



**Recherches sur la Régénération
du Pin d'Alep en région
Provence – Alpes - Côte d'Azur**

**ANALYSE DE LA REGENERATION DANS LES
COUPES ANCIENNES**

Etude réalisée grâce à la participation de la

Région



Provence-Alpes-Côte d'Azur

novembre 2005

ETUDE DE LA REGENERATION DU PIN D'ALEP

ANALYSE DE LA REGENERATION DANS LES COUPES ANCIENNES

Plusieurs études réalisées ces dernières années (**CRPF PACA 2002** : Bilan des Coupes du pin d'Alep réalisé en forêt privée de 1985 à 1998, **Guillaume D'HANENS** : La régénération de pin d'Alep, chêne vert et chêne pubescent 1997) ont montré les difficultés de régénération du pin d'Alep sous lui-même.

Différentes hypothèses ont été émises quant aux causes de ces difficultés (on peut citer notamment : densité des semenciers, station forestière, présence de taillis de chêne).

L'objectif de la présente étude, réalisée en collaboration avec l'**AFOCEL Sud-Est**, était de compléter en forêts publiques l'échantillonnage de l'étude réalisée par le CRPF en forêts privées et de quantifier le niveau de régénération actuelle dans ces parcelles ayant bénéficiées de coupes de régénération.

Après avoir sélectionné un certain de parcelles échantillons, le travail s'est déroulé en 2 phases :

- une première phase de **qualification du niveau de régénération** dans 36 parcelles représentatives des coupes de régénération,
- une deuxième phase de **quantification du niveau de régénération** dans 12 parcelles représentatives des 36 précédentes.

1 Première phase - Qualification du niveau de régénération dans 36 parcelles échantillons

1-1 Travail préalable : choix des parcelles

La prospection a consisté à rechercher, dans les catalogues de vente ONF de 1994 à 2003 des départements Vaucluse et Bouches du Rhône, les coupes de régénération. De plus, des parcelles en forêts privées ont été prospectées dans le Var et les Bouches du Rhône grâce à la coopérative.

Le tableau des parcelles issu de cette prospection est fourni **en annexe 1**.

Le tableau ci-dessous présente les résultats en forêts publiques.

Département	Coupe de régénération	Coupe d'amélioration	Autres coupes (Taillis/Jardinage/Taillis sous futaie)	TOTAL
13	31	84	2	117
84	22	21	3	46
Total	53	105	5	163

Ainsi, en forêts publiques, parmi ces 53 parcelles de régénération ont pu être sélectionnées 24 parcelles dans les départements du Vaucluse et des Bouches du Rhône pour réaliser l'étude qualitative.

En forêt privée (Var et Bouches du Rhône), 12 parcelles ont pu être sélectionnées.

1-2 Protocole de prise de données

Le premier passage a pour objectif de faire une évaluation visuelle de la régénération.

La fiche d'enquête (jointe **en annexe 2**) à renseigner fournit des éléments techniques de situation (topographie, exposition, géologie), de végétation concurrente et des travaux après coupe, de qualification du peuplement principal.

Ces éléments permettent de déterminer les facteurs explicatifs de présence, vigueur et densité de la régénération.

Celle-ci est appréciée sur la parcelle par le recouvrement estimé en % et sa répartition (homogène, de par taches).

L'âge et la hauteur des semis sont également notés.

A chaque parcelle, l'opérateur technicien forestier doit également répondre à la question globale : "La régénération est-elle acquise pour la parcelle ?".

1-3 Résultats principaux

Le tableau global des données récoltées au cours de l'enquête est fourni **en annexe 3**.

1-3.1 Pourcentage de parcelles avec régénération acquise

Régénération considérée comme acquise	Régénération considérée non acquise	Nombre de parcelles visités
58 %	42 %	36

Le résultat de visite des parcelles montre une régénération considérée comme acquise dans près de 2 parcelles sur 3. Ce résultat est tout de même moins catastrophique que ce qui est présagé ou décrit dans les études précédentes.

De plus, le tableau ci-dessous présente la répartition de la régénération sur les parcelles visitées.

1-3.2 Répartition de la régénération

% d'occupation du sol par la régénération	Diagnostic : Régénération comme acquise considérée		Nombre de parcelles
	Oui	Non	
0	0 %	100 %	6
0 – 25 %	61 %	39 %	23
25 – 50 %	100 %		4
50 – 75 %	100 %		3
	58 %	42 %	36

Seules les parcelles à recouvrement faible de régénération (inférieur à 25 %) sont considérées comme non régénérées. Dans ce cas, les parcelles ont une régénération peu présente mais seulement en lisière, ou par tache (voir tableau ci-dessous).

Recouvrement	Répartition	Diagnostic : Régénération considérée comme acquise		Nombre de parcelles
		Oui	Non	
0	Absente		100 %	6
0 – 25 %	Homogène	100 %		3
	Lisière	25 %	75 %	4
25 – 50 %	Taches	63 %	38 %	16
	Homogène	100 %		3
50 – 75 %	Taches	100 %		1
	Homogène	100 %		3
Total		58 %	42 %	36

1-3.3 Recherche de facteurs explicatifs

a) Age depuis la coupe

Il apparaît que la régénération du pin d'Alep s'étale sur plusieurs années après la coupe. Au fil des années, de nouveaux semis semblent apparaître.

Délai depuis la coupe	Diagnostic : Régénération considérée comme acquise		Nombre de parcelles visitées
	Oui	Non	
6 à 7 ans	65 %	35 %	23
4 à 5 ans	57 %	43 %	8
2 à 3 ans	33 %	67 %	6

b) Végétation concurrente herbacée

La végétation herbacée (incluant graminées principalement et dicotylédones) est un élément défavorable à la réussite de la régénération.

Pourcentage de recouvrement de la strate herbacée	Diagnostic : Régénération considérée comme acquise		Nombre de parcelles visitées
	Oui	Non	
0-25 %	83 %	17 %	6
25-50 %	62 %	38 %	16
50-75 %	60 %	40 %	10
75-100 %	0 %	100 %	4

Un test de KHI2 réalisé sur ce tableau de fréquence montre un effet très significatif de cette variable.

Les végétaux concurrents les plus souvent rencontrés sont le brachypode, le thym et l'apphillante.

c) Végétation arbustive basse

Il s'agit de la végétation de hauteur inférieure à 1 m de type chêne kermès, chêne vert, chêne pubescent, buis...

Pourcentage de recouvrement de la végétation arbustive basse	Diagnostic : Régénération considérée comme acquise		Nombre de parcelles visitées
	Oui	Non	
0-25 %	40 %	60 %	5
25-50 %	65 %	35 %	17
50-75 %	56 %	44 %	9
75-100 %	60 %	40 %	5

Cette variable semble peu influée sur la réussite de la régénération. Cci n'est pas facile à expliquer. En général cette concurrence ligneuse est assez défavorable au développement de la régénération.

d) Concurrence globale

La variable exprimée ici représente la synthèse de la concurrence estimée par la vision de l'opérateur descripteur au moment de la visite. Cette variable inclut la végétation concurrente herbacée, la strate arbustive basse et la concurrence des végétaux de taille plus haute (par exemple taillis de chêne vert).

Concurrence globale	Diagnostic : Régénération considérée comme acquise		Nombre de parcelles visitées
	Oui	Non	
forte	32 %	68 %	19
moyenne	86 %	14 %	14
nulle	100 %	0 %	3

La régénération est d'autant plus acquise que la concurrence est faible ou moyenne. Même en présence de concurrence forte, une parcelle sur trois est régénérée.

e) Contexte topographique

Nous avons analysé les facteurs expositions, contexte, topographique et pente.

Exposition	Diagnostic : Régénération considérée comme acquise		Nombre de parcelles visitées
	Oui	Non	
Nord	50 %	50 %	4
Est	50 %	50 %	6
Ouest	50 %	50 %	6
Sud	65 %	35 %	20

Les peuplements à expositions sud semblent avoir une meilleure régénération que ceux des autres expositions.

Topographie	Diagnostic : Régénération considérée comme acquise		Nombre de parcelles visitées
	Oui	Non	
Bas versant	60 %	40 %	10
Haut versant	55 %	45 %	11
Plateau	50 %	50 %	12
Vallon	100 %	0 %	3

A part pour les vallons qui semblent mieux se régénérer, les autres positions topographiques semblent ne pas influencer sur la régénération du pin d'Alep.

f) Autres variables mesurées

Nous avons analysé les variables “présence de rémanents” et “réalisation d'un broyage”

Rémanents	Diagnostic : Régénération considérée comme acquise		Nombre de parcelles visitées
	Oui	Non	
Présent	65 %	35 %	26
Absent ou décomposé	40 %	60 %	10

Dans la majeure partie des parcelles visitées, les rémanents sont encore présents. Cette variable ne semble pas influencer sur la réussite de la régénération.

Broyage réalisé	Diagnostic : Régénération considérée comme acquise		Nombre de parcelles visitées
	Oui	Non	
OUI	60 %	40 %	10
NON	58 %	42 %	26

La réalisation d'un broyage semble être assez neutre sur la réussite de la régénération. Aucun autre travail (de type crochetage) n'a été détecté lors de la visite des parcelles.

Aucuns des peuplements visités ne présentait de problèmes phytosanitaires.

1-4 Conclusion et préparation de la deuxième phase de quantification de la régénération

Cette première phase de qualification du niveau de régénération du pin d'Alep dans les coupes anciennes de régénération a permis d'afficher un niveau de réussite de près de 60 % des parcelles étant prévues à être renouvelée. Ce pourcentage est plus important que ceux exprimée dans les études précédentes mais celles-ci avaient échantillonné dans tous les types de coupe (amélioration et régénération).

Cette première approche a également permis de donner les informations suivantes :

- La régénération du pin d'Alep n'est pas immédiate et on peut penser que plusieurs années de fructification s'échelonnent et participent à la création de plusieurs ages de semis. Il faut donc être patient avant de diagnostiquer cette régénération. L'ordre de grandeur d'une dizaine d'années est recommandé.
- Les niveaux de concurrence faible influent favorablement sur la réussite de la régénération. Ce sont principalement les graminées et la concurrence des arbres souvent les taillis de chênes verts ou pubescents (lumière) qui nuisent à la bonne réussite des régénérations.
- Les peuplements en Exposition Sud semblent mieux se régénérer. Mais ceux-ci ont également moins de végétation concurrente.

A partir de ces 36 parcelles visitées, un sous échantillon de 12 parcelles a été sélectionné pour quantifier le niveau de régénération. On a échantillonné de façon à couvrir principalement les parcelles où un doute existe; c'est à dire celle où la régénération occupe un faible pourcentage de recouvrement (0 à 25 %).

Le tableau ci dessous montre le nombre de parcelle sélectionnées en fonction du nombre dans chaque catégorie répartition.

Diagnostic : Régénération considérée comme acquise	Répartition	Densité régé (% d'occupation)				Total
		0	0-25	25-50	50-75	
NON	absente	1 sur 6	1 sur 3	-	-	2 sur 9
	lisière	-	1 sur 3	-	-	1 sur 3
	taches	-	1 sur 3	-	-	1 sur 3
Total non		1 sur 6	3 sur 9	0	0	4 sur 15
OUI	homogène	-	1 sur 3	1 sur 3	1 sur 3	3 sur 9
	lisière	-	1 sur 1	-	-	1 sur 1
	taches	-	3 sur 10	1 sur 1	-	4 sur 11
Total oui		0	5 sur 14	2 sur 4	1 sur 3	8 sur 21
Total		1 sur 6	8 sur 23	2 sur 4	1 sur 3	12 sur 36

2 Deuxième phase– Quantification du niveau de régénération dans 12 parcelles échantillons et recherches de facteurs explicatifs

2.1 - Protocole - Echantillonnage

Douze parcelles ont été sélectionnées en fonction de leurs caractéristiques issues de la première phase de qualification du niveau de régénération.

Le protocole utilisé est issu d'un protocole standard ONF appelé "régénat" (cf annexe 4). Le principe de ce protocole est de mesurer la régénération sur une petite parcelle de 6 m² et dans le cas où celle-ci est vide, on étend la recherche et le comptage des semis à une surface de 60 m².

Dans le cas de la présente étude, du fait du très grand nombre de placettes de 6 m² n'ayant pas de semis, toutes les placettes ont été portées à la surface de 60 m².

Ont été mesurés sur chaque placette :

- le nombre de semis de moins de 50 cm de hauteur,
- le nombre de semis de plus de 50 cm de hauteur. Cette catégorie a été précisée car on peut considérer qu'à cette hauteur les semis ont un taux de mortalité moins important,
- le couvert du peuplement restant de pin d'Alep par classe de 25 %,
- le couvert des autres arbres de l'étage principal par classe de 25 %,
- le recouvrement en graminées - herbacées par classe de 25 %,
- le recouvrement en arbuste de taille inférieure à 2 m en précisant l'espèce principale par classe de 25 %,
- le recouvrement en arbres bas de 2 m à 4 m en précisant l'espèce principale par classe de 25 %,
- le recouvrement en rémanents par classe de 25 %,
- le recouvrement en rochers et de gros cailloux ($\square > 5$ cm) par classe de 25 %,
- l'exposition locale (4 pôles).

Ont été intégrés des données de niveau parcelle :

- l'âge du peuplement de pin d'Alep
- la durée écoulée depuis la coupe
- le volume/ha de la coupe
- le nombre/ha de la coupe
- le volume de l'arbre moyen de la coupe
- l'altitude moyenne de la coupe parcelle
- la réalisation ou non du broyage de la parcelle.

L'échantillonnage par parcelle est un échantillonnage systématique à maille carrée. La règle de base était de réaliser une quarantaine de placettes par parcelles.

Cet échantillonnage a été cartographié sous SIG (Système d'Information Géographique) et intégré au GPS.

Les opérateurs guidés par le GPS s'arrêtent précisément aléatoirement à l'instant où le GPS envoie un signal sonore. Cette méthode de cheminement a été difficile à mettre en place en début de campagne de mesure par des raisons de liaison entre les fichiers SIG et les fichiers GPS.

Ainsi, certaines parcelles ont été parcourues manuellement à l'aide de la boussole et du topofil.

Certains points des échantillonnages ont été exclus en arrivant sur le terrain car la coupe n'avait en réalité parcouru l'ensemble de la parcelle.

Une parcelle en FC Gargas a finalement été totalement exclue car le peuplement en bouquet comportait majoritairement du PIN MARITIME.

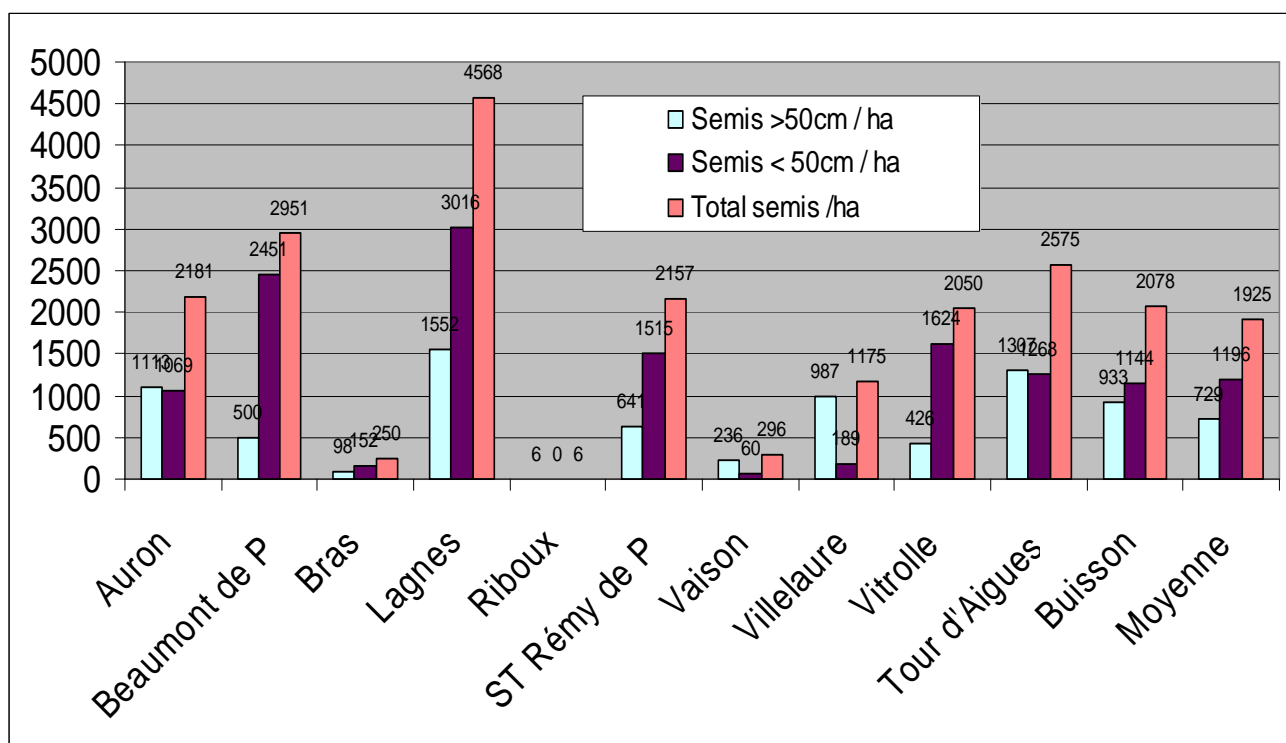
Finalement, **11 parcelles ont été parcourues en réalisant 375 placettes échantillons.**

2.2 – Densité à l'hectare et répartition

2.2.1 – Densité à l'hectare et répartition

Le tableau ci-dessous présente les résultats de densité à l'hectare de semis. On a également créé une variable de présence sur 6 m² à 60 m².

Forêt	placette de 6 m ²				placette de 60 m ²			
	nb sem>50cm/ha	nb sem <50 cm /ha	total nb sem / ha	Présence de semis sur 6 m ²	nb sem>50cm/ha	nb sem <50 cm /ha	total nb sem / ha	Présence de semis sur 60 m ²
Auron	882	686	1569	21%	1113	1069	2181	68%
Beaumont de P	285	1220	1504	10%	500	2451	2951	100%
Bras	76	0	76	5%	98	152	250	36%
Lagnes	1406	4010	5417	63%	1552	3016	4568	91%
Riboux	0	0	0	0%	6	0	6	4%
ST Rémy de P	505	1414	1919	33%	641	1515	2157	76%
Vaison	185	46	231	11%	236	60	296	28%
Villelaure	921	439	1360	32%	987	189	1175	53%
Vitrolle	310	853	1163	14%	426	1624	2050	100%
Tour d'Aigues	1140	2105	3246	47%	1307	1268	2575	76%
Buisson	889	1333	2222	40%	933	1144	2078	67%
Moyenne	613	1129	1742	25%	729	1196	1925	66%



La densité moyenne des semis sur les 375 parcelles est de 1 925 semis/ha dont 1 196 semis de taille supérieure à 50 cm.

La répartition a également été analysée : ainsi, sur les 2/3 des placettes, nous avons noté la présence d'au moins un semis.

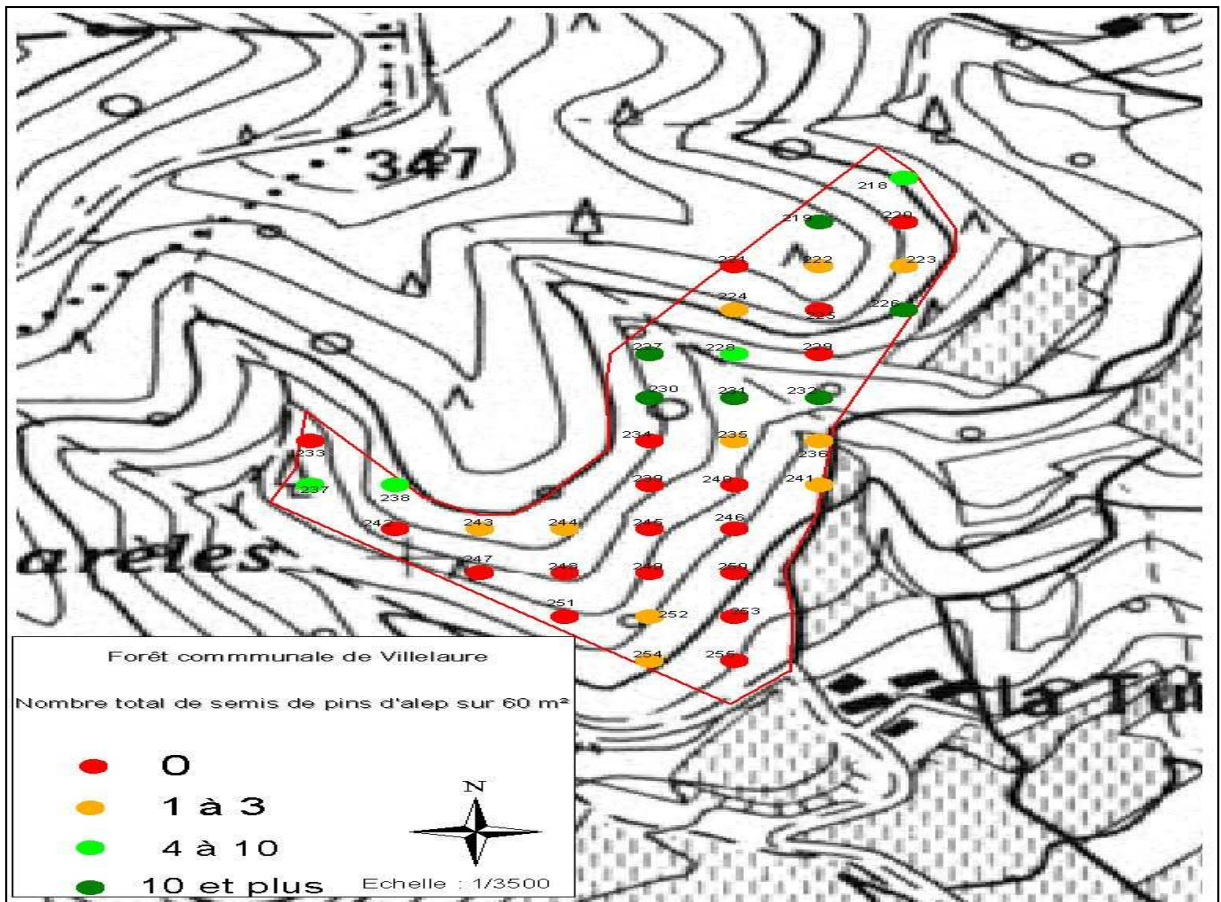
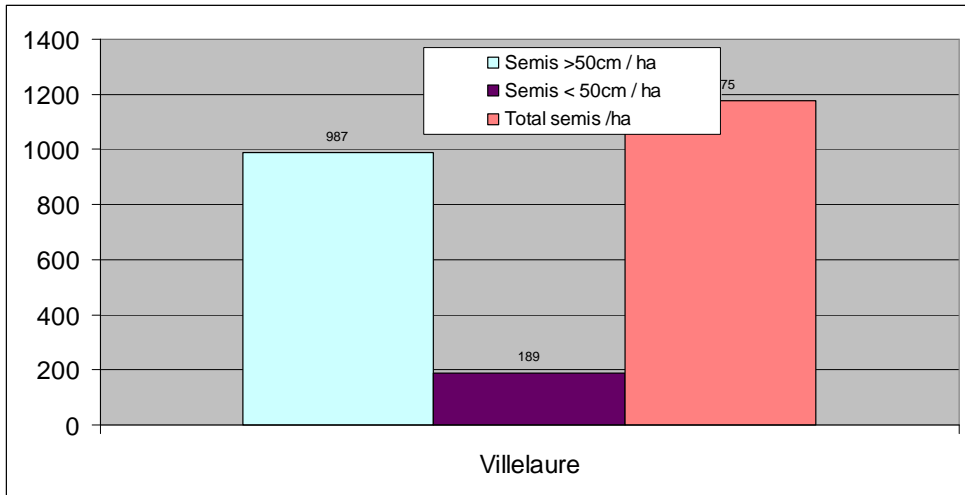
Semis totaux	Vide sur 60 m2	Entre 0 et 500 semis /ha	De 500 à 2000 semis /ha	plus de 2000 semis/ha	placettes non vides
Auron	32%	21%	15%	32%	68%
Beaumont de P	0%	10%	51%	39%	100%
Bras	64%	18%	18%	0%	36%
Buisson	33%	17%	27%	23%	67%
Lagnes	9%	9%	38%	44%	91%
Riboux	96%	4%	0%	0%	4%
ST Rémy de P	24%	30%	18%	27%	76%
Tour d'Aigues	24%	24%	26%	26%	76%
Vaison	72%	11%	14%	3%	28%
Villelaure	47%	26%	11%	16%	53%
Vitrolle	0%	40%	33%	28%	100%
Total	34%	20%	24%	23%	66%

D'après ces premiers éléments, on a pu conclure :

- l'excellente régénération de 3 parcelles de Beaumont de Pertuis, Lagnes, Vitrolles,
- la régénération acquise pour les parcelles de Aurons, Buisson, St Rémy de Provence,
- la très mauvaise réussite de la régénération par les parcelles de Bras, Riboux et Vaison la Romaine.

Le cas de Villelaure

Pour la parcelle de Villelaure, malgré une densité/ha de 1 175 semis (majoritairement < 50 cm), une analyse fine de la répartition des semis a été menée. Quand on regarde la cartographie, on observe que les semis sont concentrés dans des zones de talwegs et que les versants principaux ne sont pas régénérés.



On a donc conclu que la parcelle de Villelaure n'est pas régénérée.

2.2.2 - Conclusion

En comparant les tableaux d'échantillonnage et de réussite de régénération, on peut dire qu'il n'y a pas de différence quant au pourcentage de parcelles régénérées entre la 1^{ère} phase de qualification et la 2^{ème} phase de quantification.

- ⇒ Une parcelle considérée comme acquise du fait de mesures réalisées a été exclue de cette catégorie (c'est la parcelle de Villelaure).
- ⇒ une parcelle considérée non acquise a été repêchée par la méthode quantitative (St Rémy de Provence).

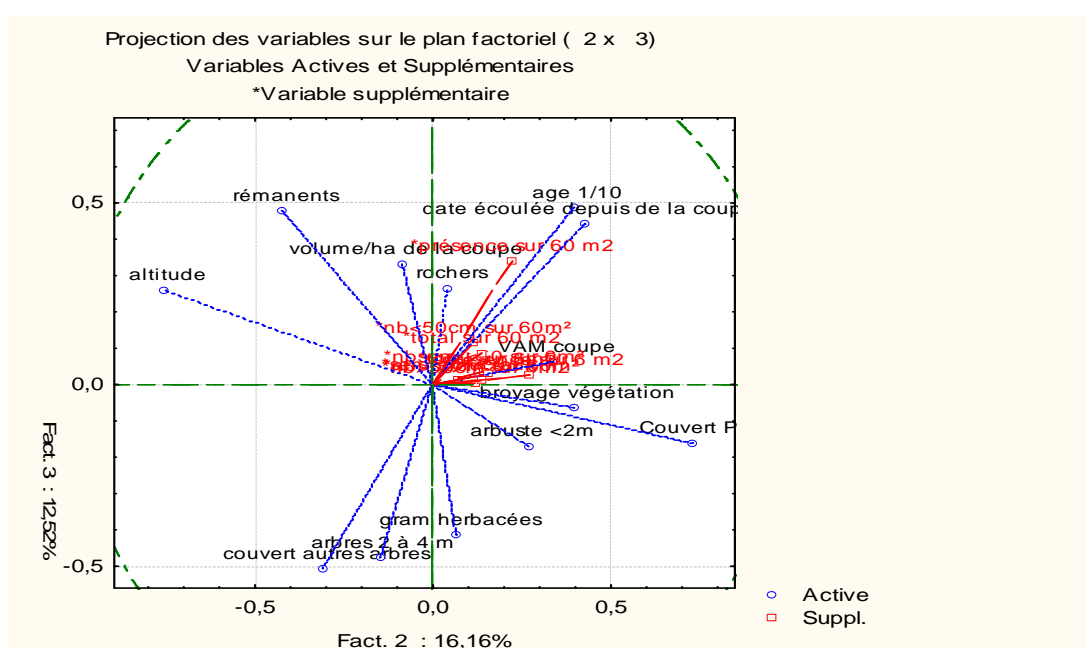
1 ère phase	Rec régé 1ère phase				Total
	0	0-25	25-50	50-75	
Régé considérée non acquise	17%	25%			42%
Régé considérée acquise		39%	8%	11%	58%

2 ème phase	Rec régé 1ère phase				Total
	0	0-25	25-50	50-75	
Régé non acquise	17%	16%	8%	0%	41%
Régé acquise		48%	0%	11%	59%

Villelaure

2.3 – Recherche de facteurs explicatifs

A partir des 375 placettes de comptage des semis, une analyse multivariable (ACP) a été réalisée pour essayer de déterminer les facteurs pouvant expliquer la réussite de la régénération du pin d'Alep.



Le tableau, établi sur les corrélations positives ou négatives simples, donne des informations complémentaires.

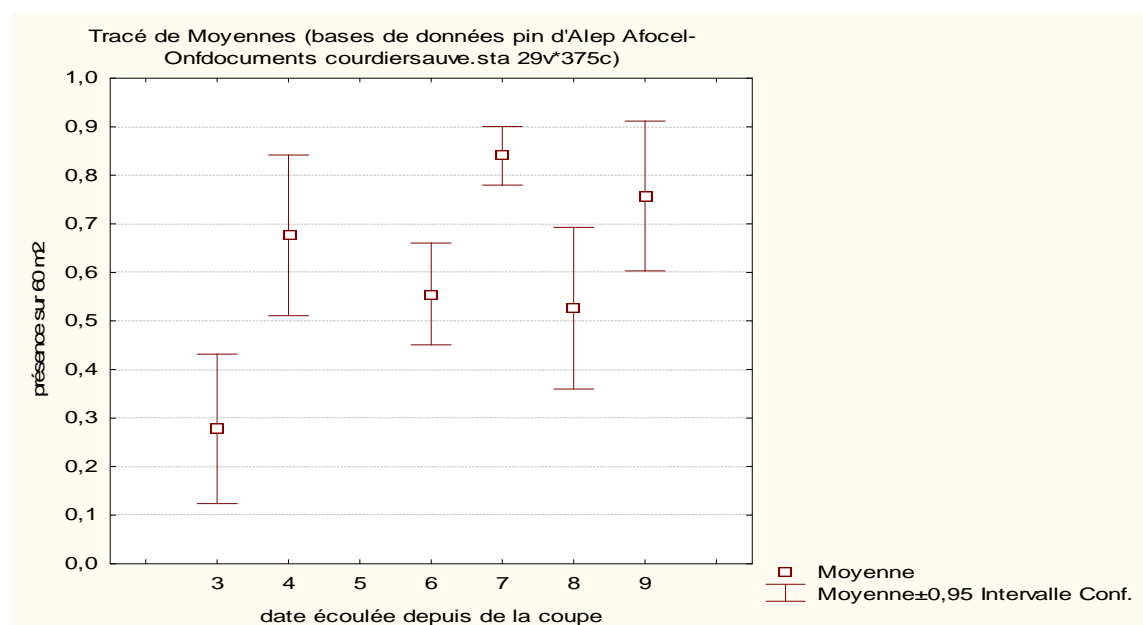
	Corrélations (bases de données pin d'Alep Afocel-Onfdocuments courdiersauve.sta Corrélations significatives marquées à $p < ,05000$ N=375 (Observations à VM ignorées)				
	nb sem >50cm	nb sem <50 cm	total semis	présence	semis cruciaux
Couvert PA	0,03	0,05	0,05	0,01	-0,02
couvert autres arbres	-0,09	-0,17	-0,16	-0,28	-0,08
age	0,10	0,15	0,15	0,38	0,05
gram herbacées	0,01	-0,10	-0,07	-0,13	-0,00
arbuste <2m	-0,00	-0,04	-0,03	-0,08	0,00
arbres 2 à 4 m	-0,03	-0,02	-0,03	-0,18	-0,11
rémanents	-0,11	-0,11	-0,13	-0,07	-0,05
rochers	-0,06	0,01	-0,01	0,08	-0,02
date écoulée depuis de la coupe	0,02	0,08	0,07	0,23	-0,05
volume/ha de la coupe	0,03	-0,02	-0,00	-0,03	-0,02
nb/ha de la coupe	-0,02	0,01	0,00	-0,01	-0,05
VAM coupe	0,05	-0,05	-0,01	-0,07	0,01
altitude	-0,13	0,00	-0,06	-0,02	-0,08
broyage végétation	-0,01	0,05	0,03	0,22	0,04

N.B. : Seuls, les coefficients de corrélations marqués en rouge sont significatifs.

Facteurs favorables

L'âge adulte (> 70 ans) du peuplement en place semble être un facteur favorable. En effet, les parcelles de Bras et Riboux très jeune (45 et 36 cm) n'ont pas de régénération.

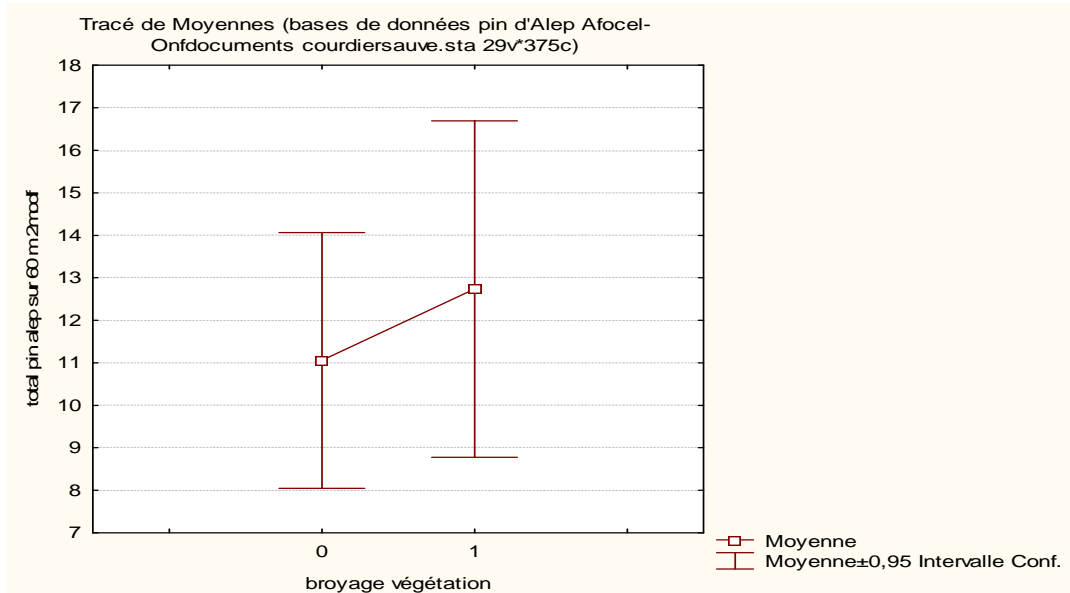
Date écoulée depuis la coupe



Un délai important écoulé depuis la coupe permet d'avoir une régénération plus complète. Les semis arrivent au fil du temps après la coupe. On peut penser qu'une dizaine d'années est nécessaire pour bien évaluer la réussite d'une régénération.

Broyage de la végétation

Le broyage de la végétation est favorable à la présence de semis. Cela permet a priori d'avoir une meilleure répartition dans l'espace (moins de placettes vides).



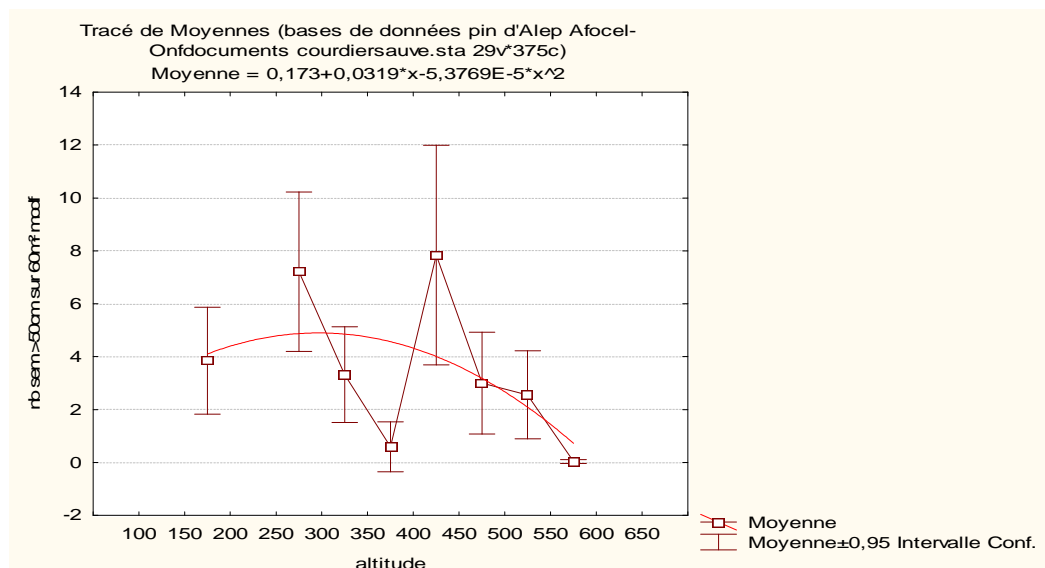
Facteurs défavorables

La concurrence du couvert des autres arbres (en général chêne vert ou chêne pubescent) est un facteur très défavorable à la réussite de la régénération. Cette information complète les données issues de l'étude "D'HANENS".

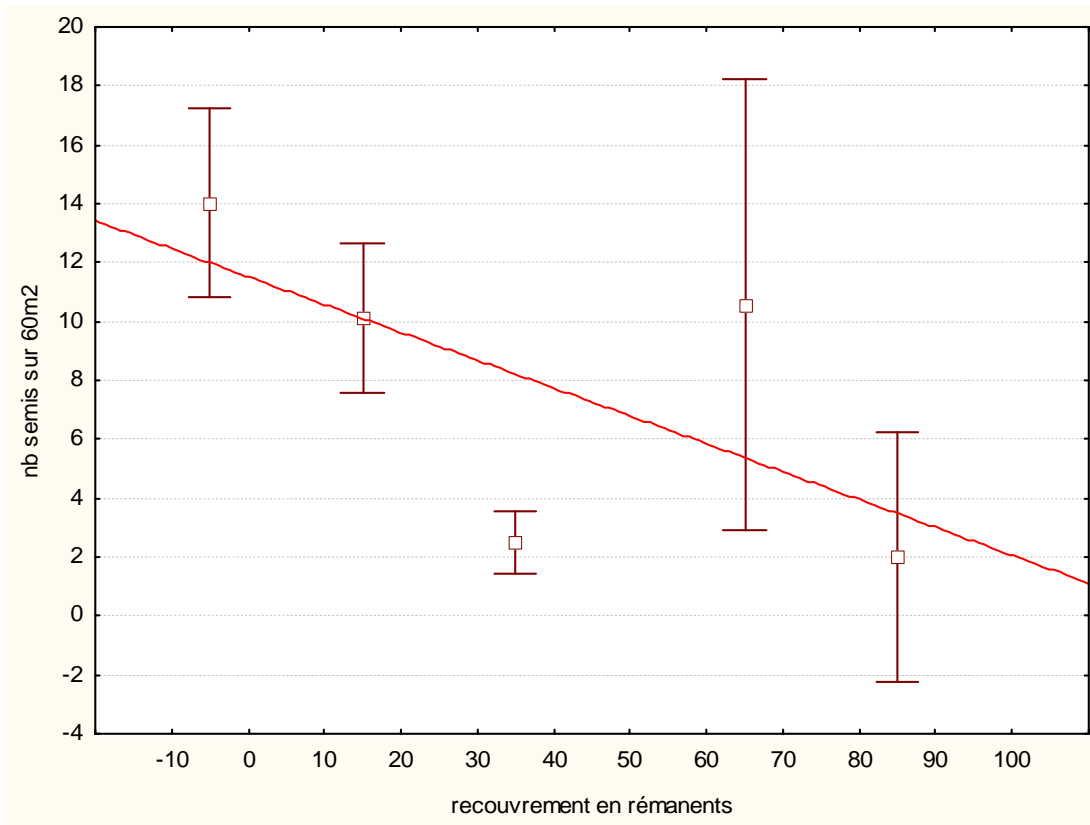
Le recouvrement en graminées - herbacées marque également un effet défavorable.

Par contre, le recouvrement d'arbustes bas ne semble pas influencer négativement sur la régénération. On peut penser qu'ils ont une croissance assez semblable à celle des semis de pins.

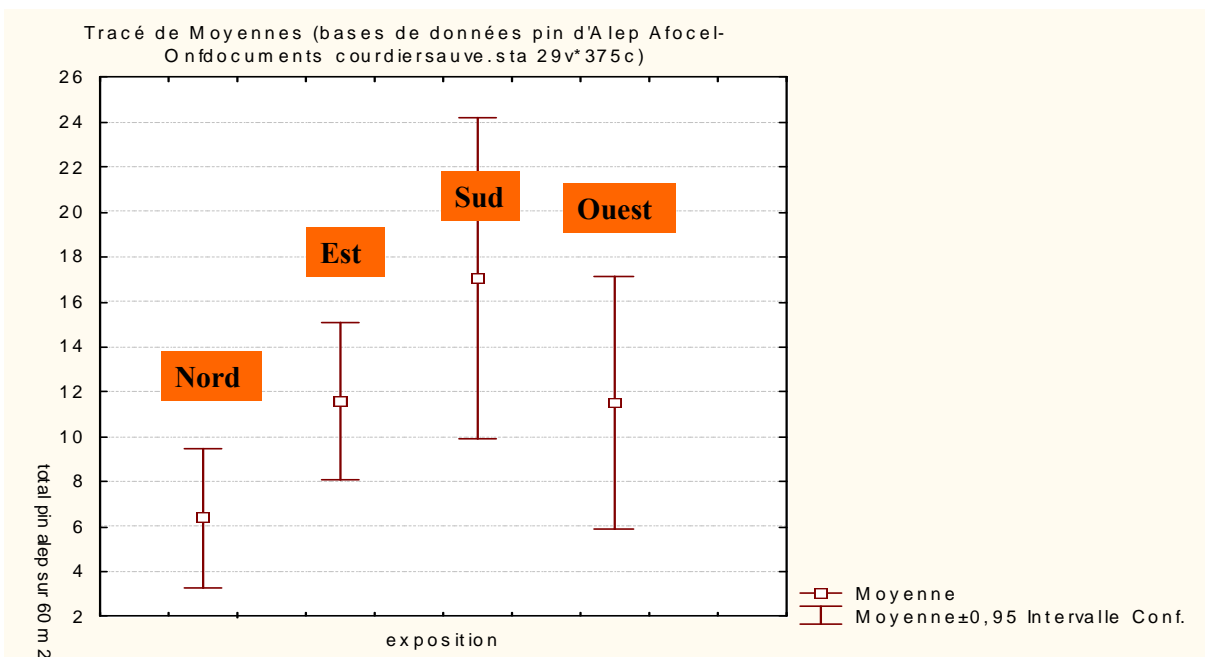
L'altitude semble être également défavorable à la réussite de la régénération.



Le recouvrement en rémanents plus important réduit la réussite des régénérations.



L'exposition Sud est l'exposition où la régénération est la mieux réussie, suivent les expositions Ouest et Est par contre, les placettes situées en versant Nord, du fait certainement d'une concurrence plus forte, ont du mal à se régénérer.

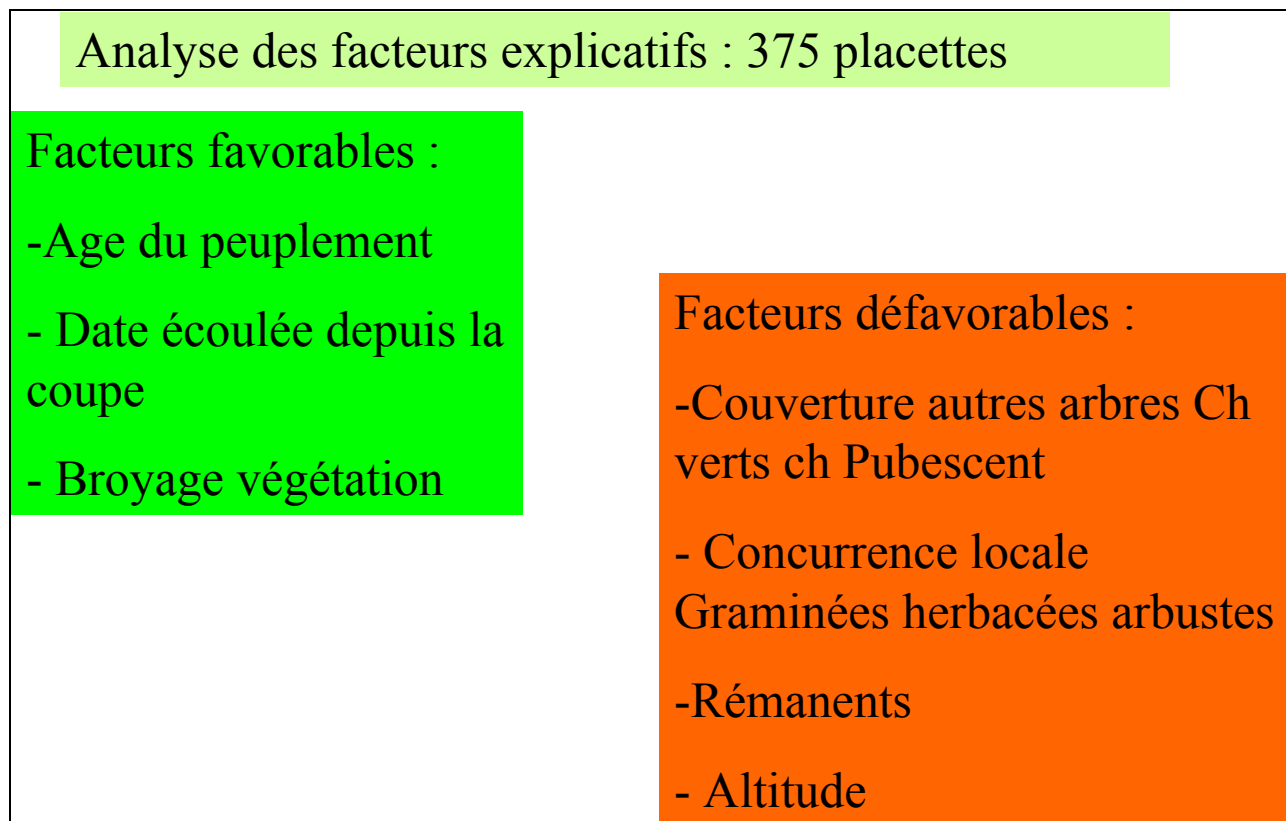


Conclusion générale

L'étude de la régénération des parcelles du pin d'Alep dans les coupes anciennes s'est révélée moins pessimiste que ce qui était envisagé initialement.

*** 60 % des parcelles sont régénérées en pin d'Alep et assureront donc la ressource du massif dans les 70 ans à venir. Une dizaine d'années de patience est nécessaire pour bien évaluer la réussite de ces régénérations ; les semis arrivant et se développant au fil des années.**

Le schéma ci-dessous présente la synthèse concernant les facteurs explicatifs de réussite de la régénération.



Les questions qui restent posées sont :

↳ quels travaux sont susceptibles d'améliorer la réussite des régénérations ?

↳ quelle gestion des coupes doit être menée en cas de peuplement mixte pin d'Alep - chêne vert - chêne pubescent ?

ANNEXES

Annexe 1 : Détail des coupes de pin d'Alep

Annexe 2 : Fiche d'enquête 1^{ère} phase

Annexe 3 : Résultats 1^{ère} phase

Annexe 4 : Protocole Régénat 2^{ème} phase

Annexe 5 : Carte de situation des parcelles échantillons

Annexe 6 : Résultats synthétiques par parcelle

Annexe 7 : Cartographie des parcelles échantillons.

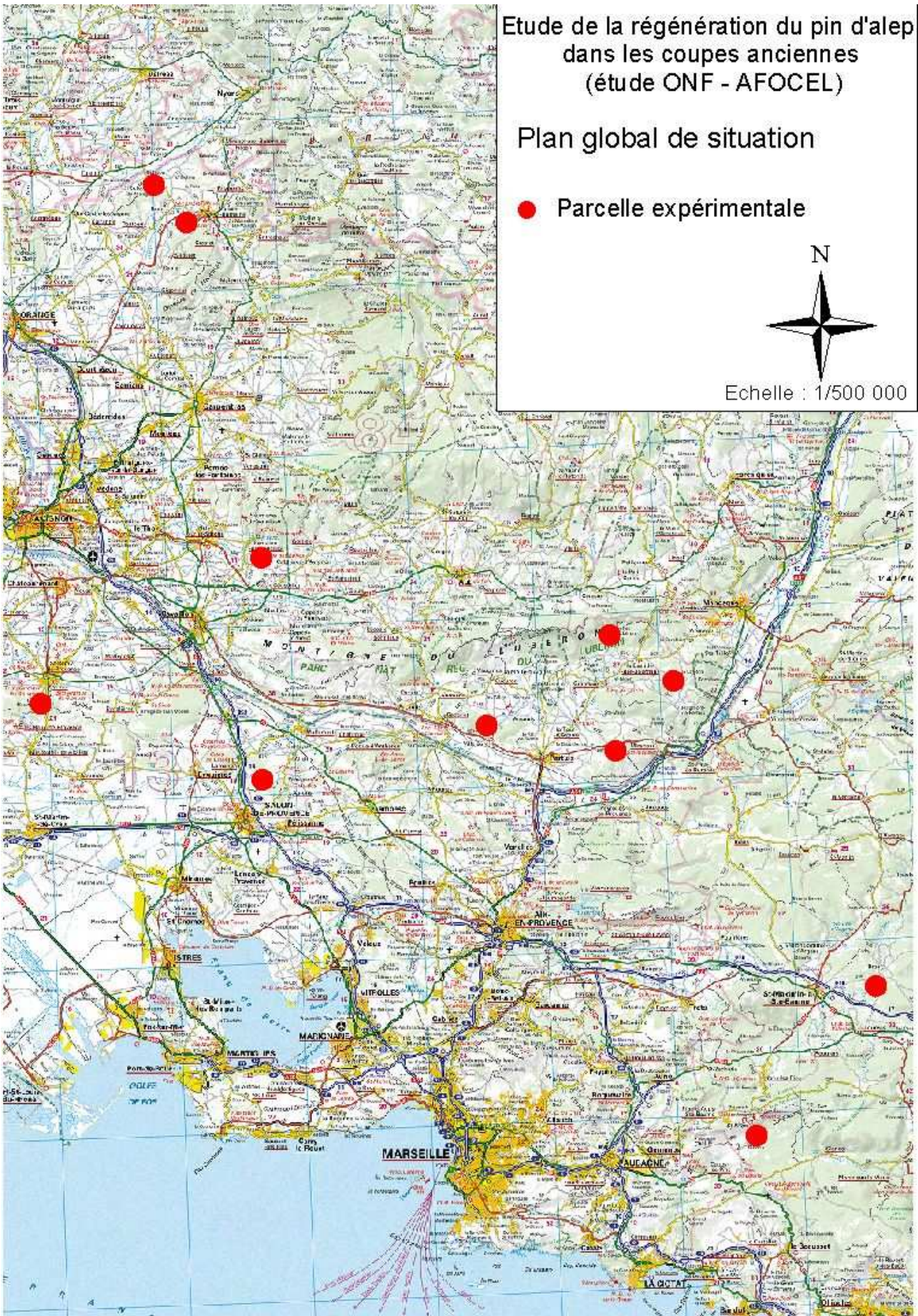
Etude de la régénération du pin d'alep dans les coupes anciennes (étude ONF - AFOCEL)

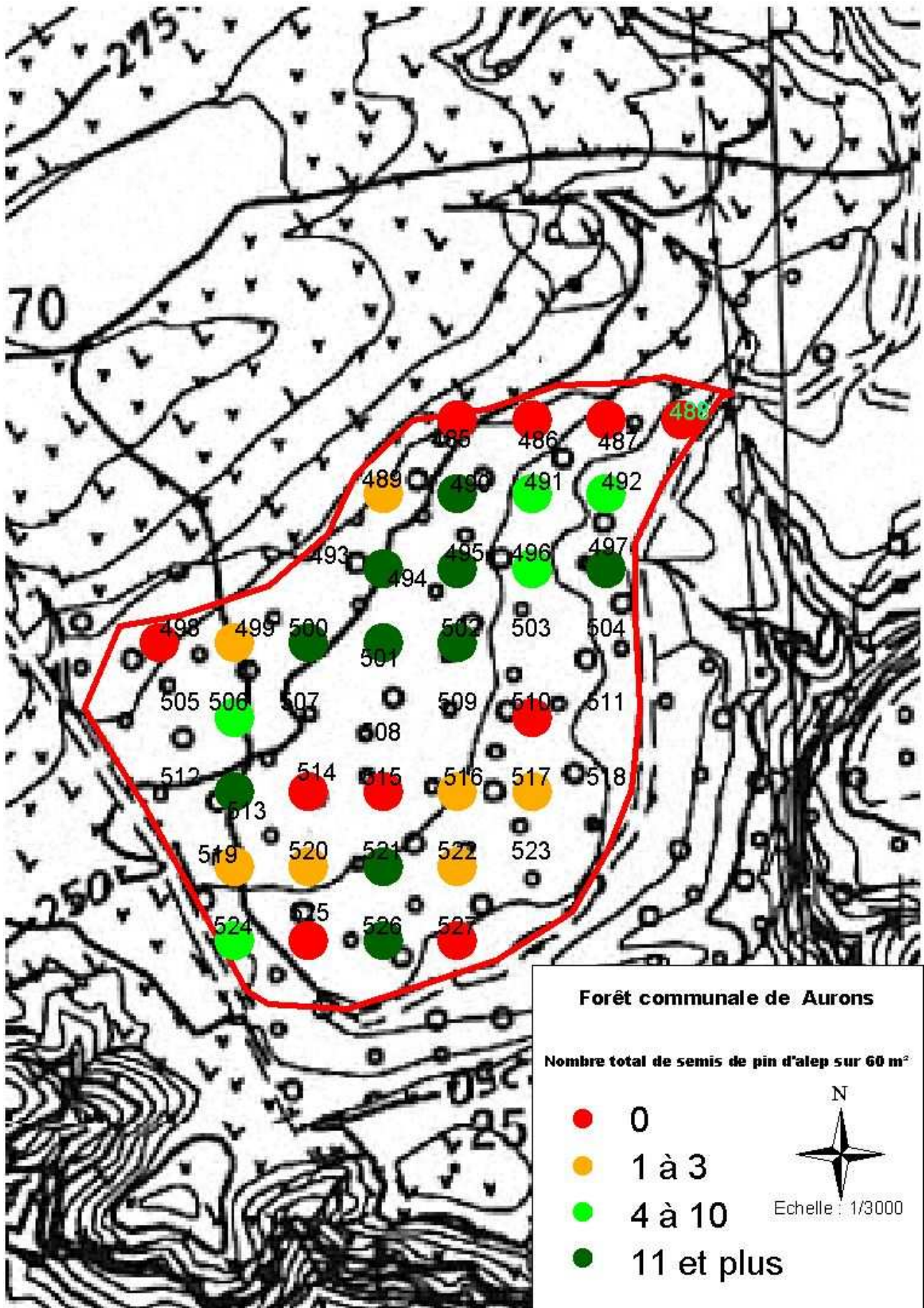
Plan global de situation

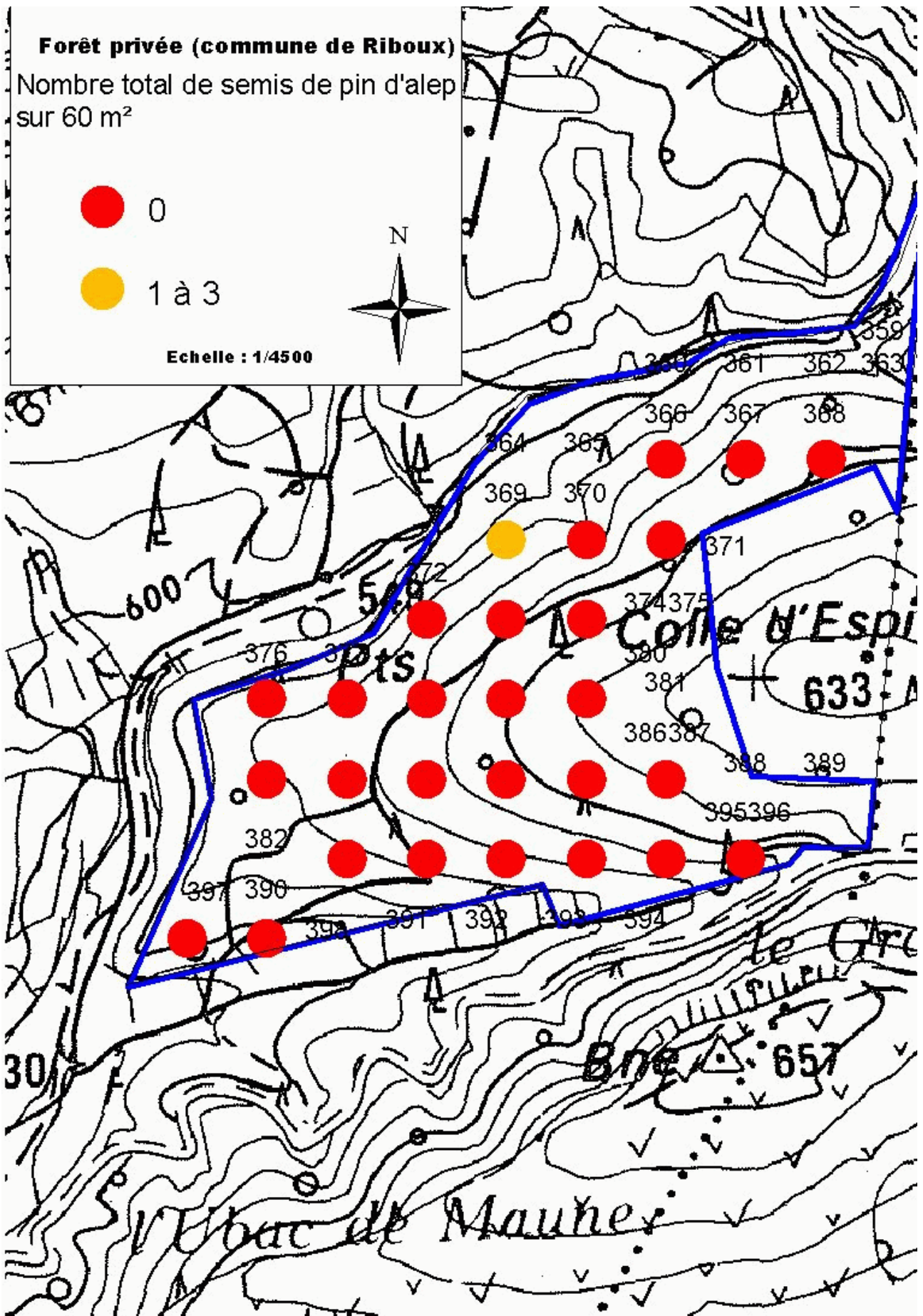
● Parcelle expérimentale

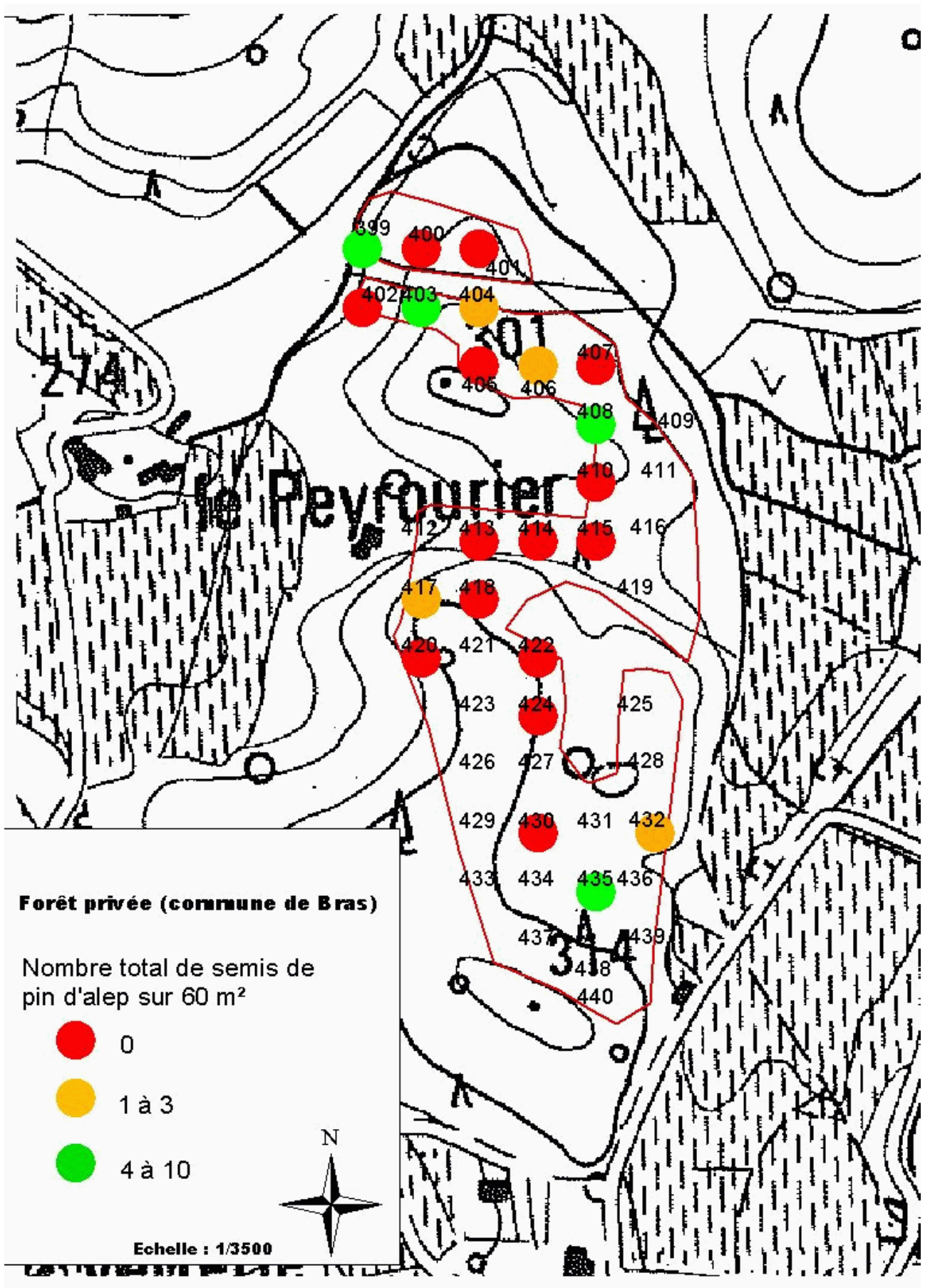


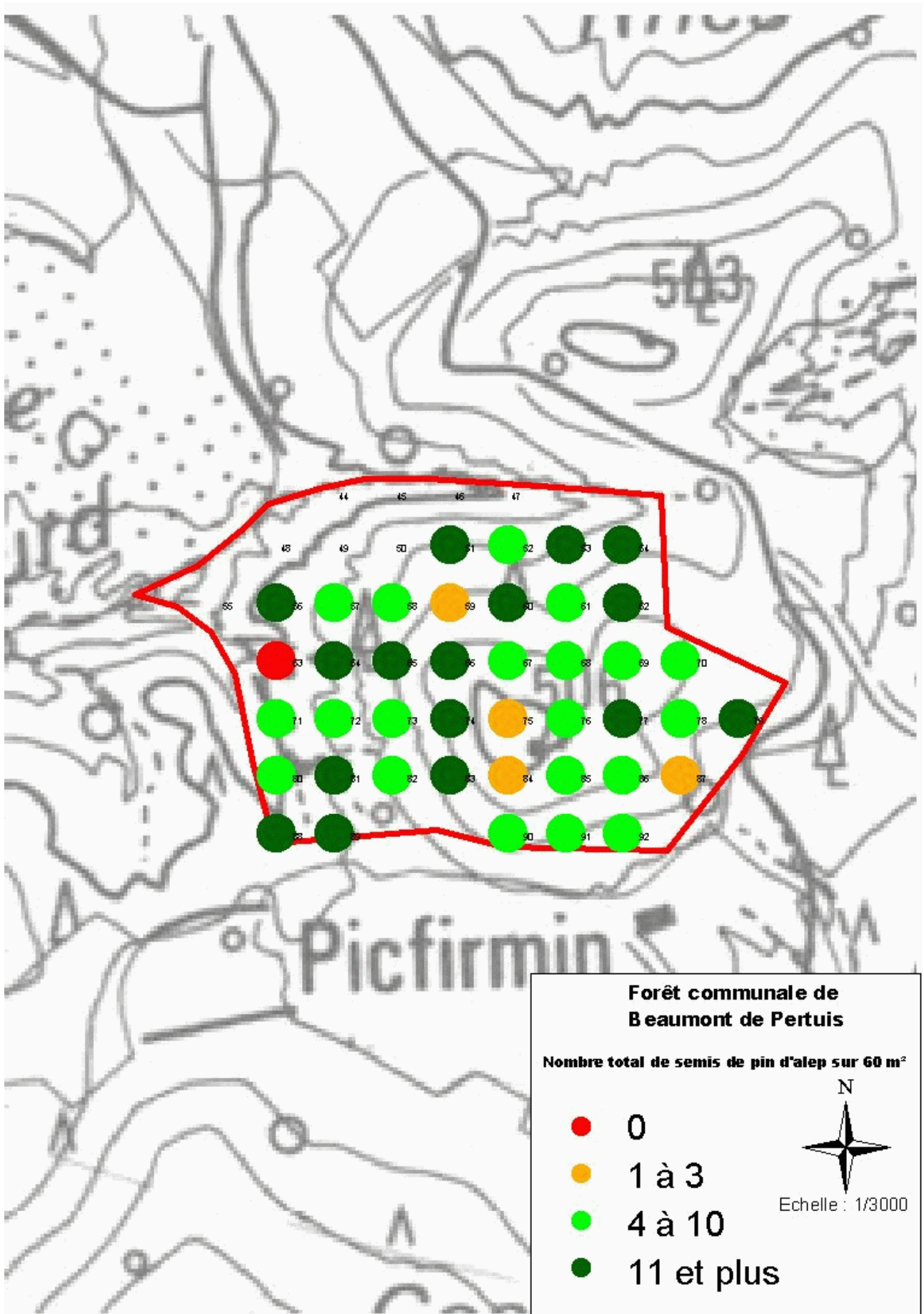
Echelle : 1/500 000











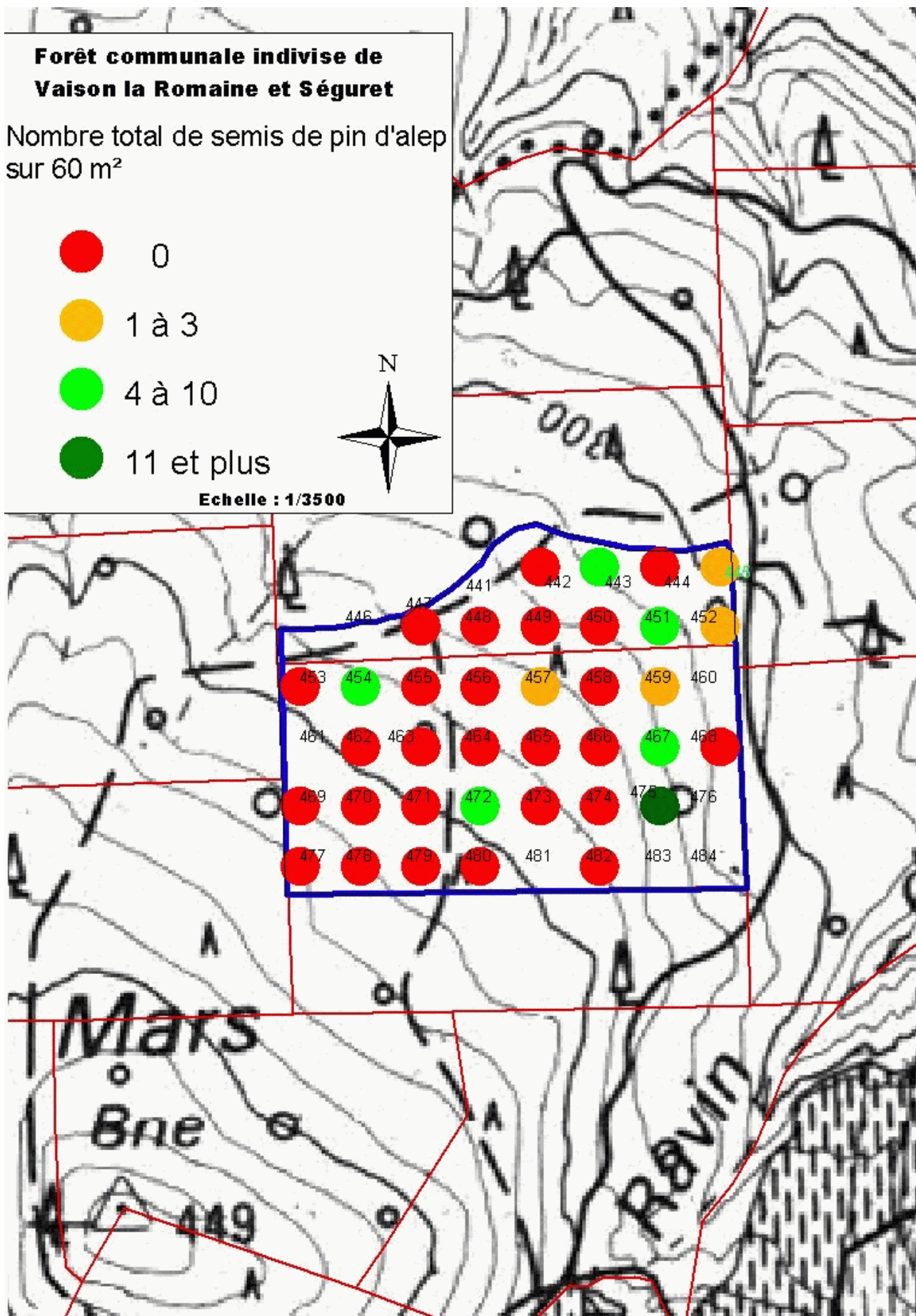
**Forêt communale indivise de
Vaison la Romaine et Séguret**

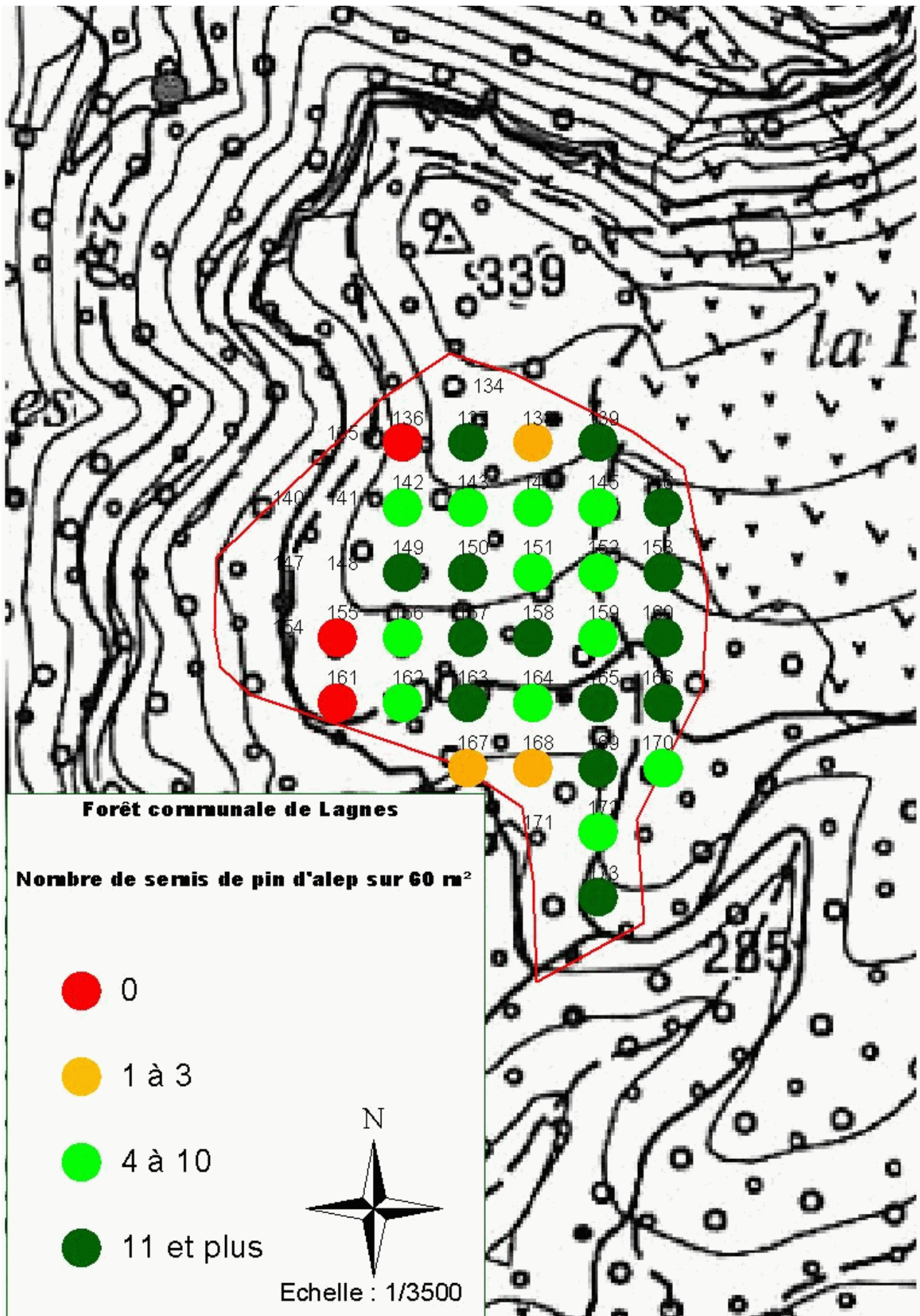
Nombre total de semis de pin d'alep
sur 60 m²

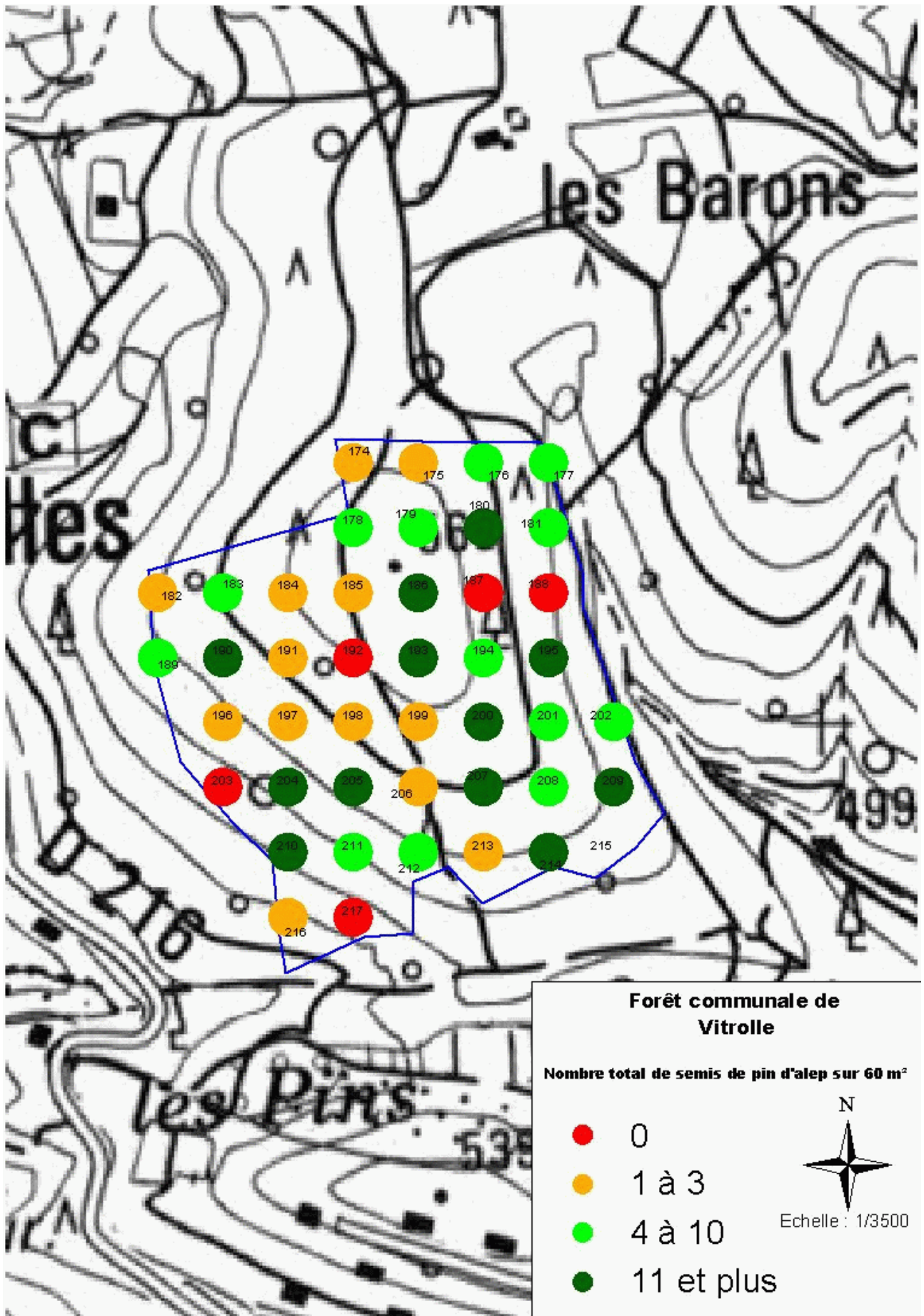
- 0
- 1 à 3
- 4 à 10
- 11 et plus

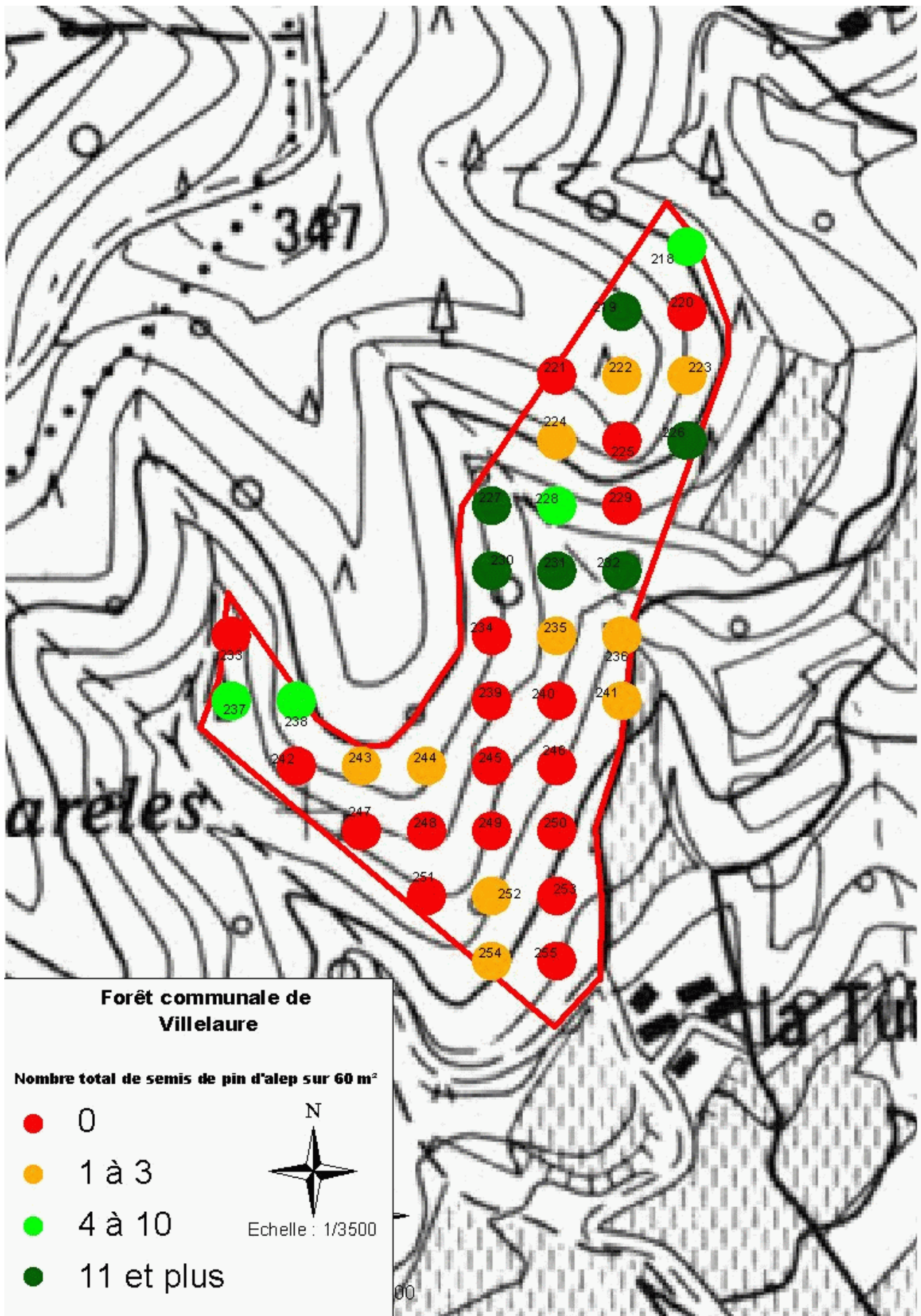


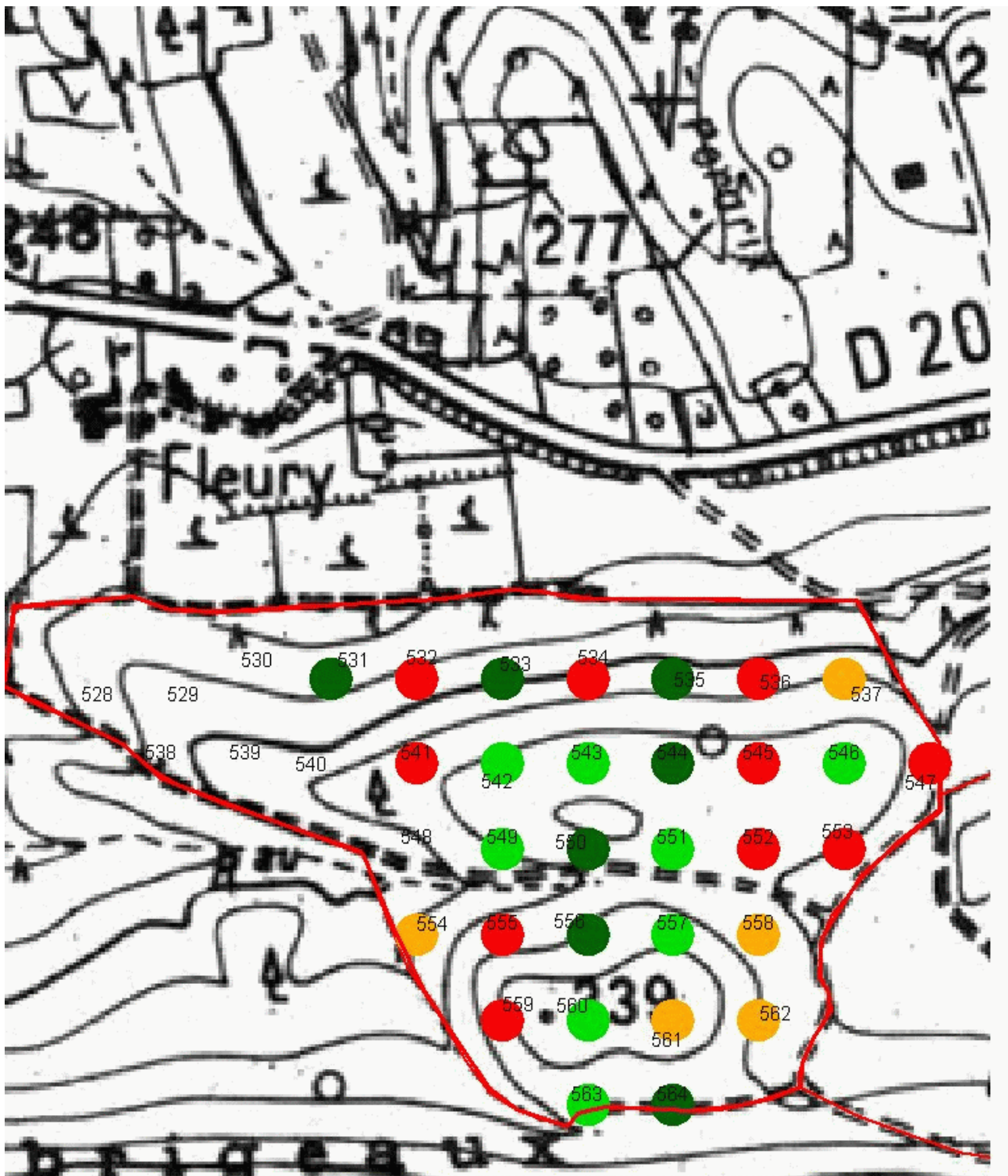
Echelle : 1/3500











Forêt communale de Buisson

Nombre total de semis de pin d'alep sur 60 m²



Echelle : 1/3500

