



Note réalisée par Julien Goullier-Lagadec – Pôle Sud-Est de la Santé des Forêts  
complétée par Fabien Carouille – adjoint à la Cheffe du DSF  
Jean-Baptiste Daubrée – Expert DGAL

## **Bilan du road sampling Pin à crochets 2025**

### **1. Contexte**

Le pin à crochets (*Pinus uncinata*) est une essence forestière emblématique des milieux montagnards des Alpes et des Pyrénées, particulièrement bien adaptée aux conditions climatiques rudes et aux terrains instables. Dans le cadre des actions de Restauration des Terrains en Montagne (RTM), menées pour stabiliser les sols et limiter les risques naturels (érosion, glissements de terrain, avalanches, crues torrentielles), cette espèce joue un rôle écologique et technique de premier plan.

D'une part, le pin à crochets présente une excellente tolérance au froid, au vent et aux sols pauvres, ce qui lui permet de coloniser des versants élevés, rocheux ou dégradés où peu d'autres essences peuvent s'implanter. Son système racinaire, profond et étendu, contribue activement à la stabilisation des pentes en renforçant la cohésion des sols. Cette fonction mécanique est essentielle pour limiter les phénomènes d'érosion superficielle ou profonde, particulièrement fréquents dans les zones montagnardes soumises à des événements climatiques extrêmes.

D'autre part, cette essence présente un intérêt écologique important. Elle favorise le retour progressif d'une couverture végétale sur les terrains dégradés, en créant un microclimat propice à l'installation d'autres espèces végétales et animales. En agissant comme une essence pionnière dans les opérations de reboisement RTM, le pin à crochets joue ainsi un rôle de catalyseur dans la reconstitution d'écosystèmes montagnards résilients.

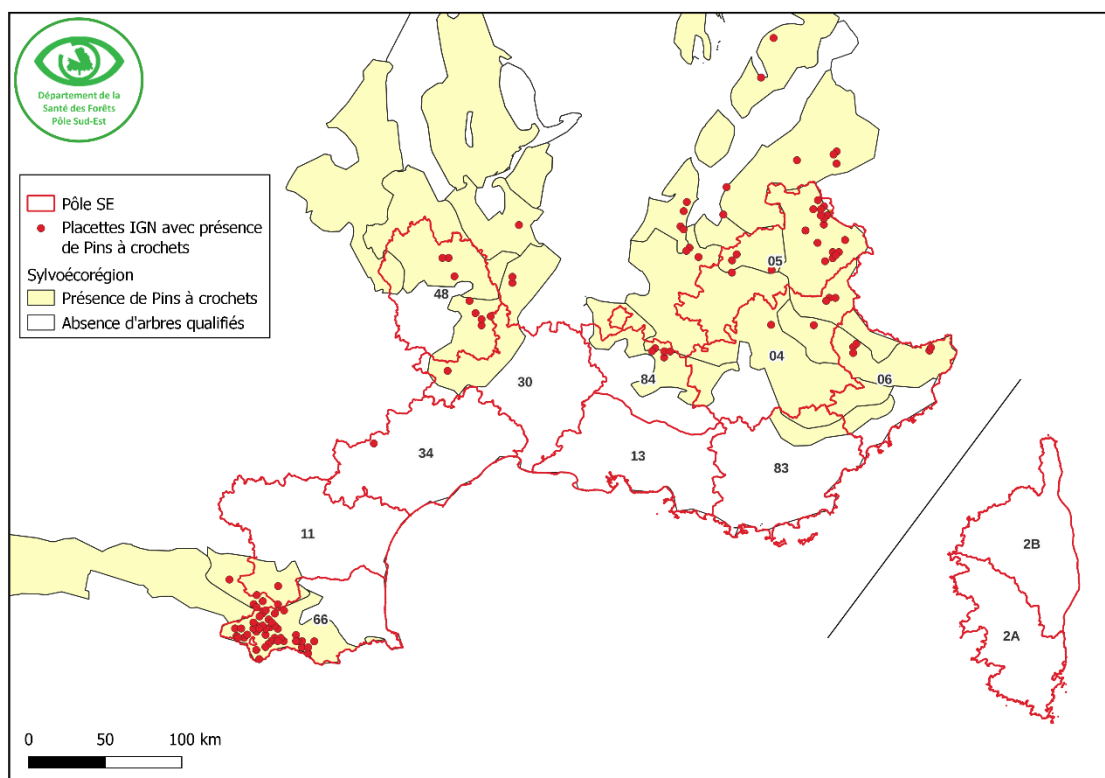
Le pôle Sud-Est de la Santé des Forêts concentre la majeure partie de la répartition des peuplements de pin à crochets.

L'analyse des données de l'IGN sur cette essence indique qu'au sein du pôle, les Pyrénées-Orientales, les Hautes-Alpes et, dans une moindre mesure, le Vaucluse constituent les principales zones de concentration (cf. carte ci-contre).

Cette essence fait l'objet de peu de suivis par le DSF. Depuis 2007, moins de 250 signalements ont été effectués par son réseau. Les données de l'IGN font état d'une dégradation de 10 à 15 % des arbres dans les massifs des Hautes-Alpes, 15 à 30 % dans les Pyrénées-Orientales, et ce taux atteint plus de 30 % en Lozère.

**Il convient de manipuler ces données avec précaution : en raison du faible nombre de placettes concernées, elles sont considérées comme statistiquement non significatives, à l'exception de celles des Pyrénées-Orientales.**

Face à l'enjeu que représente cette essence, le DSF a été sollicité par l'ONF, via l'Unité territoriale de Cerdagne-Capcir (Pyrénées-Orientales), afin de réaliser une étude. Cette problématique a également été partagée avec le CNPF Occitanie ainsi qu'avec les directions des agences ONF des Hautes-Alpes et de Vaucluse. La proximité du massif du Ventoux des bureaux du Pôle Sud-Est de la Santé des forêts a aussi été un élément déclencheur d'un road sampling sur ce massif.

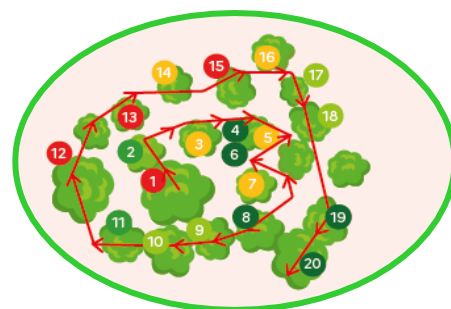


## 2. Méthode retenue

Le protocole de relevé proposé repose sur un road sampling, ou échantillonnage depuis les routes carrossables. La méthode appliquée est celle du protocole DEPERIS.

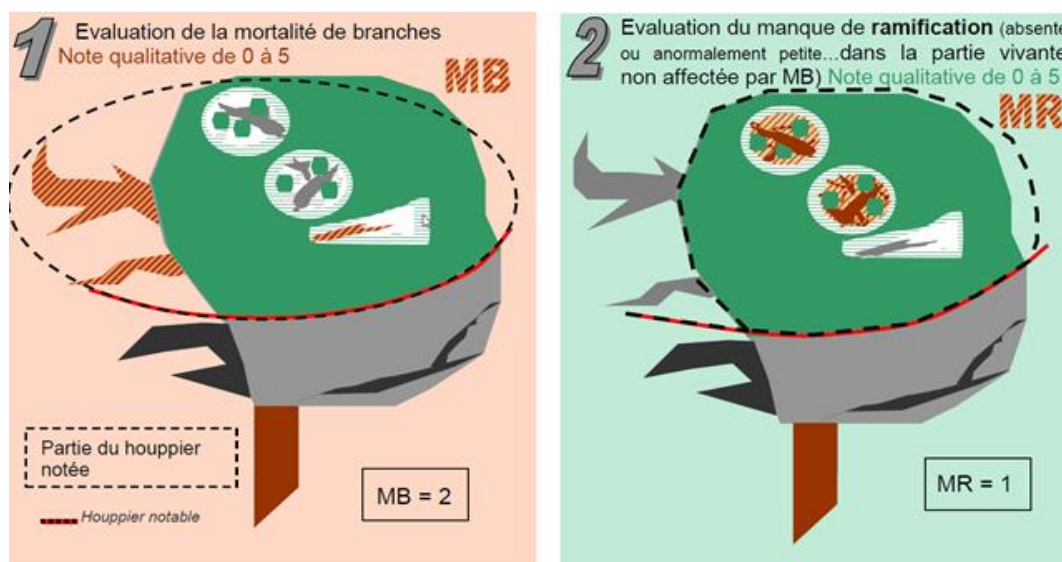
Le road sampling est une méthode d'échantillonnage qui, grâce à son caractère semi-aléatoire, permet une couverture variée des peuplements forestiers. Elle présente l'avantage d'être facile à mettre en œuvre et a déjà été utilisée avec succès par le DSF pour d'autres essences et à différentes échelles. L'objectif est de réaliser environ 20 points par unité (massif, région écologique ou aire de répartition).

Pour des raisons d'efficacité, l'échantillonnage s'appuie sur des points d'arrêt prédéterminés à partir du réseau de voies carrossables. Les notateurs s'arrêtent à un pas de distance défini (point GPS fixé sur cartographie SIG) et pénètrent d'au moins 50 mètres dans le peuplement situé à droite de la route. Si le houppier d'au moins 20 pins vivants ou rougissants, dominants ou co-dominants, de diamètre supérieur à 15 cm peut être observé, une placette est alors mesurée. Les 20 arbres échantillons sont sélectionnés de proche en proche depuis le centre de la placette (relevé au GPS), en formant une spirale.



Le protocole DEPERIS permet une évaluation rapide de l'état de dépérissement des arbres. Pour chaque arbre, deux notes quantitatives sont attribuées au sein de la partie fonctionnelle du houppier (exposée à la lumière) :

- mortalité des branches, selon une échelle de 0 à 5 (les branches anciennes mortes sont ignorées) ;
- manque d'aiguilles (ramification), estimé par comparaison avec un arbre de référence, également noté de 0 à 5.



Le croisement de ces deux notes permet d'attribuer une note synthétique par arbre à l'aide d'un tableau de correspondance.

		Manque de ramifications					
		0	1	2	3	4	5
Mortalité de branches	0	A	B	C	D	E	F
	1	B	B	C	D	E	F
	2	C	C	D	D	E	F
	3	D	D	D	E	F	F
	4	E	E	E	F	F	F
	5	F	F	F	F	F	F

Par ailleurs, il a été demandé aux notateurs de relever d'autres informations liées au contexte particulier de cette étude et aux objectifs poursuivis :

- les signes de présence de la processionnaire du pin, afin de déterminer son expansion au sein de ces massifs d'altitude ;
- la présence de gui, dont la colonisation est particulièrement prégnante, notamment dans les Alpes du Sud ;
- des indices de présence d'armillaire.

### 3. Mise en œuvre

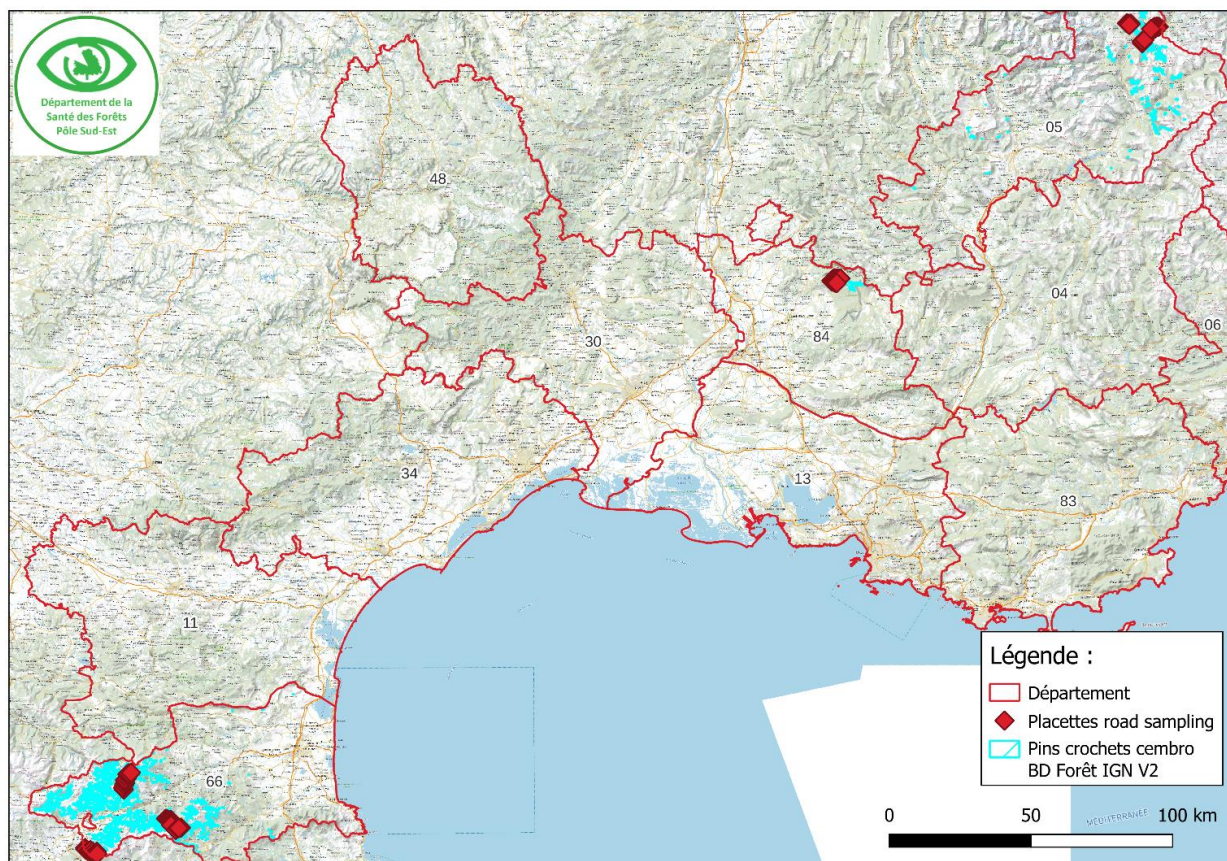
73 placettes ont été installées avec la répartition par massif suivante :

<u>Massif</u>	<u>Nombre de placettes</u>
Hautes-Alpes	24
Pyrénées	34
Ventoux	15

#### Soit 1460 pins notables et 1454 notés

Chaque massif a fait l'objet d'un nombre de tracés défini selon leur possibilité de réalisation technique (pistes carrossables) et des moyens humains mis à disposition (agents ONF et CNPF).

Le choix des tracés a été fait en visant leur représentativité des massifs : exposition, plage altitudinale, enjeux sylvicoles. Ainsi **trois tracés ont été décidés pour les massifs alpin et pyrénéen et un seul pour le Ventoux**. Leur carte de localisation est donnée en annexe 1.



Les campagnes de saisies des données se sont déroulées entre le 15 octobre et le 15 novembre 2025 et ont mobilisé 26 notateurs.

<u>Massif</u>	<u>Durée en jours</u>	<u>Nbre de notateurs</u>	<u>Dates</u>
Hautes-Alpes	1,5	9	3 et 18 novembre
Pyrénées	3	10	15, 20 et 30 novembre
Ventoux	1	7	6 novembre



Intercalibration des notateurs – Bois de l’Infernet (05) le 3 novembre 2025 (crédit : Marc Petiteau DDT 05)

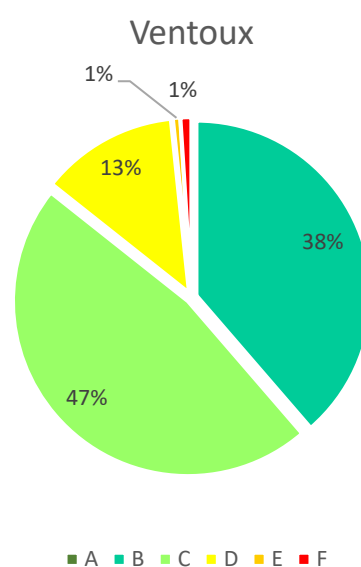
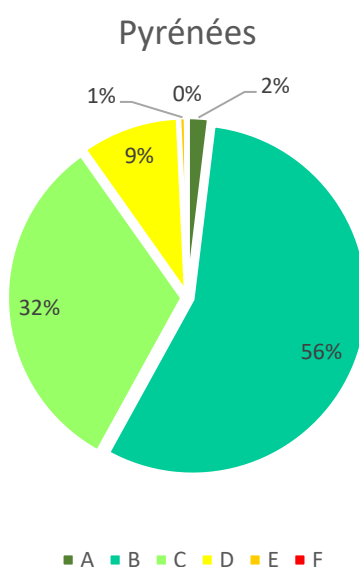
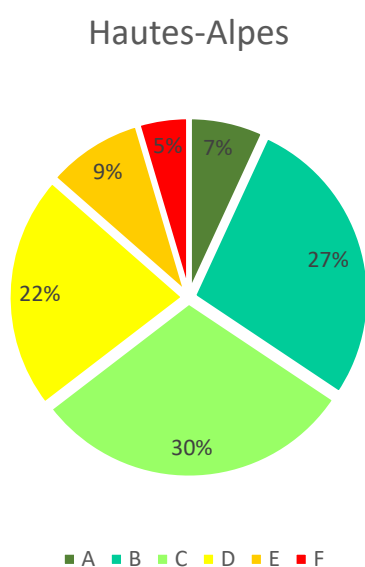
## 4. Les résultats

### 1<sup>ère</sup> approche : traitement brut des données

À partir des notations DEPERIS, un massif est considéré comme dégradé lorsque plus de 20 % des arbres sont notés D, E ou F, et comme très dégradé lorsque plus de 20 % des arbres sont notés E ou F.

Les résultats montrent que seul le massif des Hautes-Alpes présente une dégradation notable, avec 36 % des pins notés D, E ou F. Ce taux est de 10 % pour le massif pyrénéen, tandis que le Ventoux présente une situation intermédiaire avec 14 %.

Massif	Note DEPERIS						% de E F	% de D E F
	A	B	C	D	E	F		
Hautes-Alpes	7%	28%	30%	22%	9%	5%	16%	<b>36%</b>
Pyrénées	2%	56%	32%	9%	1%	0%	1%	<b>10%</b>
Ventoux	0%	39%	47%	13%	1%	1%	2%	<b>14%</b>



## Élaboration d'une note sanitaire

Afin de faciliter les comparaisons entre placettes et l'analyse des facteurs explicatifs, la note DEPERIS a été transformée en **note sanitaire synthétique**, calculée selon la formule suivante :

$$= \frac{(\text{nbre de A} \times 0) + (\text{nbre de B} \times 0,125) + (\text{nbre de C} \times 0,375) + (\text{nbre de D} \times 0,625) + (\text{nbre de E} \times 0,875) + (\text{nbre de F} \times 1)}{20}$$

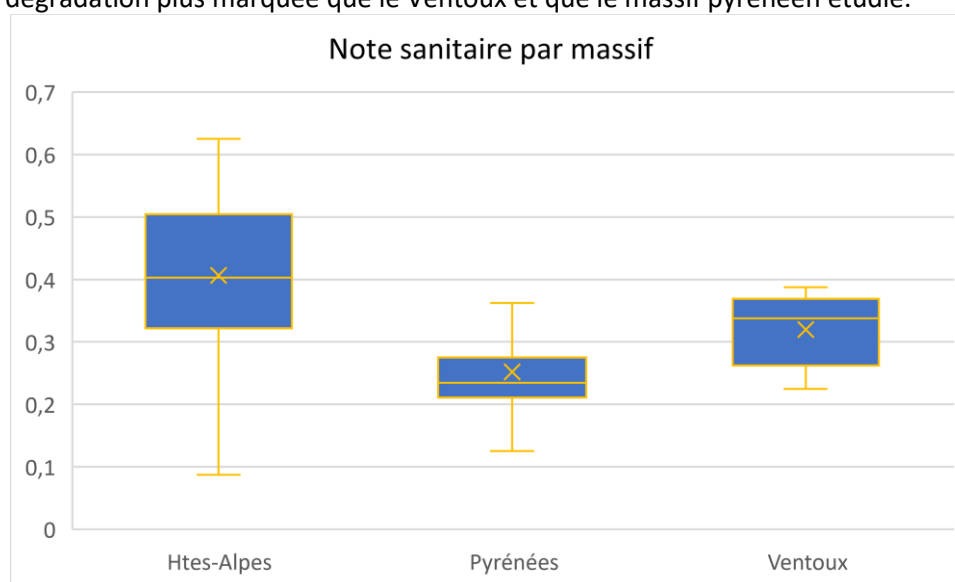
**Plus la note est proche de 0, meilleur est l'état sanitaire de la placette ; plus elle se rapproche de 1, plus la dégradation est importante.**

Une analyse de corrélation entre cette note sanitaire et le pourcentage d'arbres notés D, E et F a été réalisée. Le coefficient de détermination obtenu ( $R^2 = 0,8456$ ) traduit une bonne corrélation, validant l'utilisation de cet indicateur.

## 5. Analyse croisée des facteurs

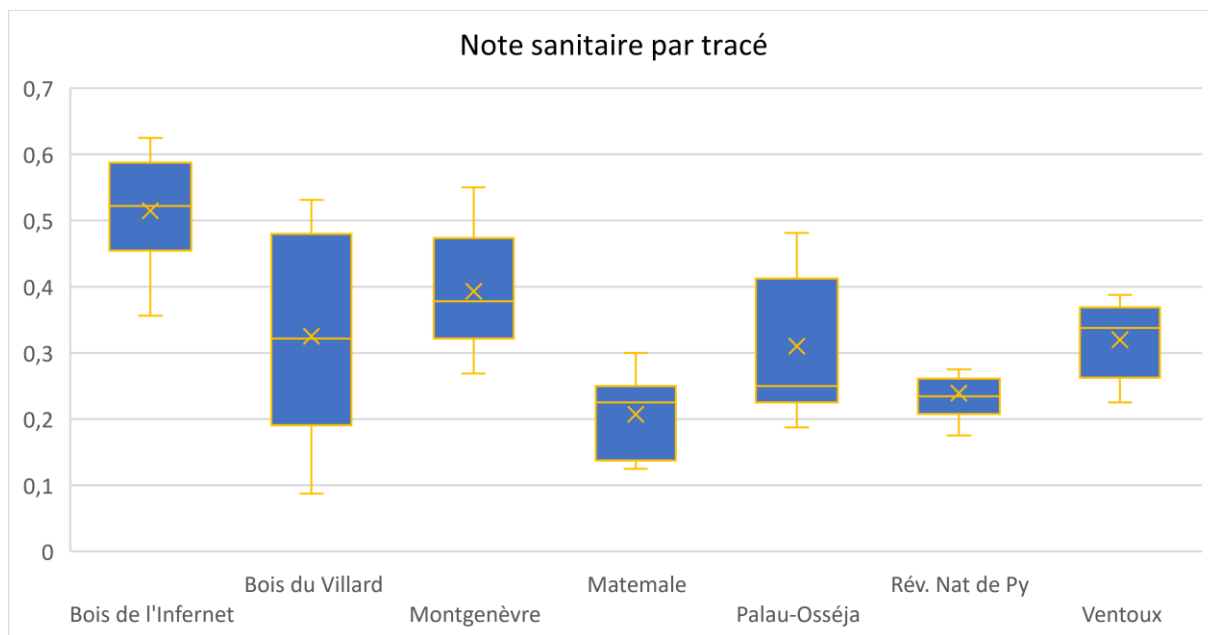
### Les massifs

La note sanitaire moyenne par massif confirme les résultats issus de l'analyse DEPERIS brute : les Hautes-Alpes présentent une dégradation plus marquée que le Ventoux et que le massif pyrénéen étudié.



Note : Dans ces graphiques dits « boîtes à moustaches » :

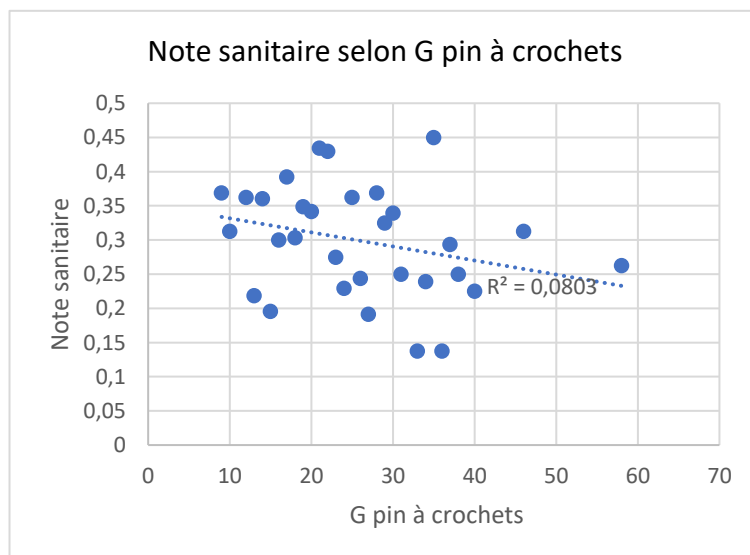
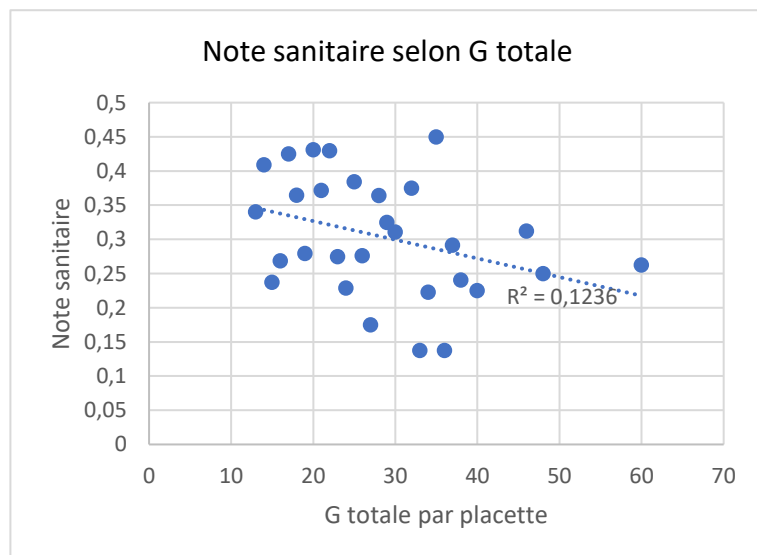
- la boîte représente l'intervalle interquartile (du 1er au 3e quartile) ;
- la barre horizontale située dans la boîte représente la médiane ;
- la croix représente la moyenne ;
- les moustaches (barres horizontales aux extrémités) indiquent les valeurs minimale et maximale.



À l'échelle des tracés, la même tendance est observée. Pris individuellement, certains secteurs des Hautes-Alpes (notamment le bois de l'Internet) apparaissent relativement fortement dégradés, tandis que d'autres (bois de Villard) présentent une dégradation plus hétérogène, avec une large dispersion des notes sanitaires.

### La surface terrière

L'influence de la surface terrière a été analysée. Aucune corrélation nette n'a pu être mise en évidence entre la surface terrière et la note sanitaire, que ce soit pour la surface terrière totale ( $R^2 = 0,12$ ) ou pour celle spécifique au pin à crochets ( $R^2 = 0,08$ ). On note cependant une tendance à une dégradation de la note sanitaire pour des surfaces terrières inférieures à 20m<sup>2</sup>/ha.



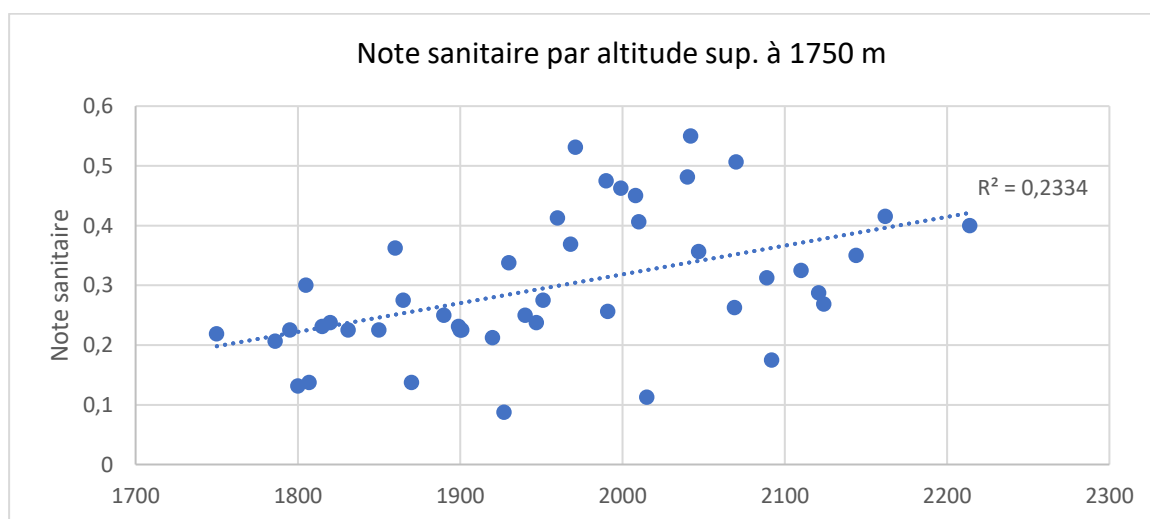
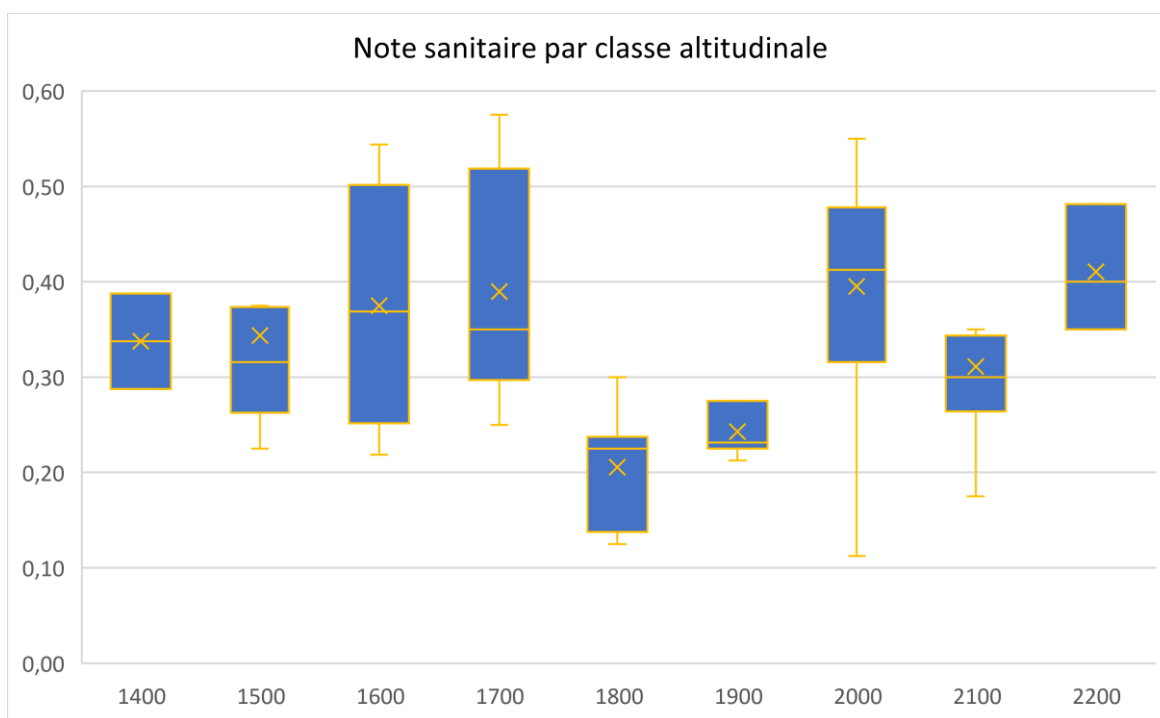
### L'altitude

L'altitude est intuitivement un facteur susceptible d'influencer fortement l'état sanitaire, le pin à crochets étant théoriquement mieux adapté aux stations de haute altitude.

Les données recueillies apportent une réponse plus nuancée. La note sanitaire se dégrade légèrement entre 1 400 et 1 700 m, s'améliore nettement entre 1 750 et 1 950 m, puis se dégrade de nouveau légèrement au-delà de 2 150 m.

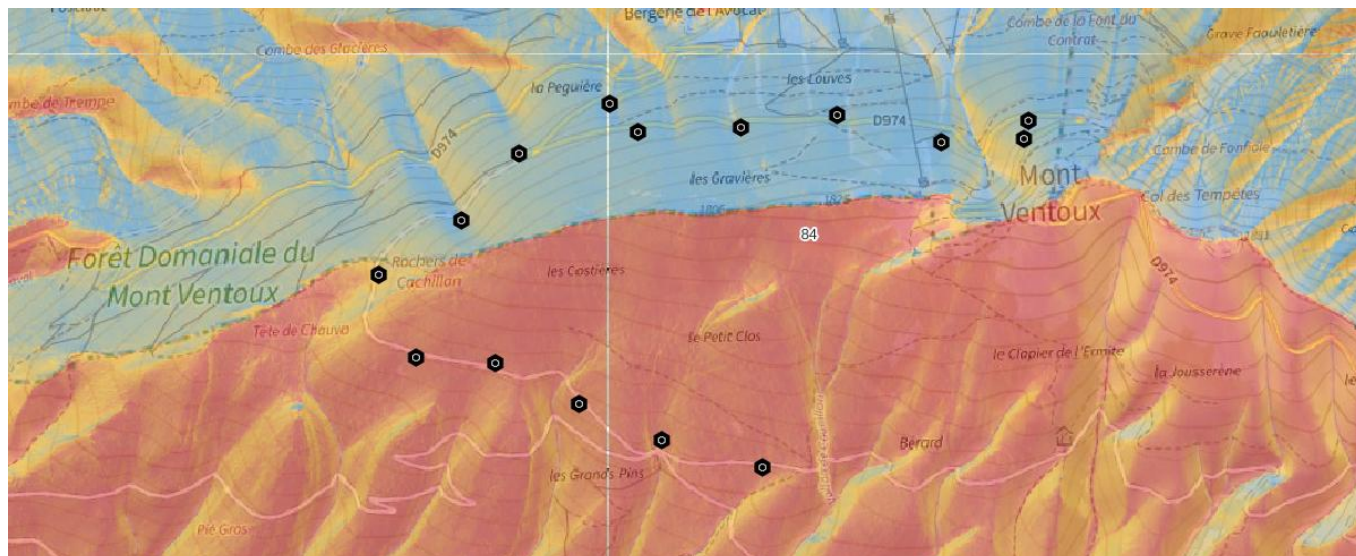
Toutefois, cette tendance générale doit être relativisée : les amplitudes de notes sont importantes pour certaines classes altitudinales (notamment autour de 1 500 m, 1 900 m et 2 000 m). En considérant uniquement les altitudes supérieures à 1 750 m, on observe une légère dégradation de la note avec l'altitude, mais avec un coefficient de détermination faible, ne permettant pas de conclure à une corrélation robuste. On peut interpréter cela comme un optimum d'altitude entre un risque de stress hydrique et des conditions trop montagnardes.

Représentation graphique :



### L'exposition

À partir d'une analyse SIG, une exposition a été attribuée à chaque placette. Les placettes alpines sont majoritairement exposées au sud, tandis que les placettes pyrénéennes sont principalement orientées au nord.

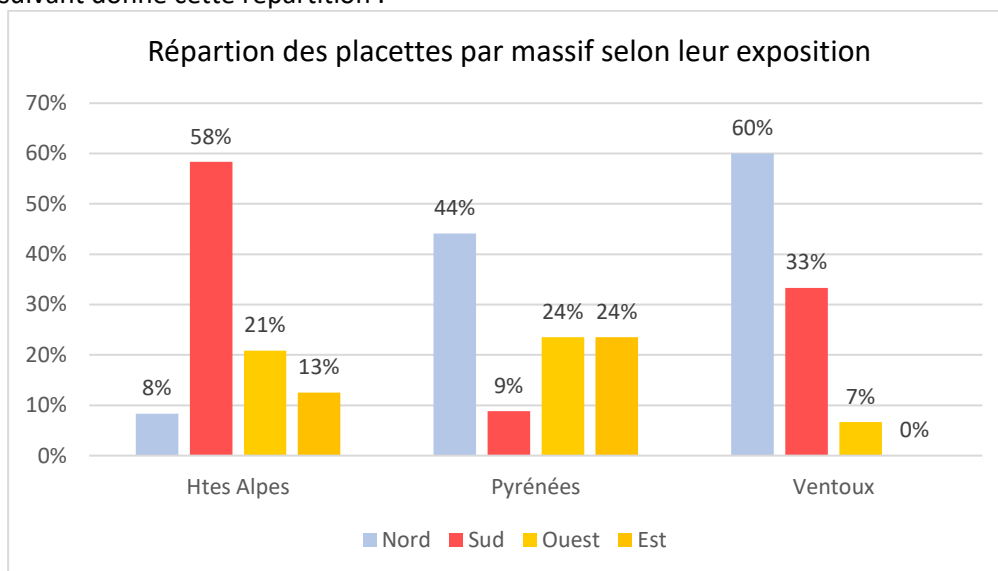


Extrait d'analyse SIG – placettes du Ventoux

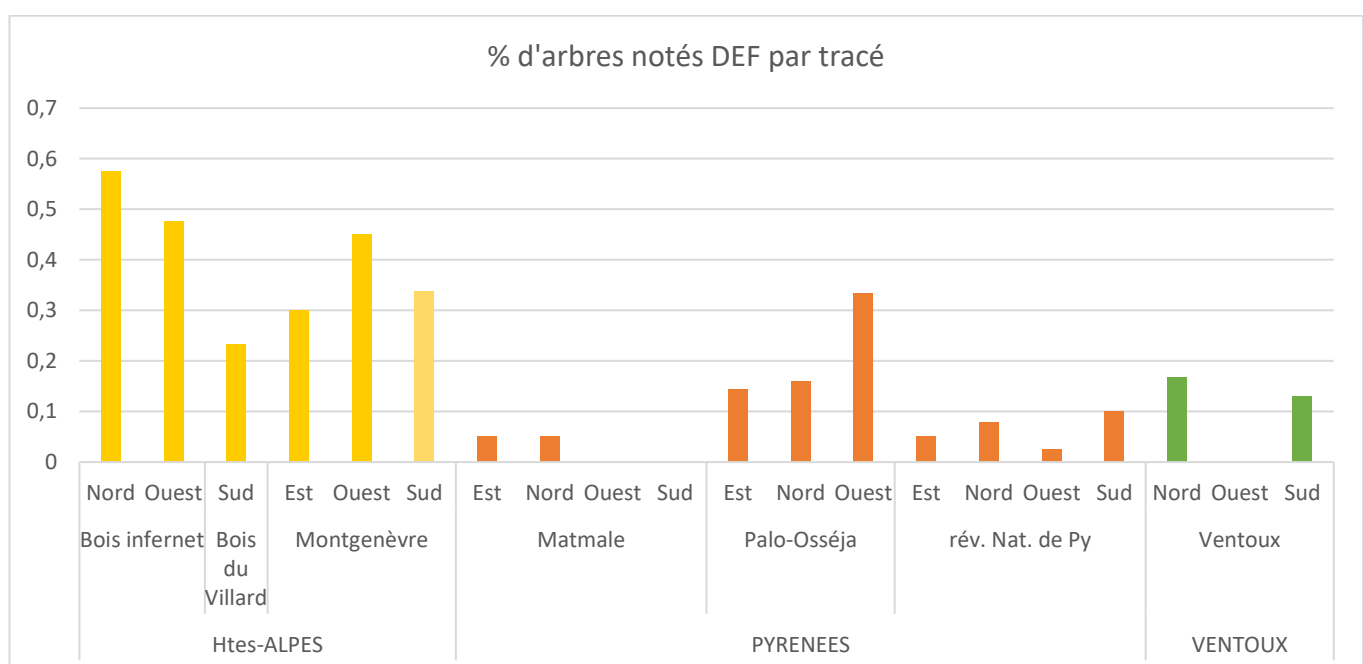
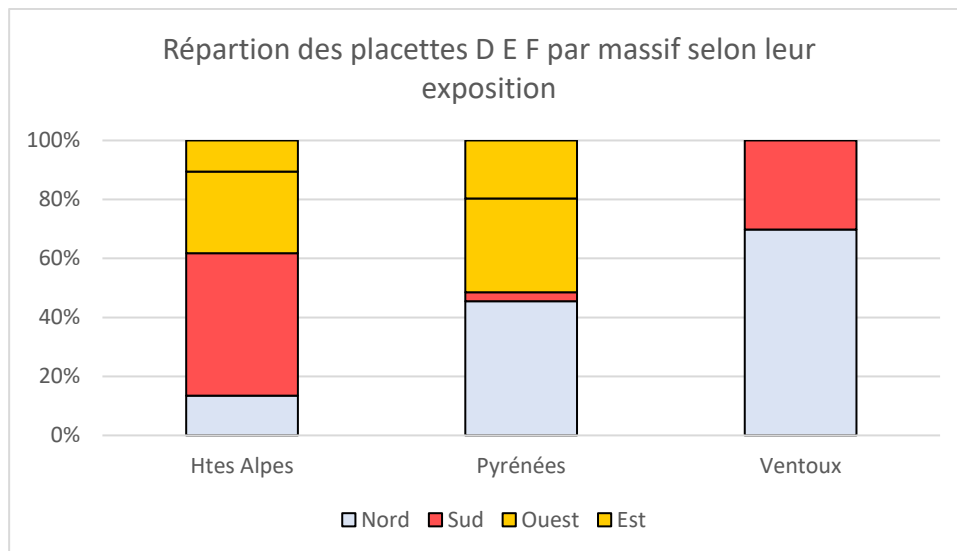
Légende :

- Sud
- Nord
- Ouest ou Est

Ce graphique suivant donne cette répartition :

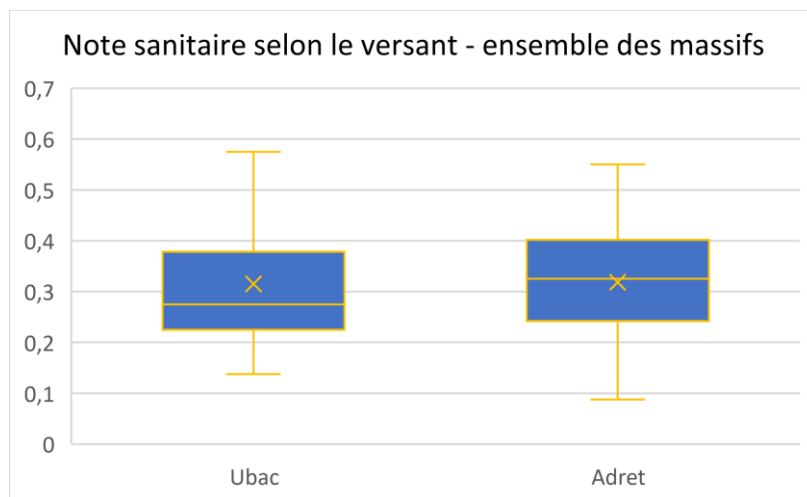


L'analyse des données DEPERIS ne met pas en évidence de relation claire entre exposition et état sanitaire, que ce soit à l'échelle globale ou à celle des tracés.

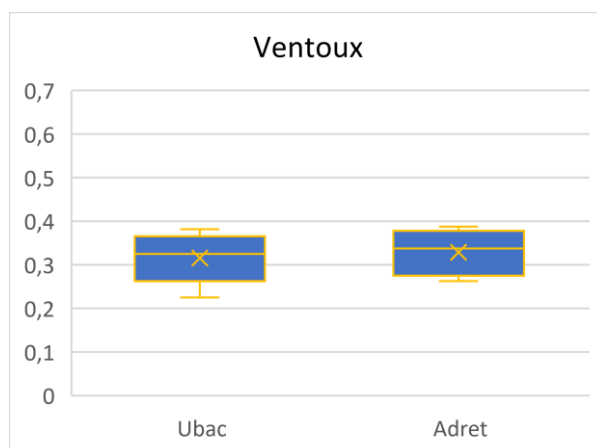
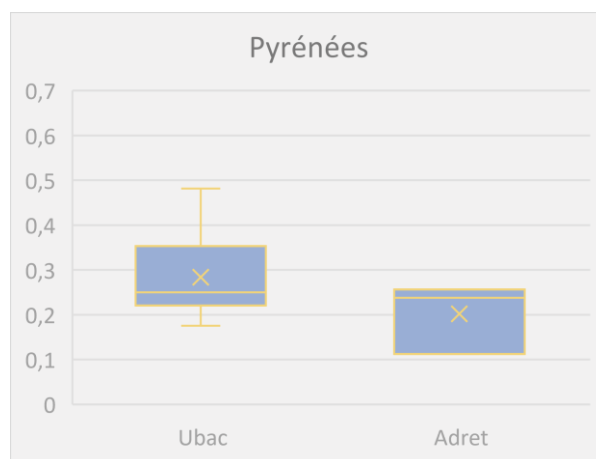
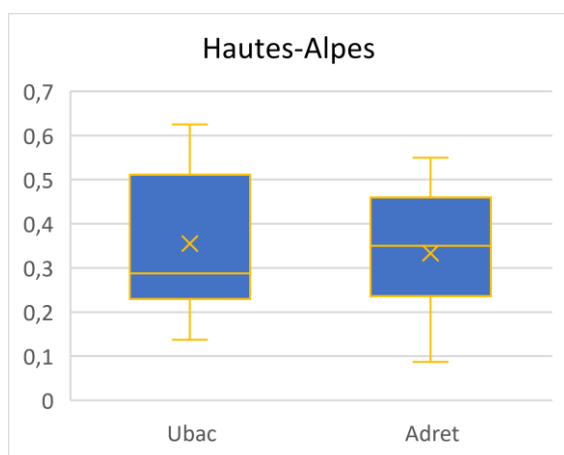


Une analyse croisée altitude/exposition a également été réalisée à partir de trois classes altitudinales (basse, moyenne, haute). Aucun déterminisme clair n'a pu être dégagé, quel que soit le massif considéré.

En revanche, l'analyse complémentaire menée à l'échelle du versant, en ne considérant que les composantes adret (ou soulane dans les Pyrénées) et ubac (ou ombrée dans les Pyrénées), permet de faire ressortir une différence significative de l'état sanitaire. Les peuplements situés en ubac présentent globalement une meilleure note sanitaire que ceux localisés en adret.



A l'échelle des massifs, cette tendance apparaît inversée pour le massif pyrénéen. Toutefois, ces résultats doivent être interprétés avec prudence, en raison d'un déséquilibre marqué de l'échantillonnage : seules 3 placettes sur 23 sont situées en adret pour ce massif (graphique délibérément grisé).



### Les facteurs biotiques

Lors des notations, il avait été demandé aux notateurs d'être particulièrement vigilants quant à la présence d'armillaire au sein ou à proximité immédiate des placettes. Quelques signalements ont été relevés dans les Pyrénées, sans qu'il soit possible d'en dégager une tendance générale à l'échelle du massif.

La présence éventuelle de traces de scolytes était également à relever. Quelques pins ont été notés comme infestés, sans que ces observations ne soient associées à un dépérissement notable.

Par ailleurs, sur certaines placettes de basse altitude dans les Alpes (1 400 à 1 600 m), des rougissements du feuillage ont été observés. Sans pouvoir en déterminer précisément la cause, ces symptômes peuvent être attribués à des rougissements d'origine cryptogamique.

### La chenille processionnaire

Concernant la chenille processionnaire du pin, sa présence est très marginale : elle n'a été observée que dans les Alpes, et un seul nid a été identifié dans les Pyrénées comme sur le Ventoux.

Ces données sont à mettre en perspectives avec les fiches DSF front processionnaire du pin qui se veut un indicateur de colonisation de cette chenille que ce soit dans le Nord de la France ou en altitude dans les massifs montagneux hexagonaux.

Pour les Hautes-Alpes, le signalement le plus proche est au sud de Briançon à 1450 m d'altitude. La colonisation de ce massif se fait d'ouest en est en remontant les vallées de la Durance et de la Guisane. Pour les Pyrénées les signalements sont également distants des tracés d'inventaires réalisés. La colonisation se fait par 2 fronts par progression lente depuis la vallée de la Têt et depuis l'Espagne (Puigcerda et Bourg Madame vers Font-Romeu).

Pour le Ventoux, nous savons que le stade de colonisation se situe à 1400 – 1500 m d'altitude.

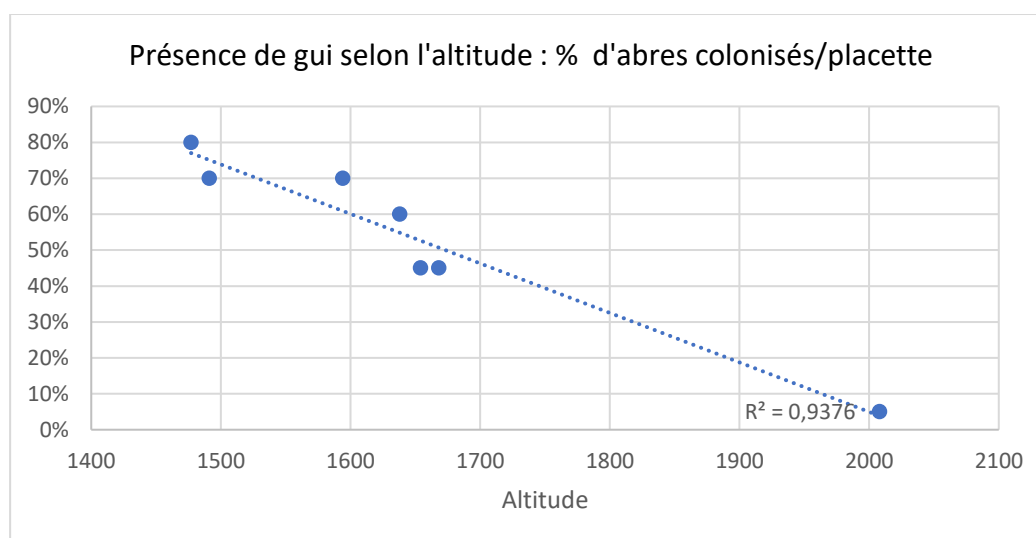
Les cartes représentatives de ces fronts sont données en **annexe 2**.

### Le gui

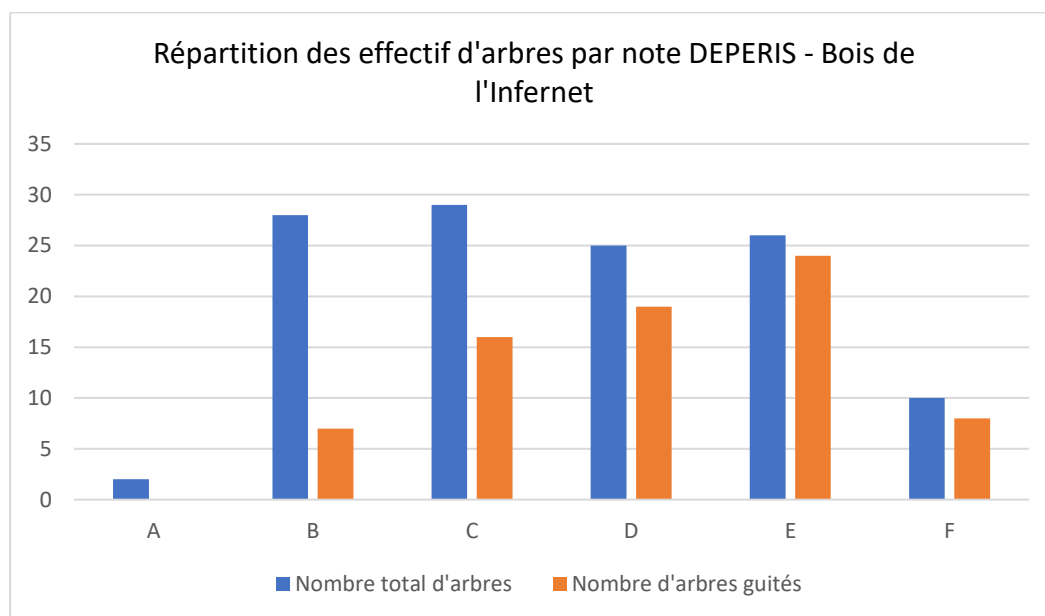
La présence de gui n'a été relevée que dans le massif des Hautes-Alpes, où 15 % des arbres notés sont parasités.

Les pins du tracé du bois de l'Infernet apparaissent fortement colonisés. À l'inverse, un seul pin parasité a été observé sur le tracé du bois du Villard, à 2 008 m d'altitude, aucun signalement relevé sur le parcours de Montgenèvre.

L'analyse met en évidence une corrélation marquée entre altitude et présence du gui. L'ensemble des arbres parasités est par ailleurs localisé sur des expositions nord à nord-ouest.



L'exemple du bois de l'Infernet illustre l'impact significatif du gui sur le dépérissement des pins, les arbres parasités présentant des niveaux de dégradation plus élevés.



Pour le massif pyrénéen et celui du Ventoux, aucune présence de gui n'a été relevée lors des notations. En croisant ces résultats avec les signalements historiques du DSF et les données de l'IGN relatives à la présence/absence du gui, il apparaît que ces tracés sont, à ce stade, situés à des altitudes encore éloignées des foyers connus du parasite. Ceci est illustrée à travers les cartes données en [annexe 2](#).

## 6. Conclusion

### Synthèse

La campagne de road sampling menée en 2025 sur le pin à crochets (*Pinus uncinata*) dans les massifs des Hautes-Alpes, des Pyrénées et du Ventoux constitue l'un des premiers jeux de données structurés récents sur l'état sanitaire de cette essence à l'échelle du pôle Sud-Est de la Santé des Forêts.

Les résultats issus des notations DEPERIS et de la note sanitaire synthétique montrent une situation globalement contrastée selon les massifs.

Le massif des Hautes-Alpes se distingue par un niveau de dégradation significativement plus élevé, avec plus d'un tiers des arbres notés D, E ou F, traduisant un état sanitaire préoccupant. À l'inverse, le massif pyrénéen étudié présente un bon état sanitaire global, avec des niveaux de dépérissement faibles et homogènes. Le Ventoux occupe une position intermédiaire, sans signal de dégradation majeure à l'échelle du massif.

Les résultats obtenus dans le cadre de cette étude apportent un éclairage complémentaire aux données issues de l'IGN présentées en début de ce rapport. Alors que ces dernières faisaient état de niveaux de dégradation compris entre 10 et 15 % dans les Hautes-Alpes et de 15 à 30 % dans les Pyrénées-Orientales, les notations DEPERIS issues du road sampling mettent en évidence une situation plus contrastée selon les massifs étudiés. Le massif des Hautes-Alpes apparaît ici plus dégradé que ne le laissaient supposer les données IGN, tandis que le massif pyrénéen présente un état sanitaire globalement meilleur. Ces écarts peuvent s'expliquer par les différences de

méthodologie, d'échelle d'observation et de nombre de placettes, mais ils soulignent surtout l'intérêt de disposer de dispositifs complémentaires, ciblés sur une essence donnée et adaptés aux enjeux locaux.

L'analyse croisée des facteurs stationnels (altitude, exposition, surface terrière) n'a pas permis de mettre en évidence de déterminisme fort expliquant à lui seul les variations de l'état sanitaire. Si l'altitude semble influencer légèrement la note sanitaire, notamment en dehors de la plage altitudinale optimale située entre 1 750 et 1 950 m, les corrélations restent faibles et suggèrent l'intervention de facteurs multiples et combinés.

Parmi les facteurs biotiques étudiés, la présence de gui apparaît comme un élément discriminant entre massifs, particulièrement marquée dans les Hautes-Alpes, tandis que la chenille processionnaire du pin reste, à ce stade, marginale dans les peuplements de pin à crochets d'altitude.

Dans l'ensemble, cette étude confirme la pertinence du protocole DEPERIS et du road sampling pour obtenir rapidement une vision globale et comparée de l'état sanitaire des peuplements, tout en soulignant la nécessité d'approfondir certaines hypothèses explicatives.

Ce premier état des lieux ne met pas en évidence de situation alarmante à l'échelle des massifs étudiés. Il montre en revanche tout l'intérêt du road sampling comme outil de suivi, permettant d'identifier et de suivre dans le temps deux indicateurs majeurs de l'état sanitaire du pin à crochets : la présence du gui, facteur reconnu de dépérissement, et la chenille processionnaire du pin, dont les enjeux concernent à la fois la santé des peuplements forestiers et, plus largement, la santé humaine et animale.

### Perspectives

Il sera nécessaire de reconduire le protocole de road sampling à échéance régulière (tous les 5 ans) afin de suivre l'évolution temporelle de l'état sanitaire des peuplements de pin à crochets, en particulier dans les Hautes-Alpes, et de surveiller la progression de la chenille processionnaire du pin à l'échelle de l'ensemble des massifs.

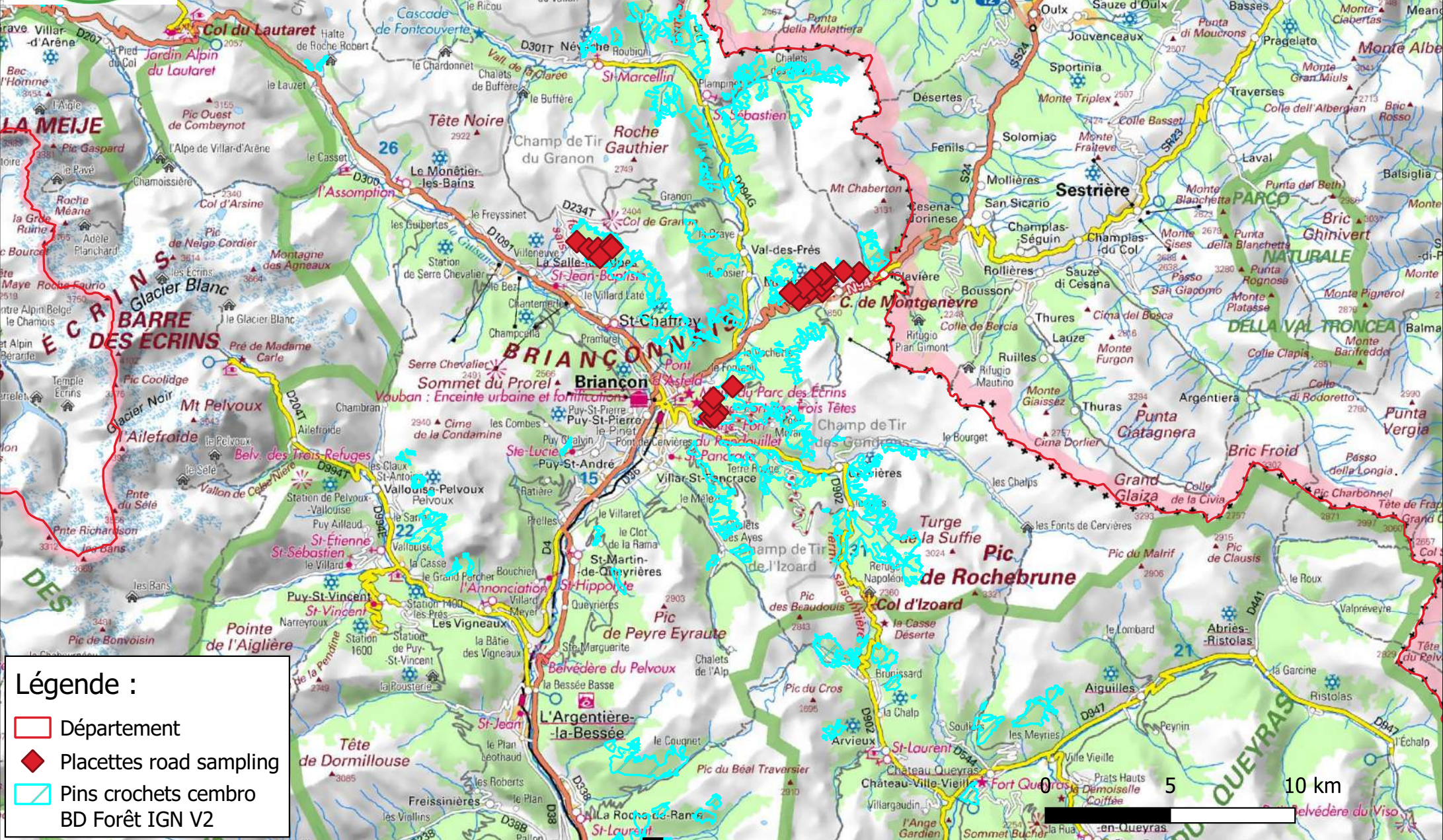
Afin de compléter ce dispositif, il conviendra d'étendre l'étude aux massifs de pins à crochets du Massif central et des Alpes du Nord, de manière à disposer d'un panorama plus complet de l'état sanitaire de cette essence.

## Annexe 1 : cartes de localisation par massif des placettes du road sampling

## Annexe 2 : cartes de localisation du front PP et du Gui

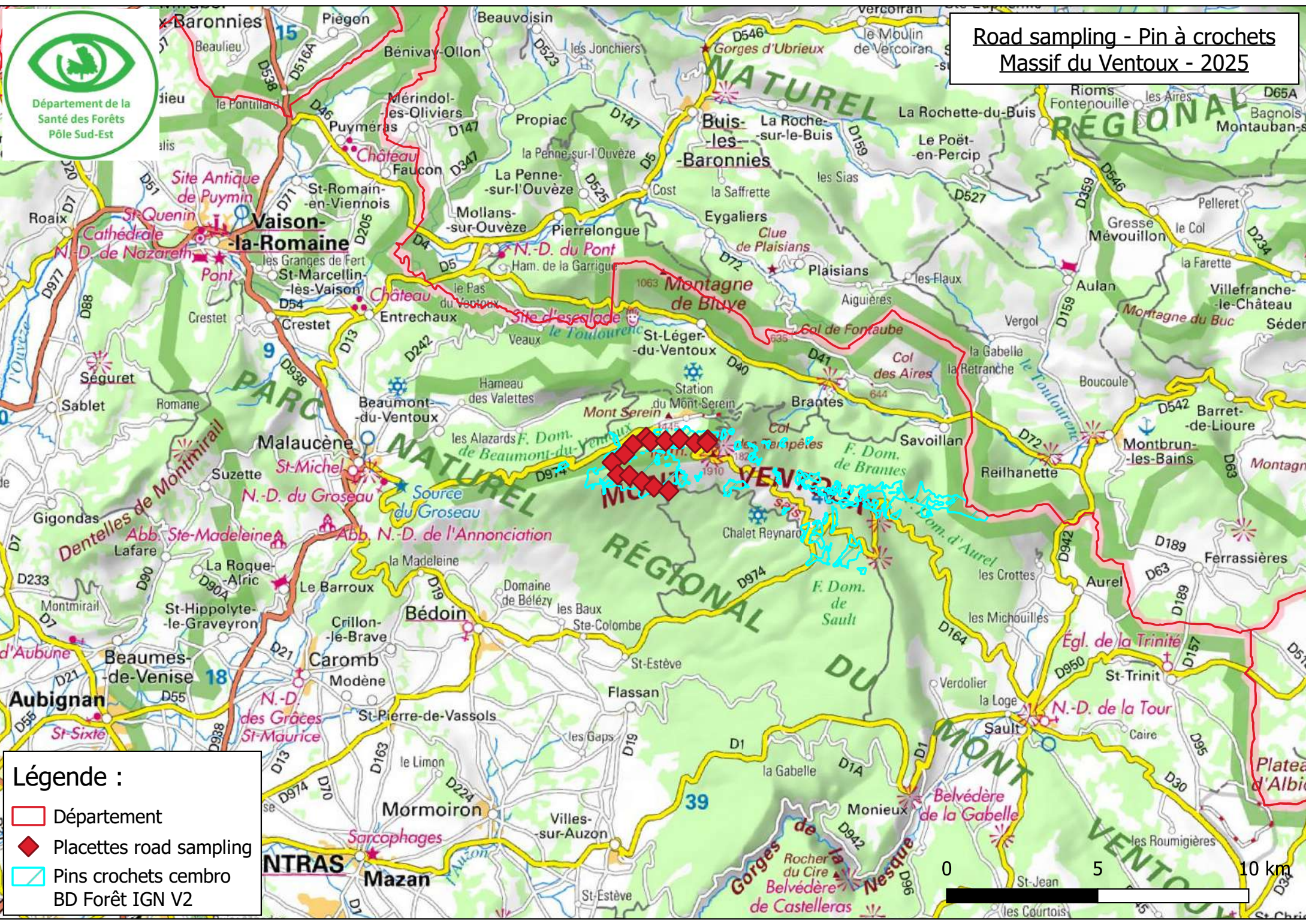


## Road sampling - Pin à crochets Massif des Hautes-Alpes - 2025



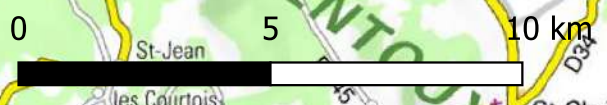


Road sampling - Pin à crochets  
Massif du Ventoux - 2025



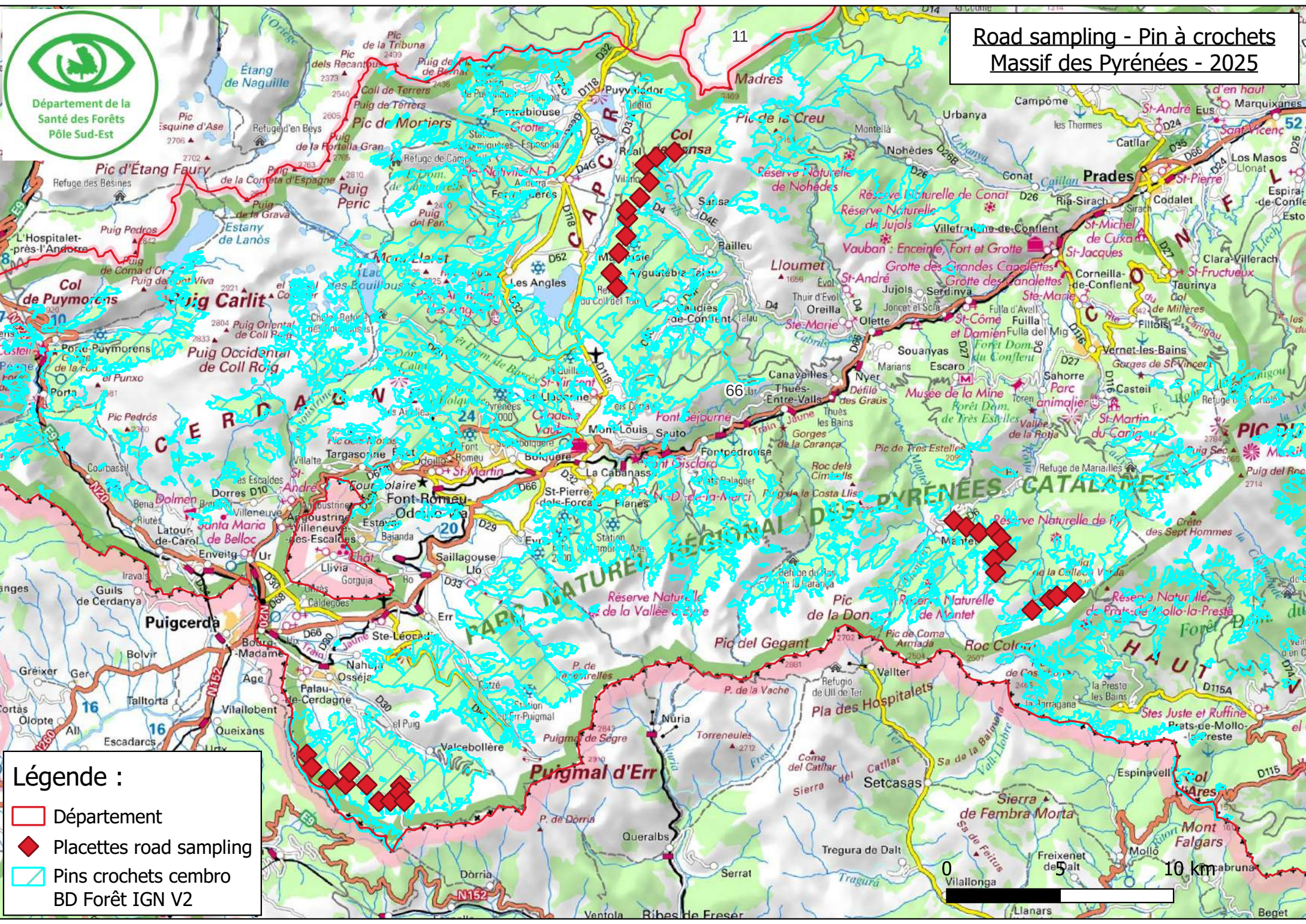
**Légende :**

- Département
- Placettes road sampling
- Pins crochets cembro
- BD Forêt IGN V2








Road sampling - Pin à crochets  
Massif des Pyrénées - 2025



Légende :

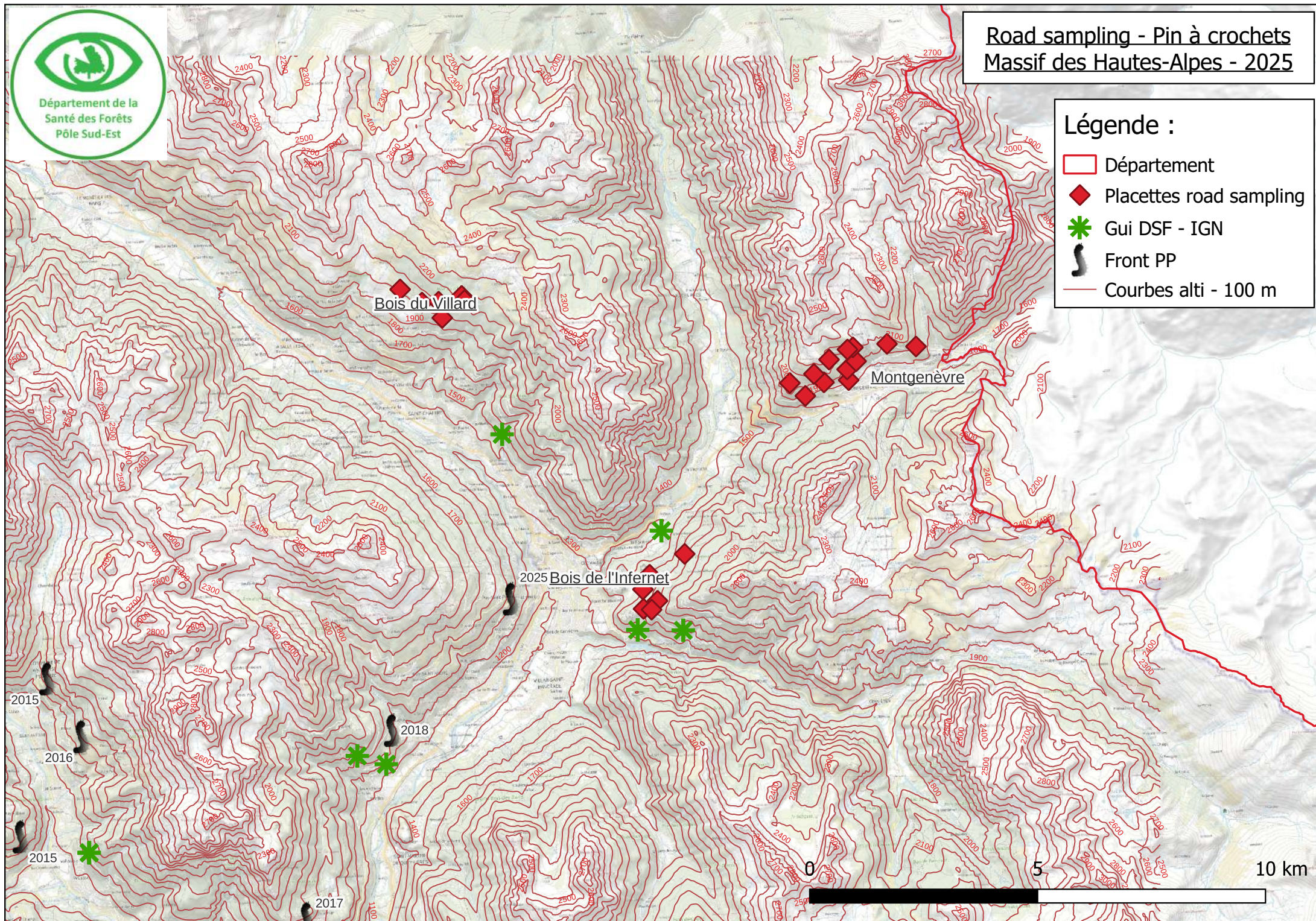
-  Département  
 Placettes road sampling  
 Pins crochets cembro  
 BD Forêt IGN V2



# Road sampling - Pin à crochets Massif des Hautes-Alpes - 2025

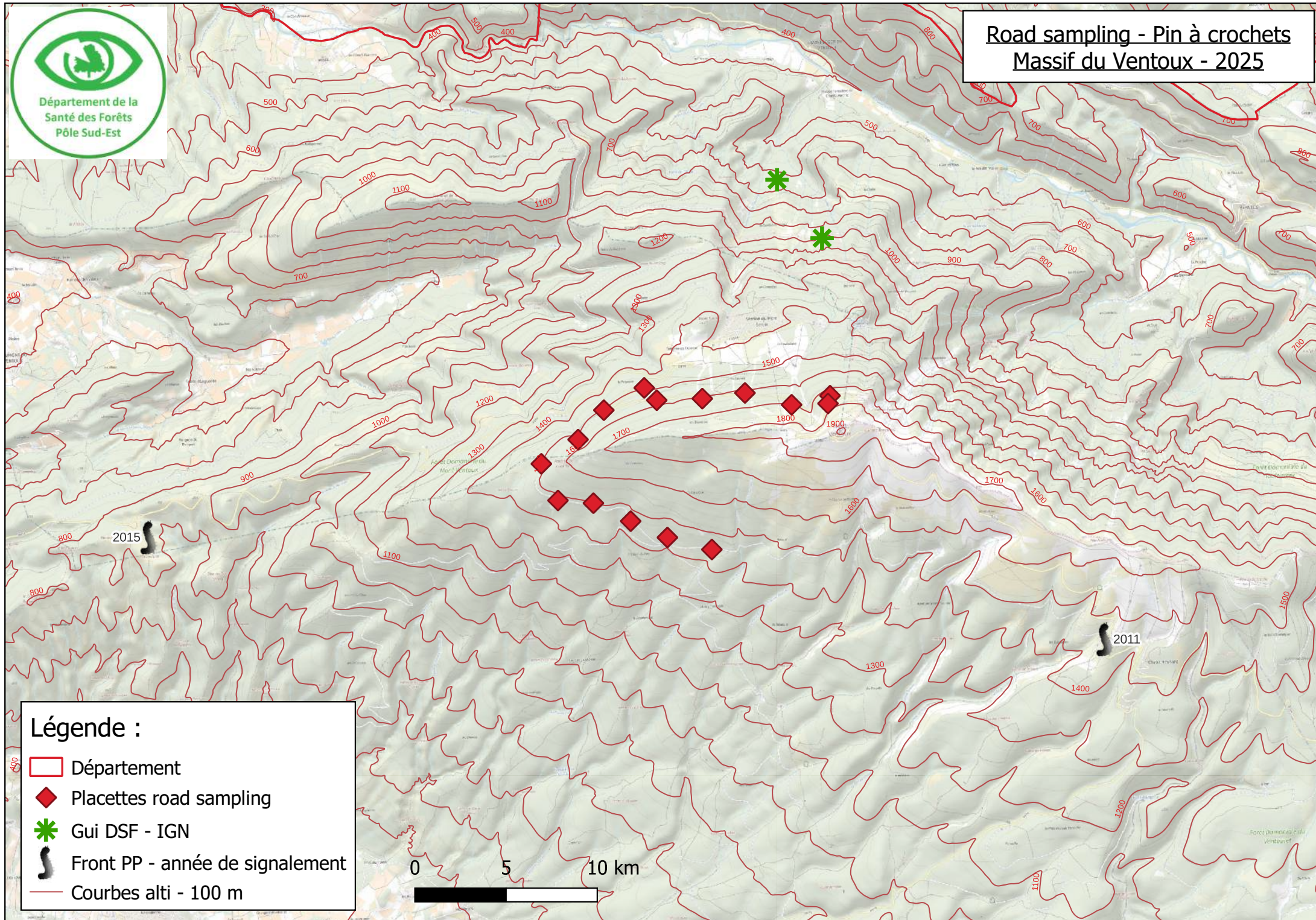
## Légende :

- Département
- ◆ Placettes road sampling
- ✱ Gui DSF - IGN
- ⚡ Front PP
- Courbes alti - 100 m





## Road sampling - Pin à crochets Massif du Ventoux - 2025





# Road sampling - Pin à crochets Massif des Pyrénées - 2025

