128	142	12	444	0	0	58	26	50	3	143	1	0	19	170	244	22	746	4	0	241	1427	203,9
TOTAL 3 NIVEAUX	6	33	0	100	1	0	52	102	54	28	348	5	0	265	223	292	23	1045	0	1	276	42	93	9	361	1	0	157	373	472	60	1854	7	1	750	3517	502,4
TOTAL DE 7 ANS par direction	192							802							1860							663													
PRODUCTION MOYENNE ANNUELLE par direction	27,4							114,6							265,7							94,7													

TABLEAU N° 7

3.3.2.- LA PRODUCTION DES CÔNES PAR NIVEAU DE HAUTEUR.

Quand on analyse la production moyenne annuelle des cônes sur 7 ans, en fonction des niveaux d'insertion des branches, nous constatons que cette production est plus forte à la partie supérieure du houppier - niveau III - avec 203,9 cônes, tandis qu'elle régresse légèrement à la partie médiane - niveau II - avec 191,4 cônes, pour connaître une chute importante à la partie basse - niveau I - avec 107,1 cônes seulement.*

Bien que cet échantillon représente le cas le plus fréquent, certaines anomalies peuvent toujours apparaître quant à la production par niveau de branche. Ainsi, par exemple, il peut y avoir, pour certains arbres, inversion des répartitions de production entre la partie inférieure, la partie médiane et la partie supérieure du houppier.

Par contre, au point de vue des directions géographiques il reste la fidèle image des autres échantillons.

3.4.- PRODUCTION DES CÔNES À L'ÉCHELLE D'UN PEUPLEMENT

Quand on étudie la production des cônes d'un peuplement forestier, la première constatation que l'on peut faire est le tamponnement des résultats dû au nombre élevé de tiges qui élimine les à coups très caractéristiques des arbres isolés quant à la production des cônes.

Il va de soi qu'il y a une différence considérable au point de vue production des cônes selon la densité du peuplement. Une supériorité est toujours attribuable aux peuplements de faible densité étant donné que dans un tel peuplement les arbres ont un houppier beaucoup plus développé, d'où une surface réceptive à la lumière beaucoup plus élevée (A. PUJOS 1966).

Ainsi qu'il fut démontré sur les arbres isolés, les branches exposées au Nord accusent une production de cônes très faible. Cette constatation reste valable par transposition à un peuplement. Nous avons relevé qu'en forêt de Rialsesse (Aude), sur exposition Nord, le manque de fructification, donc les quantités de cônes très faibles, sont essentiellement dues à la diminution de l'intensité lumineuse. En effet, dans le massif se trouvent des parcelles d'exposition autre que le Nord; non seulement elles sont en parfait état de fructification et productrices de cônes qui ont abouti à fournir une régénération naturelle, mais elles ont aussi une croissance ligneuse dépassant largement les résultats obtenus en Provence calcaire. (J. TOTH 1973 c).

Naturellement il y a un facteur qui intervient aussi implicitement ; c'est l'âge du peuplement.

Un peuplement très jeune, au début de sa maturité de fructification, produit peu; il accusera une augmentation progressive avec l'âge.

Vers 40 - 50 ans, un peuplement peut atteindre sa pleine vigueur comme cela est le cas de notre place d'expérience 84-07 sur le Mont-Ventoux (voir tableau n°8). Sur ce peuplement l'estimation de la production des cônes a été faite depuis 1973. Le peuplement était alors âgé de 43 ans.

Ce peuplement peu dense, seulement 770 tiges/ha, dont 413 tiges d'avenir a donné en 1976 une très forte production de 15 618 cônes/ha, soit 31 hl, correspondant environ à 124 kg de graines.

Il faut également ajouter qu'en dehors de l'année 1976 c'est l'année 1973 qui ressort comme une bonne année de production pour tous les peuplements de la région méditerranéenne ainsi que Rialsesse, toute proportion gardée.

* La faculté germinative ne suit pas obligatoirement cette "loi".

PRODUCTION DES CONES AU NIVEAU D'UN PEUPLEMENT DE 43-48 ANS - 413 ARBRES D'AVENIR À L'HA

MONT-VENTOUX - FORÊT COMMUNALE DE BÉDOIN

Dispositif n° 84-07 - 880 m. d'altitude

TABLEAU n°8

ANNÉES	Nombre d'arbres fructifères	Nombre de cônes par ha	Nombre de cônes par arbre
1973	195	3299	17
1974	232	2436	11
1975	64	412	6
1976	276	15618	57
1977	297	4475	15
1978	172	1020	6
Moyenne sur 6 ans	206	4543	19

Notre séjour au Maroc en 1973 a permis de faire le parallèle et de constater qu'une abondance semblable existait la même année dans les deux pays, constatation confirmée par la station de Recherches Forestières de Rabat.

Revenons à notre tableau de production des cônes au niveau d'un peuplement : nous remarquerons que le nombre d'arbres fructifères présente également une variation en fonction des années de production.

En effet l'année 1976, année la meilleure sur les six années citées dans le tableau, se détache nettement avec 276 arbres fructifères produisant 15618 cônes/ha. Quant à la plus mauvaise année, 1975, elle n'offre que 64 arbres fructifères qui ont donné 412 cônes/ha.

En prenant par ordre croissant le nombre d'arbres fructifères nous ne trouvons pas forcément une croissance ordonnée semblable dans la production des cônes ainsi que le prouve les données des années 1973 et 74 : au nombre d'arbres plus élevé en 1974 qu'en 1973 correspond un nombre plus réduit de cônes pour 1974 que pour 73.

Ainsi le tableau, en fonction des productions moyennes par arbre, établit l'ordre croissant comme ci-après :

1975 - 1978 - 1974- 1973 - 1977 - 1976

Il est extrêmement tentant de comparer une année de forte et une année de faible production des cônes avec la floraison et la fécondation dont elles découlent.

On vient de voir que 1976 est une forte production de cônes alors que 1977 est beaucoup plus faible (1978 sera aussi faible).

En consultant le tableau n°1 p. 13 on constate que les inflorescences femelles de 1974 et leur fécondation en 1975 (qui correspondent à la production des cônes 1976) furent très abondantes. Maintenant si l'on se réfère au diagramme ombrothermique n° p. , on relève à l'époque de la pollinisation (mois de septembre) une pluviométrie exceptionnelle avec 260 mm et une température moyenne de 15°C plutôt froide ; la fécondation correspondante a lieu dans une période encore très pluvieuse (dépassant les 200 mm pour mai et juin) avec une température moyenne de 12 à 15°C.

Quant à la faible production 1977, elle est issue d'une floraison peu abondante. La pollinisation s'est déroulée dans une atmosphère moins pluvieuse sous une température plus élevée que précédemment et la fécondation s'est effectuée à une période très sèche.

D'après ces différentes observations il apparaît que deux éléments interviennent positivement dans la forte production des cônes : l'abondance de la floraison d'une part et les conditions climatiques favorables au moment de la pollinisation et de la fécondation.

Il semble qu'un temps pluvieux fixe mieux les grains de pollen sur les écailles et les véhicule à l'intérieur des écailles vers l'ovule.

3.4.1.- MÉTHODE DE CALCUL.

Les très nombreux renseignements recueillis durant cinq ans sur le Mont-Ventoux dans un dispositif d'expériences de 371 arbres numérotés, dont 199 d'avenir, assis sur une surface de 48,19 ares, nous ont obligés à recourir à des calculs biométriques que le Service de Nancy du C.N.R.F. a très obligeamment effectués.

Pour la bonne interprétation des données et de leur relation, le peuplement a été décomposé en deux parties: d'une part les arbres d'avenir qui resteront sur pied jusqu'à la régénération complète du peuplement , d'autre part les arbres dominés qui disparaîtront au fur et à mesure des éclaircies.

Il était nécessaire de faire cette sorte de classement étant donné que le peuplement est issu d'un reboisement de type "méditerranéen". Même à l'âge de 46 ans on retrouve parfois de très nombreux brins par potets.

Il est plutôt rare que les arbres dominés portent des cônes ; toutefois cela arrive lorsque la densité d'un peuplement est faible comme c'est le cas ici.

Grâce à l'analyse de variance, de précieux renseignements ont été obtenus sur la fréquence de production des cônes par an, sur le nombre moyen des cônes de la placette.

3.4.2.- DIFFÉRENTES RELATIONS BIOMÉTRIQUES.

Il paraît inutile de trop charger ce paragraphe par des résultats de moindre intérêt, aussi ne seront indiqués que ceux concernant les arbres d'avenir bien représentatifs du point de vue fructification.

Le tableau n°9 résume l'ensemble des différentes relations biométriques qui confirment surtout les résultats énoncés dans le paragraphe 3.4.

Nous ne reviendrons pas sur la fructification par année mais, par contre, nous soulignons que pour ce qui est de la fréquence de cette fructification, 6% seulement des arbres produisent des cônes tous les ans, durant cinq ans.

26 % des arbres ne produisent jamais de cônes, pourcentage très élevé et 21 % produisent 1 an seulement sur 5. Il reste donc 47 % d'entre eux pour donner des cônes soit 2 ans ou 3 ans ou 4 ans sur 5.

3.5. - COMPARAISON DE LA PRODUCTION DES CÔNES :

ARBRES ISOLÉS - PEUPLEMENT

Les arbres isolés, étant donné leur possibilité d'espace vital, présentent toujours une supériorité au point de vue production des cônes vis à vis des arbres d'un peuplement.

Toutefois en se référant au type du peuplement donné, on constate une atténuation considérable de ces différences.

En effet cette différence est nette avec une futaie régulière, équienne, dense, telle que la jeune cédraie de la crête du Petit-Lubéron où se trouve une place d'expériences, ou la cédraie de la Bétouze d'Arques.

Par contre, cette différence sera beaucoup plus floue avec une futaie jardinée où les jeunes arbres dominés par les semenciers d'âge beaucoup plus avancé restent peu fructifères ; les anciens présentent alors les caractères d'arbres isolés.

L'avantage potentiel de production pour un arbre isolé (âge moyen de 50-60 ans) se traduit par un nombre très élevé de cônes, 500 à 1000, ce qui correspond à une moyenne de 2,5 à 5 kg de graines par arbre dans une bonne année de fructification.

TABLEAU n° 9 - Relation "Années - Production des Cônes"

Années	Nombre de cônes par arbre et par an (moyenne) (placette)	Écart - type	Variance	Coef. de Variation
1973	7,05	20,96	439,30	2,972
1974	5,26	12,37	153,05	2,353
1975	0,89	4,76	22,65	5,346
1976	33,00	72,47	5252,53	2,197
1977	4,94	18,11	327,80	3,660
	Fréquences %			
	0 an/5 ans 26	0,44	0,19	1,716
	1 an/5 ans 21	0,41	0,17	1,941
	2 ans/5 ans 14	0,35	0,12	2,436
	3 ans/5 ans 20	0,40	0,16	2,021
	4 ans/5 ans 13	0,34	0,11	2,575
	5 ans/5 ans 6	0,24	0,06	3,918

	Nombre de cônes Coefficients de corrélation					Fréquences de fructification Coefficients de corrélation					
Années	1973	1974	1975	1976	1977	0 an	1 an	2 ans	3 ans	4 ans	5 ans
1973	1,000										
1974	0,201	1,000									
1975	0,097	0,587	1,000								
1976	0,333	0,554	0,430	1,000							
1977	0,325	0,274	0,194	0,219	1,000						
0 an	-0,196	-0,248	-0,109	-0,266	-0,159	1,000					
1 an	-0,162	-0,207	-0,096	-0,173	-0,140	-0,101	1,000				
2 ans	0,004	0,046	-0,073	-0,060	-0,076	-0,239	-0,211	1,000			
3 ans	0,017	-0,003	-0,057	-0,084	0,055	**-0,239**	-0,255	-0,203	1,000		
4 ans	0,169	0,301	0,075	0,427	0,069	**-0,226**	-0,200	-0,159	-0,192	1,000	
5 ans	0,362	0,320	0,464	0,403	0,455	-0,148	-0,131	-0,104	-0,126	-0,099	1,000

3.6.- LA PRODUCTION TOTALE CUMULÉE DES CÔNES PAR ARBRE .

Il a été dit à la fin du paragraphe "quantification de la production des cônes" page 38, qu'il est possible de connaître la production cumulée des cônes d'un arbre, production acquise au cours de toute sa vie d'arbre.

Il s'agit du comptage des rachis restant définitivement sur les branches après la désarticulation. D'après les observations, la soudure existant entre branche et rachis, fait présumer avec grande probabilité que les rachis ne disparaissent qu'à très long terme : leur nombre est une image approchée par défaut des fructifications passées.

Cette méthode est pleine d'intérêt puisqu'elle peut nous renseigner sur la production potentielle des cônes d'un peuplement d'une station donnée, grâce à un simple échantillonnage. Il suffit de prendre quelques arbres dominants et représentatifs d'un peuplement, ainsi qu'il fut fait au cours des analyses de tiges effectuées dans les places d'expériences, et d'examiner la totalité de leurs branches.

Le résultat obtenu est extrêmement parlant bien que l'on n'ait pas un nombre élevé de tiges. En effet, les observations de comptage (à la jumelle) annuel effectuées dans les différentes cédraies importantes sont confirmées par cette méthode. (voir tableau n°10).

Ainsi, par exemple, bien que l'échantillonnage ne soit pas systématique mais aléatoire et que toutes les stations soient dans des conditions écologiques différentes, leur comparaison conduit à l'idée que l'ensemble des stations en Provence calcaire, Mont-Ventoux, Petit-Lubéron etc..., accuse une supériorité indéniable sur toutes les autres stations, Rialsesse, Lamalou les Bains etc...

De même, les arbres isolés et les arbres de lisière se détachent de cet ensemble avec leur nombre de rachis beaucoup plus élevé que ceux de l'intérieur des peuplements ; ceci confirme également les observations précédentes.

Par ailleurs, en analysant le tableau plus en détail, on constate que l'échantillon d'arbre isolé du Petit-Lubéron, âgé de 103 ans, a donné une production de 9330 cônes qui correspond à une moyenne de 127,8 cônes par an, en supposant qu'il ait commencé à fructifier à partir de 30 ans; il est bien entendu qu'il s'agit là d'une situation exceptionnelle. D'ailleurs l'arbre échantillon de lisière du Mont-Ventoux est en deuxième place avec un total de 1940 cônes ; ceci correspond à une moyenne de 25,9 cônes par an alors qu'un arbre échantillon de l'intérieur d'un peuplement du Mont-Ventoux a une moyenne de 2,7 cônes par an seulement !

Il ressort que l'arbre isolé d'âge avancé, avec sa frondaison harmonieusement développée, produit beaucoup plus que l'arbre de lisière qui n'a environ qu'un tiers de ses branches largement développé ; lui même devance l'arbre de l'intérieur du peuplement dont la frondaison est réduite.

Quant aux autres stations, telles que Rialsesse (exposition Nord) ou Lamalou les Bains aux conditions particulières (plateau très venté, peuplement très fréquenté et piétiné), elles offrent des arbres échantillons qui produisent peu ou pas du tout de cônes. Enfin la station de la Seignonne, en plaine, accuse également une faible production de cônes.

Il ressort de ce dernier paragraphe que la méthode utilisée pour l'estimation de la production totale cumulée des cônes par arbre peut présenter un intérêt pratique non négligeable. En effet, elle permet de classer les différents massifs du Cèdre en fonction de leur production potentielle des cônes, donc d'évaluer leur possibilité de régénération.

TABLEAU n° 10

LA PRODUCTION TOTALE CUMULÉE DES CÔNES PAR ARBRE ET PAR STATION
(comptage effectué sur les arbres abattus)

MASSIF	ÂGE	ANNÉE d'INTERVENTION	CÔNELETS	N + 1	N + 2	plus de 2ans	RACHIS
1. RIALSESSE-L4 (11)	80	13.05.76	0	0	0	0	0
2. "	80	"	1	0	0	0	154
3. LAMALOU-LES-BAINS(34)	49	18.03.75	0	0	0	0	0
4. "	49	"	0	0	0	0	0
5. CABRIÈRES d' AVIGNON(84)	110	26.11.75	19	174	0	124	111
6. "	65°°	"	5	333	1	114	1080
7. PETIT-LUBÉ-RON(84)	103°	26.03.75	126	0	249	0	9330
8. "	66°°°	11.04.75	0	0	0	0	183
9. "	38	5.06.74	0	0	0	0	0
10. "	38	"	0	0	0	0	0
11. "	38	"	0	0	0	0	0
12. MT-VENTOUX (84-5)	105°°°°	10.02.70	604	544	12	0	1940
13. " "	105	10.02.70	0	16	5	0	199
14. " " (84-9)	55	9.02.70	12	149	2	0	227
15. " "	55	9.02.70	7	87	1	0	38
16. LA SEIGNONNE (84)	42	26.02.75	28	1	24	4	3
17. " "	42	26.02.75	31	1	0	1	15

° arbre isolé de 1ère génération
°° arbre isolé de 2ème génération
°°° arbre de peuplement de 2ème génération
°°°° arbre de lisière de 1ère génération

CHAPITRE IV. GRAINE DU CÈDRE.

De par la souplesse et la perméabilité de son enveloppe extérieure ou tégument, la graine de Cèdre se classe parmi les graines résineuses tendres.

Elle se rapproche davantage de la graine du Sapin que de celle du Pin qui se classe dans la catégorie des graines à tégument dur.

La graine de cèdre est assez grosse, allongée, pointue, résineuse, mate à l'aile très développée(R.ROL 1965).

Pour rentrer un peu plus dans les détails morphologiques, il faut dire que cette graine est sub-triangulaire, cunéiforme à la base, de 8 à 12 millimètres de long, la partie libre de l'aile étant plus longue que la graine elle-même (E.F. DEBAZAC 1964).

Les américains qui étudient également les graines de Cèdre depuis une décennie environ, surtout du point de vue technologie, ajoutent qu'il s'agit plutôt de graines molles et huileuses entourées d'une enveloppe membraneuse qui s'endommage très facilement (C.E. HEIT 1968).

Nous complèterons ces descriptions en soulignant que les graines de Cèdre saines sont consistantes au toucher tout en donnant l'impression d'être tendres et élastiques.

Cependant, dès la moindre pression exercée, elles témoignent d'une grande fragilité de par l'éclatement des deux petites poches de part et d'autre de la graine, et qui, remplies de résine, tendent le tégument.

La lésion du tégument est très fréquente surtout lors de l'extraction des graines par désarticulation artificielle.

4.1. - LA QUALITÉ DES GRAINES.

L'ensemble des graines issues d'un cône, se divise en graines fertiles et stériles.

La présence de graines vaines dans un cône est due à plusieurs causes d'ordre physiologique et biologique.

Ces graines vaines sont des graines vides, ou des graines au tégument rempli de résine, ou des graines attaquées par un petit insecte (voir paragraphe 4.1.2.).

4.1.1.- FLUCTUATION DE LA PRODUCTION DES GRAINES ET VARIATION DE LEUR QUALITÉ

On peut comparer la production annuelle des cônes, donc des graines en fonction des années climatiques.

Ainsi qu'il a été démontré dans le chapitre de la production des cônes, il y a des années de forte, moyenne et faible production.

Il va de soi que la proportion des graines récoltées est étroitement liée à ce phénomène quantitatif.

Ainsi nous avons classé l'année 1973 comme étant une très bonne année de production de cônes.

Or nous avons constaté, en comparant les résultats des tests des graines 1973 avec celui de l'année 1974, considérée comme une année de moyenne production au niveau du peuplement, qu'il y avait une faible différence dans la qualité des graines. Toutefois l'avantage appartient aux graines 1974 : 70 % de bonnes graines contre 63 % (Voir tableau n°11).

Les années de faible ou très faible production, il y a détérioration de la qualité des graines ainsi que le prouve l'échantillonnage de 1975 où le pourcentage des bonnes graines n'est que de 36 % alors que l'on compte 64 % de graines vides ou attaquées. Ces pourcentages sont obtenus par cône.

Cet aspect a d'ailleurs été bien souligné (J. POURTET 1964) dans le cas d'autres espèces résineuses où les mauvaises années de fructification correspondent bien à une production de graines de qualité médiocre.

A côté de cette différence de qualité s'aligne une différence de poids. Plus les graines sont grosses et moins il y en aura au kilo. Ainsi en comparant le nombre total de graines et le nombre de bonnes graines au kilo entre une année de forte et une année de faible production, on constate un écart énorme entre les chiffres obtenus (voir tableau n°11).

Si l'on prend pour base de calcul le poids de 1000 graines, on constate qu'il est beaucoup plus élevé les années de bonne fructification. Ceci est dû au faible impact des graines vaines qui sont peu nombreuses. En année de mauvaise fructification les résultats sont inversés.

Les résultats de l'année 1975/76 semblent, en plus, indiquer que, en année de faible fructification, les graines pleines ont individuellement aussi un poids plus réduit que leurs équivalents des bonnes années.

Enfin ajoutons que pour expliquer cette variation de qualité des graines on ne peut, dans le cadre de cette étude, que s'appuyer sur les observation phénologiques des appareils reproducteurs, sur les données climatiques liées à la pollinisation, à la fécondation et à la croissance des cônes.

Les mesures effectuées sur les inflorescences mâles et femelles enseignent que leurs formes et leurs dimensions sont chaque année sensiblement identiques.

Mais puisque quantité et qualité des graines correspondent à la masse quantitative des cônes, on est enclin à déduire que la qualité des graines est dépendante des facteurs climatiques qui influencent la pollinisation, la fécondation et la croissance des cônes engendrant, par là même, les années de forte ou de faible production.

Le tableau n°11 montre que le poids moyen des cônes, conséquence des années favorables ou défavorables à son développement, est parallèle au poids moyen des graines.

4.1.2.- ATTAQUE DES GRAINES PAR LE MEGASTIGMUS

Lors de certaines années, l'embryon des graines peut être fortement endommagé sinon dévoré par un Chalcidien Phytophage nommé Megastigmus suspectus var. pinsapini HOFFM. (L. BERLAND 1950, K.von ESCHERICH 1939), qui attaque indifféremment les graines du Sapin pinsapo et du Cèdre.

Notre premier échantillonnage sur le Mont Ventoux en 1973, très bonne année de production des cônes, nous a révélé des dégâts pouvant atteindre au maximum 30 % au niveau du cône, 14 % au niveau de l'arbre et 6 % seulement au niveau d'un peuplement (J. TOTH 1973 a).

RELATION POIDS ET NOMBRE DES GRAINES

TABLEAU n° 11

ORIGINE DES GRAINES MONT-VENTOUX

ANNÉE de production des cônes	POIDS MOYEN (9)			NOMBRE DE GRAINES AU KILO		NOMBRE DE GRAINES MOYEN PAR CÔNE						
	Cônes *	1000 graines		Total	bonnes	bonnes	%	vides	%	attaquées	%	T O T A L
		tout venant	bonnes									
1973/74 bonne année.	57,33	55,28	73,21	18.090	13.659	84	63	42	32	7	5	133
1974/75 année moyenne.	59,12	66,76	89,85	14.979	11.130	96	70	26	19	15	11	137
1975/76 mauvaise année.	43,82	24,88	46,64	40.193	21.441	52	36	69	48	22	16	143
1976/77 année exceptionnelle.	64,16	66,80	76,74	14.970	13.031	116	81	26	18	1	1	143
1977/78 année faible.	51,62	58,35	71,24	17.138	14.037	89	73	25	20	8	7	122

* récoltés chaque année sur les mêmes arbres.

En 1974 la production des cônes fut plus faible que celle de l'année précédente et l'attaque du Megastigmus s'avéra particulièrement importante pour atteindre le maximum de 42 % sur les cônes, 34 % au niveau de l'arbre et 12 % au niveau du peuplement.

Quant à 1975, mauvaise année de production, les dégâts causés par Megastigmus plafonnent à 37 % au niveau du cône, à 20 % au niveau de l'arbre et à 26 % au niveau du peuplement.

Sur ces trois années il y a eu une variation assez importante au point de vue attaque.

Nous nous sommes bornés à faire un échantillonnage statistique dans le contexte de l'étude de la qualité des graines et par là même des causes de non aptitude à la germination, causes dont Megastigmus fait partie (1).

4.1.3.- QUALITÉ DES GRAINES DANS LES GRANDES CÉDRAIES MÉRIDIONALES.

Tout au long de ces dernières années, les tests effectués sur les différents lots de graines récoltés dans les grandes cédraies Mont Ventoux, Lubéron, Rialsesse, Marcilly, mettent en évidence que la qualité des graines est étroitement liée aux conditions écologiques locales.

En effet, lors de chaque test (dissection des graines, essais de germination) on observe que les mêmes causes ont produit les mêmes effets. Il apparaît évident que les graines sont tributaires du milieu qui les voit s'élaborer.

Ainsi, sur le Ventoux et le Lubéron, les récoltes des lots de graines ont donné d'excellents résultats quant au taux de bonnes graines et à leur faculté germinative.

Il s'agit là d'un type de sol calcaire bien fissuré avec une structure convenant bien au cèdre. L'exposition et l'ensoleillement journalier et saisonnier d'une part, et le froid nocturne d'autre part pour la post-maturité des graines, forment un ensemble de facteurs favorables au développement d'une excellente qualité de graines.

Rialsesse et Marcilly, stations du département de l'Aude, décrites en détails dans l'annexe, sont assises sur un terrain cristallin; d'une façon générale, elles ne produisent que des graines de qualité médiocre bien qu'il y ait une distinction à faire en faveur de Marcilly.

Pour Rialsesse, la qualité moindre n'est autre que la résultante d'un ensemble de facteurs - type de sol - climat - exposition et aussi profil de l'arbre (houppier réduit)-favorables à la croissance ligneuse, (J. TOTH 1973 c) mais nettement négatifs pour la production des graines.

La production annuelle des cônes est extrêmement réduite vis à vis de celle obtenue en Provence calcaire et la qualité des graines y est également médiocre.

(1) L'impact de cet insecte est étudié par J.P FABRE de la Station de Zoologie Forestière d'AVIGNON.

L'antagonisme que l'on rencontre sur le terrain de Rialsesse amène les forestiers à prendre des précautions pour la régénération que la forêt ne peut assurer elle-même. Ils devront donc reboiser artificiellement.

Ce massif de cèdres de Rialsesse est assis sur un sol de type cristallin, chiste, grès dont la majeure partie sous exposition Nord, ou du moins voisine, est soumise à des précipitations importantes 900 mm/an, d'où un sol bien arrosé et frais. La végétation herbacée et arbustive reflète bien ces conditions (ronces, clématites, grandes fougères, noisetiers etc...)

Quant au massif de Marcilly, s'il diffère peu du type de sol de celui de Rialsesse, il s'en écarte davantage pour les facteurs climat et exposition se rapprochant des conditions méditerranéennes. Ces nuances se traduisent nettement dans la qualité des graines testées.

La Verne Ragusse, bien que ne faisant pas partie des grands massifs, mérite d'être citée ici pour la place intermédiaire qu'elle détient entre Rialsesse et le Ventoux : assise sur un sol cristallin, cette station est soumise à un climat méditerranéen (J. TOTH 1973 b).
La qualité de ces graines, grandement supérieure à celle de Rialsesse et de Marcilly, est toutefois plus faible que celle du Ventoux.

Dans l'ensemble des dix neuf stations rassemblant les observations et les expériences dans le Sud de la France, on a effectué des tests portant sur celles qui avaient atteint l'âge de production des cônes dans le dessein de les classer dans l'ordre qualitatif.

Toutefois, tenant compte de la faible surface de référence il n'est pas utile de détailler leurs résultats.
On ajoute simplement que, selon un type de sol, et les conditions écologiques, les résultats se calquent sur ceux des massifs précédemment cités.

4.2.- GERMINATION.

La germination est caractérisée par le passage d'une vie latente -celle de la graine sèche- à une vie active, à savoir celle de la graine réhydratée. D'ordinaire, pour que s'effectue cette transition, il faut qu'il y ait convergence des conditions favorables, nécessaires à la vie active de la graine :

- lumière
- humidité, sans excès d'eau
- oxygène
- température

Même lorsque toutes ces conditions favorables sont réunies, la graine peut ne pas germer bien qu'elle soit morphologiquement mûre. En effet il est indispensable qu'elle ait d'abord acquis sa maturité physiologique.

La graine est un organisme complexe avec des éléments constitutifs comprenant :

- l'embryon (cotylédons - tigelle - radicule)
- endosperme (réserves nutritives)
- tégument (enveloppe de la graine)

Il est très important de préciser que la mise en développement de l'embryon demande une absence complète des conditions défavorables (D. CÔME 1970).

Bien que l'on considère que le rôle de la lumière soit important, on pense avoir prouvé que dans le cas du cèdre elle n'apporte pas d'influence véritablement décisive : ce fait sera démontré ultérieurement.

Du point de vue terminologie, la germination a donné lieu parfois à des interprétations différentes.

La première position, celle des laboratoires d'analyses, considère qu'il y a eu germination lorsque la radicule pointe hors du micropyle.

D'autres chercheurs estiment que la germination a eu lieu lorsqu'elle a donné une plantule capable de croître normalement (J.F. HARRINGTON 1962). Une telle définition correspond au souci du praticien, surtout intéressé par le résultat de la germination, et non par son déroulement.

Quant aux physiologistes et aux biologistes, ils distinguent germination et croissance de la plantule. Pour eux, la germination commence avec l'imbibition de la graine, phénomène essentiellement physiologique, et se termine avec le début de la croissance marqué par l'allongement de la radicule (EVENARI 1961). C'est donc une phase d'activation surtout marquée par des transformations d'ordre chimique et des réorganisations cytologiques; elle ne s'accompagne pas d'évolution morphologique. L'option prise pour notre étude tend vers un sens pratique et se rapporte donc à la deuxième position.

4.2.1.- LE DÉROULEMENT DE LA GERMINATION

La germination est une suite de phénomènes qui, d'une part, mettent la graine en condition de vie active et, d'autre part, permettent le développement de l'embryon.

Les phases essentielles que l'on peut énumérer chronologiquement sont les suivantes :

1) imbibition par l'eau et oxygénation car la respiration reprend brusquement après la période de vie ralentie.

2) ouverture du micropyle

3) apparition de la radicule

4) croissance de la radicule

5) développement et évolution de l'hypocotyle portant des cotylédons encore encerclés par l'enveloppe de la graine

6) déploiement des feuilles cotylédonnaires.

Ici ne sont mentionnées que des phases physiques observées à l'oeil nu.

Avant de pénétrer dans le détail des différentes phases, il faut préciser un fait très important lié à l'ensemble de la germination.

En effet, du moment où la graine s'imbibe à celui où la radicule fait saillie, il se produit un changement irréversible dans l'embryon.

Dès que la radicule commence à croître après être apparue hors du micropyle, il n'est plus possible d'interrompre le développement sans entraîner la mort de l'embryon.

Au contraire avant le démarrage de la croissance, c'est à dire avant l'allongement radiculaire, il est possible d'intervenir en stoppant la germination par déshydratation des graines pour observer, lors d'une nouvelle imbibition, un nouveau départ (CÔME 1975).

4.2.2.- Photosensibilité des graines durant la germination

Il est bien connu que, généralement et tout spécialement pour le Pin noir, la lumière joue un rôle important (H. ORLANDINI et C. BULARD 1975).

On distingue trois catégories de graines vis à vis de leur exigence à la lumière :

1) Les graines à photosensibilité positive dont la germination est induite par la lumière

2) Les graines apparemment non photosensibles et capables de germer indifféremment à la lumière ou à l'obscurité

3) Les graines dites à photosensibilité négative et dont la germination est retardée ou inhibée par la lumière.

Les graines de Cèdre entrent dans la deuxième catégorie ce qui implique qu'elles germent indifféremment à la lumière et à l'obscurité; elle est donc sans photosensibilité apparente.

En vue de démontrer cette appartenance, (qui n'avait pas encore été étudiée jusqu'à présent) une étude comparative sur la germination, sous trois expositions différentes, a été réalisée :

- a./ lumière continue (éclairage naturel + 1000 lux fournis par une lumière fluorescente : exemple pris chez BONNET-MASIMBERT 1975).
- b./ jours courts de 8 heures (alternés avec obscurité durant 16 heures).
- c./ chambre noire 24h/24 (obscurité totale).

*

Dans les 3 cas, la température a été maintenue à 20° C et l'hygrométrie de l'air à 40 %.

Les graines testées provenaient de la même origine dans chaque lot et avaient été récoltées le 29 décembre 1975 sur le Mont Ventoux à 850 m. d'altitude.

Elles ont été mises en germination début Janvier 1976. L'expérience a duré trois semaines, laps de temps conforme aux règles internationales pour les essais de semences (1976).

Durant plusieurs années, on a constaté que les graines récoltées aussi tardivement accusaient une telle vitesse de germination qu'il suffisait d'un temps réduit pour obtenir ce taux.

* Il s'agit de lots de 100 graines sans répétition

Le tableau n° 12, ci-dessous, donne les renseignements de ces trois modalités de germination.

TABLEAU n° 12 TEST DE PHOTOSENSIBILITÉ DES GRAINES DE CÈDRE AU COURS DE LA GERMINATION (100 graines)

Catégories	TAUX DE GERMINATION %			Longueur des cotylédons en cm
	1 semaine	2 semaines	3 semaines	min. - max.
Lumière continue a.	60	73	75	5 - 6
Jours courts de 8 h. b.	36	62	72	4 - 5
Obscurité totale c.	33	58	65	6 - 7

Il ressort, après comparaison de ces trois modalités, qu'il n'y a pas de différence significative entre les modalités a et b, puisque l'écart n'est que de 3 % après trois semaines.

Par contre la modalité c marque une nette régression de ce taux avec un écart de 10 % entre a et c et 7 % entre b et c.

Toutefois l'amplification de l'écart ne signifie pas pour autant un taux de germination véritablement faible pour la modalité c.

Pour ce qui est de la vitesse de germination, il est indiscutable qu'elle est avantagée par la seule lumière continue, puisque, pour la même durée, 1 semaine, elle offre 60 % déjà de taux de germination alors que dans les deux autres modalités, ces taux ne sont que de 33 à 36 %.

Quant à l'élément végétatif issu de ces trois états de germination, il témoigne, lui aussi, de certaines différences d'aspects ; en effet, les plantules obtenues en obscurité (c) ont des tiges roses, étiolées, filiformes, aux cotylédons vert très pâle donnant une apparence d'anémie (voir photo n° 10).

Dans les conditions de jours-courts, les plantules donnent des tiges plus courtes, plus charnues, de couleur vert foncé, violacé, rougeâtre, aux cotylédons vert très foncé (b).

Sous la lumière continue, les plantules s'inclinent toutes en direction de la source lumineuse, traduisant ainsi un phototropisme très accentuée. Moins touffues que celles poussées aux "jours-courts", leurs tiges sont un peu plus longues avec des cotylédons foncés et ridés (a).

Il découle de ces résultats que la germination de la graine de cèdre n'est apparemment pas liée à l'intensité lumineuse puisqu'en obscurité totale le taux de germination obtenu est important.

Par contre, le phototropisme d'une part, dans la modalité a, et l'aspect anémique d'autre part, dans la modalité c, démontrent la sensibilité de la plantule à la lumière.

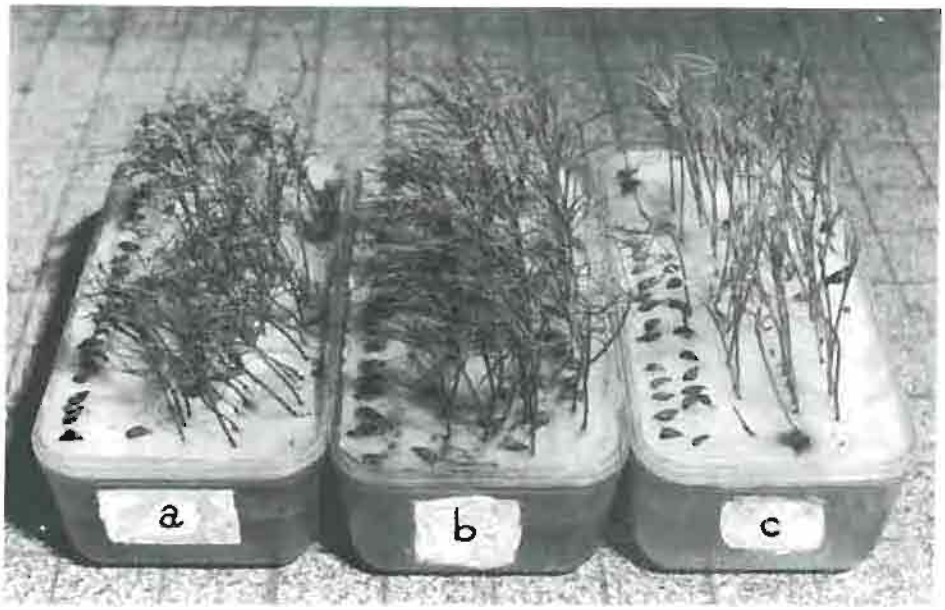


Photo n° 10. — Test de photosensibilité des grains du cèdre au cours de la germination

— a. / lumière continue (éclairage naturel + 1000 lux lumière fluorescente).

— b. / jours courts de 8 heures (alterné avec obscurité durant 16 heures).

— c. / chambre noire 24 h/24 (obscurité totale).

Il est bon de rappeler ici que la photosensibilité est une question de phytochrome (le phytochrome est une chromoprotéine).

Il a été prouvé (P. ROLLIN 1975) par spectrophotométrie in vivo que les semences étaient capables de germer dans l'obscurité parce qu'une importante fraction du phytochrome était présent dans les semences "sèches", cas de la graine de cèdre. Ceci implique pour la graine de cèdre que la non photosensibilité n'est qu'apparente.

Comme argument à cette non photosensibilité apparente, on peut avancer le fait que la maturation des graines dans les cônes se fait après l'ouverture des écailles, en pleine lumière sur l'arbre.

4.2.3.- Hydratation et déshydratation des graines

a) Hydratation

Dans le paragraphe "déroulement de la germination" nous avons indiqué que la première phase de la germination comprend l'imbibition et l'oxygénation des graines. Il nous a semblé très important d'approfondir cet aspect qui détermine, pour une grosse part, la réussite ou la non réussite de la germination.

La graine de Cèdre, de par son tégument membraneux et perméable, présente une extrême facilité d'hydratation et d'oxygénation. Il est à noter que dans la germination il ne faut considérer que l'oxygène dissous et présent au niveau de l'embryon (T. TISSAOUI 1975). Or une graine sèche de Cèdre, en tant qu'organe poreux, renferme des gaz absorbés dont une partie est constituée par de l'oxygène qui sera libéré au moment de l'imbibition (CÔME 1975).

Quant à la déshydratation, elle est beaucoup plus lente que l'hydratation à temps égal.

Bien que l'eau soit transmise par le tégument et l'endosperme, c'est l'embryon qui réagira en premier lieu.

Les graines fraîchement récoltées et celles conservées dans les conditions propices accuseront une augmentation de poids par absorption d'eau lors de la germination.

Cette augmentation atteint 13,2 % durant les trois premières heures d'essai sur coton humide dans une pièce à 20° C. Survient alors un ralentissement toujours accompagné d'une continuité d'absorption progressive jusqu'à la 72e heure, moment de l'apparition de nombreuses radicules (10 à 15 graines/100).

La germination se poursuivra, ainsi que le montre le tableau n° 13 ci-dessous.

TABLEAU n° 13 - ÉVOLUTION DE LA GERMINATION EN FONCTION DU TEMPS D'HYDRATATION DES GRAINES

Durée en Heures	Augmentation de la teneur en eau %	Pour 100 graines	
		Poids (g)	Taux de germination
0	0	6,64	0
3	13,2	7,52	0
72 (3 jours)	28,2	8,51	15
192 (8 jours)	35,5	9,00	40
326 (14jours)	57,4	10,45	62
456 (19jours)	64,2	10,90	70
504 (21jours)	73,9	11,55	75

b) Déshydratation

De nombreuses expériences ont été effectuées sur la déshydratation des 100 graines de Cèdre en les soumettant à une température constante de 25°C et à une hygrométrie de l'air de 45-50 % après hydratation complète jusqu'à stabilisation du poids.

Le tableau n° 14 informe de la déshydratation durant 21 jours.
Il faut préciser que l'expérience a commencé sur un poids constant maximum de 9,28 g obtenu par trempage.

TABLEAU n° 14 DÉSHYDRATATION DES GRAINES

Durée en heures	Poids de 100 graines en g.	Perte de Poids en %
0	9,28	0
3	8,20	11,6
72 (3 jours)	7,90	14,9
192 (8 jours)	7,61	18,0
326 (14jours)	7,20	22,4
456 (19jours)	6,95	25,1
504 (21jours)	6,40	27,8

En consultant attentivement les tableaux "hydratation" et "déshydratation", il ressort que le processus d'hydratation est beaucoup plus rapide avec un taux de 73,9 % que celui de déshydratation avec ses 27,8 % et ce, pour une même durée de 504 heures, soit 21 jours (temps après lequel les 100 graines ont atteint leur poids de stabilisation dans le cas de la déshydratation).

Ce phénomène est extrêmement important. En effet, dans la nature, il est parfois nécessaire que la germination se fasse rapidement en profitant de conditions climatiques favorables mais de courtes durées. Il suffit alors d'une hydratation suffisante pour qu'apparaissent les radicules.

Par contre, pour préserver les qualités germinatives d'une graine durant les mois de conditions défavorables, il est nécessaire que celle-ci garde un certain pourcentage d'eau qui lui sera assuré grâce à une déshydratation lente.

Ceci semble expliquer, à la fois, la grande rapidité de germination en hiver et au début du printemps, ainsi que la bonne résistance des graines à la dessication dans la nature.

4.2.4. - Effet du froid sur les graines

4.2.4.1. - Rapports théoriques

Le froid a deux actions différentes sur les graines :

- levée de la dormance
- conservation des graines.

Le premier point est beaucoup trop complexe pour qu'on puisse prétendre le résoudre ici, et il demanderait une étude exhaustive quant à la physiologie des graines (D. CÔME 1970-75).

Cependant, compte tenu de son incidence pratique, il est nécessaire d'en souligner les grandes lignes et d'apporter les résultats, même restreints, obtenus par nos recherches.

Tout d'abord il serait souhaitable de définir le mot "dormance" qui, au sein de la littérature, garde un sens assez ambigu.
La graine connaît deux formes de vie : la vie ralentie et la vie active.

On peut distinguer deux types de vie ralentie dûs à deux causes différentes :

a) l'une externe (lumière - température - eau etc...), qui entraîne un repos imposé, une inhibition à la germination : dite dormance induite ou dormance secondaire. Ce phénomène est caractérisé par un retour immédiat possible à la vie active dès que les conditions favorables sont réalisées (réhydratation - température élevée).

b) l'autre interne ou dormance endogène, dormance inhérente à la graine.

Les trois parties de la graine peuvent être à l'origine de cette dormance (tégument - endosperme - embryon).
Dans le cas des graines de cèdre récoltées matures et placées dans les conditions favorables précitées, il ressort que la graine s'imbibe, le micropyle s'ouvre alors que la radicule n'apparaît pas. Donc la germination incombe uniquement à l'embryon : il s'agit d'une dormance embryonnaire dite dormance primaire.

4.2.4.2.- Expérimentation

Après avoir observé sur le terrain que la germination des graines de Cèdre n'avait lieu qu'à la suite de nuits ou de journées froides durant plusieurs semaines, il était nécessaire de reconstituer les mêmes conditions in vitro, afin de démontrer que le facteur froid suffisait à lever la dormance.
De très nombreux lots de graines de Cèdre ont été mis en germination à 20°C après divers traitements (trempage et basse température). Ces graines avaient été récoltées matures courant octobre et placées dans les conditions favorables (eau - température). Elles n'ont donné qu'un résultat extrêmement faible de germination, de l'ordre de 5 %. Elles étaient dormantes.

Les tentatives, échecs et succès de germination, sont consignés dans le tableau ci-après.

Photo n° 3

VUES POLAIRES



VUES PROFILS



C. ATLANTICA | C. LIBANI | C. DEODARA

Echelle 50 µ

Prises de vues au miscroscope photonique.
Laboratoire de palynologie de Montpellier.

TABLEAU n° 15 - ESSAIS DE GERMINATION SUR GRAINES DORMANTES ET NON DORMANTES

Date de récolte	Modalité de traitement	Température de germination	Taux de germination %	Durée de germination (jours)
Début Oct. 1976	sans	20°C	3	45
id.	sans	20°C	11	45
id.	trempage(1): 30j.(2) 4°C : 0j.	20°C	20	45
id.	trempage:10j. 4°C : 6j.	20°C	50	45
id.	trempage:6j. 4°C : 10j.	20°C	65	45
id.	trempage :6j. 4°C : 30j.	20°C	87	45
id.	trempage: 6j. 4°C : 45j.	20°C	94	21
id.	trempage:10j. 4°C : 60 j.	20°C	94	10

Il ressort de ce tableau que les graines dormantes récoltées début octobre, peuvent donner, après levée de la dormance, de bons résultats de germination. Il suffit de les mettre 4 à 6 semaines au froid, après trempage.

4.2.5.- Rôle des différentes parties de la graine dans la germination.

- avec endosperme + embryon
- avec embryon nu.

Lorsqu'un problème scientifique devient trop ardu on essaie de le simplifier en décomposant l'ensemble afin d'en analyser séparément les éléments et leur fonctionnement.

C'est ainsi que l'on a cherché à savoir si la germination était possible en dépouillant la graine de son tégument d'une part, en ne laissant agir que l'embryon seul d'autre part (conseils de MM. CHAMPAGNAT et CÔME).

(1) Trempage des cônes - (2) jours

Cette opération semblait intéressante à effectuer étant donné que dans le cas des graines de différentes espèces, l'endosperme peut jouer le rôle d'inhibiteur.

L'expérience porte sur 300 graines : 100 furent laissées intactes.
Sur les 100 suivantes on a éliminé l'enveloppe séminale tandis que sur les 100 dernières seuls les embryons furent conservés. Ces deux opérations sont délicates à effectuer sans blessure du matériel. La germination de ces 3 lots fut réalisée en germoirs à 20°C sur coton humide, sous lumière du "jour-court".

Voici quels furent les résultats après vingt et un jours :

- dans le cas "embryon + endosperme", la radicule apparut sans contrainte et sa croissance se poursuivit normalement ainsi que le montre la photo n° 11.

- dans le cas de l'embryon seul, qui, au départ portait nettement la distinction radicule, tigelle, cotylédons, tout s'accroît en même temps, se développe peu; la tigelle s'allonge davantage les feuilles cotylédonnaires s'écartent avec peu de développement (photo n° 12). Du fait d'infections, il n'a pas été possible de poursuivre les observations après la troisième semaine.

Ces essais mettent en évidence que la graine de cèdre germe identiquement, avec ou sans tégument. Le tégument n'est donc pas un inhibiteur à la germination, pas plus que l'endosperme puisque l'embryon nu germe aussi.
La dormance est donc d'origine embryonnaire; elle est à la fois liée à la maturité et à la basse température.

4.2.6.- Tests de germination

Tout au début de l'étude sur le Cèdre, vers les années 1970-72, faute de méthode à la fois simple et rapide mais pourtant suffisamment précise en Avignon, nous fûmes obligés d'envoyer nos graines en vue de tester leur faculté germinative au laboratoire des Semences de la Station d'Amélioration de Nancy (Madame MULLER).

Ce laboratoire a aimablement effectué les tests sur les très nombreux lots de graines envoyés.

Malgré les énormes services que ce travail nous a rendus, nous rencontrions inévitablement l'inconvénient de la perte de temps occasionnée par les nombreuses manipulations à partir de la récolte jusqu'à la mise en germination (préparation pour envoi, expédition, inclusions dans le programme de NANCY), cet inconvénient était important et grave, compte tenu de la fragilité des graines.

C'est pourquoi il fut jugé indispensable d'effectuer les tests de la germination dans notre laboratoire. De cette façon cet handicap "perte de temps" était éliminé puisque souvent, le même jour, récolte et mise en germination étaient pratiquées.

Cette procédure a apporté d'autres avantages, notamment celui de pouvoir mieux cerner les différents facteurs intervenant au cours de la germination, et d'observer rigoureusement le déroulement de cette germination (imbibition de graines - apparition des radicules - vitesse de germination). On a conçu un matériel à nos mesures, simple et rationnel basé sur une technique appropriée.

Il faut enfin ajouter que le laboratoire du groupe d'études et de contrôles des variétés et des semences à VERSAILLES, qui fut toujours intéressé par les

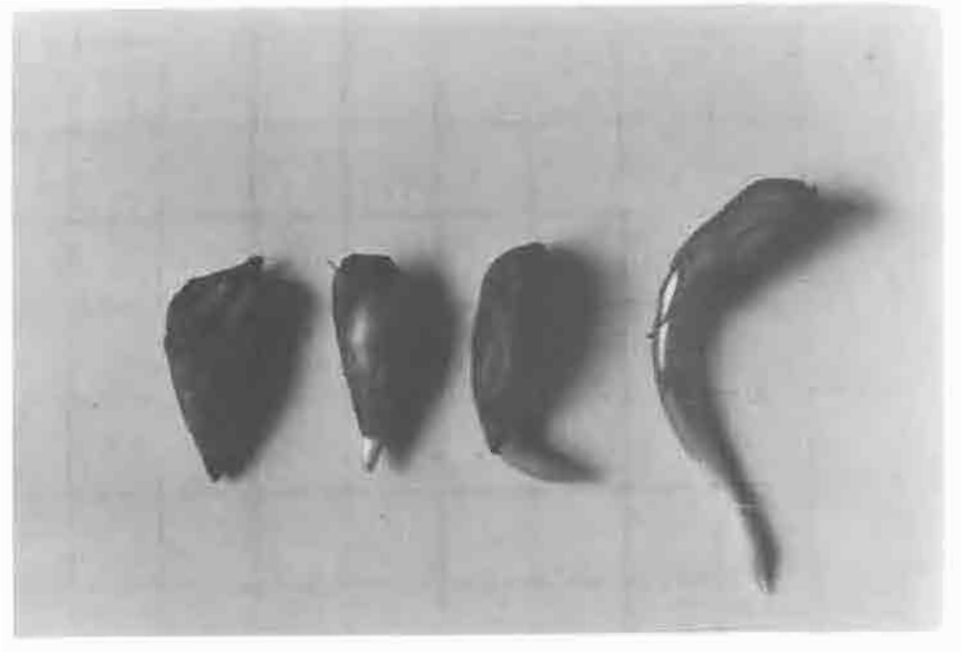


Photo n° 11. — Germination de graines dépourvues de tégument.
Apparition et croissance de radicules normales.

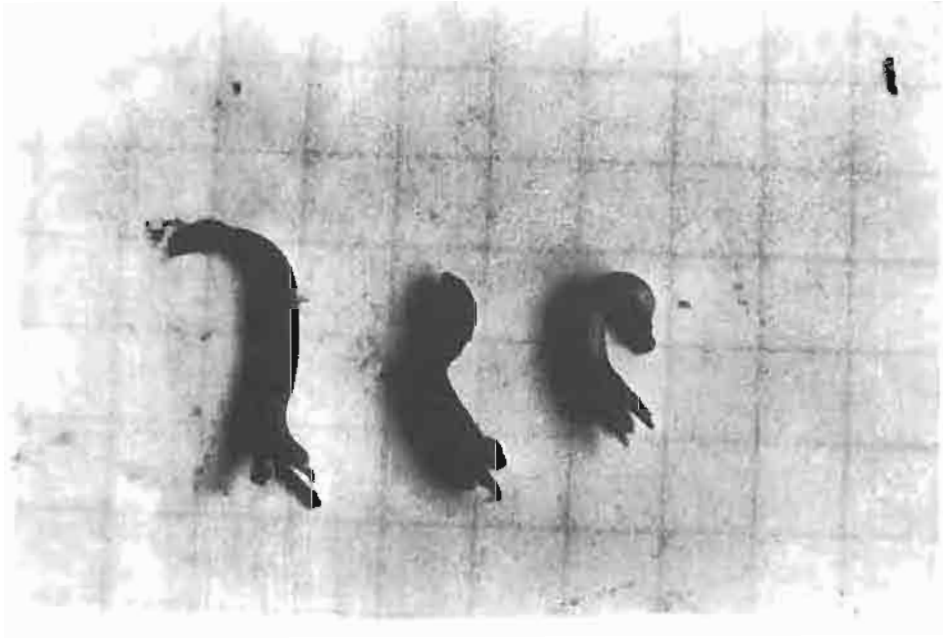


Photo n° 12. — Germination de l'embryon nu.
Croissance anormale, radicule, tigelle et cotylèdons
se développent en même temps.

graines d'exotiques, a effectué différents tests de contrôle sur l'important lot de 5000 graines (1976-1977) et confirmé ainsi nos résultats.

4.2.6.1.- Méthode employée (nouveau germoir)

L'objectif principal visait non seulement à connaître les différents paramètres liés à la germination, mais aussi à suivre cette germination jusqu'à l'état de plantule, grâce à un système fonctionnel ne demandant pas d'interventions fréquentes. Il s'agissait d'alimenter constamment et régulièrement un germoir sans avoir à craindre le dessèchement ou l'excès d'eau.

La boîte de Pétri, très connue pour les tests de germination, présente l'inconvénient d'offrir une grande variation quant à l'humidité puisqu'elle possède une faible capacité de rétention d'eau.

Notre système est basé sur deux principes essentiels : *

- avoir une réserve d'eau importante, suffisante pour plusieurs semaines, qui alimente constamment et régulièrement la couche porteuse des graines à germer.

- assurer une remontée d'eau par absorption des mèches de coton qui relient la couche porteuse à la réserve d'eau.

Cette couche porteuse peut être du coton ou du papier buvard. Il faut préciser que les mèches de buvard sont à déconseiller puisqu'elles finissent par se désagréger après un séjour prolongé dans la réserve d'eau.

D'où ce matériel :(fig. n°9 p. 68).

1) une boîte en plastique transparent, rigide, d'une hauteur de 6 cm avec une contenance de 1,5 l assurant une alimentation continue durant 4 à 6 semaines. Cette capacité est largement suffisante puisque le test ne dépasse que très rarement ce délai. De toute façon, une addition ou un changement d'eau est vivement conseillé en cours de test. Cette boîte est directement placée en laboratoire, sur une paillasse. Le coton, couche porteuse des graines, repose sur un plateau rigide avec rebords ; l'alimentation continue en eau de la couche porteuse est assurée par deux mèches de coton qui la relient au réservoir d'eau en passant par deux larges orifices du plateau rigide.

4.2.6.2.- Déroulement du test de la germination

Pour effectuer ces tests de germination il était impératif d'y soumettre des graines issues de différents arbres échantillons choisis en raison d'un critère bien défini : situation géographique, étalement des récoltes dans le temps.

Ces tests concernaient soient les graines récoltées fraîchement, soient celles conservées durant un temps donné. Pour ces dernières, les tests seront exposés dans un paragraphe propre à la conservation.

Il s'agit d'expérimenter des lots de cent graines avec une répétition multiple de deux ou de trois par modalité, afin d'obtenir des résultats statistiquement interprétables d'après la moyenne de leurs données finales.

* communication personnelle de BONNET-MASIMBERT qui a observé une similitude entre cette méthode et celle de JACOBSEN (F. MARSCHALL 1969) dont elle dériverait.

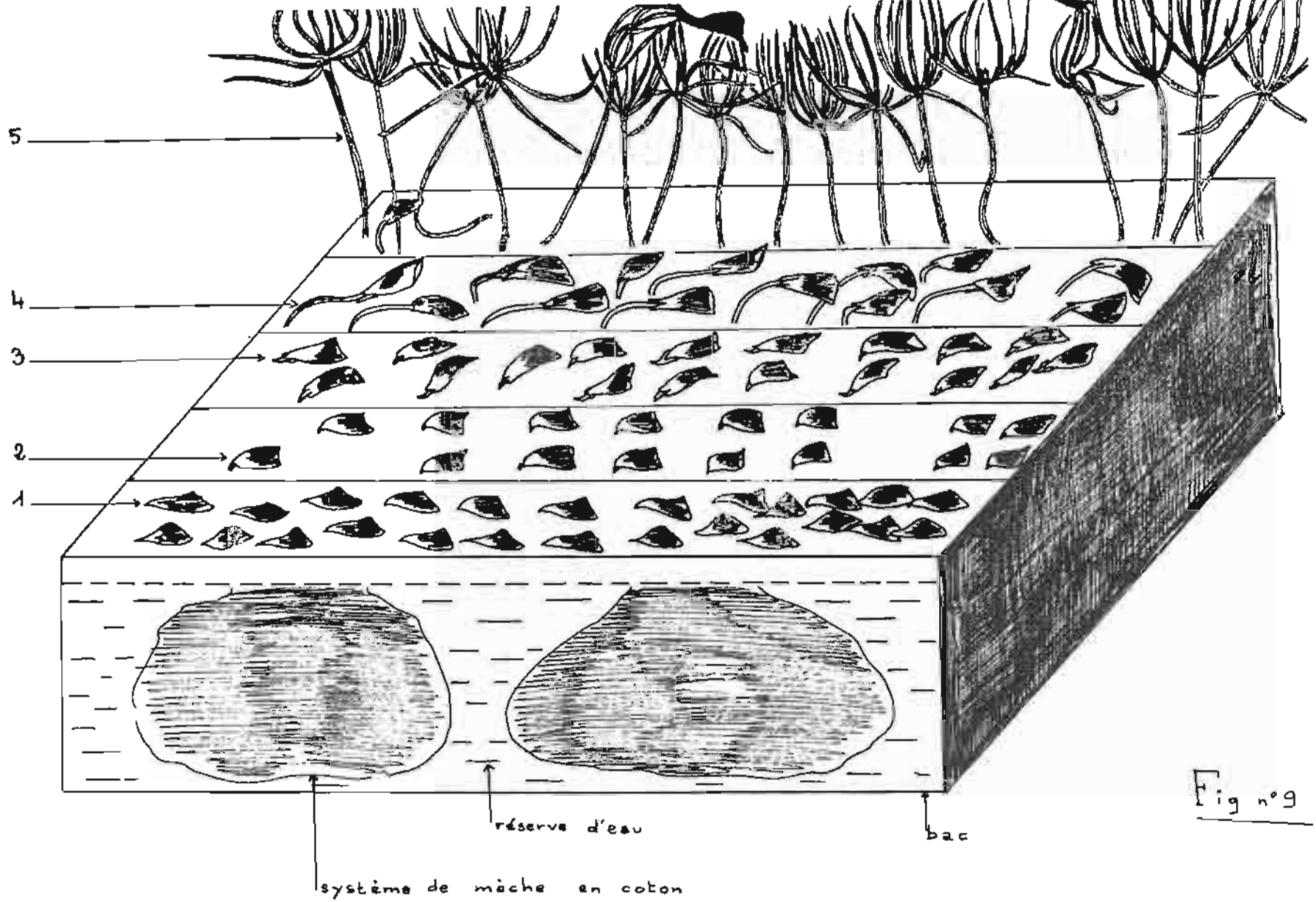


Fig n°9

LÉGENDE

1 Graines imbibées
2 Graines au micropyle ouvert
3 Graines à radicules courtes
4 Graines à radicules longues
5 Plantules avec cotylédons

SYSTÈME DE GERMINATION EN LABORATOIRE AVEC ALIMENTATION D'EAU CONTINUE

Chaque lot testé était constitué de graines issues de plusieurs cônes provenant d'un même arbre ou, dans les mêmes proportions, de plusieurs arbres d'un même peuplement. C'est donc un lot "homogène" dans une certaine hétérogénéité.

Constituer ainsi les lots de graines mélangées tendait à éliminer l'effet de l'échantillon isolé (cône) soumis à de très nombreux facteurs incontrôlables. Lorsque la germination accusait une vitesse élevée il était inutile de laisser le lot sur germoir plus de trois semaines ; il avait alors donné le maximum d'informations. Les lots témoignant d'un étalement plus lent de la germination devaient bénéficier d'observations plus longues ; pour cela ils restaient sur germoir bien au delà de trois semaines.

Toutefois, après une durée de soixante à quatre vingt dix jours, l'expérience, faussée par l'apparition de taches de moisissure ou de fonte soit sur l'ensemble du lot, soit sur quelques graines, s'arrêtait d'elle-même.

4.2.7 - Vitesse de germination

La vitesse de germination est le temps que les semences mettent pour germer.

Dans cette étude la vitesse de germination sera exprimée par le pourcentage de semences germées ou taux de germination au bout d'un certain temps après l'ensemencement.

Il a paru intéressant de chercher à savoir si la vitesse de germination pouvait être influencée par la date de récolte des cônes. Pour ce faire, les années 1974-75 ont été favorables puisqu'elles ont accusé une désarticulation échelonnée sur six mois à partir du mois de novembre 1974. En effet, les conditions météorologiques de cette période ont présenté une très grande divergence quant aux facteurs nécessaires à la désarticulation des cônes d'une part, et à la levée de la dormance des graines d'autre part.

Si les précipitations furent importantes quantitativement, elles ne furent suivies que trop tard par des basses températures précédées, quant à elles, par des jours de mistral désséchant.

La coordination imbibition-gel-dégel n'eut lieu que rarement, à des moments espacés et de courte durée.

C'est pour cette raison qu'une récolte étalée d'octobre 1974 à mars 1975 a pu être faite. Ceci a permis d'effectuer des tests mensuels qui ont porté sur des graines toujours récoltées dans le secteur 84-07 sur le Mont-Ventoux. 850 m. d'alt.

Les résultats sont consignés dans le tableau n° 16.

TABLEAU n° 16

TAUX ET VITESSE DE GERMINATION EN FONCTION DES DATES DE RÉCOLTE

ANNÉE 1974 - 75

LIEU DE RÉCOLTE : MONT VENTOUX - SECTEUR B4 - 07

Dates de		Taux de germination %	Vitesse de germination en jours	Conditions météorogoliques précédant la récolte				
récolte	mise en germination			mois	Total des précipitations mm	Température °C		
						maxima	minima	moyenne
2.10.74	3.10.74	25	30	Sept	267	17,5	9,1	13,4
5.11.74	6.11.74	45	45	Oct	51	8,9	1,0	4,9
19.12.74	20.12.74	91 *	10	Nov	92	8,6	2,2	5,4
4.01.75	4.01.75	93 *	6	Déc	21	7,1	0,4	3,8
3.02.75	4.02.75	90 *	8	Janv	48	7,7	1,9	4,8
5.03.75	5.03.75	85 *	10	Fév	119	8,0	0,3	3,8

D'après ce tableau, on constate que la vitesse et le taux de germination se différencient nettement en faveur des récoltes de décembre à mars, et au détriment de celle d'octobre-novembre.

Pour les graines récoltées en octobre-novembre et n'ayant donc pas subi l'action du froid sur le terrain, le résultat apparaît médiocre.

Pourtant si on les met tout de suite après la récolte à 4°C, sans milieu de stratification, pour une durée variant de un à trois mois, on constatera, lors des tests de germination, une considérable augmentation du taux qui atteindra alors les 85 %.

En milieu de stratification, les graines de mêmes dates de récolte peuvent atteindre 93 %. Dans les deux cas cités, il ressort un point très net, à savoir qu'il y a réussite élevée et rapidité de germination sur les graines ayant subi un refroidissement naturel ou artificiel (photo n° 13).

Il est indiscutable, comme l'ont prouvé les résultats du tableau et ceux précités, qu'il y a une transformation au niveau de l'embryon causée par la basse température sur les graines viables.

* Taux de germination élevés.

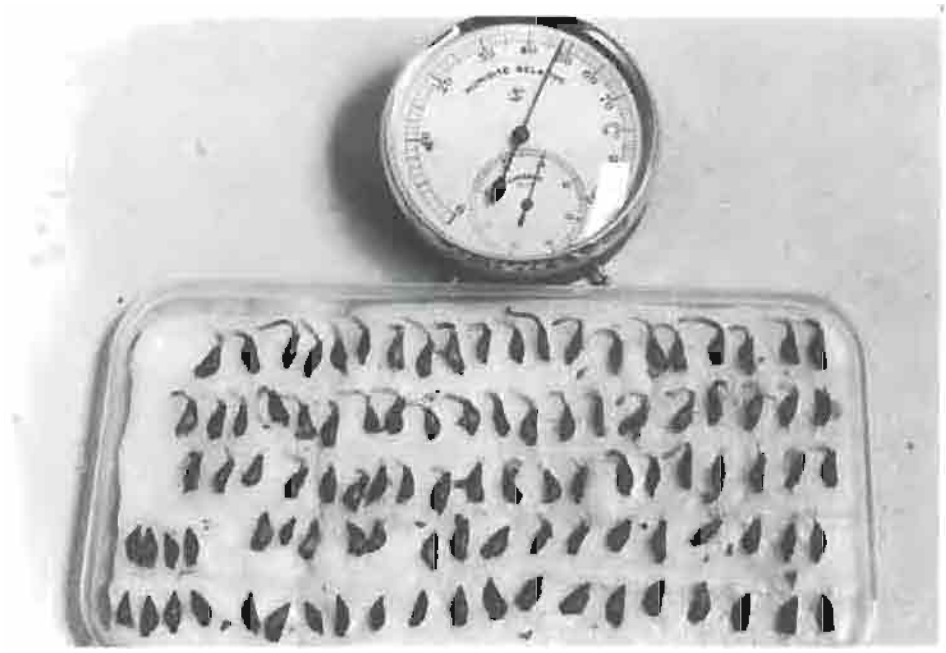


Photo n° 13. — Lot de 100 graines accusant une vitesse de germination très élevée : 68 % en 2 jours.
Graines issues de cônes récoltés en janvier 1975 sur le Mont-Ventoux.

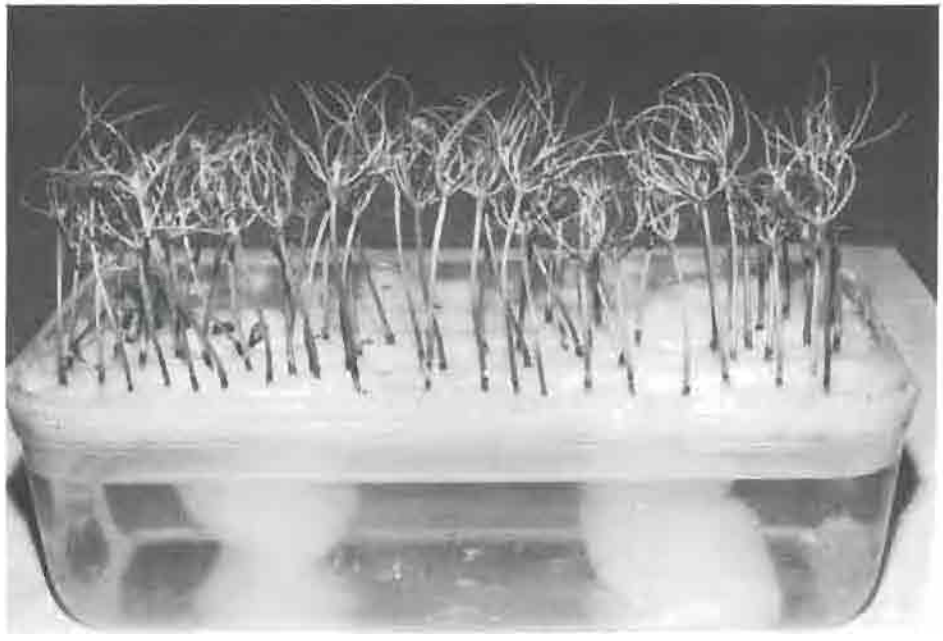


Photo n° 14. — Graines germées ayant toutes atteint la taille maximum possible à acquérir sur le coton humide d'un germoir.
Lot très homogène.

4.2.8 - La germination à différentes températures :

Des essais de germination "in vitro" se font, en général, à la température de 20°C, température qui favorise la vitesse de germination.

Etant donné que cette étude a eu comme objectif principal la régénération naturelle "in situ", il a fallu connaître le déroulement de la germination à différences températures aussi bien peu élevées (4 à 10° C) que plus élevées (15 à 20 °C) afin d'établir une comparaison.

Dans ce but, des lots de cent graines ont été mis sur germoir, dans des chambres climatisées à 4°, 10°, 15°, 20°C. Ces graines originaires de Mont-Ventoux furent récoltées courant janvier 1975*, dans le secteur de la placette 84-07.

Ces lots ont donc été mis en germination aux températures indiquées et dans une obscurité complète. Il a d'ailleurs été précisé plus haut que la lumière n'influence pas d'une façon importante la faculté germinative.

Les résultats de cet essai sont consignés dans le tableau ci-dessous

TABLEAU n° 17 - TESTS DE GERMINATION EN CHAMBRES CLIMATISEES

Durée de germination en jours	Taux de germination en % à différentes températures			
	4°C	10°C	15°C	20°C
6	0	37	56	34
15	74	86	79	71
40	84	85	86	80
Signification	n. sign. (5%)			

Comme on le constate d'après le tableau, les meilleurs résultats sont obtenus avec les températures de 10 et 15°C. Viennent ensuite 4° et 20°C.

Il n'y a pas une différence significative du taux de germination entre ces quatre modalités de températures quant au résultat final. C'est la vitesse de germination qui apparaît très sensible aux différences de températures. En effet, au bout de six jours à 4°C il n'y a encore aucune graine germée alors que les autres températures accusent déjà un fort pourcentage de germination (34 à 56 %). Il faut attendre quinze jours pour qu'il y ait une certaine homogénéité des résultats. La fig. n° 10 schématise bien l'ensemble vitesse et taux de germination pour les quatre modalités de températures.

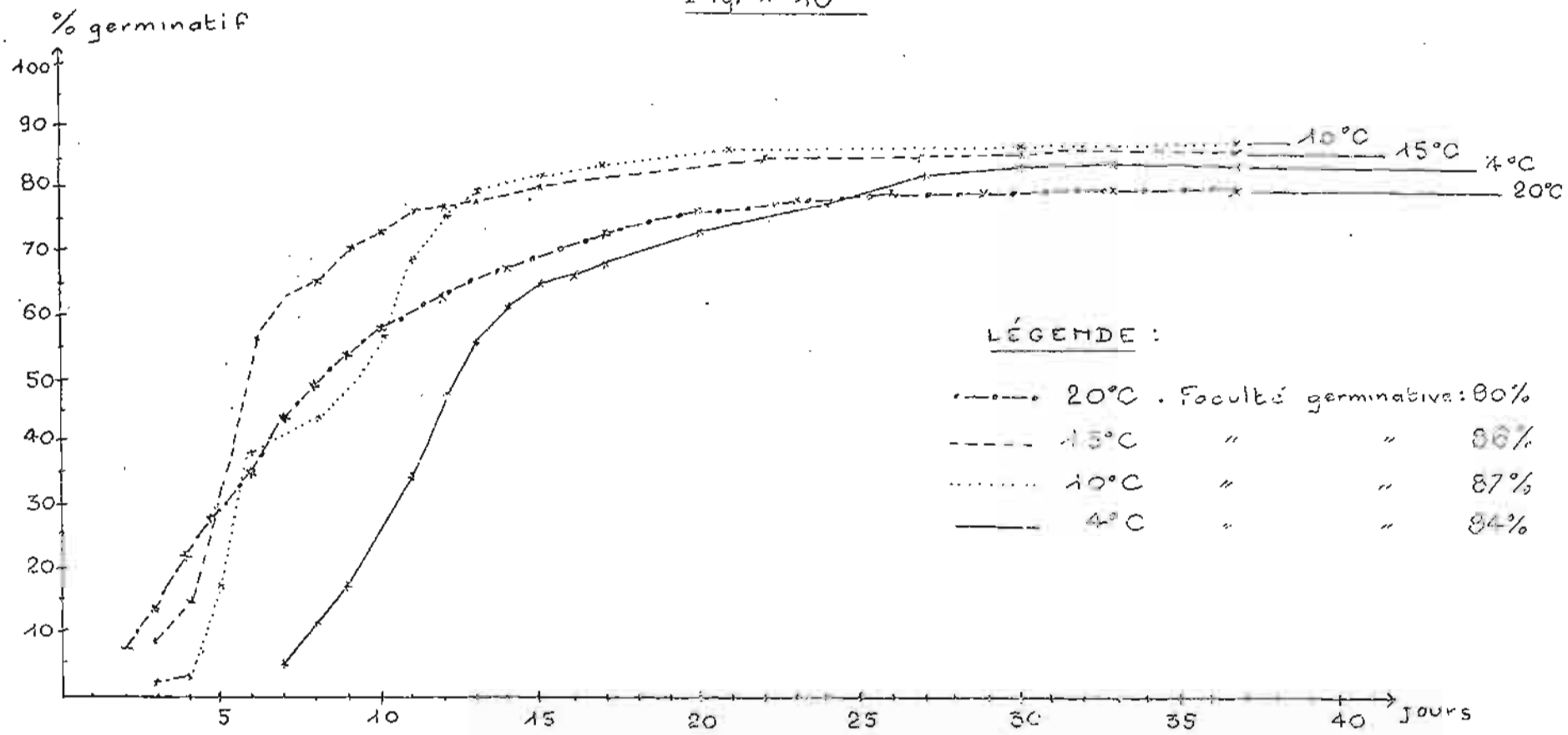
En conclusion à cette expérience, on peut donc dire que la graine de cèdre germe et se développe lentement à température peu élevée si l'humidité persiste. Une rupture d'imbitition de la graine entraîne une cessation de croissance chez la radicule.

Il faut préciser que la température la plus basse pour une germination est de 4°C. A 2°C et en dessous il n'y a plus de germination ; elle semble être

* Ces graines ayant satisfait leur besoin de froid.

GERMINATION EFFECTUÉE EN CHAMBRES CLIMATISÉES AUX TEMPÉRATURES DE 4°, 10°, 15°, 20° C

Fig. n° 10



inhibée par le froid (R. DAVID 1962, A. ZAKI 1970).

Ces constations confirment bien que la germination des graines et l'installation des plantules peut se faire en période d'hiver, en milieu naturel, quand la température est de 4°C ou au dessus.

Cependant la vitesse de germination et le développement des plantules sera très lent.

4.2.9.- L'uniformité de la germination

Il est intéressant de constater que les graines saines, physiquement homogènes, possédant un poids élevé, qui ont acquis leur maturité physiologique et ont bénéficié de l'influence de la basse température, présentent une vitesse de germination et un taux de germination élevés.

Ces graines, sur une simple couche de coton humide du germoir, alimentées seulement par l'eau

- s'imbibent aisément et rapidement
- les radicules se développent
- leurs tigelles s'élèvent
- leurs cotylédons se déploient

Trois à quatre semaines suffisent pour parvenir à l'état de plantule parfaitement formée ainsi que nous le montre la photo n° 14 p. 71.

Naturellement avant que tout le germoir soit couvert de plantules, on aura observé une sorte d'étalement dans la germination comme dans la croissance entre les graines qui ont germé lentement et celles qui ont germé plus rapidement.

Cependant, étant donné qu'il y a sur germoir une limite de développement coïncidant avec l'arrêt de croissance après l'étalement des cotylédons, on atteint un stade de totale homogénéité puisque les plantules retardataires rattrapent les plus précoces, arrêtées dans leur croissance.

Ceci s'explique par le fait que jusqu'à présent la plantule s'est uniquement alimentée avec les réserves cotylédonnaires qui s'épuisent, et les sels minéraux dissous dans l'eau. Pour le développement des feuilles définitives et la croissance de sa tige, la plantule demande un nouvel apport nutritif plus riche que ce que l'alimentation en eau du germoir peut lui donner. C'est pourquoi on observe alors un arrêt de la croissance des plantules.

4.2.10.- Germination et poids des graines

Dans l'étude effectuée au niveau de chaque arbre on a trouvé une relation très étroite entre les expositions des branches, leur niveau en hauteur et le poids de 1000 graines (J. TOTH 1973 a).

Ce phénomène, très intéressant, a incité à approfondir les choses et à essayer de corréler les facultés germinatives avec les poids de 1000 graines.

On a donc testé la faculté germinative de chaque lot représentant une orientation géographique définie : N, E, S, W et un niveau de hauteur déterminé dans chaque direction : partie basse du houppier, partie médiane et partie supérieure.

Le résultat des essais confirma la liaison étroite entre le poids des graines et la faculté germinative et ce, pour chaque lot de graines représentant un paramètre des orientations et des niveaux donnés (fig. n° 12).

La fig. n° 12 montre très nettement que le poids de 1000 graines et la faculté germinative donnent toujours, quelle que soit l'orientation, des valeurs plus élevées pour la partie basse de la cîme; ces valeurs diminuent quelque peu pour la partie médiane ; elles sont beaucoup plus faibles pour la partie haute.

D'où vient cette similitude de résultats? au moment de la pollinisation les inflorescences femelles, lors des pluies, bénéficient du lessivage du pollen déposé sur les branches supérieures (ce fait a été traité au paragraphe 3.4 p. 45).

Cette hypothèse est renforcée par le graphique lui-même qui témoigne qu'au Nord, si peu fructifère (manque total de cônes sur les niveaux médian et supérieur) le poids et la faculté germinative des graines du niveau bas ont des valeurs assez élevées.

Quand les études furent étendues au niveau du peuplement et les observations à plusieurs peuplements, on a essayé de chercher si la relation établie au niveau de chaque arbre persistait. Pour ce faire, durant trois années on a testé de très nombreux lots de différentes provenances, mais surtout du Mont-Ventoux et du Lubéron, et, sur chacun d'eux, on a déterminé le poids de 1000 graines et leur faculté germinative. Comme on l'escomptait, l'ensemble des relations obtenues poids-germination était très cohérent et pouvait être représenté par une équation linéaire dont voici l'énoncé : $y\ \% = -10{,}478 + 1{,}183\ x$

où y = faculté germinative et x = poids de 1000 graines (g)

L'application de l'équation, dans ses limites de validité, donne :

x = 30	y =	25,012	(limite inférieure)
x = 50	y =	48,672	(valeur moyenne, la plus fréquente)
x = 80	y =	84,162	(cas exceptionnel)

Naturellement, ce résultat concerne les graines obtenues dans les cônes récoltés alors qu'ils avaient acquis leur post-maturité ; ceci impliquait donc que les graines possédaient leur maturité physiologique. Cette relation n'est pas applicable sur les graines conservées dans différentes conditions et durant des temps variables.

4.2.11.- Activation de la germination des graines de Cèdre

Dans le paragraphe 4.2.1. "déroulement de la germination", il a été mentionné qu'il était possible d'interrompre la germination au moment où l'embryon pointe hors du micropyle et avant qu'il ne commence sa croissance radiculaire. Ce principe déjà utilisé pour d'autres espèces, notamment pour le Pin maritime (R. DAVID 1961), a donné d'excellents résultats.

En effet, les graines stoppées dans leur germination ne sont pas perdues pour autant et elles pourront reprendre la croissance de leur radicule là où elle en était restée. L'interruption peut se faire soit par ressuyage des graines imbibées, soit par conditionnement des graines à + 2°C ou en dessous.

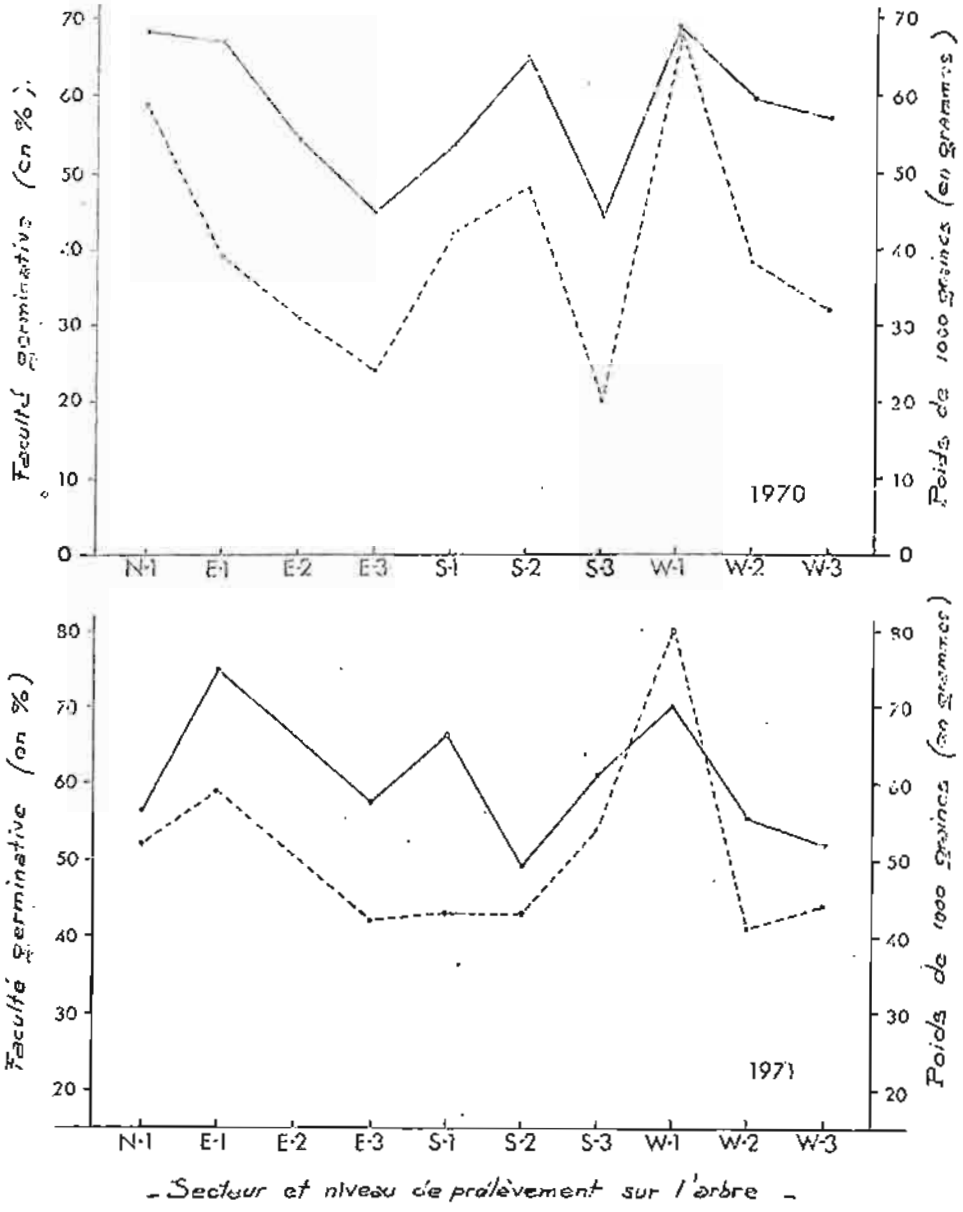


Fig n°12 : RELATION EXISTANT ENTRE LE POIDS DES GRAINES DE CÈDRE ET LEUR FACULTÉ GERMINATIVE.

C'est grâce à la simulation de la désarticulation des cônes que cette méthode fut mise au point. En effet, lors de l'expérience, il a été possible de recueillir une quantité importante de graines offertes par les cônes désarticulés après l'action imbibition - gel - dégel.

Certaines de ces graines ayant subi une imbibition complète d'une huitaine de jours, montraient déjà une pointe de radicule. Le test de germination effectué à ce stade donna un taux et une vitesse de 82 % en 19 jours.

Elles furent alors placées en chambre froide de 2° à 4°C (une température stable n'était pas possible à réaliser avec le système de réglage de la chambre utilisée) où elles restèrent pendant quatre mois. En les sortant de la chambre froide, elles sont laissées pendant six jours, dans une pièce aérée (hygrométrie de 45 à 50 %) pour abaisser leur taux d'humidité. Après quoi elles sont remises en chambre à 4°C de température, dans des boîtes de plastique rigide, closes mais non hermétiquement fermées.

Onze à treize mois plus tard environ (graines récoltées dans l'hiver 76 et mises en germination dans l'hiver 77), des tests de germination furent effectués sur des lots de cent graines extraits de la chambre.

Ces graines, déshydratées, offraient un aspect sain.

La germination a eu lieu à 20° C. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau ci-dessous.

TABLEAU n° 18 - TESTS DE GERMINATION EFFECTUÉS SUR LES GRAINES AYANT SUBI UNE ACTIVATION

DATES		TAUX DE GERMINATION CUMULÉ (100 graines)																
		Jours																
écolte	Mise en Germination	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
0.1.76	17.12.76	25	70	75	77	78	78	76	79	79	80	80	80	80	81	82	83	84
0.1.76	15. 1.77	23	69	75	76	77	78	79	79	79	79	80	80	81	81	81	83	83
0.1.76	16. 2.77	23	67	70	72	75	77	78	78	79	79	79	80	80	81	81	82	33

Il apparaît que ces graines conservées à 4° C après déshydratation préalable, donnent une vitesse et un taux de germination très élevés même après un an de conservation. Les trois tests effectués accusent une bonne homogénéité. Le taux dépasse déjà les 70 % après le 3e jour.

Quant au résultat final, il prouve que 17 jours suffisent pour atteindre les 83 % alors qu'initialement le taux était de 82 % pour une vitesse de 19 jours.

Par conséquent il y a une activation réelle de ces graines.

Dans cette expérience l'interruption de la germination était due à l'arrêt de l'imbibition des graines et à leur ressuyage.

La toute dernière et récente expérience prouve qu'on peut stopper la germination par une température de -2 à -5°C sans nuire au pouvoir de croissance des radicules.

Les graines récoltées courant novembre 1977 (faculté germinative initiale : 41 %) et imbibées durant huit jours ont fait apparaître leur radicule dans 25 % des cas.

Leur germination stopée par un traitement à -2°C, dans un frigidaire, pendant un mois, reprit son développement après avoir retrouvé des conditions favorables (humidité, température à 20 °) ; les graines ont donné alors une faculté germinative de 88 % après 15 jours de germination.

4.3 - Repiquage des graines germées et prélevées sur germoir

Il fut tentant d'utiliser des graines germées, prélevées sur germoir et de les repiquer dans différents milieux afin de connaître leurs réactions à la transplantation.

L'application d'une telle méthode a déjà fait l'objet de publications (R.PUTOD 1948).

Nos essais ont été effectués à une échelle réduite et nous donnons les résultats à titre d'information :

1°) Les graines ont été réparties en trois lots de trente ; elles ont été introduites dans des mottes de tourbe de différentes dimensions allant de 5 à 10 cm. Le repiquage s'est fait au laboratoire, le 22 avril 75, et les mottes furent mises en place sur le Mont-Ventoux, dans un terrain soussolé à 900 m d'altitude, huit jours après le repiquage. Après trois années de contrôles, il apparaît que la reprise moyenne s'est stabilisée à 80 %, variant de 60 à 90 % suivant les dimensions des mottes.

2°) Les graines ont été réparties en deux lots de cent ; elles ont été repiquées en pleine terre le 19 mars 75 :

a- 1 lot dans un sol calcaire (pépinière de la Recherche Forestière à AVIGNON

b- 1 lot dans un sol cristallin (pépinière de l'O.N.F. MARCILLY)

Après les trois années de contrôles, il ressort que la reprise s'est stabilisée à 71 % sur les deux types de sol.

Le tableau n° 19 donne les résultats des essais.

TABLEAU n° 19 - REPIQUAGE DES GRAINES GERMEES.
(chiffres ramenés à 100 graines)

Dates des contrôles de reprise.	Mottes Mont-Ventoux	Pépinières	
		AVIGNON	MARCILLY
Printemps 75	90	82	87
Automne 75	80	69	73
Automne 76	80	69	73
Automne 77	80	69	73

Le but ne visait pas à comparer ces deux modalités puisqu'il s'agissait de repiquage dans deux milieux différents, mais tout simplement d'apporter des éléments intéressants sur les possibilités de repiquage de graines germées, prélevées sur germoir. L'expérience montre que le repiquage des graines germées présente un certain intérêt pratique.

4.4.- Conservation des graines

La graine de cèdre et sa conservation n'ont malheureusement pas été l'objet d'études et de publications nombreuses.

Le peu que l'on trouve remonte à des dates assez anciennes (A. CHAUDEY 1923, E. MARTIN 1934, De MONCHY 1938) avec des renseignements d'ordre général donc peu précis.

Les quelques documents plus récents (C.E. HEIT 1968, A. ZAKI 1970, B.S.P. WANG 1974) traitent le problème plus en profondeur apportant des renseignements beaucoup plus riches.

En règle générale, conserver les graines consiste à les maintenir en vie ralentie, chez les résineux comme chez de nombreuses plantes de grande culture ; cette vie ralentie est en relation avec les deux faits suivants :

1°) leur déshydratation qui entraîne une faible intensité des phénomènes métaboliques ; il est essentiel pour ce faire que la teneur en eau des graines soit basse, environ 8 à 10 %.

2°) la faible perméabilité des téguments aux gaz qui limite les échanges respiratoires.

Dans le cas des graines du Cèdre, assurer leur déshydratation permettra une bonne conservation dans les conditions propices de température. Toutefois cette déshydratation doit être progressive et ne pas abaisser la teneur en eau au dessous de 5 %.

En effet en dessous de cette teneur en eau, les macromolécules sont dégradées.

Il s'agit de ne pas diminuer la quantité d'eau liée à l'embryon mais de régresser seulement la teneur en eau de l'endosperme.

Quant au deuxième point, les graines de Cèdre possèdent une enveloppe séminale (ou tégument) extrêmement perméable à l'eau et au gaz ce qui implique une mauvaise conservation ou une conservation difficile d'autant que les réserves d'huile de ces graines se détériorent.

Pour diminuer cette perméabilité si grande chez la graine du Cèdre, il est nécessaire de respecter strictement le premier point précité. En effet un tégument humide entraîne une plus grande pénétration des gaz véhiculés lors de l'infiltration de l'eau qui se comporterait alors comme un solvant pour les gaz ; d'ailleurs le gaz carbonique, relativement plus soluble, est celui qui passe le plus facilement.

Aussi est-il nécessaire de conserver les graines à l'abri de l'air, protégées de toute humidité, à basse température; ces conditions contribuent au ralentissement du métabolisme, stimulant la faculté germinative de l'embryon une fois dépassé le stade de la conservation.

Il n'est pas besoin de préciser que l'objectif principal de la conservation est d'emmagasiner le plus possible de graines lors des années de forte production en prévision des années déficitaires ; ceci assurerait d'une part un stock régulier pour les besoins sans avoir recours à l'étranger, et d'autre part une continuité de la production des plants.

4.4.1.- Conservation traditionnelle

Avant de traiter différentes méthodes de conservation, il est bon d'exposer la méthode de conservation traditionnelle.

Cette méthode consiste à conserver les graines dans leurs cônes, à l'air libre, avec une température adéquate à la saison ; cela a lieu soit dans des pièces bien aérées, soit dans des pièces à aération réduite (DEMOYEN 1864, A. CHAUDEY 1923, E. MARTIN 1934). Ce type de conservation donne des résultats médiocres.

Les pépiniéristes, du reste conscients de la faible valeur des graines qu'ils obtiennent et utilisent, et voulant minimiser les risques, s'emploient à semer quatre à cinq graines par godet pour un plant levé.

Ils se contentent donc d'un succès de 20 à 25 % seulement.

Un test de faculté germinative a été effectué sur des graines récoltées mûres et conservées traditionnellement durant un an. Il s'agit de lots originaires du Vaucluse (Mont Ventoux, Gordes, Lubéron) récoltés en novembre 1974, conservés à l'état de cônes jusqu'en janvier 1976 au Pavillon Rolland dans la cédraie même, au Mont-Ventoux.

Il faut préciser que ce pavillon historique a l'avantage de posséder une pièce légèrement encavée qui diminue la variation de température ; par contre, il offre une humidité beaucoup trop forte.

Le test a porté sur deux lots de 100 graines maintenues sur germoir durant 60 jours au bout desquels ont pouvait compter 11 graines germées pour le 1er lot et 17 pour le 2ème lot, ce qui ne donne en moyenne qu'un pourcentage de 14 % !!

En ce qui concerne les graines originaires de Gordes et du Petit Lubéron, conservées dans leurs cônes à Apt, dans une grande pièce ouverte, bien aérée, donc avec une humidité plus faible que celle du Pavillon Rolland, elles ont donné des résultats supérieurs sans être toutefois comparables aux graines conservées à basse température :

1er lot : 26 graines

2ème lot : 39 graines

Le pourcentage moyen atteint donc 32,5 %.

4.4.2.- Comparaison des états de conservation à différentes températures

Il a été souligné à maintes reprises que la basse température était nécessaire à la bonne conservation des graines.

Pour le Cèdre, jusqu'à présent, c'est surtout la température au dessus de 0°C, + 2°C et +4°C, qui a été conseillée (C.E. HEIT 1968, A. ZAKI 1970).

Par contre on trouve d'autres publications sur la conservation de graines autres que celles du Cèdre. Certaines traitent d'une conservation toujours au-dessus de 0°C, entre 0° et +4°C (P. BOUVAREL et M. LEMOINE 1958, D. CÔME 1970-74);

d'autres abordent la possibilité de conserver les graines avec efficacité à une température allant de 0° à -15°C (A. SCHÖNBORN 1964, E. HUSS 1967, M. BONNET-MASUMBERT et C. MULLER 1973).

Tout récemment, l'étude sur la conservation à très long terme des graines de sapin à basse température -5°, -15°C, a donné des résultats satisfaisants (C. MULLER 1977). Ces résultats sont d'autant plus intéressants que les graines de sapin sont morphologiquement et physiologiquement très proches de celles du Cèdre.

C'est pourquoi il serait souhaitable que des essais dans ce sens soient entrepris sur les graines de Cèdre afin de savoir si une conservation à des températures en dessous de 0°C lui conviendrait . En effet, chaque essence a ses exigences propres de température et d'hygrométrie.

En ce qui concerne le laboratoire de sylviculture d'Avignon, il a été entrepris une expérience pour savoir quelle serait la durée possible de conservation à une température donnée au dessus de 0°C ,et quelle serait alors la perte de faculté germinative et la diminution de la vitesse de germination.

Lieux d'expérience : l'expérience s'est effectuée dans l'enceinte contrôlée (4, 10, 15 et 20° C, hygrométrie 75 à 90 % de la Station de Recherches Forestières d'Avignon.

Méthodologie : Entrent en jeu deux méthodes de conservation

a) graines maintenues dans les cônes

b) graines libres, désailées

Ces deux modalités sont testées dans les quatre chambres climatisées

+ 4° C	90 %	d'hygrométrie
+ 10° C	90 %	"
+ 15° C	90 %	"
+ 20° C	75 %	"

Ces essais furent effectués durant 20 mois en espaçant les contrôles trimestriellement sur une quantité de 3.600 graines libres et 3.600 graines conservées dans leurs cônes (200).

L'origine des graines, comme dans la plupart des essais, est celle du Mont-Ventoux, placette 84-07.

La totalité du matériel a été récoltée au début janvier 1975 et a subi le premier test tout de suite après la récolte.

Il s'ensuivit les résultats suivants :

- 12500 graines pleines/kg
  88 graines pleines/cône
  Poids de 1000 graines pleines = 80 grammes
  Faculté germinative initiale = 93 %
  Teneur en eau initiale : 10 %

Pour les graines qui ne sont pas restées dans les cônes, elles ont été mises en conservation après séchage à l'air libre, durant 3 jours. A chaque trimestre nous avons prélevé dans le stock homogène deux répétitions de 100 graines pour chaque modalité de température concernant des graines libres et des graines extraîtes des cônes au moment de la mise en germination.

Ainsi, chaque fois furent testés 16 lots de graines représentant deux catégories de graines et quatre modalités de température.

De ces résultats il ressort une légère variation entre les graines conservées libres et celles conservées dans les cônes, tantôt à l'avantage des unes, tantôt à l'avantage des autres. Mais durant le premier trimestre cet avantage est nettement en faveur des graines conservées en état de cônes. (photos n° 15).

Quant à la vitesse et au pourcentage de germination ils sont résumés dans la fig. n° 13 p. 84 qui ne donne les résultats que sur un an. On s'aperçoit qu'au fil des mois la faculté germinative diminie progressivement pour les quatre températures encourues, et disparaît complètement pour les températures au dessus de 4° C au bout de 12 mois de conservation. Par contre ce pourcentage, tout en subissant un abaissement progressif, persistera à 4° C et sera de 15 à 20 % à 20 mois avec une vitesse de germination de 60 jours et plus.

Il faut souligner que les graines testées ci-dessus n'ont pas été conservées dans des récipients hermétiquement fermés. Par conséquent nos échantillons ont subi surtout au point de vue hygrométrie l'effet d'hydratation. La teneur en eau est passée de 10 % à 12 % du 1er au 2ème trimestre, de 12 à 13 % du 2ème au 3ème trimestre, de 14 à 15 % du 3ème au 4ème trimestre.

Toutefois, à ce premier stade des essais, on a voulu connaître le degré de dégradation du matériel en fonction des différentes températures et hygrométries précitées.

On a eu la confirmation que, malgré une température constante, la faculté germinative sera très médiocre (4°C) ou nulle (10°, 15°, 20°C) au delà de 1 an de conservation lorsque la circulation, humidité + gaz, se fait librement puisque les graines sont soumises aux conditions de l'enceinte (humidité surtout).

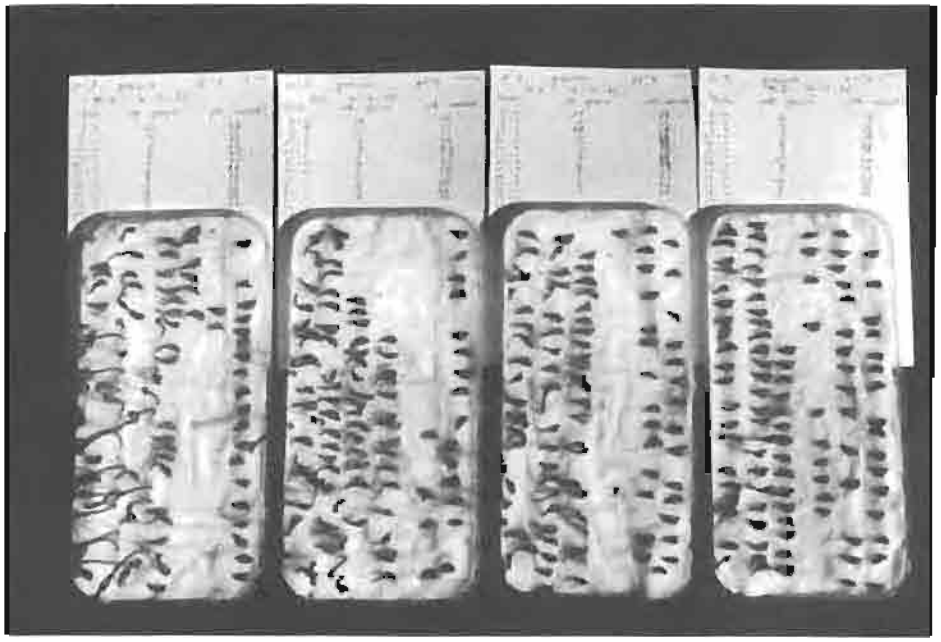
De plus on a appris qu'il était préférable, durant la période de stockage à l'air libre (1 à 5 mois), suivant la récolte, de garder les graines en cônes plutôt qu'extraites afin de les mieux protéger des brusques variations de température et d'humidité.

Cette expérience a été nécessaire pour mieux saisir ce qui se passe in situ, où il était difficile de cerner le problème vus les éléments incontrôlables qui interviennent. De cette façon on a pu éclaircir que :

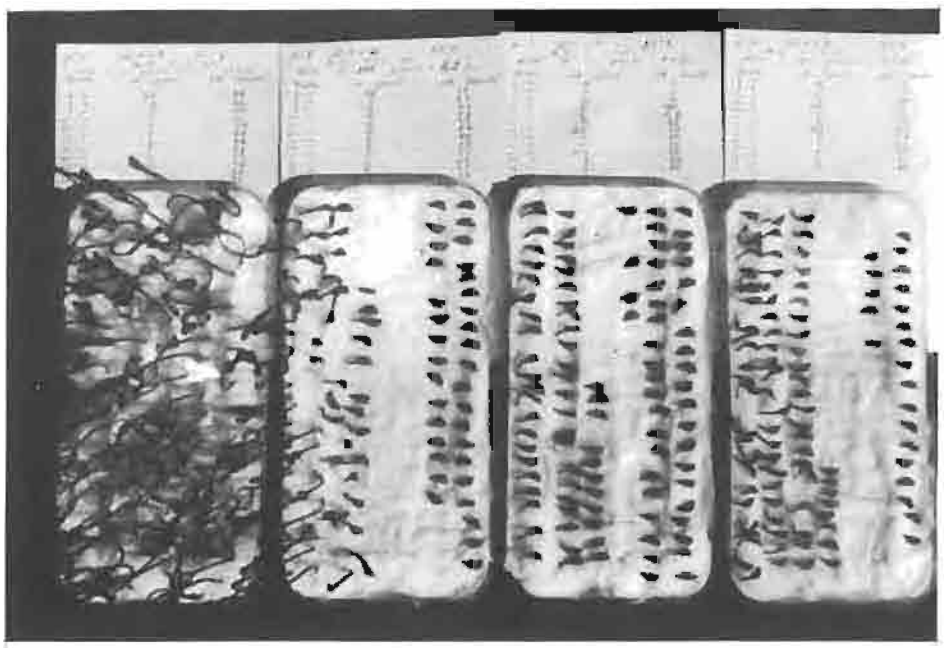
1./ en cas de désarticulation tardive, lorsque certains cônes sont encore sur l'arbre même vers mars-avril avec leurs écailles ouvertes complètement, on constate une grande faculté germinative chez les graines qu'ils abritent du fait qu'ils les protègent des brusques variations de température. De plus, stimulées par le froid elles ne sont plus dormantes et germent avec une extrême rapidité tout en gardant très peu de chance de survivre: elles sont vouées à des conditions difficiles à cette époque et à celle qui suivra.

2./ après un an de conservation à 4°, 10°, 15°, 20°C, seules les graines gardées à 4°C donnent un certain pouvoir germinatif ; les autres ont perdu leur faculté à des températures trop élevées pour elles, sous l'influence directe de l'hygrométrie.
Considérant ce qui se passe dans la nature en période d'été, l'interprétation devient facile : les graines tombées en mars et n'ayant pas eu le temps de germer ont dû passer les mois chauds : elles ne germent guère, leur embryon ayant été sans doute intoxiqué par les produits d'oxydation de la résine et de l'huile de la graine sous les fortes chaleurs.
En un mot, cette expérience montre que le pouvoir germinatif des graines de Cèdre est très étroitement conditionné par les températures élevées, les degrés hygrométriques de l'air ; les uns et les autres provoquent leur hydratation trop importante, défavorable à leur vie ralentie.

Photos n° 15. — Tests de germination à 20°C de température effectués :



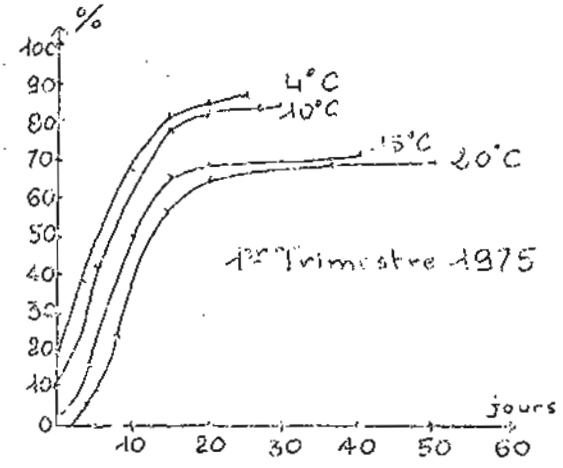
a. / sur les graines conservées à l'état libre à 4, 10, 15 et 20°C durant 3 mois, de janvier à avril 1975.

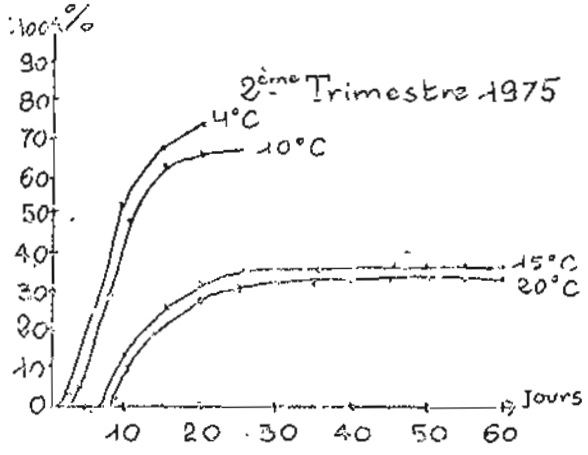


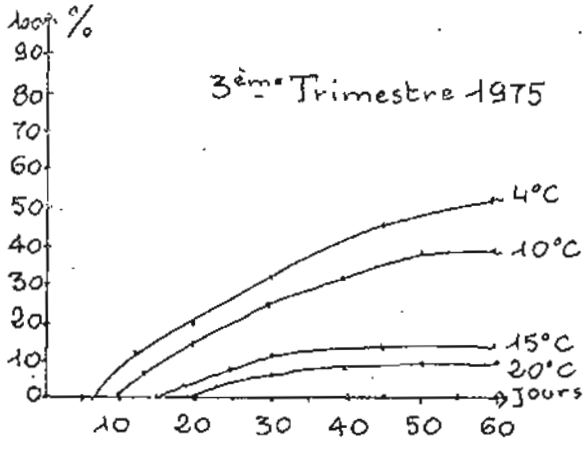
b. / sur les graines conservées dans les cônes à 4, 10, 15 et 20°C durant 3 mois, de janvier à avril 1975.

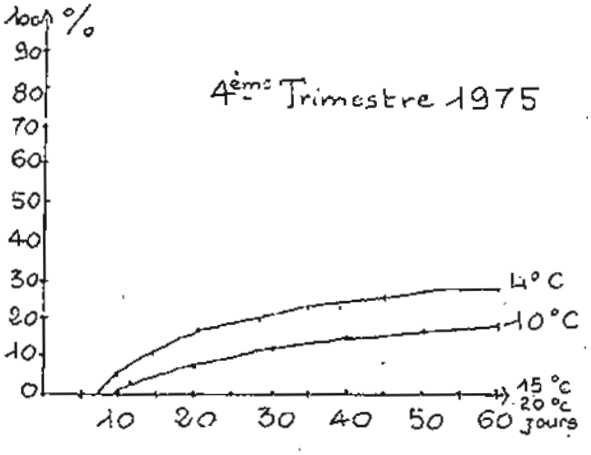
Fig N°13 FACULTÉ GERMINATIVE À 20°C SUR LES GRAINES CONSERVÉES À 4°, 10°, 15°, 20° C

GRAINES CONSERVÉES À L'ÉTAT LIBRE

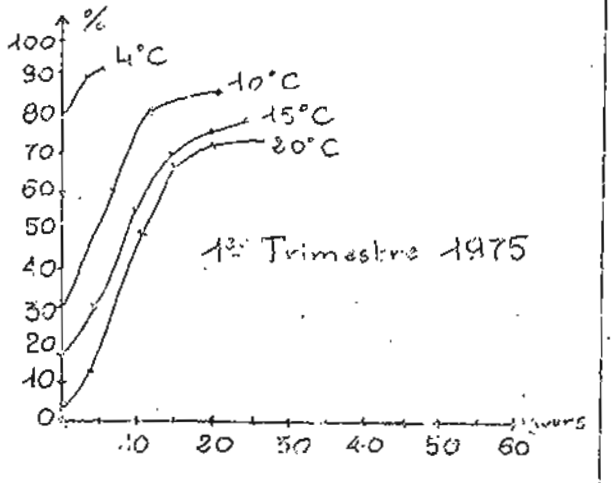


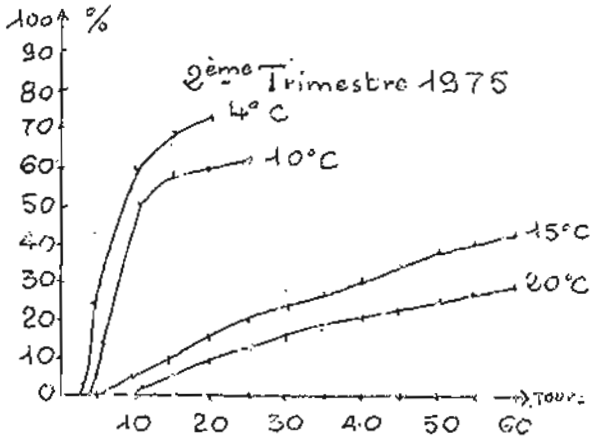


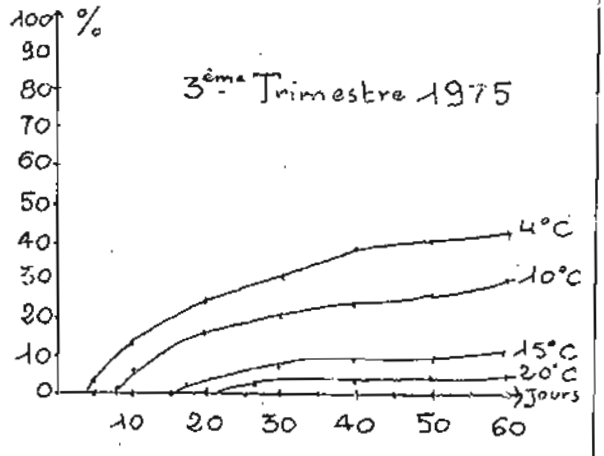


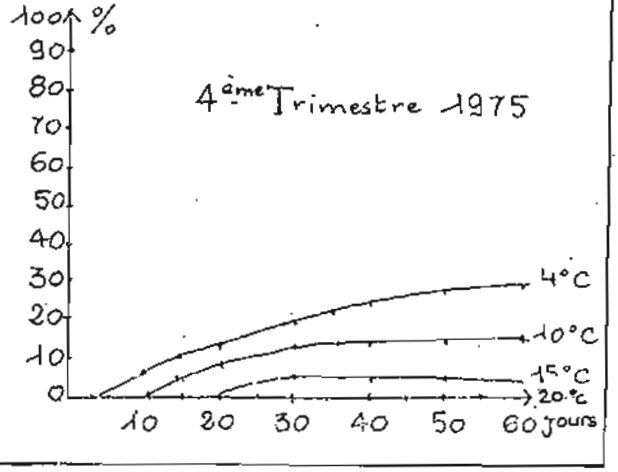


GRAINES CONSERVÉES EN CÔNES









4.4.3.- CONSERVATION DES GRAINES À 4°C SANS CONTACT DIRECT AVEC LES ÉLÉMENTS AIR - HUMIDITÉ.

La procédure qui suit se rapporte à une conservation en boîtes métalliques étanches qui n'est pas sans rappeler l'expérience faite dans des sacs plastiques hermétiquement fermés; la première a eu lieu à la Station de Recherches Forestière d'Avignon,(1) la seconde au CTGREF du Tholonet près d'Aix en Provence. Ces deux expériences n'ayant fait jusqu'ici l'objet d'aucune publication, le lecteur en trouvera ci-dessous la description.

Dans les deux cas le matériel cônes est resté un an ou plus en chambre froide à la Station de Recherches Forestières à 4°C, enfermé selon les deux méthodes précitées.

Les résultats seront détaillés en commençant par ceux de la Station de Recherches Forestières d'Avignon.

Les cônes aux écailles ouvertes ont été récoltés en novembre 1974 et stockés dans une pièce aérée jusqu'à avril 1975; à cette date ils furent mis dans leur milieu de conditionnement à 4°C avec une teneur en eau pour les graines tout à fait correcte de 8 %.

Le 1er test de germination a été effectué décembre 1975, après 8 mois de conservation à 4°C et 13 mois depuis la récolte.

Après 25 jours, la faculté germinative a atteint la moyenne de 85 % sur plusieurs lots.

Par la suite les tests mensuels ont été effectués et voici leurs résultats :

2e test	janvier	1976	faculté germinative	71 %	25	jours
3e "	février	"	"	"	65 %	"	"
4e "	mars	"	"	"	61 %	"	"
5e "	avril	"	"	"	35 %	"	"

Faute de matériel homogène et de même origine l'expérience n'a pu être continuée ; néanmoins elle a permis de dire qu'il est possible de conserver des graines libres ou en cônes avec une teneur en eau de 8 à 10 %, au delà de 1 an, à 4°C et sans contact direct avec l'air et l'humidité.

Si maintenant on effectue les tests avec les graines du CTGREF., il n'y a pratiquement pas de différence en ce qui concerne le résultat.

Les cônes originaires de la forêt communale de Gordes(84) ont été récoltés courant octobre 1974, conservés sur place dans une pièce aérée jusqu'au début janvier 1975 et mis en sac plastique à 4°C le 28 janvier 1975; ils furent sortis de la chambre climatisée en février 1976, et expédiés à la pépinière d'Aix-les-Milles, soit après un peu plus d'un an de conservation à 4°C.

On a donc testé deux lots de 100 graines au moment du semis à la pépinière courant février 1976. Le résultat obtenu après 25 jours de germination était de 78 % (moyenne des deux lots).

On n'a pas fait de conservation de deux ans et plus et on le regrette. On demandera pour cela la participation du laboratoire d'analyses de Semences Forestière de la Station d'Amélioration des Arbres Forestiers du C.N.R.F., bien équipé à cet effet.

(1) Les tests de germination sur des graines conservées dans les deux lieux différents ont été conduits par J. TOTH.

4.4.4.- Possibilité de conservation des graines de Cèdre en dessous de 0°C.

Il a été démontré dans le paragraphe 2.3.4.2.3., p. 32 que la température en dessous de 0°C (-2°C) n'endommage pas l'embryon et ne nuit pas à la faculté germinative.

Pour être plus précis on doit mentionner que l'expérience à basses températures ne concerne qu'une durée de conservation très réduite de deux mois. Pendant ce laps de temps, des tests hebdomadaires ont été effectués sur des lots de 100 graines sèches, humides et prégermées, laissées dans un frigidaire réglé à -2°C.

La faculté germinative obtenue varia de 85 à 91 % pour s'y maintenir durant toute la durée de la conservation.

Par curiosité, des tests ont porté sur les graines obtenues après l'essai de désarticulation simulée au frigidaire à -5°C. La durée de mise au froid ne fut que de trois semaines et il apparut que cette température fut moins favorable que celle de -2°C puisque la faculté germinative ne fut que de 30 à 40 %.

Dans les deux cas il s'agissait de graines de même origine et de même date de récolte.

4.4.5.- Influence du cône sur les graines lors du stockage ou de la conservation

4.4.5.1.- Cône ouvert

Tout au long des observations sur le terrain et des différents test qui les ont suivies, on a constaté une progression tant dans la maturation des cônes que dans celle des graines, de l'automne de l'année N au printemps de l'année N + 1.

Il a d'ailleurs été souligné dans un des paragraphes précédents la liaison existant entre l'ouverture des écailles et l'acquisition de la maturité physiologique des graines qui atteint sa plénitude lors de la désarticulation.

On répète sur le plan stockage ce qui se passe dans la nature et on s'intéresse donc à une récolte de cônes de deux ans aux écailles ouvertes.

Tout de suite après la récolte, vers le mois d'octobre, quelques lots de graines sont testés. Leur faculté germinative est de 40 % au maximum.

On met en stockage en boîtes étanches et dans leurs cônes, sous deux modalités de températures différentes 20°C et 4°C, les lots de cette récolte, et, après une durée de 2 mois on teste à nouveau les graines.

1./ Celles extraites des cônes conservés à 20°C offrent une faculté germinative sensiblement égale à la faculté initiale, à savoir environ 40%.
2./ Celles extraites des cônes conservés à 4°C accusent, quant à elles, un bond spectaculaire dans le pourcentage de leur pouvoir germinatif puisqu'il passe de 40 à 80-85 %.

On se réfère alors à deux lots de cônes pris sur la même récolte précitée, soumis aux mêmes modalités de températures pendant le même temps mais après avoir été imbibés par trempage.

On constate alors que :

3./ Les graines issues des cônes conservés à 20°C marquent une très faible augmentation de leur pouvoir germinatif avec un taux de 45 %.
4./ Les graines issues des cônes conservés à 4°C dénotent un pouvoir germinatif encore plus important que celles extraites de cônes non imbibés puisqu'il n'est plus de 80-85 %, mais de 92-84 %.

On peut résumer en disant :

a./ que les cônes aux écailles ouvertes permettant une large imbibition d'eau lors du trempage donneront, après 2 à 5 mois de stockage à 20°C, un pourcentage de faculté germinative de leurs graines en légère augmentation sur le pourcentage initial.

b./ que les cônes identiques et identiquement traités, quant à l'imbibition et à la durée de stockage mais soumis à 4°C, offriront un pourcentage plus que doublé par rapport au pourcentage initial. Le rôle du froid est très significatif comme la chose est bien connue d'une manière plus générale.

4.4.5.2.- Cône fermé

A présent il s'agit de s'intéresser à des cônes de 2 ans toujours récoltés courant octobre mais encore complètement fermés. Les tests de germination lors de la récolte donnent comme faculté germinative 0 % maximum.

On divise ce matériel en deux parties soumises aux mêmes modalités de température et de durée de stockage que celles indiquées précédemment. Après 2 mois à 20°C. aucune augmentation de faculté germinative n'est observée. Après 2 mois à 4° C la faculté germinative accuse une très faible augmentation.

Pourquoi cet immobilisme alors que dans le cas des cônes aux écailles ouvertes la variation accusait une faible mais nette ascension pour 20°C et une rapide montée pour 4°C ?

Pour mieux s'assurer de la conclusion à apporter, on examine les résultats obtenus avec une récolte en juillet de cônes de N+2 reconnus, sans erreur possible, immatures. Ces cônes renferment des graines à l'embryon blanc donc non physiologiquement mûrs (A. ZAKI 1979). Le test de germination après la récolte donne 3 %. Dans chacune des modalités de température (20° et 4°C) on stocke les graines de deux façons différentes : en cônes et en graines extraites.

Après 3 mois de stockage : à 20°C les graines en cônes n'accusent aucun changement : et les graines libres restent identiques.

Après 3 mois de stockage : à 4°C les graines en cônes dénotent une légère augmentation, les graines libres offrent une remontée ahurissante et passent de 3 % à 84 %.

C'est que, tant à 20°C qu'à 4°C, la graine en cône fermé, hermétiquement encapuchonnée, sans contact avec les influences externes, ne peut progresser positivement dans sa maturation ; la graine libre, à 4°C, dans une enceinte hydratée, s'imbibe, et le froid humide lève sa dormance.

Dans le cas des cônes N+2 récoltés fermés, en octobre, le phénomène est identique : ces cônes non matures, puisque fermés, renferment des graines dont la maturation n'est pas encore assez avancée. Ces graines, protégées, ne peuvent pas bénéficier des facteurs climatiques externes nécessaires à l'acquisition de leur maturité physiologique.

Pour les graines se trouvant dans les cônes ouverts la chose se passe différemment : les facteurs extérieurs agissent d'une façon libre et bénéfique ; les graines installées au fond des écailles ont, de plus, l'avantage de ne pas subir de trop brutales variations de température.

Comme de nombreux auteurs (D. CÔME 1969, A. ZAKI 1970, T. TISSAOUI 1975) on constate que la dormance embryonnaire des graines de Cèdre s'élimine progressivement. Cette dormance se lève plus rapidement lorsque les graines sont directement traitées par le froid, sur du coton imbibé, plutôt que si ce sont les cônes qui sont placés au froid.

CHAPITRE V. LA RÉGÉNÉRATION NATURELLE

La régénération naturelle s'oppose, comme il est facile de le comprendre, aux plantations artificielles ou semis.

Le Cèdre doit sa présence en France aux semis et plantations des forestiers. Il est bien sûr capital d'assurer sa pérennité par régénération naturelle. Il n'est pas toujours simple d'y parvenir.

Il est souvent moins simple encore d'obtenir à coup sûr la réussite d'une introduction "à main d'homme";il faut dire aussi qu'une bonne régénération naturelle a souvent besoin de l'assistance du forestier. (H. TESSIER 1900, P. CHABROL 1938, ALAUX 1952, Ph. GUINIER 1955, B. LEPOUTRE 1964, J. TOTH 1972, R. PUTOD 1974)

5.1.- Cycle d'ensemencement et de régénération

Comment les graines peuvent-elles,dans de bonnes conditions,donner naissance à de nouvelles et solides générations de jeunes cèdres ?

On a vu dans les chapitres précédents que le cycle d'ensemencement et de régénération est étroitement lié au cycle de reproduction sexuée qui le précède.

La fig. n° 14 p. 89 explique qu'un premier cycle, celui de la reproduction sexuée, se déroule essentiellement sur l'arbre ; quant à l'ensemencement proprement dit, il débute avec la dissémination des graines : envol et arrivée au sol de la graine ailée, puis germination et installation des plantules.

La réussite de l'installation des plantules est tributaire de trois facteurs principaux : sol, végétation et climat.

Voici à ce sujet quelques indications prises dans les placettes du Mont-Ventoux.

a/ Sol : le substratum géologique est de calcaire Urgonien avec beaucoup d'éboulis et une roche mère fissurée mais peu profonde (40 cm) à 810 m d'alt. ; par contre à 1010 m le sol meuble atteint 85 cm,et plus, au dessus de cette roche mère.

Les caractères édaphiques qui influencent le plus fortement cette réussite portent sur la nature et la profondeur à laquelle se trouve la roche mère, sur la composition minérale et organique du sol qui l'accompagne.

C'est dans ce but qu'ont été effectués des prélèvements de sol, dans une tache de régénération naturelle à 810 m, afin d'analyser physiquement et chimiquement les composants, et ce, à deux dates bien distinctes correspondant pour l'une à l'installation des dispositifs expérimentaux en 1970, pour l'autre en 1974 à l'occasion d'un inventaire de semis.

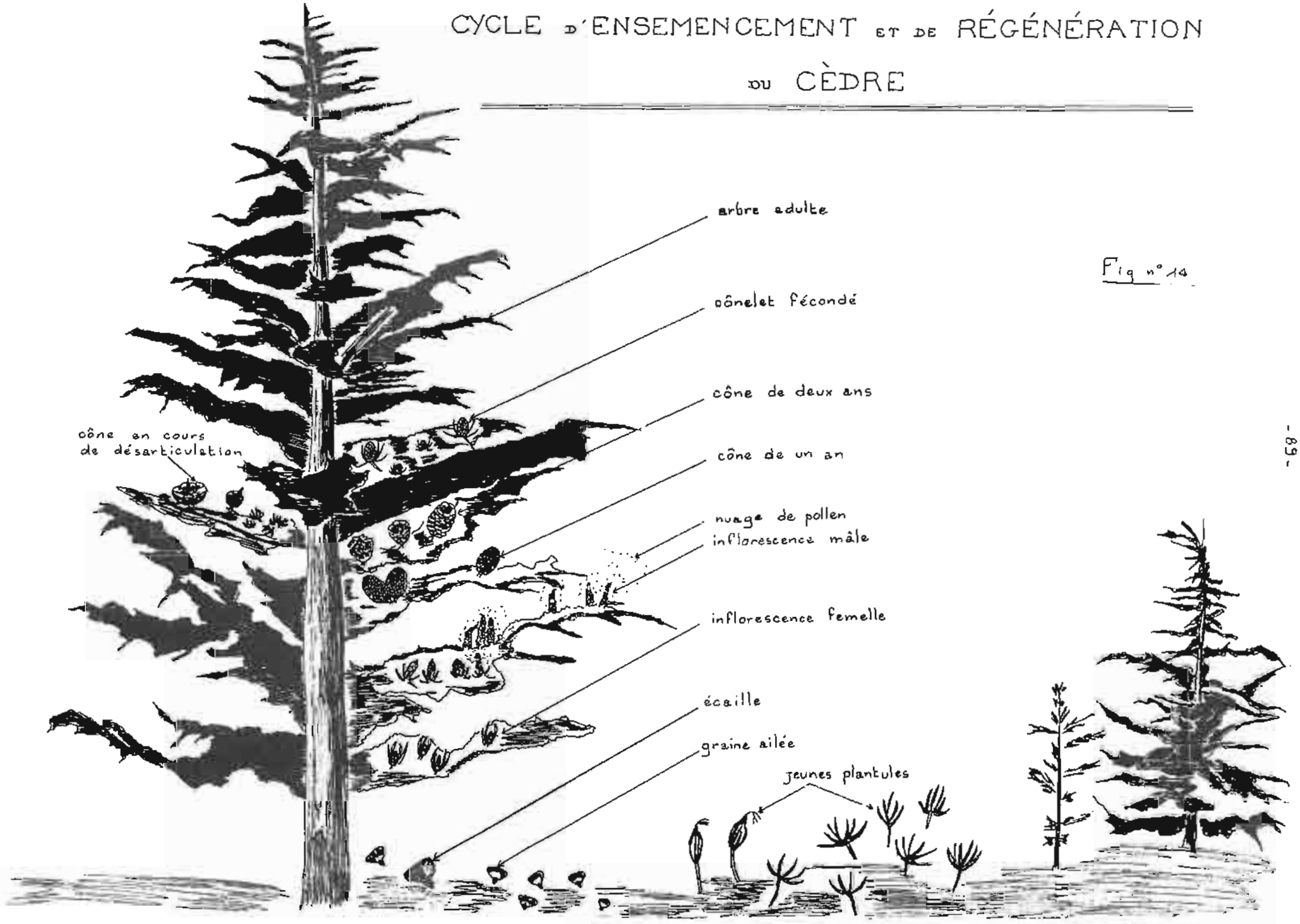
On donnera ci-après le résultat de la station n° 1 se trouvant à 810 m. d'altitude (horizon A1, de 3 à 19 cm de profondeur).

Années	Matières org. totales %	C %	N %	C/N	pH	K (1)	P_2O_5 %
1970	9,9	5,7	0,58	9,9	7,8	0,35	0,03
1974	14,3	8,3	0,74	11,2	7,8	0,47	0,02

(1) K est exprimé en milliéquivalents pour 100 g.

CYCLE D'ENSEMENCEMENT ET DE RÉGÉNÉRATION DU CÈDRE

Fig n° 14



Après comparaison des résultats des deux analyses, 1970 et 1974, on note une nette augmentation du taux de matières organiques; ceci s'explique par l'augmentation de la litière formée des feuilles tombées durant ces quatre années ; il faut souligner que c'est au cours de ces années que sont apparus le puceron (Cedrobium-Laporttei REM) et la tordeuse (Epinotia cedricida DIAK.), dans la cédraie (J.P. FABRE 1976) occasionnant de très fortes chutes de feuilles sur certains arbres et contribuant ainsi à l'enrichissement des matières organiques du sol.

Quant à l'analyse physique, elle révèle par les deux résultats consécutifs qu'il s'agit d'un sol de rendzine brunifiée, très caillouteuse, proche d'une rendzine initiale argileuse, avec une quantité assez importante de sables et de limons. La terre fine est caractérisée par une teneur assez faible en calcaire total, et une absence complète de calcaire actif.

b/ Végétation :

Parmi les conditions édaphiques le couvert végétal a lui aussi un rôle important dans la régénération naturelle.

Si on regarde les surfaces non occupées par le semis naturel, on y remarque une végétation caractérisant son étage et sa série, beaucoup plus abondante et variée (M. BARBERO, P., DU MERLE., P. QUÉZEL 1976) que sous le couvert d'un semis déjà développé. D'une façon générale, la composition floristique de la Cédraie, arbustive, herbacée et muscinale, reste celle des massifs voisins du Chêne pubescent (J. GOBERT et G. PAUTOU 1969).

Les deux stations se trouvent dans l'étage méditerranéen de la série du Chêne pubescent. La station n° 1 montre une interpénétration du Chêne vert tandis que la station n° 2 montre une interpénétration du Hêtre mélangé, bien entendu, au Chêne pubescent. On communique à la page 91 le relevé floristique des deux stations effectué avec l'aide de M.THINON.

c/ Climat.

Tout autant que le cycle de reproduction et peut être plus encore, le cycle de régénération est dépendant des conditions climatiques.

En effet une bonne année de fructification, donc de production des graines, n'assure pas obligatoirement une forte intensité de régénération naturelle à l'échelle d'un massif. Si la désarticulation s'effectue tardivement, suivie par une période de sécheresse prolongée, les graines si abondamment offertes par la nature ne remplissent pas leur office et se dessèchent, perdues à jamais.

Néanmoins il faut ajouter que la désarticulation des cônes et la dissémination des graines s'échelonnent sur plusieurs mois selon la direction et la hauteur des branches, selon l'âge des arbres, le microclimat de la station etc... En conséquence, une année de forte production de graines, même suivie de facteurs climatiques peu favorables, aura quand même une certaine réussite du fait des graines tombées au début de la désarticulation et déjà bien implantées dans le sol lors des premières difficultés climatiques auxquelles elles pourront alors mieux résister que leur soeurs tardives. Celles-ci mal ou peu implantées, n'ont que très peu de chance de survivre. (B. LEPOUTRE et A. PUJOS 1963) ; leurs radicules n'ayant pas eu le temps d'atteindre les horizons profonds souffrent fortement de la dessication des couches superficielles et disparaîssent.

La plupart des massifs de Cèdres sont assis dans des lieux soumis aux caractéristiques et aux influences climatiques méditerranéennes avec une pluviosité atteignant son maximum en automne et son minimum en été. Toutefois, il y a des années où ces caractéristiques deviennent nettement méditerranéennes avec

RELEVE FLORISTIQUE	Jas du Serre	Bergerie de Remellin
Altitude m	1010	810
Surface m2	100	100
Exposition	S.SW	SE
Pente %	8 à 10	10
Recouvrement %	75	85
Cedrus atlantica Manetti	4.2	4.5
Juniperus communis L.	1.2	1.1
Pinus nigra Arn. ssp. nigricans Host. var.austriaca Endl.	2.1	.
Amelanchier rotundifolia (Lam.) Koch	+.1	+.1
Aphyllanthes monspeliensis L.	2.2	3.2
Bromus erectus Huds.	1.2	1.1
Centaurea paniculata L.	+	2.2
Dianthus sp.	+	1.1
Echinops ritro L.	+.1	+
Eryngium campestre L.	+	+.1
Euphorbia cyparissias L.	1.1	+.1
Festuca ovina L.	1.1	+.1
Galium mollugo L. ssp. corrudaefolium Villars	3.2	3.2
Genista scorpius (L.) Lmk	2.2	+
Hieracium murorum L.	2.1	1.1
Leuzea conifera (L.) DC.	+.1	2.1
Rhamnus saxatilis Jacquin	+.1	2.2
Satureia montana L.	2.2	1.2
Scabiosa columbaria L.	2.1	1.3
Sedum nicaeense Allioni	1.1	1.2
Silene otites (L.) Wibel	+.1	1.1
Thymus vulgaris L.	1.1	1.2
Acer monspessulanum L.	1.1	.
Centranthus angustifolius (Allioni) DC.	2.1	.
Helleborus foetidus L.	2.1	.
Lavandula officinalis Chaix	1.2	.
Ononis natrix L.	2.2	.
Prunus spinosa L.	2.2	.
Rosa spinosissima L.	1.2	.
Arabis hirsuta L.	.	+.1
Astragalus monspessulanus L.	.	+.1
Buxus sempervirens L.	.	1.1
Carex halleriana Ass.	.	+.1
Cerastium pumilum Curtis	.	+.1
Crepis virens L.	.	2.2
Fumana coridifolia (Villars) P.F.	.	+
Helianthemum canum (L.) Baumg.	.	1.2
Hieracium pictum Pers.	.	+.1
Hieracium pilosella L.	.	1.1
Inula montana L.	.	1.2
Linum narbonense L.	.	1.1
Linum salsoloides Lmk.	.	+.1
Melica ciliata L.	.	1.2
Ononis minutissima L.	.	+.1
Rosa canina L.	.	+.1
Silene italica (L.) Pers.	.	+.1
Teucrium chamaedrys L.	.	2.2
Teucrium montanum L.	.	1.2
Velezia rigida L.	.	+.1
Vincetoxicum officinale Moench.	.	+.1

une accentuation telle que seul le mot "aride" peut les définir. Par contre, d'autres années offrent un tel taux d'humidité qu'elles peuvent être qualifiées de sub-humides.

En général, la précipitation moyenne annuelle de la face sud du Mont-Ventoux, entre 800 et 1100 m d'altitude varie de 750 à 1100 mm avec une température moyenne annuelle de 9,5°C en fonction des années climatiques. La crête du Petit Lubéron avec 700 m. d'altitude enregistre seulement une moyenne annuelle de 600 à 800 mm d'eau et de 11,7°C de température. A titre indicatif on peut signaler que la température moyenne annuelle du Vaucluse est de 13°C.

5.1.1.- RÉGÉNÉRATION A PARTIR DE L'ARBRE ISOLÉ.

Avec la forte production de graines de l'année 1973 on aurait pu escompter un ensemencement important; or, la réussite observée courant automne 1974 n'apparut que faible. Ce résultat s'explique par le fait d'une désarticulation tardive suivie de sécheresses successives tout aussi néfastes, pour les plantules possédant seulement des radicules superficielles, qu'une longue sécheresse continue.

Voici ce qui s'est passé pour un arbre n°3 pris comme arbre échantillon dont on s'est constamment assuré que c'était le seul arbre capable d'ensemencer son environnement, en démunissant chaque année tous les arbres alentours de la totalité de leurs cônes. (Mont-Ventoux 1100 m d'altitude. Cf. page 43).

Arbre n°3

Années	nombre de : cônes	semis	Age en 1976 ans
1970	373	1	6
1971	472	7	5
1972	60	1	4
1973	1854	40	3
1974	7	5	2
1975	1	0	1

5.1.2.- RÉGÉNÉRATION ISSUE DE PLUSIEURS ARBRES

Dans le cas d'une étude de régénération issue de plusieurs arbres voisins, on se penche sur des semis issus de bouquets ou d'arbres "lisière".

Tout comme pour l'arbre isolé une liaison étroite entre les graines issues des semenciers existant à proximité, et la quantité de semis définitivement implantés, peut être mise en évidence.

Pour ce faire, une technique bien appropriée permettrait d'identifier de quel arbre proviennent les graines atterries dans la tache de régénération étudiée. Il s'agit du marquage des graines par des marqueurs radioactifs ; cette technique n'a pu être réalisée étant donné le coût trop élevé du matériel d'une part et des contrôles excessivement rigoureux qu'elle impose d'autre part.

De toute façon, le but visait à savoir :

- si un fort ensemencement engendre une bonne régénération à coup sûr
- si un fort ensemencement suivi de mauvaises conditions climatiques est gravement compromis
- si un faible ensemencement suivi d'excellentes conditions climatiques n'engendrerait pas une régénération tout aussi importante qu'un fort ensemencement suivi de mauvaises conditions.

5.1.2.1.- MÉTHODE DE TRAVAIL

On a choisi sur le Mont-Ventoux, dans la partie de la Cédraie en direction du Sud-Est, deux stations d'altitudes différentes, l'une à 810 m., l'autre à 1010 m. (voir photos n° 16).

On y a installé des places d'expériences, assises dans les taches de régénération naturelle, entourées de semenciers de 40 à 60 ans (voir Fig. n° 15 p. 95). Chaque placette fut représentée par un carré de 10 m. de côté dont les angles furent matérialisés par des piquets enfoncés dans le sol. Cette surface de 100 m2 a été quadrillée grâce à des cordes tendues en 100 petits carrés de 1 m de côté, numérotés de 1 à 100. Par ligne, on a effectué un tirage au sort pour désigner les carrés où seraient prélevés des semis de tout âge, en les coupant pour les analyser au laboratoire (détermination de l'âge, de la croissance) afin d'en tirer des informations statistiques.

la première intervention* date de février 1970 au moment de l'installation des placettes et du premier prélèvement pour analyse des semis.

Cette première intervention fut suivie par une deuxième en juillet 1976 qui visait à inventorier, d'une part des semis installés dans les carrés 1970 (qui avaient subi la coupe rase du semis), et d'autre part, de repérer de nouveaux carrés (carrés 1976) dans lesquels n'ont été prélevés que des jeunes plants installés durant la période 1970-76.

Il est facile de distinguer les carrés de 70 des carrés 76 ; les carrés 70 ont subi la coupe rase de semis et apparaîssent comme des taches claires uniquement porteuses de semis de 1 à 6 ans ; les carrés 76 forment des taches occupées par des semis anciens et récents donc beaucoup plus touffus et échelonnés sur beaucoup d'étages de croissance. L'installation et la survie des semis dans ces deux types de carrés vont faire l'objet du paragraphe suivant.

5.1.2.2.- CARRÉS INSTALLÉS EN 1970 : premier comptage

Les dix placeaux de 1 m2 dans lesquels ont été prélevés en 1970 tous les semis d'âges différents ont apporté des renseignements fort intéressants, renseignements qui sont résumés sur la figure n° 16 p. 96.

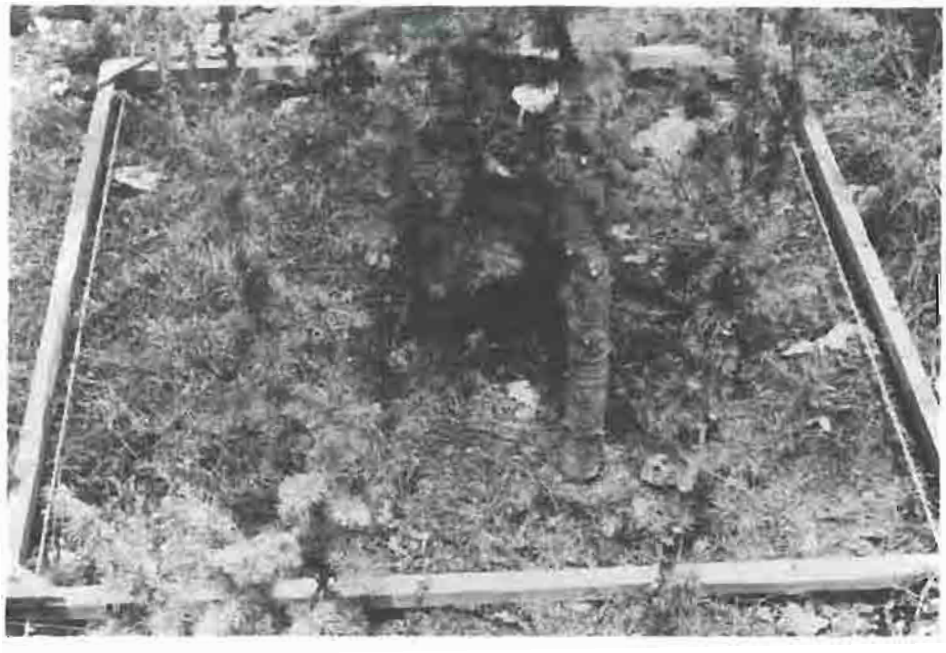
Le dispositif n°1 à 810 m. d'altitude nous a donné une densité de 21,4 semis/m2 qui correspondent théoriquement à 214 000 plants/ha, plants échelonnés de 1 à 17 ans.

Quant au dispositif n° 2 à 1010 m. d'altitude il a révélé une densité plus faible, seulement de 14,1 plants/m2 soit 141 000 plants/ha., plants échelonnés de 1 à 17 ans.

* enlèvement de tous les semis de cèdre existant, sans autre modification du milieu = les carrés en résultant seront appelés "carrés 70"



Vue générale d'une tache de régénération naturelle entourée de semenciers sur la face Sud du Mont-Ventoux à 810 m. d'altitude.



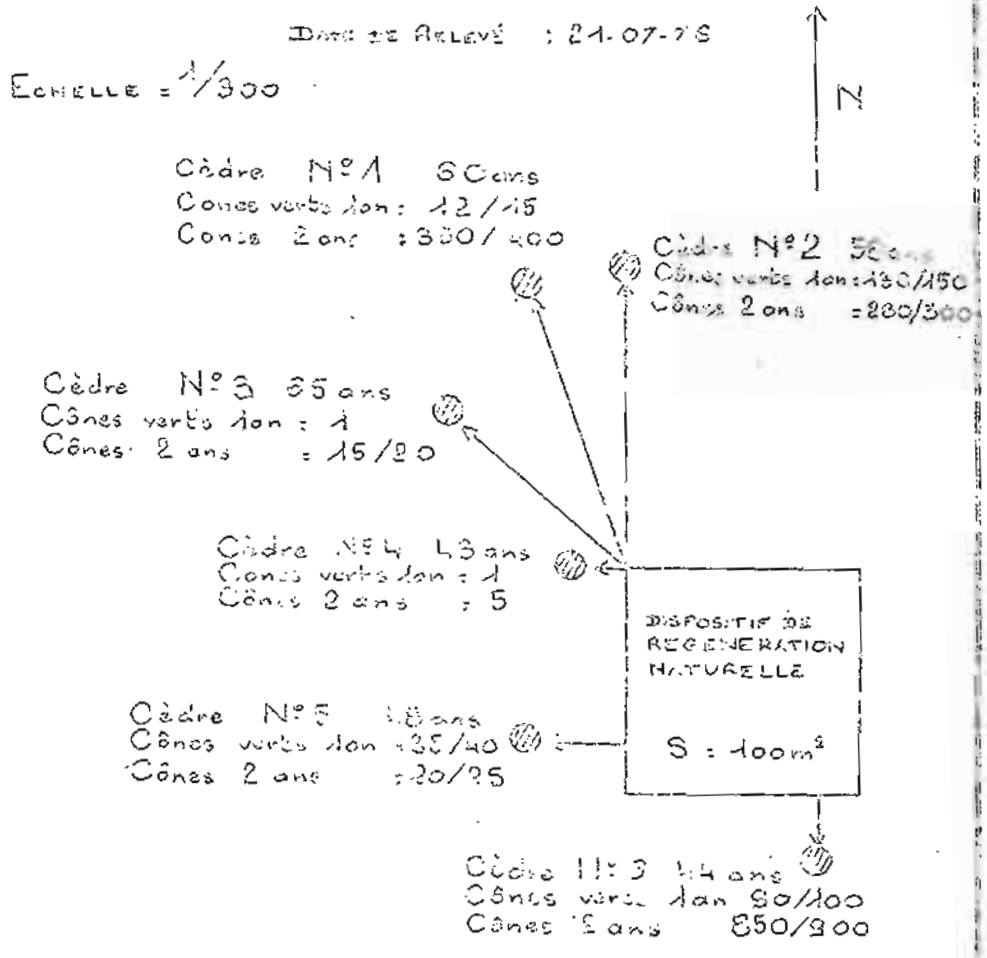
Photos n° 16. — Un des carrés de comptage de semis dans le dispositif de régénération naturelle, carré installé en 1976.
Au milieu de la photo un cèdre de 17 ans environ, élagué pour faciliter le comptage des semis de 1 à 6 ans.

DISPOSITIF N°1 Mt VENTOUX

ALT : 810 m

DATE DE RELEVÉ : 21-07-76

ECHELLE = 1/300

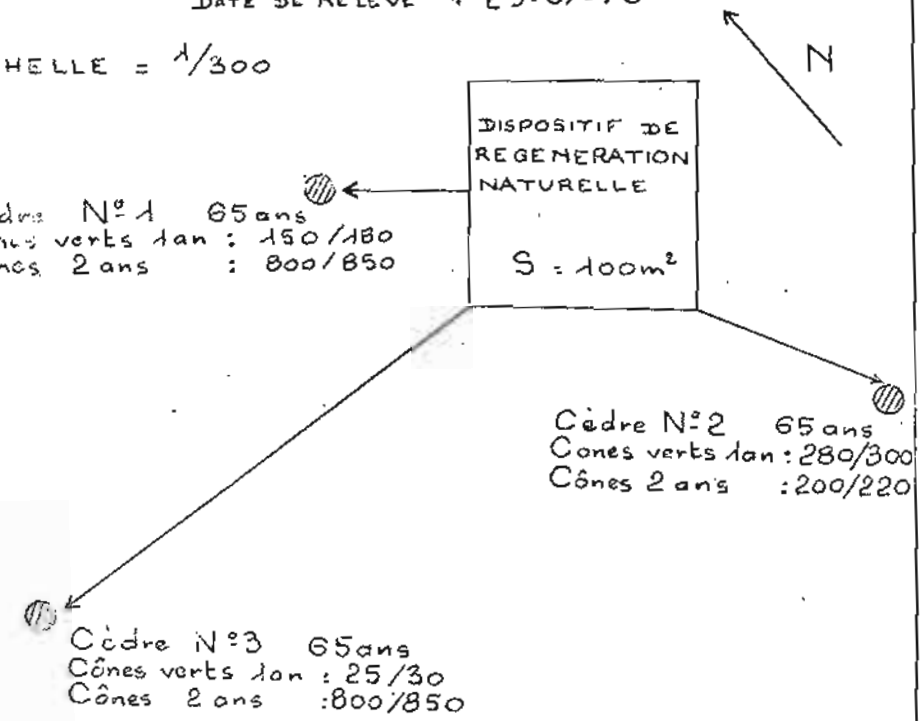


DISPOSITIF N° 2 Mt VENTOUX

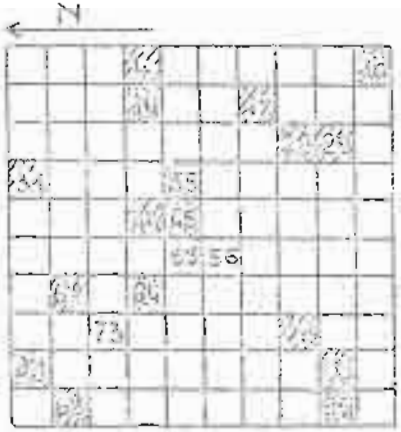
ALT : 1010 m

DATE DE RELEVÉ : 29-07-76

ECHELLE = 1/300



DISPOSITIF N°1 - Mt VENTOUX - ALT : 810 m

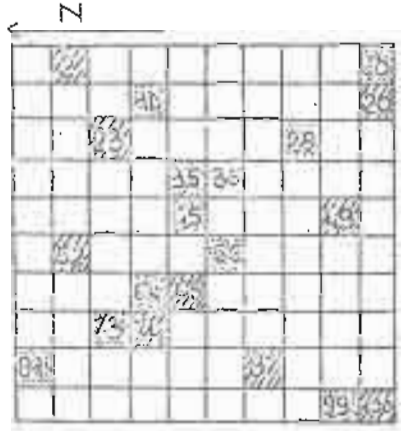


carrés 70

carrés 76

N° des carrés 1970	Nombre de plants 1970	Nombre de plants 1976	N° des carrés 1976	Nb de plants 1976
10	24	4	4	4
14	17	3	17	1
25	31	2	29	6
35	12	0	31	7
43	22	0	44	5
52	24	0	55	2
64	24	2	62	1
73	11	0	73	12
84	25	1	83	9
99	20	7	92	2
TOTAL DES PLANTS	214 tiges/10m²	24 tiges/10m²		49 tiges/10m²

DISPOSITIF N°2 - Mt VENTOUX - ALT : 1010 m



carrés 70

carrés 76

N° des carrés 1970	Nombre des plants 1970	Nombre des plants 1976	N° des carrés 1976	Nb de plants 1976
10	12	28	2	10
14	11	14	20	15
25	9	16	23	16
35	6	25	35	26
45	13	10	43	17
56	15	16	52	13
64	16	20	65	18
73	11	17	74	11
81	2	20	87	40
99	46	19	100	16
TOTAL DES PLANTS	141 tiges/10m²	185 tiges/10m²		182 tiges/10m²

5.1.2.3.- NOUVEAUX CARRÉS INSTALLÉS EN 1976 ET COMPTAGE DES NOUVEAUX SEMIS DANS LES CARRÉS 1970.

En se référant au total des plants entre les carrés 76 et les carrés 70, on s'apercevra d'une différence selon que ce total appartient aux semis d'altitude 810 m ou au semis de 1010 m .

Alors que la densité apparaissait comme très forte lors du premier inventaire à 810 m d'altitude, elle devient faible au deuxième inventaire. De plus, lors de ce deuxième inventaire on constate aussi une différence marquée entre le résultat des semis de 1 à 6 ans dans les nouveaux carrés 76 et des semis de 1 à 6 ans dans les carrés 70 au bénéfice des premiers. Il semblerait que les jeunes semis aient trouvé des conditions plus favorables à l'abri des plants de cèdre plus âgés dans les carrés 76 qui n'avaient pas subi de coupe rase.

Au contraire il y a inversion à 1010 m d'altitude où les résultats, qui, lors du premier inventaire, montraient une faible densité, accusent une nette remontée lors du second inventaire.

Pour ce qui est de ce deuxième inventaire de 1976 on trouve une homogénéité de nombre entre les semis des anciens et ceux des nouveaux carrés à cette altitude élevée de 1010 m. Il s'agit d'abord d'un sol plus profond ; peut être aussi qu'à une altitude plus élevée les jeunes semis sont relativement indifférents à l'abri que leur fournissent leurs aînés.

Il ne faut pas négliger aussi le fait qu'à cette altitude persiste une fraîcheur très favorable à la germination et à l'installation des plantules, ainsi qu'à leur développement, du moins durant les six premières années. Pour ce qui est des années au dessus de ce plafond d'âge, on reste quelque peu embarrassé devant le renversement des forces qu'indiquent les résultats au bénéfice du nombre des plants à 810 m. d'altitude ; ce nombre accuse 21,4 tiges de 1 à 17 ans/m2 au lieu de 14,1 tiges de 1 à 17 ans/m2 à 1010 m. d'altitude.

Toutefois, si on établit la liaison production des cônes - nombre de plantules et plants installés-le problème semble se clarifier. En effet, ainsi qu'on l'a déjà constaté au niveau de l'arbre isolé, de la forte production de cônes de 1973 a résulté une très forte installation de plantules représentant les 74 % d'un semis d'âges échelonnés sur six ans. (voir arbre n°3 page 92).

Ceci explique peut être le déséquilibre des données entre 810 m et 1010 m dans les semis de 1 à 6 ans où l'année 1973 aurait largement prédominé. Favorisé par cette fraîcheur précitée, cet accroissement de densité ne serait que fort justifiable.

Par ailleurs, une confrontation entre des résultats issus d'un plus grand nombre d'années ramène à une échelle plus véridique la différence qui existe entre ces deux altitudes. En effet on réduit ainsi les chances d'un écart anormal produit par une année exceptionnelle en faisant entrer dans le jeu un éventail de toutes conditions grâce à un plus grand intervalle d'années.

On retrouve d'ailleurs l'interprétation de ce fait dans le tableau n°20.

Ainsi que la production des cônes l'a nettement révélé, il y a existence d'une "périodicité" qui bien entendu se retrouve dans le semis installé. Les cas sont les suivants :

1./ Un fort semis naturel se retrouve tous les 3 à 4 ans semble-t-il.
2./ Les années de fort semis sont encadrées par des années de semis moyen ou faible.
3./ Les années avec absence de semis sont plutôt rares, comme les années de non production de cônes; elles ne suivent pas obligatoirement les années de forte production et de fort ensemencement.

Tableau n° 20. - COMPARAISON DE LA REGENERATION NATURELLE A DEUX ALTITUDES DIFFERENTES SUR LE MONT-VENTOUX.

Année d'inventaire: 1970.

Disp. n°	Alt. m.	Exp.	Pente	Nb. de tiges/10 m²	Années																
					69	68	67	66	65	64	63	62	61	60	59	58	57	56	55	54	53
1	810	S.S-E.	10°	214	9	3	9	59	13	1	49	5	0	2	29	2	0	1	4	0	3
2	1010	S.S-W.	11°	141	2	7	6	23	7	3	52	7	0	3	27	0	0	1	0	0	3

4./ Un fort ensemencement à cycle régulier se retrouve dans les différentes stations caractérisées par des conditions écologiques satisfaisantes.

Il apparut donc tout naturel de chercher à approfondir l'explication de la liaison entre la forte production des cônes de l'année 1973, du fort ensemencement qui en est résulté, et les conditions climatiques qui l'ontsuivi, favorisant l'implantation et le développement des semis.

On a vu, à la page 25 sur la dissémination des graines, que celle-ci s'est échelonnée sur six mois durant l'hiver 1973-74, de novembre à avril avec un maximum courant février. Ce mois de février a connu une précipitation extrêmement élevée (170 mm étalée sur 15 jours). En conséquence, ces graines, tous les deux jours environ, ont été largement arrosées ce qui a maintenu leur imbibition. Le froid, fidèle au rendez-vous, a très bien rempli son office de "levur de dormance", étant donné que durant treize jours courant février, et durant onze jours courant première quinzaine de mars, la température minima n'a jamais plafonné au dessus de 0°C.

Il nous faut aussi mentionner que des graines ont déjà été trouvées avec leur pointe de radicule, lors du maximum de la désarticulation, dans les pièges à graines du dispositif 84-07 du Mont-Ventoux.

Il faut préciser que mars et avril ont favorisé la germination, l'installation des plantules et leur développement radiculaire, grâce à une forte imprégation de la terre par des précipitations abondantes et régulières (mars : 101 mm avec 11 jours de pluie, avril : 102 mm avec 12 jours de pluie).

Les mois de mai et juin ont permis la continuation du développement radiculaire, point capital pour l'implantation du semis, grâce à des précipitations encore abondantes (72 mm avec 9 jours de pluie en mai et 77 mm avec 6 jours de pluie en juin).

Avec 626 mm de précipitations durant six mois (résultat qui avoisine le total des précipitations d'une année moyenne), avec les conditions thermiques appropriées à la saison, il n'est pas difficile de comprendre que les graines aient donné un semis touffu et solidement installé, chacune ayant pu largement trouver son compte de conditions favorables.

A cela est venu s'ajouter un heureux concours de circonstances puisque la suite de l'été 1974, loin d'être la saison sèche annoncée par la sécheresse de juillet, a corrigé sa courbe ainsi que le montre le diagramme ombrothermique (voir fig. n° 17).

Ainsi ce semis de 1973-74 n'aura même pas connu les tribulations d'un été chaud et sec susceptible, très souvent, d'entrainer des pertes considérables sur les plantules même bien enracinées.

Les précipitations de l'automne 74 (septembre 267 mm) furent encore bonnes. L'ensemble de l'année 1974 représente 1137 mm de pluie.

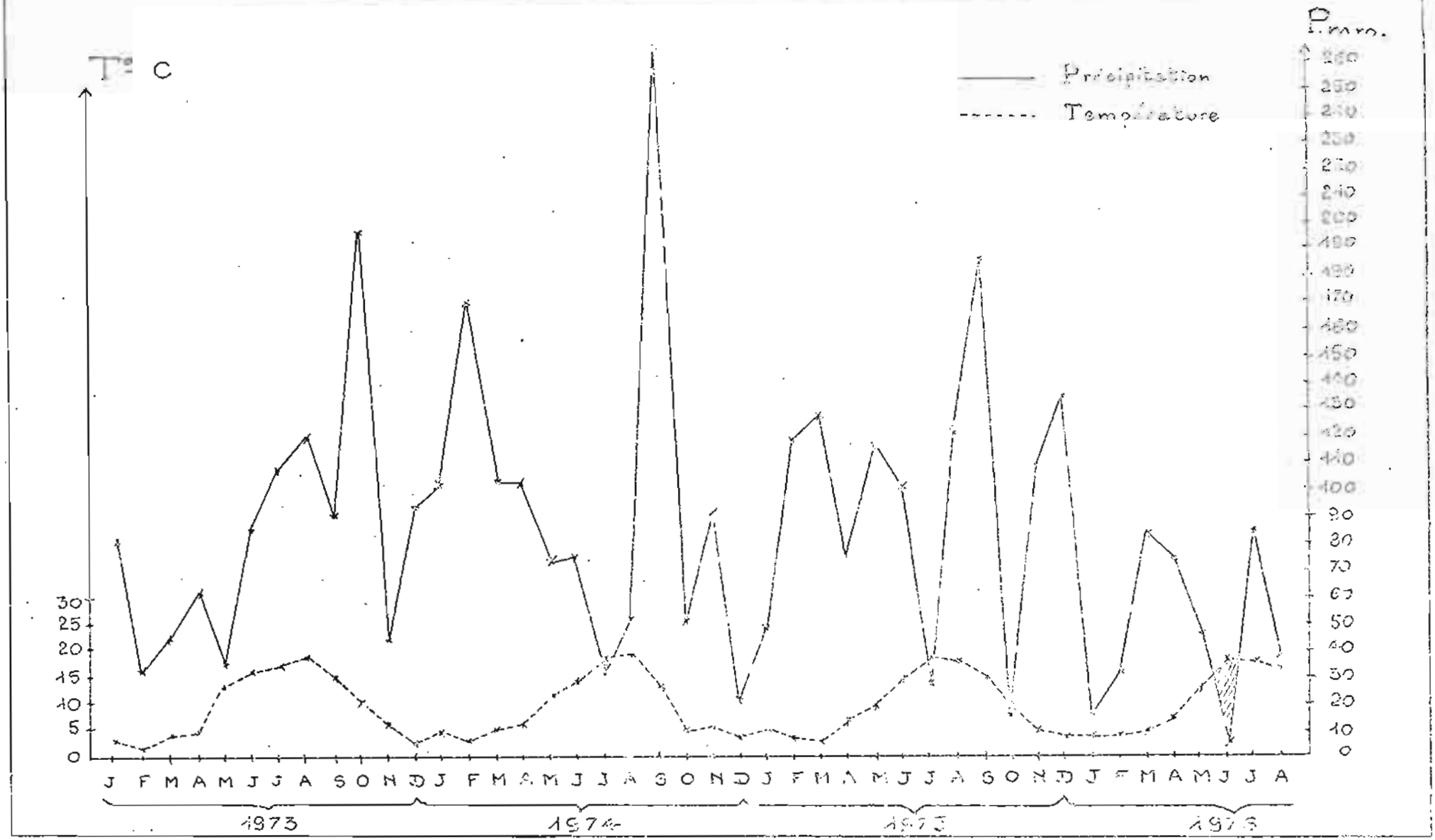
Les observations et les calculs effectués au Maroc sur les chances de survie des plantules (B. LEPOUTRE 1964) confirment les résultats obtenus en 1973-74 où fut mis en relief le rôle essentiel joué par les précipitations.

Cependant il est difficile de taire les doutes à propos du déclenchement de la germination : en effet, il est avancé, dans cette publication de haut intérêt, qu'une température supérieure à 10°C est indispensable pour déclencher la germination et assurer son maintien. Les essais "in vitro" effectués dans des chambres climatisées ont prouvé que cette germination se déclenche parfaitement à 4°C si l'imbibition des graines est assurée (A. ZAKI 1970).

D'autre part, des observations faites durant plusieurs années sur le Mont-Ventoux ont montré que lorsque la température maximale de janvier et février

Fig. nº 17 DIAGRAMME OMBROTHERMIQUE des ANNÉES 1973 À 1976

STATION BÉDOIN - MAUVALLA 1600m d'ALTITUDE sur le Mt VENTOUX



reste largement inférieure à 10°C durant 8 à 10 jours, la germination non seulement se déclenche mais accuse une croissance normale des radicules.

Par contre B. LEPOUTRE énonce très clairement que cette germination et sa survie dépendent étroitement du quotient pluviothermique (Qe), quotient qui doit être au dessus d'une valeur critique (L). C'est ce qu'a vérifié l'année 1974, bien au dessus de cette limite L. En consultant la fig. n° 17 p. 100, on s'aperçoit que 1976 est par contre nettement en dessous. Il en est résulté une régénération très faible d'autant que 1975-76 fut une piètre année du point de vue production de cônes.

5.1.2.4.- Observations sur l'implantation et la survie des plantules dans les deux dispositifs

Après l'abondance de fructification de 1976, on a constaté un nombre important de plantules installées dans les deux dispositifs cités dans les paragraphes différents.

Deux inventaires effectués en 1977, l'un au moment de l'installation des plantules, début mars, l'autre après l'arrêt de la végétation, courant octobre, ont permis de faire le bilan sur l'implantation des semis de 1 an, du printemps à l'automne. Voir tableau ci-dessous.

Dispositifs		Nombre de plants *	
N°	altitude m.	mars	octobre
1	810	14	8
2	1010	78	45

* 10 m2

Ces résultats concordent bien avec ceux de 1976 qui offrent aussi une réussite d'implantation et de survie à 1010 m beaucoup plus grande qu'à 810 m.

Il reste maintenant à expliquer pourquoi ces semis s'installent en nombre plus faible et se maintiennent plus difficilement à 810 m qu'à 1010 m. d'altitude.

En fait, de la période de sécheresse d'été résulte un pourcentage des disparitions de plantules à peu près identiques aux deux altitudes.

C'est au cours de l'implantation de la radicule, ainsi qu'en témoigne le tableau ci-dessus, que dépend la réussite d'un semis naturel.

Il est donc nécessaire que la radicule rencontre alors un sol souple dans lequel elle pénètre et s'installe. Aussi faut-il chercher la solution dans le fait qu'à 1010 m d'altitude, l'humidité persiste davantage qu'à 810 m et qu'avec des températures plus basses, l'évaporation est moins intense. Un grand nombre de radicules a le temps de bien s'installer avant le dessèchement de la surface du sol.

5.1.3.- RÉGÉNÉRATION SOUS PEUPLEMENT

Dans un peuplement, le semis naturel est lié à la densité et à l'âge du peuplement ainsi qu'à l'année climatique de la fructification. Les deux derniers points ont été suffisamment traités pour ne pas avoir à y revenir une fois encore. C'est donc le premier qui demande à être approfondi.

Tout comme pour la production des cônes, le semis est lié à l'importance de la fructification. À une bonne année de fructification correspond le plus souvent un semis abondant.

Toutefois, même le profane peut au cours d'une promenade constater que la brosse de semis est beaucoup moins fournie aux alentours du peuplement que sous le peuplement lui même. À quoi cela peut-il bien tenir d'autant que les jeunes semis "extérieurs" naissent dans des conditions apparemment les mêmes (altitude, sol, exposition, pluviométrie)? De plus, ils sont plus abondamment éclairés ce qui pour la croissance, est un facteur favorable supplémentaire.

Il n'est pas difficile de comprendre que le peuplement générateur apporte un complément extrêmement bénéfique aux semis qui doivent affronter la végétation concurrencielle, accapareuse aussi d'humidité et d'éléments nutritifs. En effet, le semis sous peuplement bénéficie non seulement de la litière des semenciers mais aussi de toute élimination de végétation concurrencielle (Photo n° 17 p.103) et les racines des grands cèdres ne sont pas des concurrentes.

Le Laboratoire de Taxinomie et Ecologie végétale de la Faculté des Sciences de St-Jérôme l'a démontré (M. MAZADE et R. NEGRE 1973) par ses expériences, tant en laboratoire que sur le terrain (Petit-Lubéron) : le développement des plantules de Cèdre se déroule avec une surprenante vigueur et une survie assurée sur la litière de la cédraie quand la lumière toutefois ne manque pas (nos expériences à ce sujet seront énumérées dans le paragraphe concernant l'influence de la litière sur la régénération naturelle p.103) et que l'éclairement n'est pas trop fort non plus.

Si on se réfère à l'étude de N. AKREMI (1976) on comprend le rôle bénéfique joué par la structure et par les éléments en décomposition de la litière, fournisseur de la nutrition d'une part, captatrice de cette humidité si nécessaire à la germination, à l'implantation, à la survie, au développement des plantules d'autre part (voir photo n° 18 p.103).

Néanmoins il est aisé de constater que le très jeune semis toujours abondant n'est pas, à coup sûr, accompagné d'une brosse aussi fournie de plants plus âgés. C'est que, lorsque la densité du peuplement dominant est trop forte, il en résulte une frondaison trop épaisse faisant un tel écran à la lumière que cette dernière ne peut pénétrer jusqu'à la litière pour assurer le développement normal des jeunes plantules.

5.1.4.- INFLUENCE DE LA LITIÈRE SUR LA RÉGÉNÉRATION DU CÈDRE

Il est bien connu que l'association Sapin - Epicéa entraîne un effet bénéfique tant sur la régénération du Sapin que sur celle de l'Epicéa, alors que la monoculture Sapin ou Epicéa n'offre pas de conditions favorables à cette régénération.

Il s'agit pour l'essentiel de l'effet antigerminatif de la litière d'une espèce donnée pour les semis de cette même espèce.

On a cherché à savoir si le Cèdre était tributaire de la présence ou de l'absence de sa litière et pour ce, on a fait des observations dans les nombreux massifs abritant plusieurs générations successives du cèdre avec une litière importante.

Si, au départ, le Cèdre, mêlé à d'autres essences, surtout feuillues, a trouvé pour ses semis naturels un mélange de litière favorable, il finira par devenir l'essence unique du peuplement, de par son pouvoir d'élimination des autres espèces; ses semis ne souffrent pas de sa propre litière puisque sa régénération puissante ne cesse de s'installer.

Il faut donner ici des exemples concrets résultant de nos observations et qui tendent à prouver non seulement que la graine de Cèdre germe et que la plantule se développe parfaitement dans son milieu naturel, mais que la présence de la litière est nettement favorable pour la germination des graines de Cèdre.



Photo n° 17. — Forte abondance de jeunes plantules de 4 mois dans la litière d'une cédraie traitée en futaie régulière à l'état dense. (Mont-Ventoux).

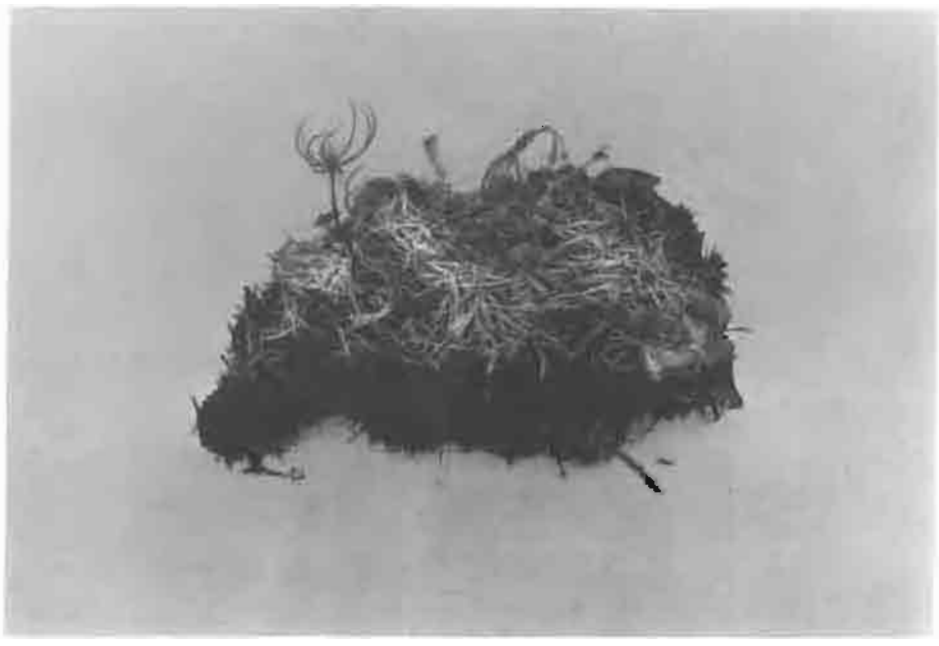


Photo n° 18. — Forte épaisseur de la litière favorisant l'installation des plantules.
La décomposition de cette litière est rapide.

1./ En 1970 on a repéré sur le Mont-Ventoux différents placeaux de 1 m2 de surface, ensemencés courant décembre par une forte abondance de graines. Leur répartition était telle qu'il en fut trouvé sous les semenciers dépourvus de lumière comme dans les clairières très ensoleillées.

En décembre on a remarqué que les graines étaient gonflées et que chez bon nombre d'entre elles pointait leur radicule, piquée dans la litière donnant l'apparence, avec leur aile, d'un petit drapeau.

Au moment de la deuxième observation, début février, on a retrouvé ces placeaux transformés et porteurs d'innombrables plantules avec déjà leurs feuilles cotylédonnaires déployées, ou bien encore garnies de l'enveloppe des graines semblables à une coiffe refermée.

La troisième observation, courant mai de la même année, apporte la certitude d'un semis installé malgré les mauvaises conditions climatiques (mais de courte durée) puisqu'on retrouve la quasi totalité des plants de février.

2./ Dans la cédraie de Marcilly (Aude), on a repéré deux placeaux en 1971, dont l'un en plein soleil, dans une petite trouée, et l'autre sous peuplement, donc en plein couvert.

Il faut préciser que dans ces deux cas, la litière était identique puisque la petite trouée n'avait été faite que récemment à la suite de la disparition de quelques arbres. Le sol se trouvait donc ainsi bien éclairé mais tout aussi jonché d'aiguilles (arbres disparus + arbres environnants) que l'autre placeau en plein couvert. Les deux étaient fortement ensemencés et porteurs de plants de 1 à 5 ans.

Chaque année on a effectué un inventaire des plants et on a constaté qu'en pleine lumière il n'y a eu qu'une mortalité de 5 % durant 3 ans alors que sous couvert cette mortalité atteignait 99 % : le responsable de cette "fonte" de semis pourrait ainsi être le manque de lumière.

3./ Dans la pépinière de la Station d'Avignon on a effectué régulièrement des semis de cèdre dans le but de tester en pleine terre la faculté germinative des graines expérimentées in vitro.

Le premier semis date de 1969. Auparavant il n'y avait pas de cèdre sur ce terrain d'expériences. On a alors constaté que la levée du semis et le développement des plantules ont été très longs ; les plants accusaient une "carence" avec leur couleur jaune, vert très pâle. Il semblait y avoir différentes causes possibles (pourcentage très élevé de calcaire actif, terrain très argileux, manque de mycorhize).

Etant donné la complexité du problème on a pensé remédier à cette "carence" par apport de litière venant de la cédraie du Mont-Ventoux.

L'effet sepctaculaire ne se fit pas attendre : rapidité de germination, accroissement rapide de plants bien verts.

Depuis cet apport de litière, les semis de cèdre réussissent bien dans les mêmes bâches. Il est indéniable qu'avec la litière il y a eu, entre autre, apport de mycorhizes nécessaires au bon développement des jeunes cèdres (B. BOULARD 1957 - B. LEPOUTRE 1964), mais il est fort possible aussi que les produits minéraux ou organiques de la décomposition des litières tel que l'acide oxalique (R. NEGRE et al. 1972) aient eu une influence positive.

5.2.- ESSAIS DE SEMIS EN MILIEU NATUREL.

Pour mieux cerner la germination et l'installation des plantules en milieu naturel on a jugé bon d'y effectuer des semis artificiels et d'en observer le déroulement.

C'est ainsi que l'on a choisi d'installer un dispositif dans le secteur de Mauvalla entre 900 et 1000 m. d'altitude sur la face Sud du Mont-Ventoux à proximité d'un poste météorologique, fournissant les données climatiques (pluvio-

métrie, températures minima - maxima et du sol). *

Le dispositif concerne des semis effectués sur trois natures de terrain différentes avec substratum identique, dans les mêmes conditions topographiques, avec trois répétitions de graines dans chaque modalité, à savoir : terrain sous-solé, terrain décapé et terrain sans travail du sol.

L'expérience a débuté en janvier 1976, s'est répétée en janvier 1977 et durant quatre mois, jusqu'en avril, on a effectué mensuellement les semis à la volée, sur une surface de 1m2 dans chacune des modalités; on a ainsi semé trois répétitions de cent graines, donc 900 graines par mois pour les trois modalités réunies, et 3600 graines au total durant toute la période d'essai.

Pour l'année 1976 le matériel-graines provenait du jeune peuplement de 45 ans dans lequel se trouve la place d'expérience 84-07 ; il s'agissait donc de graines bien connues par les tests réguliers que leurs consœurs avaient alimentés.

Ces graines conservées un an à 4°C présentaient en janvier 1976 une faculté germinative de 85 %. De plus il était souhaitable de les utiliser étant donné que l'année 1975 n'offrait qu'une très faible production, et de qualité médiocre. Un test de germination était effectué chaque mois avant le semis dont le résultat est consigné dans le paragraphe 4.4.3. "Conservation des graines à 4°C sans contact direct avec les éléments air-humidité" (p. 85). Pour l'année 1977 ce sont les graines récoltées la semaine précédant le semis de janvier qui ont été employées. Ces graines ont donné en laboratoire une faculté germinative de 93 %. Il serait très long et fastidieux d'analyser en détails l'état d'hydratation, germination et développement des plantules sur l'ensemble de l'expérience, aussi préfère-t-on donner ici une synthèse des résultats liés aux conditions climatiques. On donne dans le tableau n° 21 les données qui traduisent les nombres de plantules survivantes d'un mois sur l'autre puisque le contrôle de février par exemple porte sur le semis de janvier et ainsi de suite.

Le pourcentage du semis artificiel 1976 est extrêmement faible : 3 plantules survivantes sur 3600 graines semées ! Ce qui donne un peu moins de 1 graine sur 1000. Les 3 survivantes représentent 1 graine de janvier sur terrain décapé et 2 graines de février sur terrain décapé et sous-solé.

1977 offre un bien meilleur résultat dans chacune des modalités avec 123 plantules en survie pour le même nombre de graines semées, soit un peu plus de 3% de réussite, avec 64 plantules sur terrain sous-solé, 44 sur terrain décapé et seulement 15 sur terrain non travaillé.

Pour cette année 1977 comme pour 1976 c'est le semis de janvier qui donne de bons résultats ; quant à ceux de février ils sont très faibles. Enfin les semis de mars ne donnent qu'une plantule en 1977 et rien en 1976; : ceux d'avril un résultat nul.

Ceci est en corrélation avec les conditions climatiques qui sont beaucoup plus favorables en 1977 avec des précipitations considérables vis à vis de 1976, et des températures moyennes mensuelles plus élevées au moment de la germination, de l'implantation et du développement des plantules (tableau n° 22).

* Le poste météorologique a été installé et géré par le S.T.E.F.C.E. de l'I.N.R.A. de MONTFAVET (AVIGNON).

Tableau n° 21

RÉSULTATS DE SURVIE DES PLANTULES D'UN MOIS SUR L'AUTRE LOTS DE 100 GRAINES = 3600 GRAINES (AU TOTAL)

ANNÉE 1976

Dates de contrôle * *	TERRAINS											
	soussolé dates des semis				décapé dates des semis				non travaillé dates des semis			
	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Janv.	Févr.	Mars	Avril
Janvier	+				+				+			
Février	15	+			10	+			3	+		
Mars	0	16	+		2	20	+		0	0	+	
Avril	0	2	0	+	1	2	0	+	0	0	0	+
Mai	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Juin	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Juillet	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Août	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Septembre	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Octobre	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Reste	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0

ANNÉE 1977

Dates de contrôle * *	TERRAINS											
	soussolé dates des semis				décapé dates des semis				non travaillé dates des semis			
	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Janv.	Févr.	Mars	Avril
Janvier	+				+				+			
Février	36	+			26	+			35	+		
Mars	101	12	+		69	7	+		56	0	+	
Avril	87	80	0	+	43	49	1	+	50	3	0	+
Mai	66	6	0	0	37	8	2	0	20	0	0	0
Juin	61	3	0	0	36	7	2	0	17	0	0	0
Juillet	61	3	0	0	36	7	1	0	15	0	0	0
Août	61	3	0	0	36	7	1	0	15	0	0	0
Septembre	61	3	0	0	36	7	1	0	15	0	0	0
Octobre	61	3	0	0	36	7	1	0	15	0	0	0
Reste	61	3	0	0	36	7	1	0	15	0	0	0

\+ mois du semis

* * première semaine de chaque mois

TABLEAU n° 22 - DONNÉES CLIMATIQUES POUR LA PÉRIODE DE L'INSTALLATION DES PLANTULES

1976			1977		
	Température moyenne °C	Pluviométrie mm		Température moyenne °C	Pluviométrie mm
Janv.	4,0	15,5	Janv.	2,3	76
Fév.	3,9	31,5	Fév.	4,7	117
Mars	4,5	83	Mars	7,2	116
Avril	6,6	73	Avril	7,8	72
Mai	12,7	46	Mai	10	189
Juin	17,5	6	Juin	13,1	162
Juillet	18,1	83,5	Juillet	15,8	156
Août	16,6	39	Août	15	122

Il est bon de mentionner que le mois d'avril 1977 a connu trois semaines de sécheresse avant la précipitation de 72 mm; alors le nombre de plantules survivantes a considérablement diminué. En 1976 c'est entre la fin mars et le début avril que s'intercalent deux semaines de sécheresse qui seront fatales à la quantité déjà faible des plantules installées.

Ces deux années d'expériences vérifient d'une part, le rôle de la qualité des graines au moment du semis, et d'autre part celui des conditions climatiques au moment de la germination et l'implantation des plantules. L'humidité permanente du sol paraît indispensable à la phase initiale de l'installation des plantules.

De plus comme en témoigne le tableau n°23, l'état du sol est une cause non négligeable à la réussite de l'installation des plantules. En effet, le terrain soussolé avec sa structure aérée en profondeur permet à la radicule de la jeune plantule de pénétrer plus facilement. Le décapage donne un résultat plus faible dû probablement au fait que le terrain n'est travaillé que superficiellement et que la plantule rencontre des obstacles dans sa recherche de pénétration. Quant au terrain non travaillé, sa végétation trop touffue forme un écran à la graine qui n'arrive pas à établir assez vite un contact entre le sol et sa radicule. L'échec est d'autant plus évident dans cette expérience que le nombre de graines est réduit. En réalité si on rapporte ce nombre de graines à la qualité

annuelle de graines fertiles produites par les semenciers, cela représente la réussite visible et même spectaculaire des semis naturels sur terrain non travaillé, bien que le rapport entre la surabondance des graines semées et le nombre des radicules implantées reste faible.

Quant à la réussite sur terrain travaillé (sous-solé - décapé ou les deux conjugués) elle est la preuve qu'une telle méthode est applicable dans le reboisement méditerranéen, sans avoir pour autant à engager beaucoup de dépenses et d'efforts.

5.3.- LA SURVIE DES PLANTULES.

Le développement des plantules dans la nature dépend surtout de la bonne implantation du système radiculaire qui va s'enfoncer dans le sol à la recherche de l'humidité.

Dans le semis naturel une perte considérable est attribuée, même lorsqu'il s'agit d'un sol de nature favorable (éboulis calcaires), aux circonstances de surchauffement de la couche superficielle dans laquelle les racines sont arrêtées par les structures caillouteuses du substratum.

En effet, lorsque les racines butent sur des cailloux plus ou moins importants, ou sur des pierres plates, elles tentent de les contourner s'ils ne sont pas fissurés ; elles traversent les fissures quand il y en a, pour s'éloigner le plus possible de la couche superficielle réceptive aux variations de température intensive et gagnent les couches plus profondes qui leur procureront l'humidité nécessaire à leur survie.

L'arrivée de la sécheresse, entre la germination des graines et l'implantation profonde des racines, fait alors son oeuvre de destruction.

On a mis ce fait en évidence en extrayant délicatement en novembre 1974 des jeunes semis installés durant l'hiver 1973-74. Les parties aérienne et racinaire ont été mesurées au mm près, tout en vérifiant que les racines étaient extraites avec la coiffe.

La longueur et le profil de leur racine témoignent des conditions climat et sol réunis dont dépendent décès ou survie ainsi que le démontre le tableau n° 23 ci-dessous :

TABLEAU n° 23 - SURVIE ET DÉCÈS DES PLANTULES EN FONCTION DES CONDITIONS EDAPHIQUES

n° du sujet	Etat de survie		Longueurs		Remarques sur l'environnement
	vivante	décédée	tige cm	racine cm	
1	+		4,0	16,1	dans une fissure
2		+	2,1	9,0	sur pierre
3	+		2,5	2,5	terre + cailloutis
4		+	2,2	1,3	dans le vide
5		+	3,0	12,0	sur pierre
6		+	2,5	9,0	sur pierre
7	+		4,8	16,0	terre meuble
8		+	2,6	13,0	sur pierre
9	+		3,7	15,0	fissure avec terre
10		+	3,0	10,0	racine attaquée
11	+		1,6	14,0	terre + cailloutis
12		+	1,5	10,2	fissure vide
13	+		3,7	20,0	terre caillouteuse
14		+	3,1	15,3	pierre plate
15		+	1,8	8,5	fissure vide

Nota : + = plantule vivante ou décédée.

Il semble bien que la survie des plantules dépend de l'issue de la course entreprise entre la croissance de la racine et le phénomène sècheresse.

Lorsque la racine ne peut franchir que difficilement et lentement l'obstacle barrant sa route, elle diminue ses chances de gagner à temps l'humidité qu'elle recherche ; elle meurt.

En effet, tous les plants décédés ont trouvé la mort en butant sur une pierre ou en s'engageant dans une fissure vide de terre. Ces résultats obtenus sur le Mont-Ventoux sont tout à fait concordants avec ceux du Lubéron (M. MAZADE et R. NEGRE 1973).

CHAPITRE VI - CONCLUSIONS.

A l'issue du présent travail il convient de résumer brièvement les résultats obtenus.

A) Floraison - Fructification

1./ - Les observations successives ont permis de préciser les dates d'apparition des inflorescences mâles (fin juin) et femelles (fin août). C'est par conséquent après des durées de développement très différentes qu'elles parviennent à maturité vers la mi-septembre.

2./ - Mise en évidence de l'époque de fécondation par la recherche de l'apparition du tube pollinique. Celle-ci se situe fin mai - début juin de l'année N + 1. Il y a donc dissociation de la pollinisation et de la fécondation.

- pollinisation de l'automne de l'année N
- fécondation au printemps de l'année N + 1.

3./ - Au cours du développement des cèdres, l'apparition des premières floraisons mâles précède d'environ 3 à 5 ans celle des premières floraisons femelles. On peut attendre des fructifications vers 15-20 ans dans les meilleures conditions, tant sur sol cristallin que sur sol calcaire. Dans les conditions moyennes, elles débutent vers 25 ans environ et il y a déjà une régénération installée vers 30 ans.

4./ - Nouvelle méthode pour prévoir la production des cônes de l'année N+2. Il suffit de quantifier les inflorescences femelles à l'automne de l'année N ; ceci permettra, avec deux ans d'avance sur la récolte, d'obtenir une estimation approximative. Un comptage des cônes de dix mois, durant l'été de l'année N+1 donnera une estimation précise avec une anticipation de quatorze mois.

B) Désarticulation des cônes, dissémination des graines

1./ - Eclaircissement du processus :

a) de l'ouverture des écailles

b) de la désarticulation des cônes.

Pour le premier point, les facteurs déterminants sont la chaleur et l'humidité saisonnière et journalière.

Quant au second, qui découle étroitement du premier, il demande une forte imbibition des cônes suivie immédiatement de l'action gel-dégel.

La mise en évidence de ce dernier point ouvre une voie nouvelle pour la technique de désarticulation artificielle des cônes.

2./ - Relation entre la qualité des graines et l'année de leur production ; à une mauvaise année de production de cônes correspond une médiocre qualité des graines ; inversément, à une forte année de production de cônes correspond une bonne qualité des graines.

C) Dormance - conservation - germination des graines

1./ - Les graines de cèdre extraites des cônes de deux ans présentent une sorte de dormance plus ou moins profonde. Cependant celle-ci semble susceptible d'une levée, au moins partielle, en conditions naturelles. On l'observe notamment dans le cas de la récolte tardive des cônes, située juste avant la désarticulation naturelle, courant novembre. Il semble que plus la température est basse avant la récolte, plus la faculté germinative sera élevée.
Il faut récolter le plus tard possible, à l'automne.

2./ En conditions artificielles il est possible de lever la dormance des graines par un froid humide (-2° à +4°C) durant un minimum de trois semaines. Après ce séjour on constate un taux de germination élevé.

3./ - Une méthode intitulée "activation de la germination" consiste en une imbibition complète des graines jusqu'à l'apparition de quelques points de radicule sur un lot donné. C'est alors qu'on stoppe la germination par arrêt de l'imbibition. Dès ce moment les graines sont susceptibles d'être conservées selon deux possibilités offertes.

a) à -2°C à l'état humide

b) à +4°C après un ressuyage par aération durant 24 heures.
L'avantage de cette méthode est de stimuler et d'homogénéiser la faculté germinative lors d'une nouvelle imbibition. Ceci est extrêmement utile au niveau de la pépinière.

4./ - On a vérifié que la conservation des graines de cèdre n'ayant pas subi de prétraitement était possible malgré leur fragilité.

Après un an de conservation des résultats favorables de germination ont été obtenus dans les conditions suivantes :

- teneur en eau des graines inférieure à 10 %
- récipient hermétiquement fermé .
- température de + 4°C

Ces résultats sont en parfaite concordance avec ceux obtenus dans d'autres laboratoires.

5./ - La conception d'un système de germoir à alimentation d'eau continue, par capillarité des mèches, dérivéede la technique de JACOBSEN, facilite le test de germination; il permet de mener les graines germées jusqu'au développement des feuilles cotylédonnaires; ceci apporte une plus grande certitude quant aux résultats.

6./ - Des comparaisons de tests de germination conduits à la lumière ou à l'obscurité mettent en évidence l'absence de photosensibilité apparente des graines de cette espèce pour leur germination.

7./ - On s'est également attaché à étudier les conditions d'hydratation et de déshydratation des graines. Alors que la première phase est rapide, la deuxième nécessite beaucoup plus de temps ce qui est une garantie de survie des graines en conditions naturelles.

D) Régénération naturelle

1./ - Le repiquage des graines germées avec radicules courtes, longues, et des plantules avec cotylédons, donnent des résultats satisfaisants dans des conditions climatiques normales.

Les résultats semblent encore meilleurs si le repiquage est effectué dans des mottes en tourbe comprimée, conservatrice de l'humidité.

2./ - Une année de bonne production des graines engendrera une régénération naturelle à son image, malgré les conditions climatiques plus ou moins défavorables ; cela est dû à l'échelonnement de la désarticulation des cônes donc de la dissémination des graines.

Bien entendu à une faible production des graines correspond une faible régénération même si les conditions sont favorables.

3./ - La comparaison entre l'installation des semis naturels à deux altitudes différentes (810 et 1010 m.) sur la face Sud du Mont-Ventoux semble faire ressortir que les semis à 810 m. d'altitude apprécient la protection qui peut leur être fournie par leurs aînés ou par la végétation buissonnante ; par contre ceux installés à 1010 m. restent indifférents à l'abri; leur densité est aussi importante sous abri que sur terrain découvert. A cette altitude l'humidité persiste favorisant ainsi l'installation des plantules.

4./ La litière du cèdre dotée d'une grande facilité de décomposition, est extrêmement favorable à la germination des graines et à la survie des plantules si la lumière est suffisante.

Elle n'a donc pas un effet négatif sur la régénération du cèdre.

5./ - Dans les stations favorables la perte importante de graines en cours de germination, ou le manque de graines lors des mauvaises années de production de cônes, est à peine sensible au niveau de l'ensemble de la régénération compte tenu de l'importance de l'ensemencement lors des années de forte production de graines.

CHAPITRE VII - DISCUSSION

Dans un contrat D.G.R.S.T. pour une étude concertée du Cèdre, le coordinateur J. PARDÉ a visé comme objectif principal de préciser exactement les possibilités du Cèdre dans le Sud de la France.

En considérant la présence et le bon comportement du Cèdre et de sa régénération à l'étage du Chêne pubescent, on en a toujours déduit que seul cet étage convenait au succès de son développement.

C'est à cet étage d'altitude 600 à 1100 m que, sur la face Sud du Mont-Ventoux, on trouve une immense cédraie de plus de 800 ha qui s'est développée à partir d'un semis artificiel de 15 ha, noyau primitif, sans intervention humaine. C'est là un témoignage éclatant du bon comportement physiologique des arbres et de la vigueur de la régénération naturelle.

Il fallait mener cette étude pour expliquer la discordance qui existe entre la régénération abondante de ce massif en altitude et celle des reboisements à faible altitude ou en plaine.

Les observations et expériences étalées sur plusieurs années ont prouvé d'une part, l'étroite liaison entre la fructification et la régénération et, d'autre part, que la dépendance des différentes phases fructification-désarticulation-germination avec les facteurs environnants, facteurs climatiques surtout, avaient de larges retombées sur la réussite ou la non réussite des semis naturels.

La corrélation humidité-gel-dégel, nécessaire à la désarticulation, la persistance du froid indispensable à la levée de dormance des graines, l'humidité du sol pendant la période de l'installation des plantules sont les facteurs nécessaires à la régénération naturelle et par là même à la pérennité de la Cédraie.

Le contrat D.G.R.S.T. a soulevé les deux questions suivantes :

- peut-il y avoir une place pour le Cèdre dans d'autres zones que celle du Chêne pubescent ?

- est-il possible de descendre à l'étage du Chêne vert ou même à plus faible altitude encore ?

Pour répondre correctement à chacune d'elles, il faut chaque fois distinguer et définir avec précision le but que l'on veut atteindre. S'il s'agit d'esthétique, de couverture de sol ou éventuellement de production du bois, sans attacher d'importance à la pérennité du massif, on peut alors répondre affirmativement.

En effet, le Cèdre est actuellement présent à basse altitude et même en plaine et dans certaines stations d'exposition Nord, dans l'ensemble de la région méditerranéenne où il donne une croissance à l'image des conditions écologiques définies en dendrométrie par la notion de "classe de fertilité". En exposition Nord la croissance ligneuse peut même dépasser celle de toutes les autres stations existantes.

Pour ce qui est de l'assurance d'une bonne régénération naturelle, on doit soigneusement choisir des stations ou des micro-stations caractérisées par la bonne coordination des différents facteurs climatiques indispensables à l'exigence des différents stades de la reproduction.

Ainsi, la station de Belvézet assise dans la zone de Chênes verts qui connaît des conditions climatiques conformes à celles citées plus haut, reboisée il y a 20 ans, offre une fructification non seulement précoce, mais aussi des graines à faculté germinative élevée.

Par contre, les beaux Cèdres de nos parcs ou les bouquets de nos plaines, ne connaissent pas la régénération naturelle qui se heurte à l'absence d'une coordination des facteurs nécessaires à la désarticulation, à la levée de dormance des graines, à la germination.

Aussi, les arbres, quand ils portent des cônes les gardent-ils décolorés, les écailles largement ouvertes mais fermement fixées au rachis, pendant plusieurs années. Seuls quelques uns se désarticuleront, ceux qui, par chance, au moment de leur maturation rencontreront les conditions propices à leur désarticulation; ceci ne signifie pas pour autant l'installation d'un semis, aussi faible soit-il, puisque pour arriver à son aboutissement bien des étapes sont encore à franchir avec l'indispensable et opportun concours des facteurs climatiques.

Par conséquent on peut clore cette discussion en disant que le Cèdre est une essence rustique, résistante, qui peut s'adapter avec succès dans bien des conditions d'implantations. Par contre, sa régénération naturelle demande des conditions climatiques bien définies.

A N N E X E

RÉPARTITION ET DESCRIPTION DES CÉDRAIES ÉTUDIÉES.

Ces études ont été concentrées principalement sur le Mont-Ventoux, qui de par sa situation peu éloignée d'Avignon, facilitait les déplacements et permettait des prélèvements réguliers d'échantillons, des observations et des expérimentations.

La face Sud du Mont-Ventoux sur laquelle s'étale la cédraie, présente l'avantage de posséder tout un réseau de postes météorologiques gérés par le STEFCE de l'INRA de Montvafet fournissant ainsi les données climatiques nécessaires pour mener à bien une étude écologique.

Le substratum relativement homogène dans l'ensemble de la Cédraie a facilité la tâche de l'établissement des différentes relations.

Toutefois, il ne faut pas perdre de vue que le Ventoux "cédraie" est le représentant d'un seul type de sol, à savoir celui d'une roche mère calcaire fissurée avec éboulis ayant comme exposition principale le versant Sud et comme altitude moyenne 800-900 m.

Le principal objectif était de traiter l'ensemble des cédraies du Sud de la France et leurs problèmes de régénération. A cela, s'opposaient deux difficultés :

1) dans cet ensemble Sud-Méditerranéen, on trouve outre le sol calcaire deux types de sols très différents : cristallin, alluvions.

2) au point de vue altitude, il y a des peuplements, bien que de surface réduite, fort en dessous de la Cédraie du Mont-Ventoux.

Pour cette raison, il a fallu constituer tout un réseau de dispositifs expérimentaux à travers tout le Sud méditerranéen, sur des sols et sous des climats différents, dispositifs dans lesquels on a effectué trois séries d'observations et d'expérimentations :

- F = floraison - fructification
- R = régénération naturelle
- C = croissance.

Etant donné l'importance de ce réseau étalé sur dix neuf stations, dans huit départements différents, d'où l'éloignement de certains dispositifs de notre Centre (dispersion des Alpes à la Montagne Noire), il a fallu sélectionner les plus représentatives en fonction des conditions écologiques auxquelles elles étaient soumises.

Dans le tableau n° 24 est consigné l'ensemble des dispositifs avec les données générales qui les concernent (coordonnées géographiques, altitude, type de sol, âge).

Il s'agit de peuplements de surfaces plus ou moins importantes; mais, dans certains cas particuliers il a été jugé nécessaire d'adjoindre des stations formées simplement de bosquets ou de rangées d'arbres.

En effet, ces stations sont constituées surtout par des arbres très jeunes, 15 à 20 ans qui présentent une extrême précocité de floraison et de fructification.

Ex : Caunes Minervois
Graulhet
Courtine
Belvezet.

TABLEAU N°24 - CARACTÉRISTIQUES DES PRINCIPALES STATIONS ET DES ÉTUDES EFFECTUÉES

N°	LIEU	DEP.	Longitude Grade	latitude Grade	ALT. m.	SOL °	Age du peuplement en 1975	OBSERVATIONS ET EXPERIMENTATION °°		
								F	R	C
1	Saumon (près de Digne)	04	4,30 E	42,00 N	930	C	39	+	+	
2	Montagne de Lure	04	3,84 E	48,93 N	730	C	45	+		
3	Rialsesse	11	0,02 E	47,70 N	650	B	95	+	+	+
4	Marcilly	11	0,17 E	48,17 N	450	B	69	+	+	+
5	Veraza "La Courbatière"	11	0,05 W	47,74 N	270	B	47			+
6	Caunes-Minervois	11	0,22 E	48,14 N	203	A	18	+		
7	Saou (près de Crest)	26	3,05 E	44,62 N	453	B	45			+
8	Belvezet "chantier pilote"	30	2,22 E	44,02 N	300	C	18	+		+
9	Valleraugue "La Pieyre"	30	1,48 E	43,98 N	390	B	49		+	+
10	Lamalou les Bains (Ecr. Comb.)	34	0,76 E	43,44 N	880	B	49	+		+
11	Graulhet (Route Busque)	81	0,41 W	48,63 N	133	A	17	+		
12	La Verne - Ragusse	83	4,55 E	48,04 N	500	B	92	+	+	+
13	St-Maximin de la Ste-Baume	83	3,92 E	48,25 N	303	C	65	+	+	
14	Mont-Ventoux	84	3,22 E	44,06 N	880	C	45	+	+	+
15	Lubéron "Crête"	84	3,18 E	48,69 N	650	C	35	+	+	+
16	Cabrières d'Avignon	84	3,16 E	48,75 N	175	C	108	+	+	+
17	Lubéron "Trou du Rat"	84	3,09 E	48,65 N	370	C	18	+		+
18	Montfavet "Seignonne"	84	2,81 E	48,80 N	25	A	42	+		+
19	Courtine (près d'Avignon)	84	2,68 E	48,31 N	20	A	20	+		

° SOL : C = calcaire
B = cristallin
A = alluvion

°° OBSERVATIONS ET EXPERIMENTATION

F = floraison -fructification
R = régénération naturelle
C = croissance

Quant aux stations complètes où ont été effectuées les trois sortes d'observations et expérimentations -F, R, C - elles sont au nombre de 6 :

- RIALSESSE (Aude)
- MARCILLY (Aude)
- LA VERNE-RAGUSSE (Var)
- MONT-VENTOUX (Vaucluse)
- LUBÉRON (Vaucluse)
- CABRIÈRES D'AVIGNON (Vaucluse).

Il faut de nouveau insister sur le fait que le Mont-Ventoux était le groupe des stations principales et qu'il lui a été attribué un régime privilégié dans les visites et les relevés hebdomadaires.

Le Ventoux, de par l'existence de ses postes météorologiques, a fourni la totalité des renseignements climatiques nécessaires à l'étude phénologique.

Les autres stations n'apportant que des informations générales climatiques ont permis d'établir des comparaisons nécessaires à confirmer ou à infirmer les résultats de ces expériences.
Les mesures et observations n'en sont qu'à leur début.

Après avoir fait connaissance avec les divers processus de reproduction et de régénération de cèdre, on a pu définir chaque station en fonction de sa potentialité, ce qui a permis de peser leurs possibilités réelles.

Ainsi, on est en mesure de savoir si d'autres stations, placées dans des conditions identiques mais dépourvues de cèdres, seraient susceptibles d'être favorables à cette espèce.

Station n°1 Saumon (Près de Digne).

La jeune cédraie fut créée vers 1936. Ce peuplement peu dense offre des arbres branchus, fructifères depuis de nombreuses années, qui fournissent des échantillons de fleurs et de cônes depuis trois ans environ. On a effectué, tout comme dans d'autres stations, des observations sur la fécondation de l'ovule pour savoir si une altitude élevée pouvait avoir un rôle déterminant sur la date de ce phénomène.

Il n'y eut pas de différence notable entre le Ventoux et cette station au point de vue date de fécondation ; toutefois, on a relevé un nombre important de grains de pollen germés sur le même ovule, regroupement effectué assez précocement.

En 1976, donc à l'âge de 40 ans, ce peuplement n'a pas encore réussi à donner des taches de régénération naturelle.
En effet la fructification plutôt faible n'a jamais réussi à donner une production de cônes convenable même lors des années 1973, 1976 réputées comme étant des années de forte production dans les stations du Mont-Ventoux, du Petit-Lubéron, de Cabrières d'Avignon etc...
Il faut aussi souligner qu'il n'y a pas de vieux cônes restés sur les arbres sans avoir été désarticulés. Ceci est dû aux conditions climatiques, favorables à la désarticulation, à une altitude de 930 m.

Enfin on détermine par une observation d'importance non négligeable et qui a déjà été relevée, à savoir qu'une production faible en quantité s'accompagne toujours d'une qualité médiocre des graines : les graines de Saumon ont une faculté germinative peu élevée.

Station n° 2 Montagne de Lure.

Il s'agit d'arbres isolés, semenciers entourés de régénération naturelle, éparpillés sur une surface de plusieurs dizaines d'ha mais aussi d'une futaie de 4 ha, âgée de 60-70 ans, issue de quatre semenciers implantés vers 1880 sur la face Sud de la Montagne de Lure, en forêt communale de St-Etienne les Orgues à 730 m. d'altitude dans la chênaie pubescente.

L'ensemble de cette zone qui ne connaissait qu'un faible taux de reboisement en cèdre, voit croître l'extension de cette essence grâce à une régnération naturelle importante. En 1965, l'aménagiste a bien cerné cette question et a, dans ses projets, tenu compte des possibilités offertes par la régénération naturelle du cèdre. (J. SONNIER 1966).

Aujourd'hui, grâce à une facilité d'installation des semis naturels toute aussi grande que sur le Mont-Ventoux, l'ensemble de la Cédraie est en plein développement.

Pour cette station, on a aussi retrouvé une concordance très étroite avec les autres stations (Ventoux - Lubéron) pour ce qui est des observations sur les années de bonne et de mauvaise fructification. En effet 1973 et 1976 apparaîssent comme étant les années les plus abondantes alors que 1975 ressort comme une année extrêmement faible.

A cette altitude de 730 m la neige, en hiver, recouvre la cédraie par intermittence. A plusieurs reprises, courant janvier, des graines ont été trouvées sur la neige, bien germées offrant non seulement une radicule courte pour certaines mais très souvent une radicule assez développée. Ce phénomène prouve bien que la germination ne demande pas nécessairement une température élevée mais plutôt une levée de dormance par le froid et l'humidité pour son métabolisme.

Quant à la croissance des jeunes plants, elle s'apparente à celle du Mont-Ventoux de par le parallélisme des conditions climatiques et édaphiques. Les mesures effectuées épisodiquement, sans installation de places d'expériences, donnent une caractéristique de croissance lente jusqu'à l'âge de 8 ans (1 à 3 cm par an), plus élevée de 9 à 12 ans (5 à 10 cm par an), et plus forte de 13 à 25 ans (30 cm environ par an). Cette croissance est toujours nettement inférieure à celle qu'on trouverait sur une station à sol cristallin ou avec alluvions.

Station n°3 Rialsesse.

Sur cette station, le cèdre occupe environ 50 ha de forêt domaniale et plusieurs centaines d'ha, si l'on tient compte de son aire d'extension issue, en grande majorité, de plantations (H. BARRAULT 1919, ALAUX 1951).

En fait, ces renseignements sont ceux donnés par une vieille futaie régulière, où des observations ont été périodiquement effectuées sur la floraison, la fructification et la régénération naturelle. C'est de ce peuplement toujours, que furent retirées les informations mentionnées dans les différents paragraphes parlant de Rialsesse ; elles intéressent entre autre, l'absence de régénération naturelle due, d'une part à la faible production des cônes et à la mauvaise qualité des graines d'autre part, à une végétation herbacée et buissonneuse envahissante, et formant une épaisseur pouvant atteindre 50 à 80 cm. (ronces, clématites, garance, chèvrefeuille, grandes fougères), véritable obstacle à l'installation d'une régénération naturelle.

En relation avec ce facteur "sous-bois" précité, la prolifération de la faune nuisible aux graines diminue encore la chance d'une installation et d'une survie.

On a surtout constaté ce dernier point lors des observations des essais de semis artificiels sur des banquettes de terrain débrouissaillé et travaillé mécaniquement à l'intérieur du peuplement. Les graines semées à différentes époques ont disparu complètement après le semis, ou au cours de leur germination. Les très nombreux orifices de petits terriers témoignaient de la présence active et nuisible des petits rongeurs.

Malgré ces nombreuses causes énumérées ce peuplement n'est pas totalement dépourvu de semis mais ils sont très peu nombreux et très éparpillés.

Si on considère l'ensemble du massif de Rialsesse on rencontre d'autres peuplements sous forme de futaies jardinées à altitude plus basse où le cèdre est mélangé à d'autres essences telles que Pin noir d'Autriche, Pin laricio de Corse, ainsi que des espèces feuillues. Dans ce secteur, dit "l'Arboretum" à 400 m. d'altitude au dessus du village d'Arques, le cèdre offre une régénération naturelle bienvenante.

Cette situation favorable n'est pas uniquement due au mélange des essences dans le peuplement (certainement favorable par ailleurs) mais aussi et surtout à l'exposition Sud qui domine ce secteur.

Il faut aussi ajouter que le secteur du Col de Paradis, situé dans le même périmètre, est truffé de cèdres âgés de 30 à 40 ans nettement plus fructifères, et fournissant des graines aux qualité et faculté germinative bien supérieures à celles de la futaie sur exposition Nord.

Enfin, on doit préciser l'opposition "mauvaise fructification et qualité des graines - excellente croissance ligneuse", constraste si typique à la forêt de Rialsesse.

Il n'est peut-être pas inutile de préciser que cette forêt, quant au cèdre, se classe dans la 1ère classe de fertilité alors que celles du Ventoux et du Lubéron ne prennent place que dans la 3ème classe.(J. TOTH 1973 c).

Station n°4 Marcilly.

C'est là un secteur qui convient parfaitement à l'écologie du Cèdre ; ce fait n'a pas échappé à l'oeil perspicace des gestionnaires de l'Office National des Forêts.

Du point de vue implantation deux processus ont permis à cette essence de s'étendre sur plusieurs centaines d'ha : la plantation et le semis naturel. Pour le premier cas une pépinière travaillant avec les graines récoltées uniquement dans le secteur "minervois", assure la venue des plants nécessaires aux trans plantations. La réussite est parfaite.

Quant à la régénération naturelle, elle peut déjà conforter les espoirs en l'avenir, malgré l'âge assez jeune des semenciers : 51 ans en 1977. On a déjà cité l'installation de ses plantules dans le paragraphe 5.1.4. "Influence de la litière sur la régénération naturelle".

Il faut préciser ici que des taches de régénération sont installées surtout à la lisière ainsi que dans les trouées du peuplement où l'âge des semis s'étage de 1 à 19 ans.

Depuis trois ans on teste la faculté germinative des graines de cette station : les résultats sont assez hétérogènes si on tient compte des années climatiques et de la date de récolte des cônes.

La production très faible de 1975, pareillement aux autres stations d'ailleurs, a donné une faculté germinative des graines très faible. Il en fut de même pour les graines récoltées trop précocement lors des années 1974 et 1976 courant septembre. Cette faculté ne dépassait pas les 40 %.

Au contraire les récoltes effectuées courant janvier 1976 ont donné des résultats exceptionnels avec un taux moyen de 95 % (on a relevé un lot qui a donné 99 % de faculté germinative).

Voici les résultats de la production des cônes de 1977 et l'estimation de celle de 1978.

MARCILLY - FORÊT DOMANIALE DE VILLENEUVE-MINERVOIS

Dispositif n° 11-03 - 450 m. d'altitude. 568 arbres d'avenir/ha.

ANNÉES	Nombre d'arbres fructifères	Nombre de cônes par ha	Nombre de cônes par arbre
1977	106	1255	12
1978	258	6235	24

En comparant cette production 1977 et cette estimation de 1978 avec celles du Mont-Ventoux (voir paragraphe 3.4. p.45), il apparaît que le nombre de cônes à l'hectare est plus faible à Marcilly en 1977 alors qu'il sera plus élevé en 1978 que sur le Ventoux.

Pour ce qui est de la croissance juvénile, à partir des plantules, dans la régénération naturelle ainsi que dans les plantations, elle accuse un accroissement rapide et atteint déjà 40 à 50 cm sur la pousse de l'année, à l'âge de 10 ans.

Station n° 5 Véraza "La Courbatière".

Forêt privée de plusieurs centaines d'ha où le cèdre existe avec une grande dispersion. Cependant on peut distinguer deux parties principales :

1./ La Courbatière (voir tableau n° 24. p. n°116) peu loin d'Alet les Bains, à basse altitude.

Il s'agit là surtout des cèdres installés autour d'une maison forestière et présentant une affinité écologique avec ceux de Marcilly. C'est ici que l'on a trouvé des nombreux cônes restés sur l'arbre sans avoir désarticulé (N+3 et plus),

accusant le manque de réunion des conditions favorables pour ce phénomène.

2./ Un peu éloigné et à plus haute altitude, au dessus du hameau de Veraza, au lieu-dit "Alois" se trouve un véritable peuplement dense, proche de Rialsesse quant à la croissance. Il y a des semis naturels à partir de la lisière hors peuplement.

Pour l'ensemble de la station la relation "forte croissance - mauvaise qualité des graines" semble rester exacte.

Station n° 6 - Caunes-Minervois :

On a déjà cité cette station dans le paragraphe "âge de l'arbre-fructification" comme étant extrêmement précoce.

On donne ci-dessous le tableau récapitulant les observations faites durant 3 ans.

N° arbres	1974			1975			1976		
	Fleurs mâles °	Cônes °°		Fleurs mâles °	Cônes °°		Fleurs mâles °	Cônes °°	
		2 ans	3 ans		2ans	3ans		2 ans	3 ans
1	4	0	0	4	0	0	1	0	0
2	2	0	0	1	0	0	1	0	0
3	0	5	3	0	7	4	0	22	14
4	1	0	0	1	0	0	0	0	0
5	0	0	0	1	0	0	0	0	0
6	0	2	1	0	20	12	0	53	40
7	2	0	0	2	0	0	1	0	0
Moyennes		1			4			11	

On a deux observations importantes à mentionner pour la période 1974-76 :

1°) Ce sont toujours les deux mêmes arbres qui fructifient et donc ont accusé en 1976 une bonne production, à l'âge de 19 ans.

2°) Les sept arbres ont subi une forte attaque de pucerons au printemps 1976, attaque qui a entraîné la quasi-défoliation de l'ancienne frondaison.

Durant les trois mois printaniers (avril-mai-juin) les arbres ont consacré toute leur énergie à reconstituer leur feuillage ; ceci a considérablement retardé l'apparition des châtons mâles jusque vers mi-juillet, alors qu'on les observait déjà courant juin dans les autres stations.

De plus, leur nombre s'avéra très diminué ainsi que le montre le tableau.

Il faut cependant ajouter que malgré ces semaines de retard l'ouverture des châtons s'est faite en temps voulu et la pollinisation s'est déroulée normalement à la mi-septembre.

° notes d'abondance de 1 à 5

°° Nombre réel.

Quant aux inflorescences femelles produites en abondance, leur presque totalité a avorté entre octobre 1976 et juin 1977. Tout laisse à penser que la défoliation massive des arbres en est la cause. En effet les deux arbres, habituellement porteurs de cônes, n'en ont offert aucun en 1977 pas plus qu'ils n'en auront en 1978.

En ce qui concerne la désarticulation soumise à des conditions défavorables, le tableau révèle qu'un grand nombre de cônes se retrouve sur l'arbre à l'année N + 3; cela signifie que peu d'entre eux ont désarticulé.

Station n° 7 Saou (près de Crest).

Cédraie écologiquement proche de celle de Montfavet "Seignonne".
Le peuplement se trouve dans une vallée encastrée.
Ce sont surtout des arbres de lisière qui produisent des cônes.
La régnération naturelle est peu abondante et donne un échelonnement d'âges de 1 à 15 ans.

Station n° 8 Belvézet "chantier pilote".

Cette station se trouve en basse altitude (voir tableau n° 24), en pleine garrigue de chênes verts, chênes kermès avec quelques ilôts de chênes pubescents. La végétation arbustive se compose de buis, génévriers oxycèdre et de Phénicie, amélanchier.

La participation du Cèdre dans le reboisement représente les 5 % des 140 ha où il se disperse.

La roche mère est du Barrémien supérieur. Bien qu'elle soit superficielle, le travail de soussolage a apporté une compensation par l'infiltration d'eau et la pénétration des racines.

Un dispositif expérimental a été installé en 1971 pour suivre la croissance des arbres. Le nombre de tiges/ha est de 1214 et la hauteur totale moyenne à 18 ans, fin 1975, était de 4 m. La croissance moyenne annuelle sur les cinq dernières années, sur la hauteur, est de 43 cm.

Dans l'une des parcelles où il y a eu un travail du sol (soussolage avec bourrelets) quelques arbres fructifient depuis deux ans. On a trouvé en automne 1976 des cônes de 2 ans et des cônelets de quelques mois sur le même arbre. Il s'agit du commencement de la fructification dont le nombre d'arbres est très restreint.

Dans le paragraphe 3.2. "Âge de l'arbre - Fructification" on a déjà mentionné l'aspect de la précocité des châtons mâles de cette jeune station au début de sa fructification.

Depuis, on a effectué la récolte des ses premiers cônes de 2 ans, le 23 décembre 1976, cônes aux écailles grandes ouvertes, très souples ; bien ramollis par les fortes précipitations du mois de décembre et prêts à désarticuler sous l'action du froid régnant depuis quelques temps. (au simple toucher les écailles se détachent du rachis).

Voici le résultat de faculté germinative, obtenu tout récemment :

mise en germination) 20°C le 23 - 12 - 1976
arrêt de germination 23 - 01 - 1977
durée de germination : 4 semaines
faculté germinative : 89 %

Il en ressort que la faculté germinative est élevée, rapide grâce aux conditions climatiques (pluie - froid) ayant agi sur les graines en milieu naturel, ce qui avait permis de lever la dormance des graines (embryon) et d'obtenir un tel résultat, bien que les arbres n'aient que 19 ans en 76.

Station n° 9 Valleraugue "La Pieyre"

La cédraie de la Pieyre au pied du Mont Aigoual, issue d'un reboisement en 1926, regarnie en 1941, a trouvé sur ce sol cristallin un endroit propice à son développement.

Le massif homogène du versant Ouest offre une croissance identique à celui de Rialsesse ; par contre, aucune régénération naturelle ne s'est installée.

Quant à l'exposition Est, en face du massif cité, elle montre une magnifique régénération naturelle où s'étagent différentes classes d'âges parmi lesquelles on a relevé l'année 1973 comme étant celle d'où résultait la plus grande abondance. On retrouve la même chose au Mont-Ventoux.

Dans la vallée encaissée entre ces deux massifs, et de direction Nord-Sud, on note une bonne dissémination des graines ailéesdue non seulement à l'action du vent, mais aussi à d'autres facteurs qui véhiculent les graines très loin des semenciers; tels que les oiseaux par exemple.

En revenant sur la fructification, on remarque que ce sont surtout les arbres de lisière les plus fructifères.

L'année 1976 est également une très bonne année de production de cônes pour cette cédraie comme d'ailleurs pour la plupart des autres cédraies.
Par contre, 1977 était beaucoup plus faible.

Quant à la croissance juvénile sur la hauteur, sa moyenne annuelle dépasse les 50 cm sur les jeunes cèdres de 10 à 12 ans alors que leur hauteur atteint 2,50 à 3 m à cet âge.

Station n° 10 Lamalou les Bains (Ecri. comb).

Cette cédraie qui, initialement, a donné de très beaux résultats au point de vue accroissement, présente actuellement un tel dépérissement, qui se propage par taches toujours plus grandes, que le gestionnaire (O.N.F.)* a entrepris la substitution d'essence par le sapin méditerranéen introduit depuis trois ans déjà dans le peuplement.

La cause du dépérissement est extrêmement complexe. Toutefois les mauvaises conditions écologiques (roche mère dure et superficielle, racines à fleur de terre blessées par le piétinement, station très ventée) y sont pour une grande part.
La fructification est pratiquement inexistante ce qui exclut bien sûr toute possibilité de régénération naturelle.

* Office National des Forêts

Station n° 11 GRAULHET. Route Busque.

On a déjà mentionné cette station dans le paragraphe 3.2 -Âge de l'arbre-fructification, en soulignant la forte précocité de ces cèdres.

On communique ci-dessous le résultatdes observations effectuées durant trois années sur huit cèdres pris au hasard dans le bosquet.

N° d' arbres	1974			1975			1976		
	Fleurs mâles°	cônes °° 2ans	cônes °° 3ans	fleurs mâles°	2 ans	3ans	fleurs mâles	cônes°° 2 ans	cônes°° 3 ans
1	5	0	0	1	0	0	4	0	0
2	3	0	0	0	0	0	1	20	2
3	0	50	4	1	1	0	0	120	31
4	1	0	0	0	0	0	2	0	0
5	0	22	2	0	30	5	0	400	155
6	2	15	1	3	8	3	3	5	0
7	0	0	0	0	25	0	0	80	24
8	0	5	0	2	0	0	1	10	3
Moyennes		12			8			79	

° note d'abondance de 1 à 5
°° Nombre réel.

Les remarques suivantes résument cette sation :

1 - Dans de bonnesconditions, les cèdres commencent à fructifier avant l'âge de 16 ans et accusent déjà une forte production de cônes dès l'âge de 18 ans, c'est-à-dire en 1976, année de forte production des autres stations étudiées, surtout celle du Mont-Ventoux.

2 - Même sur le nombre d'arbres réduit, on peut constater que ce sont toujours les mêmes arbres qui occupent les premiers rangs de production des cônes, certains ne produisent jamais et d'autres n'offrent que des châtons mâles.

3 - Il reste toujours, à cette faible altitude, un certain nombre de cônes qui ne désarticulent pas à la fin de 2ème année et restent 3 ans au plus sur l'arbre.

Station n° 12 - La Verne - Ragusse.

Du point de vue floraison, fructification et régénération naturelle, cette station est nettement à mi-chemin entre le Mont-Ventoux et Rialsesse ; par contre, en ce qui concerne la croissance elle s'éloigne du Mont-Ventoux pour se rapprocher, à presque se confondre, avec la station de Rialsesse (J. TOTH 1973 b).

Résultat de trois générations successives, cette station connut l'introduction de ses premiers cèdres vers 1882. A la troisième génération, elle s'étale déjà sur une surface fort appréciable, 2 ha environ, composée de jeunes semis, gaulis et perchis.

La croissance de ces jeunes cèdres, très satisfaisante, qualifiée forte dans son ensemble, permet de classer les sujets en trois catégories:

catégorie	âge	pousse moyenne par an	croissance
1	1 à 5 ans	3 cm	lente
2	6 à 10 ans	15 cm	moyenne
3	11 à 20 ans	50 cm	forte

Les cèdres de cette dernière génération n'ont pas encore commencé à fructifier. En effet, dans cette station ils ne portent pas de châtons mâles avant 22 ans et de cônes femelles avant 25 ans. Néanmoins la deuxième génération montre une similitude complète avec les autres stations étudiées, quant à l'époque et à l'abondance de la fructification, surtout celle du Mont-Ventoux. En effet, à l'automne 1975 seules des plantules de deux ans ont été trouvées issues de la dissémination de l'hiver 1973-74.

Toutefois si la production des cônes dénote une affinité certaine au point de vue quantité avec les Stations Mont-Ventoux, Marcilly elle montre, en outre qu'il n'en est pas de même pour la qualité des graines.

La faculté germinative des graines originaires de la Verne-Ragusse est plutôt médiocre et assez proche de celle de Rialsesse sur l'ensemble des tests effectués.

Station n° 13 - Saint-Maximin la Sainte-Baume.

Il s'agit là d'un ilôt de cèdres en pleine extension, proche de la petite ville de Saint-Maximin la Ste Baume, sur le bas côté de la Route Nationale 7.

Comme caractéristique de cette station il faut citer :

- l'abondance de la fructification qui suit le même rythme de périodicité que le Mont-Ventoux et le Lubéron.
- le taux élevé de faculté germinative (récoltes de janvier durant deux années consécutives 1973 et 74 ont accusé une valeur de 80 %).
- la facilité de l'installation des plantules
- le pourcentage élevé de survie vue la bonne disposition des arbres permettant une pénétration de lumière optimum.

Station n° 14 Mont-Ventoux.

Il s'agit de donner ici des aperçus sur d'autres secteurs que ceux de la face Sud qui fut le champ des expériences et des observations de cette étude.

C'est le cas par exemple d'une belle plantation faite en 1936 sur les versants Nord et Nord-Ouest du Mont-Ventoux, en forêt domaniale de Malaucène et de Beaumont (P. CHABROL 1938).

Cette plantation progresse à vue d'oeil, en extension dans la vaste zone de chênes-pins, de 400 à 900 m. d'altitude.

Ces cèdres, de 40 ans en 1976, éparpillés sur une grande surface sont producteurs de cônes depuis quinze ans environ (vérification faite par analyse des jeunes sujets de semis naturels, déterminant ainsi l'âge, et par comptage des râchis sur quelques semenciers).

Là aussi, on a retrouvé la même image de fructification forte (1973 et 76), très faible (1975) que sur la face Sud et d'autres stations plus éloignées.

Etant donnés l'écologie différente de ce secteur de celle de la face Sud, la désarticulation s'effectue dans un temps plus réduit. L'enneigement plus homogène et persistant permet de voir les graines germer sur la neige et s'installer facilement durant la fonte des neiges.

Les parties Est et Nord-Est du Ventoux, appelées "Ventouret" sont également ornées de cèdres dans la zone de 1000 à 1200 m. d'altitude.

Il s'agit là, du bon résultat de l'action conjuguée de deux communes voisines, celles de Sault et d'Aurel. Les jeunes cèdres de ce secteur, issus de la plantation de 1958, portent déjà des inflorescences mâles depuis quelques années et vont arriver probablement sous peu à la fructification.

A altitude plus basse, 500 - 600 m., et avec une exposition Sud-Est on trouve un vaste secteur reboisé en cèdre depuis une dizaine d'années. Il s'agit du secteur Flassan, Villes sur Auzon, Blovac où les jeunes plants issus du reboisement côtoient les jeunes semis naturels.

On peut constater que le Ventoux, "montagne sacrée" de la Provence, a, grâce à une très heureuse initiative des forestiers du siècle dernier, trouvé avec le cèdre sa parure esthétique, protectrice surtout, ainsi que productive. Actuellement, dans cet ensemble de stations il est difficile de distinguer l'intervention de l'homme de celle de la nature ; de toute façon cela ne serait d'aucune utilité. L'important est que les deux actions s'interpénétrent totalement et réussissent complètement.

Station n° 15 Petit-Lubéron "Crête".

Il s'agit d'une large bande de quelques centaines de mètres, occupant la crête du Petit-Lubéron; c'est un fourré dense de jeunes semis installés autour des vieux semenciers. Dans certains endroits, les vieux semenciers ont été éliminés et leurs emplacements furent comblés par les jeunes semis naturels.

On constate une différence fondamentale entre le Lubéron et le Ventoux quant à l'extension de la régénération naturelle. En effet, ici, l'extension s'étale principalement dans la direction Nord, alors que c'est la face Sud qui donne une importante propagation sur le Ventoux.

La raison principale de cette discordance est sans doute due en grande partie au relief et à la végétation du Lubéron.

La partie Nord s'étale en pente douce avec des éboulis calcaires bien structurés, une bonne fissuration de la roche mère, une végétation éparpillée par tache et une humidité du sol satisfaisante.

Quant à la face Sud on y trouve des falaises importantes, des pentes abruptes ; le reste de surface accessible à une régénération est déjà colonisé par une végétation très dense. (chêne vert, amelanchier, Filaria etc...) En conséquence le semis naturel du cèdre ne s'installe pas.

Les recherches sur le Lubéron visaient la confirmation et la vérification des données obtenues sur le Mont-Ventoux en ce qui concerne la phénologie de la floraison et de la fructification, la désarticulation, la germination et l'installation des plantules.

Cet objectif fut facile à atteindre étant donnée la similitude écologique des deux milieux. Les résultats obtenus sur le Lubéron confirment parfaitement ceux du Mont-Ventoux. Toutefois il faut souligner quelques écarts, exceptions qui confirment la règle.

Dans certains secteurs du Lubéron, un incendie a sévi vers les années 1942-45 (pendant la dernière guerre) et a favorisé l'installation de semis naturels à densité très forte : 31,6 plants au m2.

Cependant les deux placettes de comparaison avec le Ventoux, visant à effectuer non seulement le comptage mais aussi à déterminer l'âge des semis en forêt communale de Ménerbes, ont donné une densité plus faible que celle du Ventoux. (placettes n° 3 = 7,8 sujets au m2 échelonnés de 1 à 18 ans, n° 4 = 8,6 sujets au m2.)

C'est la station du Lubéron "Crête" qui a permis de comparer la faculté germinative des graines issues d'un éventail d'âges de semenciers implantés dans le même espace réduit (microstation) et s'étalant de 40 à 100 ans en passant par 65 ans. La récolte des cônes a été effectuée toujours au mois de janvier (la désarticulation naturelle des cônes a déjà commencé en décembre).

Voci les résultats sur trois années consécutives :

Age d'arbres. ans.	Faculté germinative en % 1973	1974	1975
40	72	67	59,5
65	91	88	80,0
100	90	82	79,0

Station n° 16 Cabrières d'Avignon.

Station qui a toujours été considérée comme étant la plus mauvaise de la région méditerranéenne.

Au point de vue croissance, elle représente la 4ème classe de fertilité : la hauteur totale des cèdres à l'âge de 100 ans ne dépasse pas les 15 m. Malgré de mauvaises conditions écologiques, l'état de fructification est très satisfaisant et donne une abondante régénération naturelle. La fréquence des années de fructification est celle du Ventoux et du Lubéron.

Station n° 17 LUBÉRON "Trou du Rat".

Il s'agit là d'un bosquet à côté de l'ancienne maison forestière composé d'une vingtaine de cèdres, à basse altitude. Un phénomène de comportement dioïque très caractéristique ressort de ce bosquet. En effet, depuis trois ans, que des

observations y sont faites on a noté que deux arbres portent régulièrement des châtons mâles seulement et deux autres des inflorescences femelles uniquement.

La floraison a commencé à partir de l'âge de 16 ans.

On a fait le premier essai de germination sur les graines récoltées sur des arbres de 17 ans en 1974. La faculté germinative atteint alors 55%. A l'automne 1976, il y eut 43 cônes de 2 ans et 3 cônes de 1 an sur les deux arbres ne portant que des organes femelles.

Station n° 18 Montfavet "Seignonne"

C'est l'une des stations où beaucoup d'observations ont été effectuées étant donnée sa distance réduite de notre Centre. Cette station se trouve donc en plaine où malgré l'abaissement de la nappe phréatique l'ensemble de la croissance est très bonne.

Cependant, l'état de fructification y est mauvais; sur la trentaine d'arbres observés, on ne trouve que le 1/3 environ de fructifère et avec très peu de cônes. La désarticulation des cônes se fait très mal et il reste toujours de vieux cônes qui n'ont pas désarticulé : les conditions climatiques nécessaires à ce phénomène ne sont pas remplies.

En effet les moyennes annuelles des données climatiques d'une période de20 ans (1955-75) sont élevées.

Température minimale :	9,4°C		
maximale :	18,7°C	manque d'alternance	
moyenne :	14,1°C	de gel-dégel.	

Quant à la précipitation pour la même période, elle est de 673 mm annuels.

Ces facteurs jouent défavorablement sur la désarticulation. Pour ce qui est de la fructification, très faible, phénomène caractéristique des cèdres en plaine, on ne peut que formuler l'hypothèse qui présume de la mauvaise ambiance fournie par l'ensemble des conditions climatiques et édaphiques.

Aucune régénération ne s'est encore installée à cet âge de 43 ans ou d'autres peuplements sont déjà largement pourvus de semis naturels.

Sous peuplement, on trouve une forte épaisseur d'Hedera helix L. et autour du peuplement, une pelouse méditerranéenne sèche de Brachypodium pinnatum L. : Cette végétation n'est pas favorable à l'installation des plantules de cèdre. Des observations plus fines concernent la phénologie de la floraison et la quantification de la production des cônes malgré sa faiblesse.

Pour ce qui est du premier point on a des résultats sur trois années de 1974 à 1976 pendant lesquelles il y a une forte production de châtons mâles (sur 30 arbres,20 portaient systématiquement des châtons mâles ce qui fait 2/3 du total).

Le développement complet de l'inflorescence mâle est identique à celui du cèdre en altitude mais présente une précocité régulière en avance d'une semaine. Quant au deuxième point,la moyenne des cônes produite par arbre et par an est très faible : 4,4 cônes pour 1974, 0,5 cônes pour 1975 et 1,7 cônes pour 1976 sur 10 arbres fructifères. D'ailleurs, 20 arbres sur 30 ne portent jamais de cônes dans le peuplement.

Station n° 19 Courtine (près d'Avignon).

Cette station est assise dans l'élargissement du lit de la Durance, à 20 m. d'altitude donc en plaine, sur des alluvions. Il s'agit d'un "miniarboretum" rassemblant de nombreuses essences exotiques, et notamment les Cèdres de l'Atlas et de l'Himalaya, en plusieurs exemplaires.

Ces deux espèces vivant dans la même station (même âge), donc soumises aux mêmes conditions écologiques, ont permis de bien suivre les cycles évolutifs de la floraison.

Ainsi on a pu constater, en s'appuyant sur trois années d'expériences qu'il existe un écart considérable quant à leur floraison. En effet, sous ces conditions climatiques, le Cèdre de l'Atlas fleurit fin août, mi-septembre au plus tôt, alors que le Cèdre de l'Himalaya commence fin octobre, début novembre.

La pollinisation accuse par conséquent deux périodes différentes pour ces deux espèces. De plus, on a pu vérifier que le Cèdre du Liban donne sa floraison entre fin septembre début octobre (plus proche de celle de l'Atlas que celle de l'Himalaya.

Les observations furent confirmées par le piégeage des pollens effectué par le Laboratoire de Palynologie du C.N.R.S. de Montpellier, à la demande du Corps médical.

Leurs expériences nous ont prouvé, sans ambiguïté possible, qu'il y a trois périodes de dispersion des grains de pollen des cèdres. Cette dispersion est quantitativement proportionnelle à l'importante de la répartition des trois espèces dans les régions étudiées.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A.I.E.S. 1976.- Règles Internat. pour les Essais de Semences
Comptes rendus de l'Ass. Internat. d'Essais de Semences
Seed Science and Technology. pp. 557-743.

AKRIMI N., 1976.- Comparaison des litières de Cèdre du Mont-Ventoux et du Petit Lubéron. D.E.A. Université d'Aix-Marseille III. p. 26.

ALAUX A., 1951.- Historique du reboisement des Corbières
R.F.F. n°5 - p. 321

AUSSENAC G., 1966.- Observations sur la dissémination des graines chez Abies grandis. R.F.F. (6) pp. 431-434.

AYTUG B., 1961.- Etude des pollens du genre Cèdre (Cedrus L.)
Muséum Nat. d'Hist. nat. Vol III. n°1 pp. 47-54.

BARABITS E., 1956.- A cédrusokról (Les Cèdres) A Erdészeti és Faipari Egyetem Tudományos Közleményei. n° 1-2. Budapest. pp. 121-136.

BARBERO M., DU MERLE P., QUÉZEL P., 1976.- Les peuplements sylvatiques naturels du Mont-Ventoux (Vaucluse) Documents phytosociologiques. Fasc. 15-18. pp 1-14

BARRAULT H., 1919.- La forêt du Rialsesse. R.F.F. nov. pp. 739-754

BERLAND L., 1950.- Un Chalcidien phytophage : Megastigmus suspectus var. pinsapinis. Entomologiste, Tome 6 n°2 pp. 56-57.

BONNET-MASIMBERT., 1975.- La germination des graines de Pinus pinaster. I. Mise en évidence du rôle de la lumière. Ann. Sci. For. vol. 32 N°2 pp.93-112.

BOUDY P., 1950.- Monographie et traitement des essences forestières, in : Econ. For. Nord-Afr. Tome 2 fasc. 3. Larose Paris.

BOUDY P., 1952.- Guide du Forestier en Afrique du Nord. La Maison Rustique. Paris p. 505.

BOULARD B., 1957.- Etude des mycorhizes dans le genre Cedrus. Première contribution. Bull. Soc. Mycol. Fr. Tome 73. fasc. 3 pp. 225-244.

BOUVAREL P., et LEMOINE M., 1958.- La conservation par le froid des graines de résineux. R.F.F. n° 7. pp. 493-497.

CHABROL P., 1938.- Sur quelques essais de plantation à la mine de Cédre de l'Atlas en Vaucluse.
Soc. Forest. Franche-Comté pp. 468-471.

CHAMPAGNAT P., OZANDA P., BAILLOT L., 1969.- Croissance, morphogénèse, reproduction.
Biologie végétale Masson Paris
p. 510

CHAUDEY A., 1923.- Germination de la graine de Cèdre. R.E.F. Févr. pp. 64-68

CHAUDEY A., 1927.- Note sur le cèdre R.E.F. pp. 404-405

CHAUSSAT R., LE DEUNFF Y., 1975.- La germination des semences. I.N.A. Gauthier-Villars Paris p. 232

CHOUCHANI B., KHOUZAMI M., QUEZEL P., 1975.- A propos de quelques groupements forestiers du Liban. Ecologia Méditerranea Tome I. pp. 63-77.

CLAUZEL L., 1976.- La plantation à racines nues du Cèdre de l'Atlas R.F.F. n° 3 pp. 202-204.

CÔME D., 1969.- L'utilisation du froid dans la conservation et la levée de dormance des graines. Journée d'étude de l'Horticulture et des Pépinières, Février 69. p. 51-68.

CÔME D., 1970.- Les obstacles à la germination. Collection "Monographies de Physiologie végétale". Masson Paris p. 162

CÔME D., 1975.- Acquisition de l'aptitude à germer. Institut Nat. Agronomique. Collection P. Pesson. Gauthier-Villars. Paris. pp. 59-70.

DAVID R., 1962.- L'activation de la germination des graines du Pin maritime. Recueil des Travaux du Laboratoire de Biologie Végétale de la Fac. des Sciences de Bordeaux. Tome III pp. 1-8.

DEBAZAC E.F. 1964.- Manuel des Conifères E.E.F. Nancy p. 172

DE BRUN H., 1922.- Le cèdre au Mont-Ventoux et en Provence R.E.F. août. pp. 249-256.

DE JOANNIS J., 1921.- Les chenilles des cônes de cèdre. Bull. Stat. Rech. Forest. Nord Afr. 1 (6) pp. 187-199

DE MONCHY M., REYNIER M., 1926.- Les reboisements en cèdre et la propagation de cette essence dans l'inspection d'Avignon. Bull. Silva médit. III. n° 1 Firenze pp. 35-44.

DE MONCHY M., 1938.- Les reboisements en cèdre du Mt-Ventoux. Soc. Forest. Franche-Comté pp. 457-460.

DEMOYEN., 1864.- Récolte et emploi de la graine de cèdre R.E.F. Oct. pp. 349-353.

DUCAMP R., 1930.- A propos des cèdres introduits par de Jussieu R.E.F. pp. 530-533.

ESCHERICH K.(Von) 1939.- Die phytophagen Megastigmus, Arten (Chalcididae) als Zerstörer vonNadelholzsamen. Zeitschrift für Angervandte. Ent. Band. 25. Heft. 3. pp. 363-380.

EVENARI M., 1961.- A survey of the work done in seed physiology by the department of botany, Hebrew University, Jerusalem (Israel). Proc. Int. Seed. Test. Ass., 26,4,597-648.

FABRE J.P., 1976.- Extension du cèdre et risque d'attaques d'insectes. R.F.F. n° 4 pp. 261-269.

FAVRE-DUCHARTRE M., 1970.- Des ovules aux graines Masson et Cie. Paris p. 136.

FINLAYSON W., 1971.- Les forêts de Chypre et la Sylviculture Chypriote. R.F.F. n° 3 pp. 344-352.

FLAHAULT CH., 1934.- Les arbres exotiques en culture forestière. Les cèdres. Revue "Le Chêne" n° 38 Marseille. pp. 134-174.

FOURCHY P., 1954.- Un exemple de mise en valeur des taillis de Chêne pubescent au moyen du cèdre. "La Trouhaude". R.F.F. n°3. pp. 151-159.

GAUSSEN H., 1964.- Les Gymnospermes actuelles et fossiles. Fascicule VII. Genre Pinus, Cedrus et Abies. Fac. des Sciences. Toulouse pp. 295-320.

GOBERT J., PAUTOU G., 1969.- Contribution à l'étude botanique du Ventoux. Feuille de Vaison-la-Romaine (XXXI-40) Documents pour la carte de la végétation des Alpes. Tome VII. pp. 145-194.

GRANGE L., 1973.- Effet de la date de récolte des cônes de Pins maritimes sur leur teneur en eau et la faculté germinative des graines. R.F.F. n° 5 pp. 371-374.

GUILLIERMOND A., MANGENOT G., 1960.- Précis de Biologie végétale. Masson et Cie. Paris p. 1110.

GUINIER Ph., 1955.- En Provence. Réflexion Botanico-Forestières pour comprendre la forêt méditerranéenne. Soc. Forest. de Franche-Comté n° 8. pp. 391-412.

HADFIELD M., 1969.- The Atlas Cedar in England. Quarterly journal of forestry pp. 16-24.

HARRINGTON J.F., 1962.- The effect of temperature on the germination of several kings of vegetable seeds. XVI Intern. Hort. Cong. (Bruxelles), II. p. 435-441.

HEIT C.E., 1968.- Propagation from Seed. American Nursery-man. Sept. n°15 pp. 12-13 and 87-94.

HUSS E., 1967.- Long - term storage of Conifer seed. Stud. for. suec. Skogshögsk. Stockh. n° 46. pp. 59

JAHANDEZ E., 1921.- Les forêts de cèdres du Moyen Atlas. Revue "le Chêne" n° 17 pp. 1076-1084.

KOZLOWSKI T.T., HILLEL D., 1972.- Water déficits and plant growth. Vol. III. Chapitre 2. Soil moisture and seed germination. London. Academic Press. pp. 66-89.

KRUSSMANN G., 1966.- La pépinière. La Maison Rustique. Paris p. 342.

LEPOUTRE B., 1963.- Recherches sur les conditions édaphiques de régénération des cèdres marocains . Ann. R.F.M. Tome 6. fasc. 2. pp. 211.

LEPOUTRE B., 1964.- Suite d'observations sur la régénération du cèdre par taches. Ann. R.F.M. Tome 7. Rapport 1962-63. Rabat. p. 120.

LEPOUTRE B., 1964.- Premier essai de synthèse sur le mécanisme de régénération du cèdre dans le moyen Atlas marocain. Ann. R.F.M. t. 7. Rabat. pp. 57-163.

LEPOUTRE B., 1964.- Facteurs climatiques déterminant les conditions de germination et d'installation des plantules du cèdre. Ann. R.F.M. t. 7. pp. 21-54.

LOISEL R., 1968.- Phénologie du Pin pignon. Annales de la Soc. S.N.A.T.V. pp. 63-72.

MARION J., 1955.- La régénération naturelle du cèdre dans les cédraies du rebord septentrional du Moyen-Atlas occidental calcaire. Ann. R.F.M. 1953-54-55. fasc. 1. p. 149.

MARSCALL F., 1969.- Eine neue apparatur für die keimprüfung nach der Jakobsenmethode. Proc. Int. Seed. Test. Ass. Vol. 34. n°1. pp. 97-101.

MARTIN E., 1934.- Note sur le semis du cèdre en pépinière. R.E.F. pp. 777-779.

MATHIEU A., 1897.- Flore forestière Nancy. p. 705.

MAURY R., 1960.- Le reboisement de la forêt de Bédoin et son enseignement. A.E.N.E.F. Nancy t. XVIII fasc. 1. pp. 119-153.

MAZADE M., NÈGRE R., 1973.- Conditions écologiques d'implantation des semis de cèdre au Petit-Lubéron. Boletim da Sociedade Broteriana. Vol. XLXII. Nov. pp. 213-174.

NÈGRE R. et al., 1972.- Evolution de quelques constituants organiques des feuilles et des litières de Cèdre du Petit Lubéron. C.R. Acad. Sc. Paris, t. 274. pp. 3365-3367.

MOLINIER R., 1938.- La régénération du Massif du Lubéron. "Le Chêne" n°45 Marseille.

MOUGIN P., 1930.- Une essence de reboisement à propager : le cèdre. Bull. Soc. Forest. Franche-Comté. t. XVIII. n° 5 pp. 360-363.

MULLER C., 1971.- La postmaturation des graines d'Abies Nordmanniana. R.F.F. n°4 pp. 436-439.

MULLER C., 1977.- Conservation des graines de sapins. Bilan des recherches menées de 1966 à 1975. Doc. n° 5. Station d'amélioration des arbres forestiers. p. 48.

ORLANDINI M., BULARD C., 1975.- Principales caractéristiques de la germination des graines photensensibles de Pins ; Travaux Sci. du Parc. Nat. de la Vanoise. VI. pp. 95-114.

PARDÉ L., 1937.- Les Conifères - La maison rustique. Paris p. 308

PARDÉ J., 1976.- Le cèdre dans la zone méditerranéenne française. Soc. Forest. de Franche-Comté. Tome XXXVIII. n° 3. pp. 54-61.

PAVARI A., 1927.- Il Cedrus Atlantica in Italie. Silva méditerranéa. IV. Déc. pp. 8-15.

PERRIN M., 1958.- Sylviculture E.N.E.F. Nancy t. 3. p. 405.

PLAISANCE G., 1967.- Où voir des exotiques en France ? Le cèdre. La forêt privée. nov. pp. 67-73.

PONS A., 1964.- Contribution palynologique à l'étude de la flore et de la végétation pliocènes de la région rhodanienne. Thèse. Faculté des Sci. de Montpellier. p 548.

POURTET J., 1964.- Les repeuplements artificiels. Nancy. Ecole Nat. des Eaux et Forêts. p. 278.

PRAX J., 1961.- Observations sur le développement comparé de plantations de cèdre de l'Atlas au moyen de sujets à racines nues et de sujets élevés en tubes. R.F.F. n° 7. pp. 489-493.

PRIOTON J., 1958.- Note sur l'emploi des cèdres et des cyprès dans les reboisements de garrigues méditerranéennes. Ann. Soc. Hort. Hist. Nat. de l'Hérault. Montpellier.

PUJOS A., 1966.- Les milieux de la Cédraie marocaine. Ann. R.F.M. t. 8. Rabat. p. 283.

PUTOD R., 1948.- Les reboisements en pays méditerranéens par repiquages de jeunes semis. R.E.F. Sept. pp. 334-355 et Oct.-Nov. pp. 402-424.

PUTOD R., 1974.- Le reboisement en cèdre dans le Sud-Est de la France. Bull. Vulg. Forest. n° 8. p. 58.

QUEZEL P., PAMUKCUOGLU A., 1973.- Contribution à l'étude phytosociologique et bioclimatique de quelques groupements forestiers du Taurus - Feddes Rep., 84,3. pp. 185-229.

ROL R., 1965.- Flore des Arbres. Essences introduites. Maison Rustique. Paris pp. 26-29

ROLLIN P., 1975.- Le phytochrome et le rôle de la lumière dans la germination. Institut. Nat. Agro. Coll. P. Pesson. Gauthier-Villars. Paris. pp. 45-57.

SALVADOR M., 1926.- Monographie du cèdre dans le Midi de la France, Silva méditerranéa. III.1. Firenze. pp. 27-33.

SCHÖNBORN A., 1964.- Die aufbewahrung des staatgutes der Waldbäume. BLV. Verlagsgesellschaft. Munich. pp. 158.

SNEDECOR G.W., COCHRAN W.G., 1971.- Méthodes statistiques. A.C.T.A Paris. p. 649.

SONNIER J., 1966.- Gestion des Forêts communales dans les Basses-Alpes Occidentales. R.F.F. n° 7. pp. 488-511.

TESSIER F., 1900.- Le versant méridional du massif du Ventoux. R.E.F. pp. 65-140.

TISSAOUI T., 1975.- La dormance et la germination de l'embryon de Pommier (Pirus malus, L.) en relation avec l'oxygène, la température et le métabolisme des mononucléotides adényliques. Thèse. l'Université Paris VI. p. 108.

TOTH J., 1970.- Plus que centenaire et plein d'avenir le cèdre en France R.F.F. n° 3 pp. 353-364.

TOTH J., 1971.- Le Cèdre (Cedrus atlantica) B.V.F. n° 4 pp. 1-20.

TOTH J., 1972.- Historique du cèdre sur le Mt-Ventoux. Bull. Soc. Et. Sci. Nat. Vaucluse. pp. 51-75.

TOTH J., 1973a- Contribution à l'étude de la dissémination des graines de cèdre (Cedrus atlantica Manetti sur la face Sud du Mont-Ventoux. Doc. n°6. Station de Recherches Forestières d'Avignon. p. 31.

TOTH J., 1973b.- La cédraie de la Verne-Ragusse dans le Massif des Maures R.F.F. n°2 pp. 115-120.

TOTH J., 1973c.- Première approche de la production potentielle du Cèdre de l'Atlas dans le Sud de la France. R.F.F. n°5 pp. 381-389.

VIAL A., 1974.- La Cédraie d'Oppède dans le Massif du Lubéron (Vaucluse) R.F.F. n° 2. pp. 125-129.

VICQ 1938.- Notes sur le cèdre. Soc. Forest. Franche-Comté. pp. 461-467.

VAN CAMPO 1971.- Précisions nouvelles sur les structures comparées des pollens de Gymnospermes et d'Angiospermes. Palynologie et évolution. C.R. Acad. Sc. t. 272. pp. 2071-2074.

WANG B.S.P., 1974.- Tree-seed storage. Canadian Forestry Service Ottawa. n° 1335. p. 32.

YI. BG, 1976.- Croissance du Cèdre de l'Atlas (Cedrus atlantica Manetti) en relation avec quelques variables du milieu Languedoc-Roussillon (France). Thèse Université des Sciences et Techniques du Languedoc. Montpellier p. 193.

ZAKI A., 1970.- Premières études sur les phénomènes de dormance de la graine de cèdre et sur l'influence de différents facteurs à l'égard de sa germination. Ann. R.F.M. Tome 11. pp. 243-298.