



**Réhabilitation du col des Tempêtes –
Ventoux
Phase suivi 2025**

S. HUC, A. HALLEZ

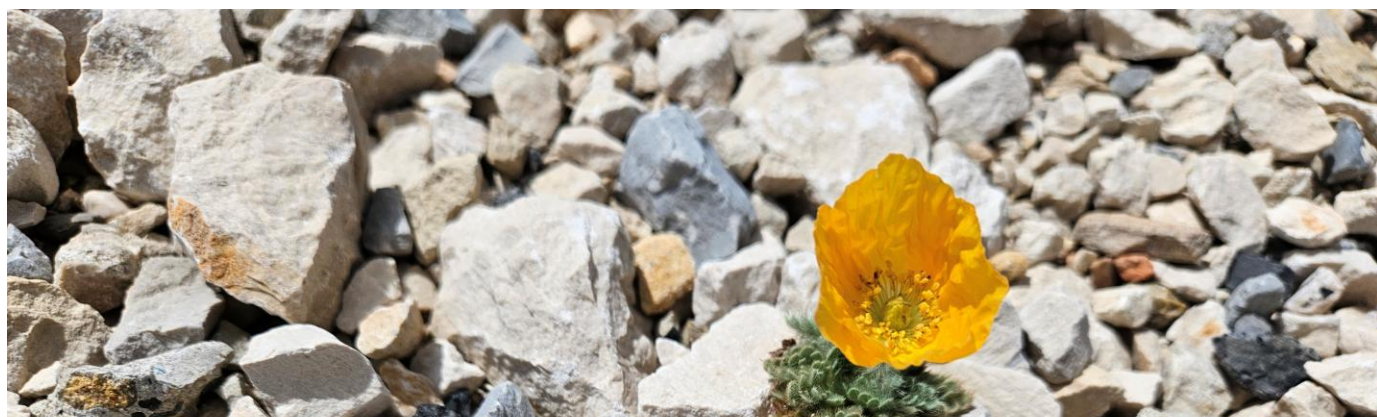


TABLE DES MATIERES

RÉHABILITATION DE LA ZONE CENTRALE DU COL DES TEMPÊTES.....	3
Rappel sur les actions 2023 (cf Rapport HUC et al. 2023)	3
Design expérimental de 2023	3
Récolte de graines de 2023	3
Semis de 2023.....	3
Rappel sur les actions 2024.....	5
Synthèse du suivi expérimental de 2024.....	5
Actions 2025.....	6
Suivi des zones expérimentales en 2025	6
Résultats et interprétation 2025	8
Conclusion et perspectives	11

RÉHABILITATION DE LA ZONE CENTRALE DU COL DES TEMPÊTES

Rappel sur les actions 2023 (cf Rapport HUC et al. 2023)

Design expérimental de 2023

En 2023, lors de la phase de semis, le plan expérimental a été défini pour comparer plusieurs modalités permettant de distinguer des compositions d'espèces et/ou des densités de semis. Ainsi chaque carré était délimité par une plaque de métal peinte en rose et enfoncé par un fer tor. Deux blocs de 20 à 30 cm de long étaient également marqués en rose et positionnés sur des plaques de métal. Le point GPS de chaque angle du carré avait été relevé. Ainsi nous avons trois repères pour retrouver les délimitations des modalités semées au moment de la phase de suivi.

Plan expérimental :

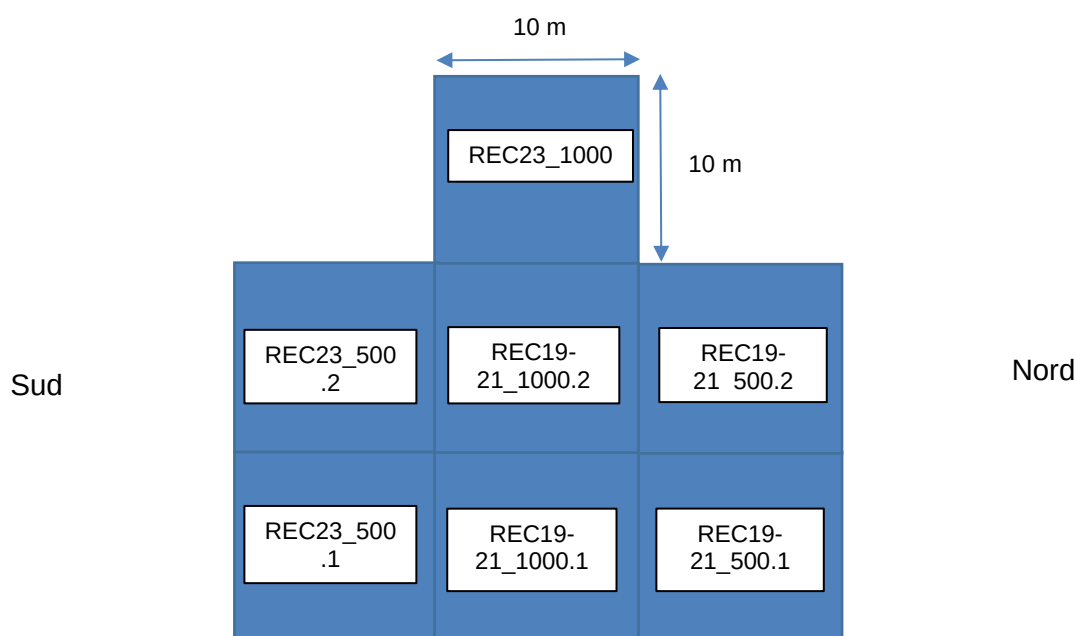


Figure 1 : design expérimental mis en place lors du semis en 2023

Récolte de graines de 2023

Une récolte de graines en mélange avait été réalisée sur l'ensemble de la zone avec une brosseuse électrique afin de compléter les volumes de semences à semer à l'automne.

Semis de 2023

Le semis de semences sauvages et locales récoltées sur la zone du col des tempêtes entre 2019 et 2023

avait eu lieu le 16 novembre 2023, par une météo peu clémente (brouillard, pluie, vent fort).

Les espèces semées en espèces pures étaient les suivantes : *Astragalus australis* (L.) Lam., 1779, *Myosotis alpestris* F.W.Schmidt, 1794, *Campanula alpestris* All., 1773, *Draba aizoides* L., 1767, *Papaver alpinum* L., 1753 subsp. *alpinum*, *Cerastium arvense* subsp. *strictum* Gaudin, 1828, un mélange d'astéracées (*Cardus defloratus* subsp. *carlinifolius* (Lam.) Ces., 1844, *Carlina acaulis* subsp. *caulescens* (Lam.) Schübl. & G.Martens, 1834), un mélange de graminées (*Festuca burgundiana* Auquier & Kerguelen, 1978, *Poa alpina* L., 1753, *Trisetum distichophyllum* (Vill.) P.Beauv. ex Roem. & Schult., 1817, *Helictotrichon setaceum* (Vill.) Henrard, 1940, *Festuca brevipila* R.Tracey, 1977).

Alors que nous avions prévu un semis à la volée, généralement utilisé pour recouvrir équitablement l'ensemble de la zone à semer, les conditions climatiques du jour (vent violent qui emportait toutes les graines sur des centaines de mètres) nous ont poussés à utiliser une autre méthode de semis. Ainsi nous avons créé des sillons au râteau dans lesquels nous avons semé le plus près possible du sol le mélange graines-sable (technique maraichage) ; enfin nous avons recouvert les graines avec le substrat en place.

Modalités de semis :

Tableau 1 : Description des modalités de semis

Nom de la modalité	Surface	Réplicat	Origine des semences	densité
REC19-21_500	100 m ²	2	récolte entre 2019 et 2021	500 graines / m ²
REC19-21_1000	100 m ²	2	récolte entre 2019 et 2021	1000 graines / m ²
REC23_500	100 m ²	2	Récolte 2023	500 graines / m ²
REC23_1000	100 m ²	1	Récolte 2023	1000 graines / m ²

L'orientation des bandes semées a variée selon les zones semées :

- REC19-21_500 : lignes de semis dans le sens nord-sud
- REC19-21_1000 : lignes de semis dans le sens nord-sud
- REC23_500 : lignes de semis dans le sens nord-sud
- REC23_1000 lignes de semis dans le sens est-ouest

Rappel sur les actions 2024

Synthèse du suivi expérimental de 2024

La première année de suivi a permis d'établir l'état des lieux et le taux de germination. Les suivis ont été réalisés sur la base du design expérimental mis en place en 2023. Les conditions alpines présentes au col des Tempêtes (froid, neige, vent, absence de sol) ralentissent la germination. Ce schéma est partagé avec l'ensemble des travaux de restauration réalisés en zone alpine. L'ensemble des modalités de semis ont mis en évidence des germinations mais leur faible taux a rendu les comparaisons impossibles.



Figure 2 : suivi réalisé en 2024. Les germinations sont très petites, généralement inférieures à 2cm de haut.

Actions 2025

Suivi des zones expérimentales en 2025

Le suivi a été réalisé le 7 juillet 2025 par un temps sec avec très peu de vent.

Sur place, nous avons constaté une dégradation en zone centrale. En effet, lors de la nuit des étoiles au col des tempêtes, la barrière interdisant l'accès aux véhicules à moteur sur la zone expérimentale a été vandalisée. Des traces de roues sont visibles sur la zone semée (fig. 3). La zone expérimentale a été perturbée rendant le dispositif expérimental mis en place en 2023 caduc. Le protocole de suivi entamé en 2024 n'est donc plus reconductible.



Figure 3 : Traces de roues observées lors du suivi de 2025, ayant dégradée la zone semée en 2023

A défaut de pouvoir évaluer chaque modalité, nous avons défini une nouvelle question plus simple, mais qui permet toutefois d'évaluer l'opération de restauration écologique réalisée. **Quel est l'effet du semis sur le rétablissement de la végétation du col des Tempêtes ?**

Pour y répondre, nous avons mis en place un protocole plus simple et plus robuste, dans la mesure où il s'affranchit des modalités de semis et permet donc d'intégrer des éléments aléatoires dans les analyses. Il consiste à réaliser 4 transects de 30 mètres disposés en (semi-)étoiles (fig. 4 , tab. 2). Le long de chaque transect, 15 quadrats (50 x 50 cm) espacés de 2 mètres sont mis en place. Les points de croisement ne sont pas considérés pour éviter les duplicats d'un même quadrat. Le protocole comprend 60 placettes. Au sein de chaque quadrat le recouvrement total ainsi que les taxons et leur nombre d'individus sont répertoriés. Les transects étant considérés appartenant à une même modalité, les comparaisons entre transect ne s'effectuent pas. Même si les extrémités des transects ont été repérés avec un GPS, ils ne sont pas fixés car l'analyse porte sur l'ensemble de la zone semée. On ne compare pas les quadrats entre eux.

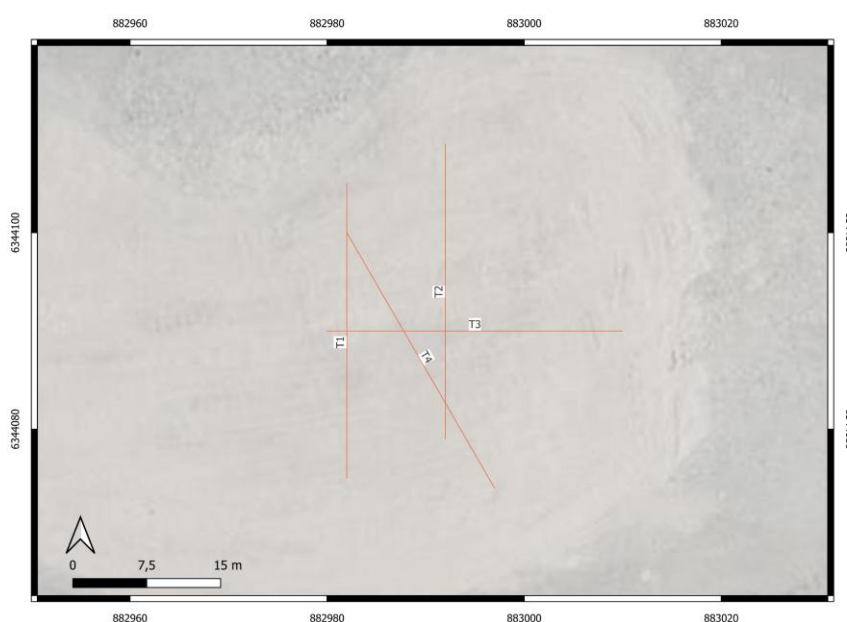


Figure 4 : Nouveau dispositif de suivi par transects (coordonnées Lambert93)

Tableau 2 : Coordonnées des extrémités des 4 transects de suivi mis en place en 2025

Lambert93	Départ		Arrivé	
	X	Y	X	Y
Transect 1	882982	6344075	882982	6344105
Transect 2	882992	6344079	882992	63440109
Transect 3	883010	6344090	882980	6344090
Transect 4	882997	6344074	882982	6344100



Figure 4 : Suivi de reprise de végétation avec quadrat le long de transect non fixés en 2025

Résultats et interprétation 2025

Du fait du nouveau protocole, il est difficile de comparer quantitativement les données de 2024 et 2025. Par contre, on peut tout de même réaliser d'autres analyses.

Nous pouvons comparer :

- les espèces végétales recensées entre 2024 et 2025 ;
- le nombre d'espèces recensées à l'échelle de la zone restaurée entre 2024 et 2025
- le recouvrement de végétation de la zone restaurée avec l'écosystème de référence;
- le nombre d'espèces recensées en 2025 par rapport à la zone de référence correspondant à la végétation en bon état de conservation (relevé de 2019 ou de 2025?);

L'annexe 1 synthétise les données d'observation des espèces végétales sur la zone restaurée et sur le site de référence située alentour.

1- Evaluation de la reprise de végétation entre 2023 et 2025

Pour rappel, voici la liste des espèces semées à partir des collectes réalisées de 2019 à 2021 : *Astragalus australis* (L.) Lam., 1779, *Myosotis alpestris* F.W.Schmidt, 1794, *Campanula alpestris* All., 1773, *Draba aizoides* L., 1767, *Papaver alpinum* L., 1753 subsp. *alpinum*, *Cerastium arvense* subsp. *strictum* Gaudin, 1828, un mélange d'astéracées (*Carduus defloratus* subsp. *carlinifolius* (Lam.) Ces., 1844, *Carlina acaulis* subsp.

caulescens (Lam.) Schübl. & G.Martens, 1834), un mélange de graminées (*Festuca burgundiana* Auquier & Kerguelen, 1978, *Poa alpina* L., 1753, *Trisetum distichophyllum* (Vill.) P.Beauv. ex Roem. & Schult., 1817, *Helictotrichon setaceum* (Vill.) Henrard, 1940, *Festuca brevipila* R.Tracey, 1977). Pour compléter, une récolte des graines en mélange a été réalisée en 2023 par broyage sur l'ensemble de la zone.

Le tableau 3 présente les listes d'espèces relevées en 2024 et en 2025. Seules 4 espèces sont communes entre les relevés de 2024 et 2025. Ces données sont cependant peu précises car la détermination est encore délicate pour certaines espèces à l'état de plantule, notamment pour une dicotylédone, une poacée et une bryophyte non identifiée.

De plus, seules 4 espèces semées sont encore présentes en 2025 : *Cerastium arvense subsp. strictum*, *Festuca* sp., *Papaver alpinum*, *Trisetum distichophyllum*. D'autres espèces peuvent germer dans les années à venir, cela dépend de la levée de dormance de chaque espèce.

Ces résultats ne signifient pas que les taxons semés ne germeront pas. En effet, certaines espèces présentent une durée de dormance longue. L'utilisation de semences locales, non sélectionnées pour germer rapidement, demande de la patience. Il est parfois possible d'observer des germinations au bout de 3 ou 4 ans après semis.

De plus, concernant les espèces observées en 2024 mais non revues en 2025, l'absence d'observation est due soit au changement de méthode de suivi, soit leurs germinations n'ont pas perdurées dans le temps. Généralement les espèces opportunistes germent durant les 2 premières années après semis et sont remplacées par des espèces plus pérennes à partir de la 3^{ème} année. Mais l'environnement abiotique du Col des Tempêtes rend les conditions de vie difficiles. Les espèces les plus adaptées au milieu devraient prendre le relais dans les années futures.

Tableau 3 : Comparaison des taxons observés en 2024 et 2025

Taxons	2024	2025
Dicotylédone	X	
<i>Draba aizoides</i>	X	
<i>Festuca</i> sp	X	X
<i>Galium</i> sp	X	X
<i>Larix decidua</i>	X	
<i>Rumex</i> sp	X	
<i>Trisetum distichophyllum</i>	X	X
Bryophyte	X	
<i>Cerastium arvense subsp. suffruticosum</i>	X	X
Feuilles rondes		X
<i>Galeopsis</i> sp		X
<i>Linaria alpina</i>		X
<i>Papaver alpinum</i>		X
Poaceae		X
<i>Scrophularia canina</i>		X
<i>Thymus praecox</i> gp		X

Note : *Cerastium arvense subsp. suffruticosum* a été noté en tant que *Caryophyllacea* en 2024.

2- Evolution de nombre d'espèces recensées et de leur abondance entre 2024 et 2025

Sur chaque quadrat, nous relevons le recouvrement global de végétation, les espèces végétales présentes ainsi que leur abondance.

Ainsi, nous pouvons apprécier l'évolution de ces métriques dans le temps.

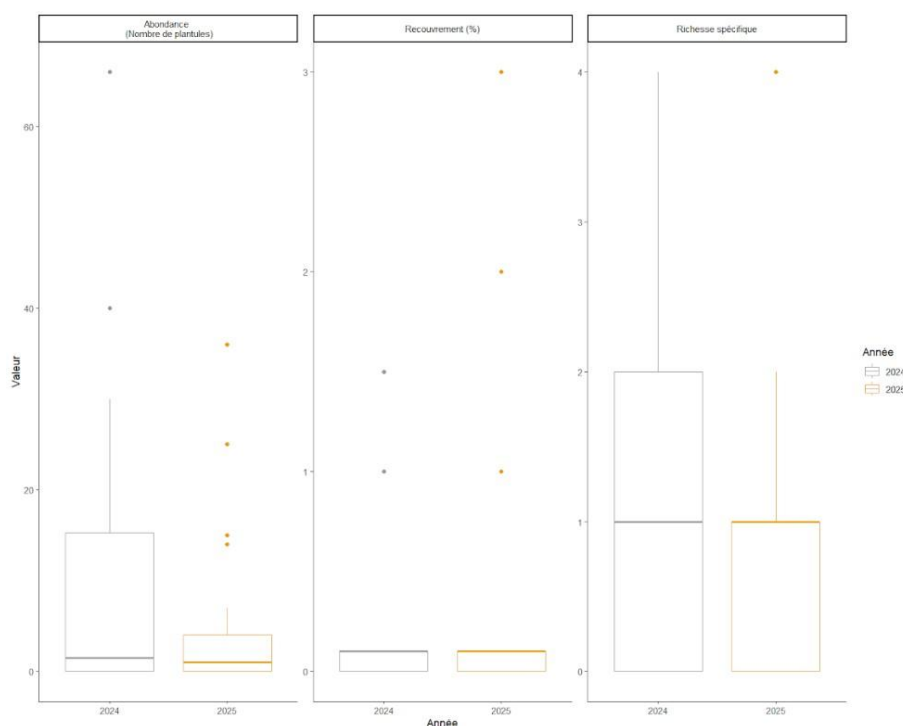


Figure 5 : Evolution de l'abondance, du recouvrement de végétation et de la richesse spécifique entre 2024 et 2025.

Le test de student, de comparaison des moyennes, a été utilisé pour étudier la richesse spécifique, l'abondance et le recouvrement entre les deux années de suivi. La richesse spécifique et l'abondance ont des différences significatives (< 0.05), alors que le recouvrement non. Néanmoins ces résultats restent à nuancer. Les différences observées sont dues au nombre relativement important de réplica, ce qui augmente la puissance du test. Pour le cas de la richesse spécifique, la différence de moyenne entre les deux années est de 0.5 soit même pas 1 espèce, le test montre qu'il existe une différence significative mais en terme écologique, cette conclusion n'a pas de sens. Nous pouvons tenir une réflexion similaire pour l'abondance, d'autant que cette variable est largement biaisée par le changement de protocole

Le nombre d'espèces germées restent très faible compte tenu des semis réalisés. Ce nombre reste toutefois plus important que dans la zone non semée (non quantifiée en 2025, à réaliser en 2026).

L'abondance par espèce est également faible et nécessite un suivi très minutieux (à 4 pattes) pour dénombrer les individus à l'état de plantules ou même parfois de cotylédons.

3- Trajectoire de restauration par rapport à la zone de référence

Le site de référence est situé sur le pourtour du col des Tempêtes. Il correspond à la végétation naturelle, en bon état de conservation. Pour comparer les données de végétation entre les 2 zones, nous utilisons les relevés de végétation réalisés en 2019 qui ont mis en évidence la présence de 53 espèces.

Tableau 4 : Comparaison entre les indicateurs relevés sur la zone restaurée et le site de référence

	RICHESSSE SPÉCIFIQUE	RECOUVREMENT (en %)	ABONDANCE (en nombre d'individus)
2024	9	0,17	489
2025	9	0,33	195
Écosystème de référence	53	12,7	-

Le tableau 4 compare les métriques Richesse spécifique et recouvrement de végétation entre la zone restaurée et la zone de référence. De plus, l'abondance observée en 2025 est inférieure à celle observée en 2024 : cela peut être due soit au changement de protocole de suivi, soit à la faible germination de 2025, soit à la mortalité des germinations de 2024.

Au bout de seulement 2 ans, on constate que la zone restaurée est encore loin de ressembler à l'écosystème de référence. Cela est tout à fait normal si on compare à d'autres sites restaurés en zone alpine à des altitudes élevées.

Conclusion et perspectives

Suite aux dégradations et au changement de protocole, la comparaison entre les deux premières années de suivi reste difficile. À dire d'expert, nous relevons néanmoins une évolution positive de la dynamique végétale par rapport à l'année dernière. Les zones non impactées par les dégradations de 2025 (roulage) montrent un taux de germination important. Les lignes de semis sont bien plus visibles qu'en 2024, ce qui indique une végétalisation plus importante. Les conditions environnementales extrêmes (ultraviolet, vent, sécheresse, enneigement, amplitude thermique) rendent la colonisation de ces écosystèmes longue. Le retour à l'état optimal prendra de nombreuses années.

Il est encore trop tôt pour conclure à l'efficacité du semis sur le col des tempêtes.

Nous préconisons une protection stricte de la zone, afin d'éviter de nouvelles dégradations par les voitures. Nous proposons également de poursuivre le suivi afin de mesurer l'évolution de la végétation.

ANNEXE 1 : Synthèse des observations sur le site restauré (espèces semées et observées en 2024 et 2025) et sur le site de référence (relevés 1531662, 1531663 et 1531670).

Nom complet	1531 662	1531 670	1531 663	Espèces semées en 2023	Espèces observée s en 2024	Espèces observée s en 2025
<i>Alchemilla alpina</i> L.	+	+				
<i>Alyssum flexicaule</i> Jord., 1846	+	+	+			
<i>Anthyllis montana</i> L.		+				
<i>Arenaria grandiflora</i> L.	+	+	+			
<i>Astragalus australis</i> (L.) Lam.	+	1	+	X		
<i>Athamanta cretensis</i> L.	+	+	+			
<i>Biscutella brevicaulis</i> Jordan	+	+				
<i>Botrychium lunaria</i> (L.) Swartz		+				
<i>Cacalia alpina</i> L.			+			
<i>Carduus defloratus</i> L. subsp. <i>carlinifolius</i> (Lam.) Cesati	+	+		X		
<i>Carlina acaulis</i> L. subsp. <i>caulescens</i> (Lam.) Schübl. & Martens		+		X		
<i>Cerastium arvense</i> L. subsp. <i>suffruticosum</i> (L.) Cesati		1		X		X
<i>Crepis pygmaea</i> L., 1753	+	+	+			
<i>Dianthus subacaulis</i> Vill., 1789	+					
<i>Draba aizoides</i> L.		+		X	x	
<i>Erysimum ochroleucum</i> (Schleicher) DC.	+	+	+			
<i>Festuca burgundiana</i> Auquier & Kerguélen (/Festuca cinerea Vill.)	1	2	+	X		?
<i>Festuca stricta</i> Host subsp. <i>trachyphylla</i> (Hackel) Patzke		+	+			?
<i>Galeopsis</i> sp.						X
<i>Galium pusillum</i> L.	1	1	+			X
<i>Globularia repens</i> Lam.			+			
<i>Helianthemum italicum</i> (L.) Pers.	1	+	+			
<i>Helictotrichon setaceum</i> (Vill.) Henrard	+	1		X		
<i>Hieracium gariodianum</i> Arv.- Touv.	+	1				
<i>Hieracium leiopogon</i> Gren. ex Verl.			+			
<i>Hieracium neocerinthe</i> Fries gr. <i>cordifolium</i>	+					
<i>Iberis nana</i> All.	+	+	+			
<i>Koeleria vallesiana</i> (Honckeny) Gaudin subsp. <i>humilis</i> Br.-Bl.		+				

Larix decidua Mill.,					X	
Leontodon crispus Vill.	+	+				
Linaria alpina (L.) Miller subsp. alpina	+					X
<i>Linaria supina</i> (L.) Chaz.		+	+			
Minuartia capillacea (All.) Graebner	+					
Minuartia villarii (Balbis) Wicz. & Chenevard		+				
Myosotis corsicana (Fiori) Grau subsp. corsicana	+	+	+	X		
Ononis cristata Miller		+				
Papaver alpinum L. subsp. alpinum	+			X		X
Paronychia kapela (Hacq.) Kerner subsp. <i>serpyllifolia</i> (Chaix) Graebner			+			
Phyteuma orbiculare L.			+			
Pinus mugo subsp. <i>uncinata</i> (Ramond ex DC.) Domin, 1936			+			
Poa alpina L.	+	+	+	X		
<i>Rumex scutatus</i> L.		+	+			
Saxifraga exarata Vill. subsp. <i>moschata</i> (Wulfen) Cavillier in Burnat	+	+				
Saxifraga exarata Vill. subsp. <i>pseudoexarata</i> (Br.-Bl.) Webb			+			
Saxifraga oppositifolia L.	+		+			
Scrofularia caninca						X
Sedum rupestre L.	+	1	+			
Seseli montanum L., 1753		+				
<i>Sesleria caerulea</i> (L.) Ard., non sensu			+			
Silene vulgaris (Moench) Garcke subsp. vulgaris		+				
Taraxacum parnassicum Dahlst., 1926		1	+			
Thymus nervosus Willk.	+	+	+			
Thymus praecox						X
Trisetum distichophyllum (Vill.) P. Beauv. ex Roemer &	+		+	X	x	X
Valeriana salinca All.	+	+	+			
Valeriana tripteris L.			+			
<i>Viola cenisia</i> L.			+			



cbn
**CONSERVATOIRE
 BOTANIQUE NATIONAL
 ALPIN**

Domaine de
 Charance
 05 000 GAP

148 rue Pasteur
 73000 Chambéry

SUIVEZ-NOUS
 POUR EN
 SAVOIR PLUS
www.cbn-alpin.fr

 **Parc
 naturel
 régional
 du Mont-Ventoux
 Pargue dóu Ventour**

VAUCLUSE
 LE DÉPARTEMENT