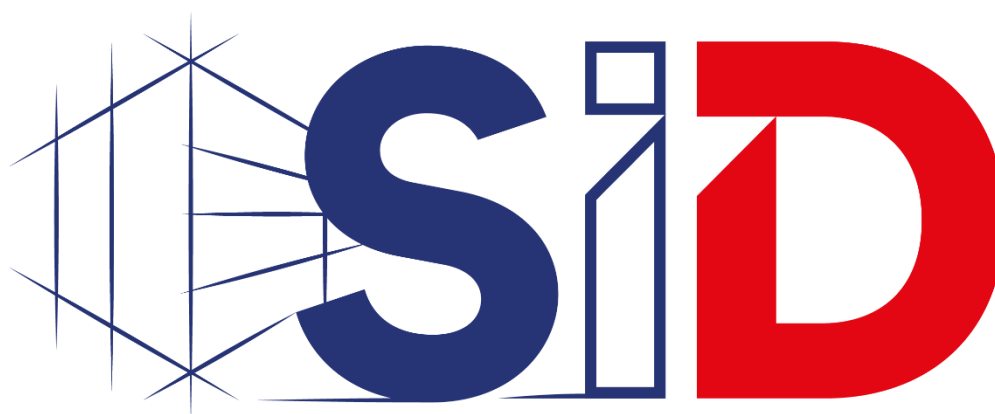


MINISTERE DES ARMEES – SID
Etude acoustique
Parc du Mercantour
Rapport



Service d'infrastructure de la Défense

Réf. Sim Engineering : 25GAC003 rév B

Réf. Client: SID

Le 24 Mars 2025

David BERRIER

06.14.59.27.12

d.berrier@sim-engineering.com



Suivi d’Affaire

Précédentes études & suivi du Projet :

Réf. document	Objet	Date
25GAC003	Mesures et étude acoustiques	21/03/2025

Révisions du document :

Révision	Nature de révision	Date
A	Version initiale	21/03/2025
B	Version complétée	24/03/2025

Suivi :

	Rédacteur	Visa
Nom	PIALOT	BERRIER
Prénom	Théo	David
Date	24/03/2025	24/03/2025

Sommaire

Suivi d’Affaire.....	2
Sommaire	3
INTRODUCTION & GENERALITES	4
1. Objet de l’étude	5
2. Contexte réglementaire et normatif	6
3. Méthodologie	8
MESURES ACOUSTIQUES	10
4. Généralités sur les mesures.....	11
5. Conditions de mesurage	11
6. Position des points de mesure	12
7. Résultats des mesures	13
ETUDE ACOUSTIQUE – MODELISATION NUMERIQUE.....	14
8. Préambule.....	15
9. Niveaux de puissance acoustique des sources considérées.....	16
10.Présentation du modèle	17
11.Résultats de l’étude prévisionnelle	21
12.Vues 3D :	52
13.Conclusion de l’étude prévisionnelle.....	59
ANNEXES	60
Annexe 1 Notions d’acoustique	61
Annexe 2 Présentation de l’outil de calculs prévisionnels des niveaux sonores.....	64
Annexe 3 Méthodologie estimation qualitative météorologique	65
Annexe 4 Évolution temporelle et niveaux sonores au voisinage	66

Introduction & Généralités

1. Objet de l'étude

A la demande du SID, nous avons effectué des mesures de bruits résiduels en période hivernale, et une étude acoustique à l'aide du logiciel prédictif CADNAA en bordure du Parc du Mercantour.

Cette étude a pour but de :

- Quantifier l'impact de tirs qui seront réalisés par l'armée en période hivernale en bordure du Parc sur les zones habitées ou utilisées par les Lagopèdes,
- Transmettre des cartographies de bruit lors de tirs avec modélisations et vues 2D/3D.

2. Contexte réglementaire et normatif

2.1.Contexte réglementaire

Le site n'est pas soumis à une réglementation particulière, les tirs ayant lieu en période hivernale et la route menant au Col de la Bonette étant fermée. Les rares bâtiments présents dans la zone ne sont pas habités en cette période.

2.2.Contexte normatif

L'étude d'impact acoustique réalisée est soumise aux normes suivantes :

Mesures environnementales

- NF S 31-010 de décembre 1996 relative à *la caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement – Méthodes particulières de mesurage*
- NF S 31-110 de novembre 2005 relative à *la caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement – Grandeurs fondamentales et méthodes générales d'évaluation*

Etudes prédictives

- ISO 9613-1 relative à *l'atténuation du son lors de sa propagation à l'air libre – Partie 1 : Calcul de l'absorption atmosphérique ;*
- ISO 9613-2 relative à *l'atténuation du son lors de sa propagation à l'air libre – Partie 2 : Méthode générale de calcul ;*

2.3.Principales Définitions

Bruit résiduel

Ensemble des bruits habituels en l'absence du bruit émis par l'objet de l'étude.

Bruit particulier

Bruit émis par l'objet de l'étude seul en dehors du bruit résiduel.

Bruit ambiant

Bruit total existant, incluant le bruit résiduel et le bruit particulier.

Émergence

Différence entre les niveaux de bruit ambiant et de bruit résiduel.

3. Méthodologie

Campagne de mesure acoustique initiale

Une campagne de mesures acoustique a été réalisée afin d'effectuer les actions suivantes :

- Mesurage du niveau de bruits **résiduels**.

Nous avons effectué 2 points de mesures :

- 1 point de mesure au niveau du parking des départs de tests Michelin, le long du Torrent de Clapouse : **POINT A**



- 1 point de mesure au niveau du Lac des Eissaupres : **POINT B**



Modélisation lors de tirs effectués par l'armée :

Un modèle de calcul est réalisé sur la base de la topographie du site, de la localisation des zones de tirs et des données transmises par l'armée concernant les niveaux de pression acoustique de l'arme HK416 qui sera l'arme la plus utilisée lors des sessions de tirs.

Les données transmises par l'armée concernant le HK416 étant les suivantes :

Les valeurs du niveau d'énergie acoustique L_0 émise par l'arme, sont présentées en global et en bande d'octave ci-dessous :

Tableau 8 : Niveau d'énergie acoustique L_0 émise par l'arme HK416

	Global	31.5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
	(dB(A))	dB(lin)	dB(lin)	dB(lin)	dB(lin)	dB(lin)	dB(lin)	dB(lin)	dB(lin)	dB(lin)
Niveau d'énergie acoustique émise par la source	153.0	113.0	129.7	138.9	148.1	146.8	148.2	147.3	143.3	138.0

Les résultats des calculs des valeurs de $L_q(\alpha)$ sont présentés dans le tableau ci-dessous pour l'arme HK416.

Tableau 6 : Niveaux de distribution angulaire de l'énergie acoustique émise par le fusil d'assaut HK416

Angle α	Niveaux moyennés	31.5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Degrés	dB(A)	dB(lin)	dB(lin)	dB(lin)	dB(lin)	dB(lin)	dB(lin)	dB(lin)	dB(lin)	dB(lin)
0	145.5	128.7	143.6	143.0	142.0	140.5	141.4	139.6	130.5	126.1
20	145.2	88.0	113.9	134.6	142.1	140.4	140.3	139.9	131.8	128.5
40	145.7	81.8	103.5	130.9	141.4	139.8	140.1	140.7	135.0	128.3
60	144.1	76.9	99.1	128.0	139.2	138.3	137.6	138.1	136.8	129.8
80	142.2	78.2	93.3	123.9	136.2	134.9	139.4	134.5	131.3	127.6
100	140.0	77.7	93.4	122.0	132.7	132.6	136.0	134.3	129.5	126.3
120	136.5	78.1	91.4	119.1	129.6	127.3	131.6	131.5	127.0	124.1
140	134.9	77.9	90.3	116.2	125.7	123.7	129.5	130.4	125.6	121.1
160	133.0	80.6	88.6	114.2	123.2	119.6	128.9	125.8	126.5	121.0
180	132.2	78.0	87.4	113.6	122.4	120.4	128.8	126.4	122.5	115.4

Ces données sont issues du rapport de mesures réalisé par la société dB ACOUSTIC en juillet 2022.

1^{ère} PARTIE

Mesures acoustiques

4. Généralités sur les mesures

Opérateur(s) :

Théo PIALOT

Dates d'intervention

26 février 2025

Matériel utilisé

Les mesures ont été réalisées à l'aide du matériel suivant :

- Sonomètres Norsonic – NOR140
 - n° de série : 1406337

Les résultats ont été exploités à l'aide des logiciels suivants :

- NorReview

Norme(s) de mesure

Les mesures ont été réalisées conformément aux prescriptions de la norme suivante :

- **NF S 31-010** de décembre 1996 relative à la *caractérisation et mesure des bruits de l'environnement - Méthodes particulières de mesure* ;
- **NF S 31-110** de novembre 2005 relative à la *caractérisation et mesure des bruits de l'environnement - Grandeurs fondamentales et méthodes générales d'évaluation* ;

5. Conditions de mesure

5.1. Conditions météorologiques

5.1.1. Conditions météorologiques

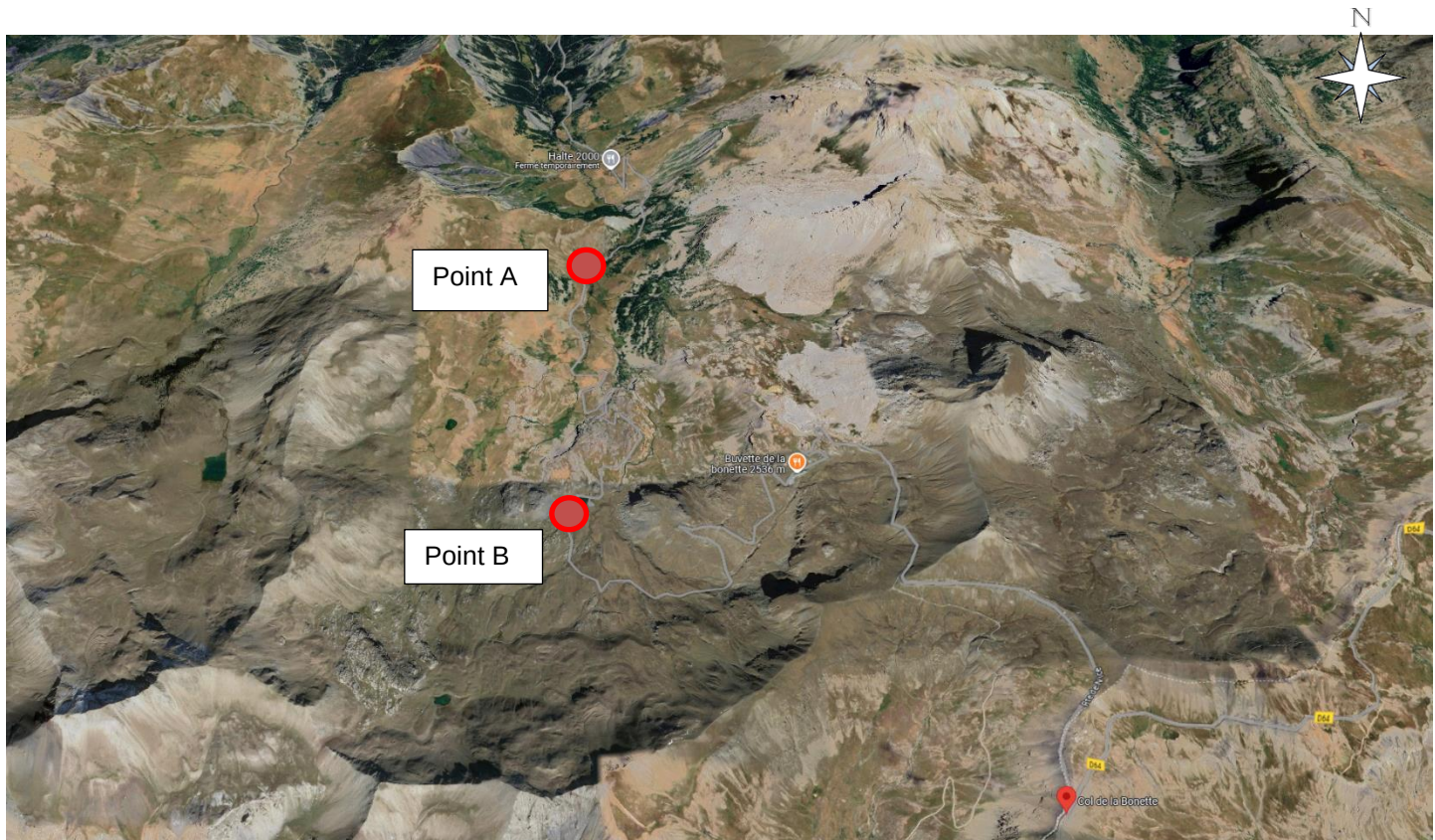
Lors de la campagne de mesure, les conditions météo étaient favorables à la réalisation des mesures conformément à la réglementation en vigueur (NF S 31-010, code norme T2/U3, cf. annexe 3).

- Ciel dégagé
- Vent faible à nul
- Période diurne

6. Position des points de mesure

Pour l'ensemble des points de mesure, le microphone était placé à :

- 1,5 m du sol,
- à 1 m ou plus de toute surface réfléchissante



Altitudes des points de mesure :

- Point A : Parking départ tests Michelin – 2100 m
- Point B : Lac des Eissaupres – 2320 m

7. Résultats des mesures

Les résultats des mesures font l'objet des planches jointes en Annexes du présent rapport.

7.1. Niveau de bruit résiduel

Le tableau ci-dessous présente les niveaux de bruit résiduel relevés sur site.

Les résultats des mesures font l'objet des planches jointes en Annexes du présent rapport.

Niveau de Bruits RESIDUELS - Arrondis à 0,5 dB(A)						
Lieu	Période	Durée	LAeq dB(A)	L50 dB(A)	L90 dB(A)	Indicateur retenu
Point A	DIURNE	30 minutes	28	28	27	LAeq
Point B	DIURNE	30 minutes	17	16	16	LAeq

Commentaires

Nous avons compté 2 passages d'avions lors de nos mesures.

2^{ème} PARTIE

Etude acoustique – Modélisation numérique

8. Préambule

Les objectifs de cette partie sont les suivants :

- Modéliser l'impact des tirs dans et en bordure du Parc du Mercantour
- Réaliser une cartographie de bruit.

8.1.Modélisation & étude

Contenu

Les modélisations prennent en compte les éléments suivants :

- Sources sonores,
- Topographie du site,
- Effets de sol - Coefficient d'absorption de la neige (utilisation de 3 coefficients différents),
- Effets atmosphériques (atténuation du son lors de sa propagation à l'air libre),
- Effets météorologiques : modélisation effectuée avec des conditions favorables à la propagation.

Ressources utilisées pour l'étude

L'étude a été réalisée à l'aide du logiciel CADNAA de la société Datakustik, outil de modélisation et de calcul 3D de la propagation acoustique environnementale. Les calculs effectués conformément à la norme internationale ISO-9613 relative à "l'atténuation du son lors de sa propagation à l'air libre".

Présentation des résultats

Les résultats sont présentés sous les formes suivantes :

- Cartographies sonores
- Tableaux de résultats – Points récepteurs

9. Niveaux de puissance acoustique des sources considérées

Les données transmises par l'armée concernant le HK416 sont les suivantes :

Les valeurs du niveau d'énergie acoustique L_0 émise par l'arme, sont présentées en global et en bande d'octave ci-dessous :

Tableau 8 : Niveau d'énergie acoustique L_0 émise par l'arme HK416

	Global	31.5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
	(dB(A))	dB(lin)	dB(lin)	dB(lin)	dB(lin)	dB(lin)	dB(lin)	dB(lin)	dB(lin)	dB(lin)
Niveau d'énergie acoustique émise par la source	153.0	113.0	129.7	138.9	148.1	146.8	148.2	147.3	143.3	138.0

Les résultats des calculs des valeurs de $L_q(\alpha)$ sont présentés dans le tableau ci-dessous pour l'arme HK416.

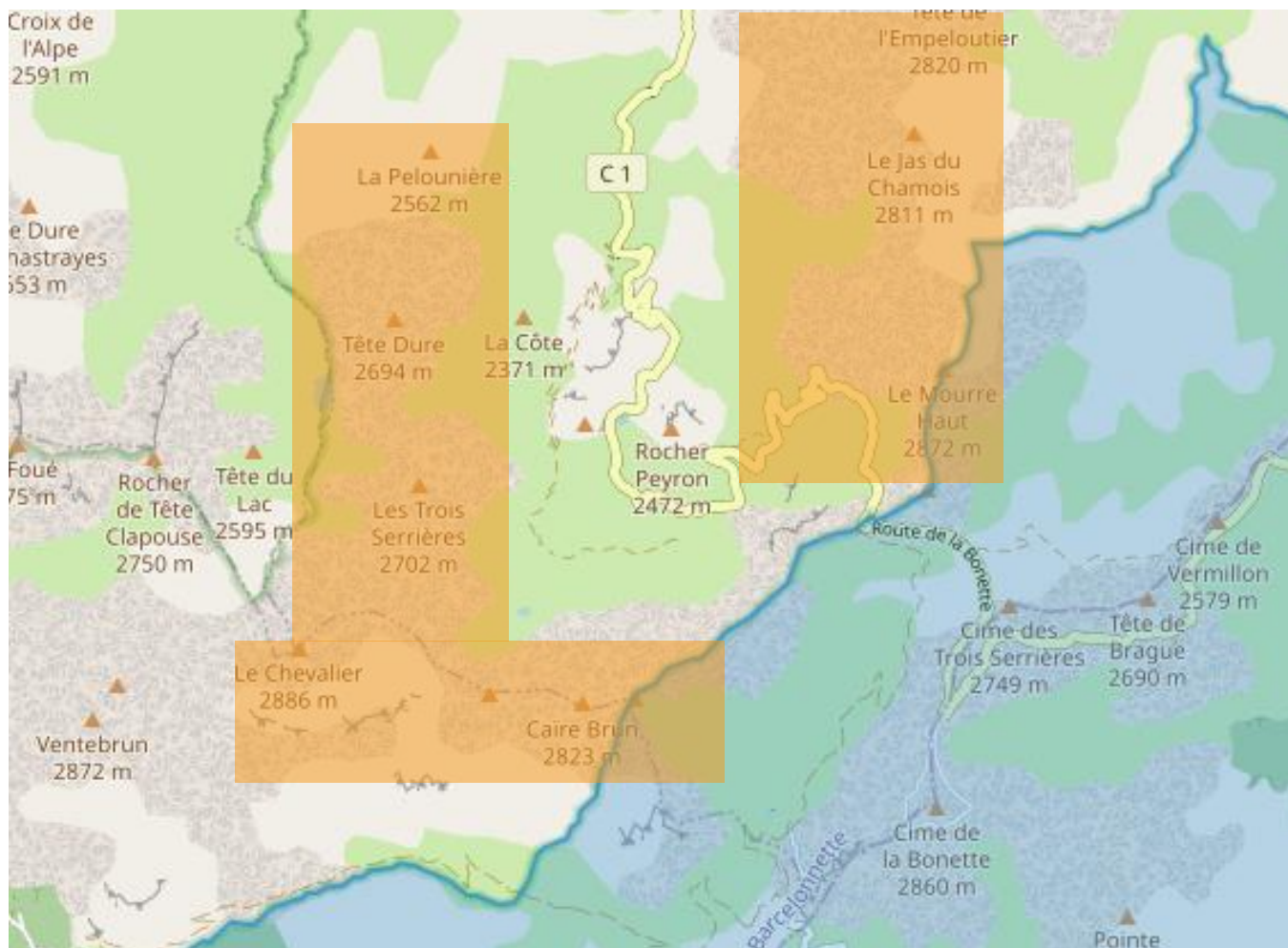
Tableau 6 : Niveaux de distribution angulaire de l'énergie acoustique émise par le fusil d'assaut HK416

Angle α	Niveaux moyennés	31.5 Hz	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Degrés	dB(A)	dB(lin)	dB(lin)	dB(lin)	dB(lin)	dB(lin)	dB(lin)	dB(lin)	dB(lin)	dB(lin)
0	145.5	128.7	143.6	143.0	142.0	140.5	141.4	139.6	130.5	126.1
20	145.2	88.0	113.9	134.6	142.1	140.4	140.3	139.9	131.8	128.5
40	145.7	81.8	103.5	130.9	141.4	139.8	140.1	140.7	135.0	128.3
60	144.1	76.9	99.1	128.0	139.2	138.3	137.6	138.1	136.8	129.8
80	142.2	78.2	93.3	123.9	136.2	134.9	139.4	134.5	131.3	127.6
100	140.0	77.7	93.4	122.0	132.7	132.6	136.0	134.3	129.5	126.3
120	136.5	78.1	91.4	119.1	129.6	127.3	131.6	131.5	127.0	124.1
140	134.9	77.9	90.3	116.2	125.7	123.7	129.5	130.4	125.6	121.1
160	133.0	80.6	88.6	114.2	123.2	119.6	128.9	125.8	126.5	121.0
180	132.2	78.0	87.4	113.6	122.4	120.4	128.8	126.4	122.5	115.4

10. Présentation du modèle

Modélisation du Site :

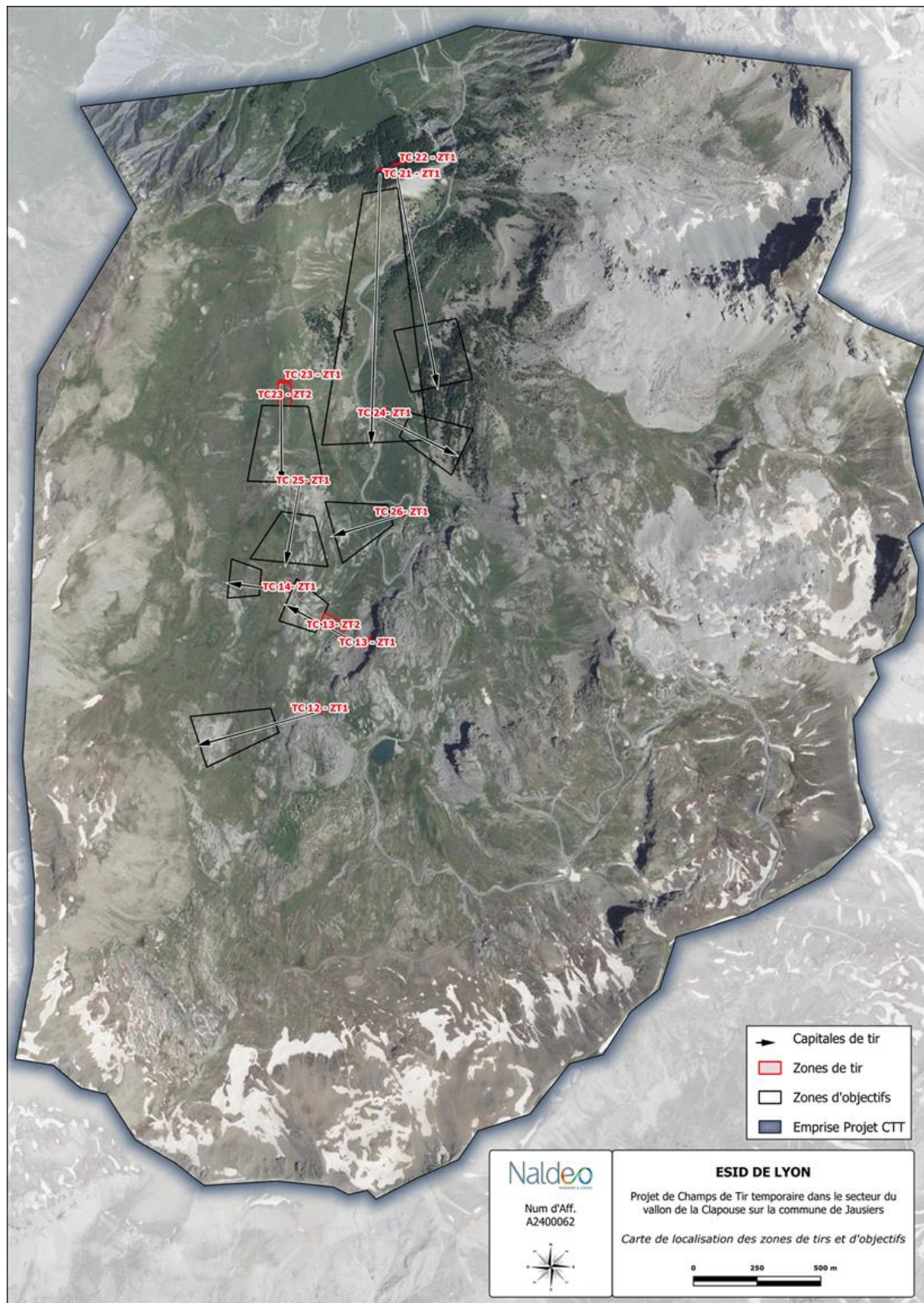
La zone prise en compte pour ces simulations est la suivante :



 Les zones mises en évidences en orange, sont les zones concernées par la présence des Lagopèdes.

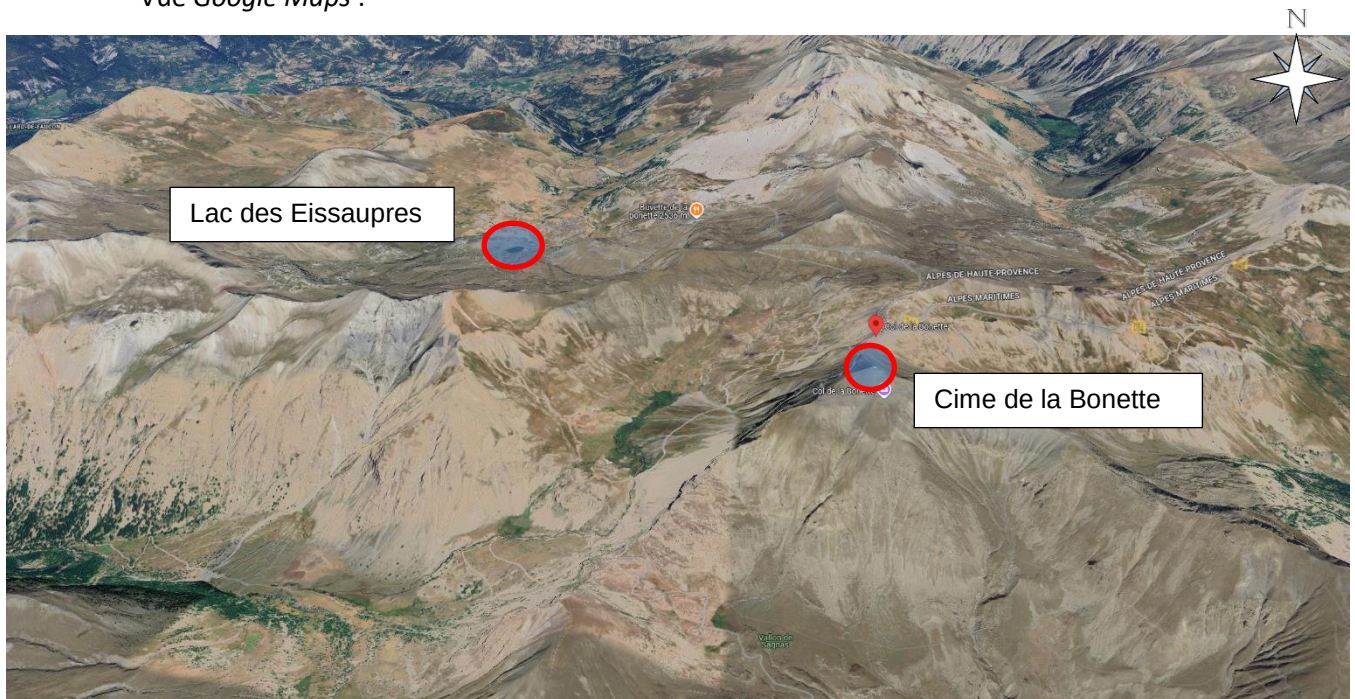
 La zone mise en évidence en bleu représente le Parc du Mercantour

Zones de tirs : sites et directions :

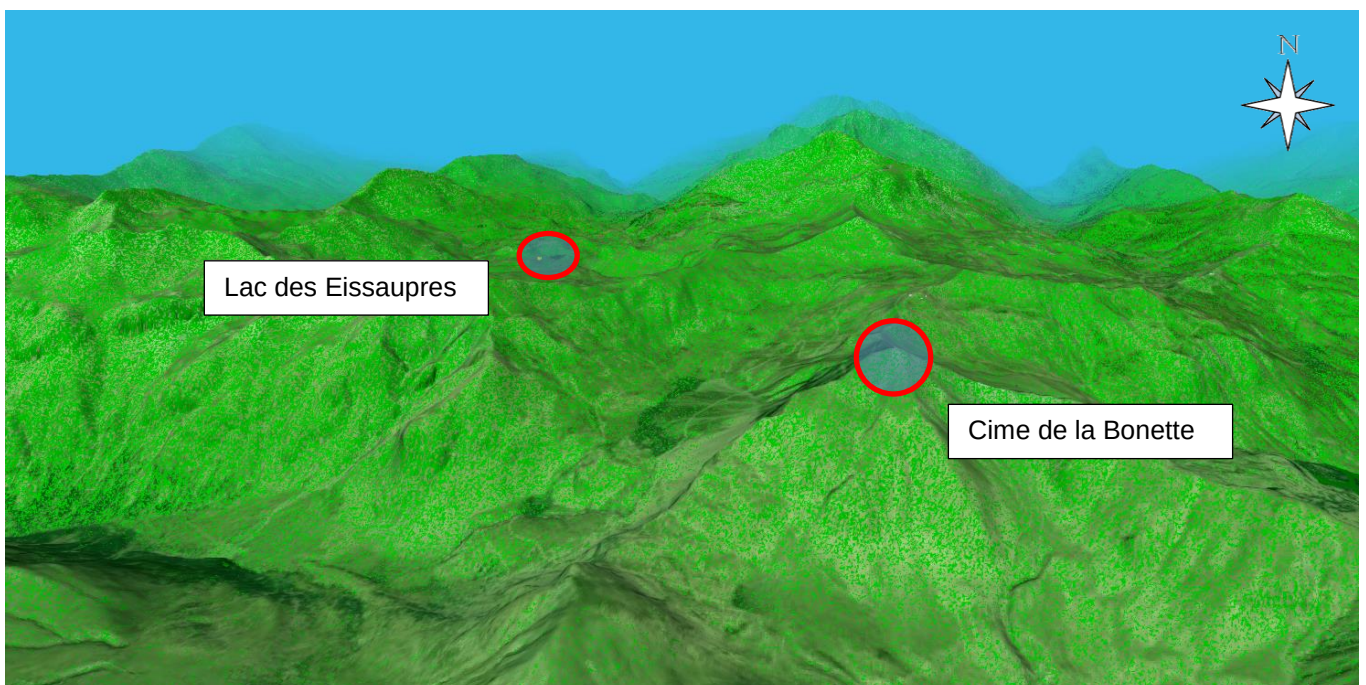


Modèle 3D de la zone :

Vue Google Maps :



Vue 3D du modèle sous CADNAA :

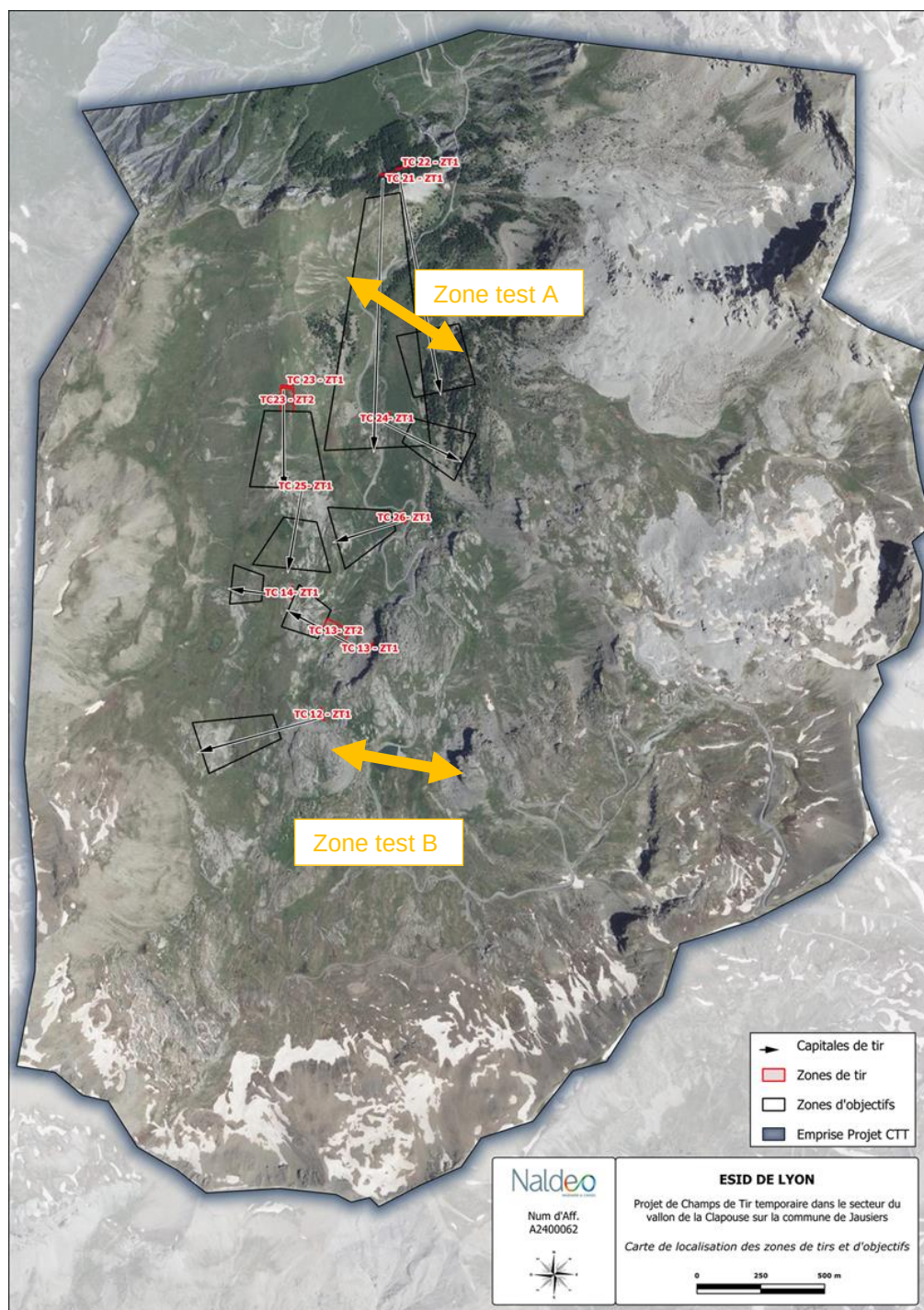


Zones tests :

Nous avons concentré notre étude sur 2 zones de tirs, correspondant aux zones de mesurages des bruits résiduels.

Chaque zone comprend 2 directions de tir : Est et Ouest.

Nous avons en complément considéré 3 autres positions de tirs : TC21- ZT1, TC24-ZT1 et TC12-ZT1.



Les simulations ont été réalisées avec trois coefficient d'absorption appliqués sur la neige :

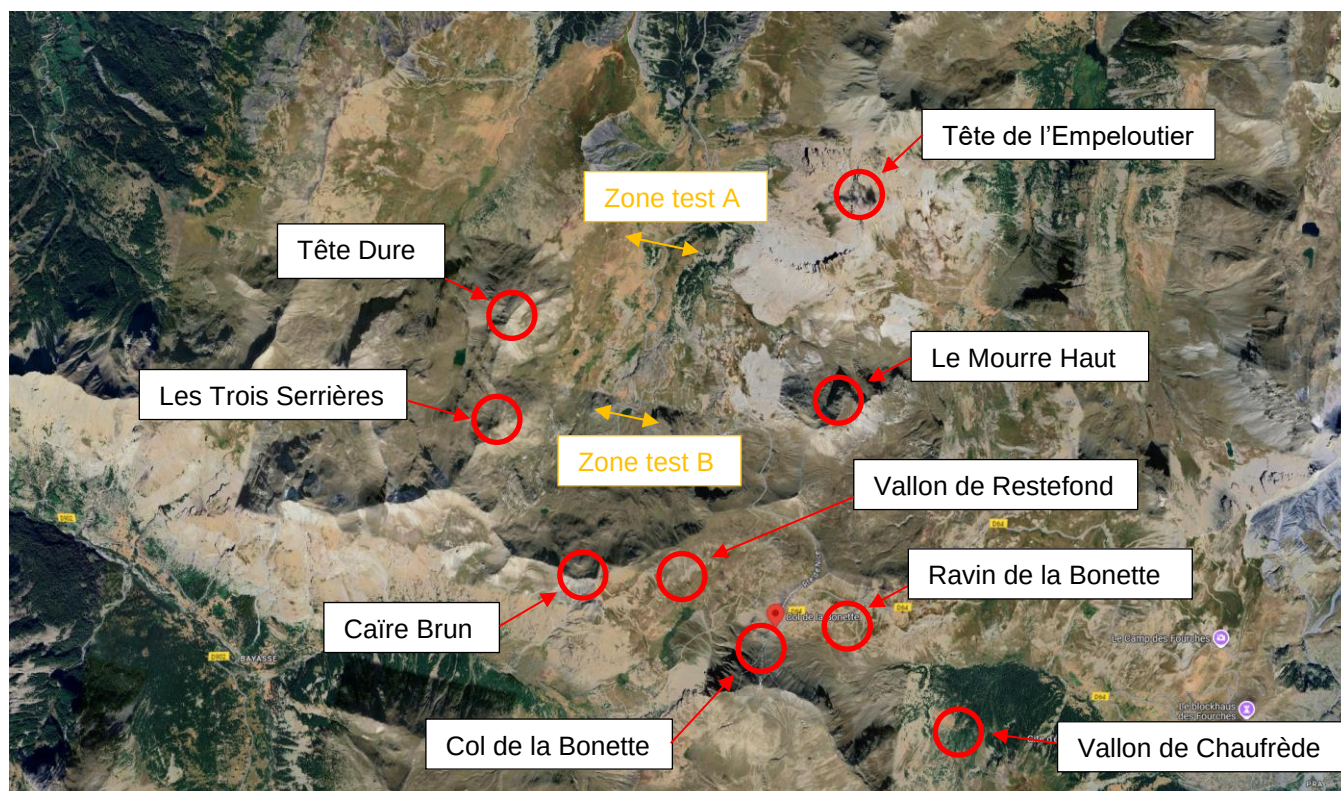
- 10 à 20 cm de neige fraîche (tombée au cours des dernières 12h) : **0,93**
- 1 à 2 nuits de gel (sans nouvelle précipitations) : **0,30**
- 1 semaine de gel (sans nouvelle précipitations) : **0,08**

Le coefficient d'absorption est une valeur comprise entre 0 et 1. Plus cette valeur est proche de 1 plus le matériau est absorbant.

11. Résultats de l'étude prévisionnelle

Les résultats sont calculés lors de la réalisation d'un tir. L'impact sur les zones considérées est matérialisé par les niveaux sonores calculés en différents points récepteurs (zones Lagopèdes) et les cartographies de bruit (légende maillage en couleur).

Nous avons défini des points récepteurs au niveau des différents sommets et vallons du site :



11.1. Tirs réalisés au niveau de la zone POINT A : Parking des départs de tests *Michelin* proche du torrent de Clapouse

Nous présentons dans le tableau suivant nos résultats calculés lors d'un tir au niveau des répéteurs indiqués sur la vue aérienne (page 19). Les résultats sont présentés par versant pour les sommets considérés.

11.1.1 Tableaux de résultats :

Tirs direction Est – Coefficient d'absorption neige 0,93 :

RECEPTEURS	NIVEAUX EN dB(A)
Tête de l'Empeloutier – Ouest	68,0
Tête de l'Empeloutier – Est	43,9
Le Mourre Haut – Ouest	62,9
Le Mourre Haut – Est	41,2
Vallon de Chaufrède	32,9
Ravin de la Bonette	34,0
Col de la Bonette	50,1
Vallon de Restefond	34,9
Caïre – Nord	56,4
Caïre – Sud	32,5
Les Trois Serrières – Est	37,4
Les Trois Serrières – Ouest	32,6
Tête Dure – Est	57,4
Tête Dure – Ouest	34,5

Tirs direction Est – Coefficient d'absorption neige 0,30 :

RECEPTEURS	NIVEAUX EN dB(A)
Tête de l'Empeloutier – Ouest	70,6
Tête de l'Empeloutier – Est	43,9
Le Mourre Haut – Ouest	63,5
Le Mourre Haut – Est	41,2
Vallon de Chaufrède	34,9
Ravin de la Bonette	34,0
Col de la Bonette	51,2
Vallon de Restefond	34,9
Caïre – Nord	61,8
Caïre – Sud	32,5
Les Trois Serrières – Est	37,4
Les Trois Serrières – Ouest	32,6
Tête Dure – Est	57,8
Tête Dure – Ouest	34,5

Tirs direction Est – Coefficient d’absorption neige 0,08 :

RECEPTEURS	NIVEAUX EN dB(A)
Tête de l’Empeloutier – Ouest	70,6
Tête de l’Empeloutier – Est	43,9
Le Mourre Haut – Ouest	63,5
Le Mourre Haut – Est	41,2
Vallon de Chaufrède	32,9
Ravin de la Bonette	34,0
Col de la Bonette	51,2
Vallon de Restefond	34,9
Caïre – Nord	63,8
Caïre – Sud	32,5
Les Trois Serrières – Est	37,4
Les Trois Serrières – Ouest	32,6
Tête Dure – Est	57,8
Tête Dure – Ouest	34,5

Tirs direction Ouest – Coefficient d’absorption neige 0,93 :

RECEPTEURS	NIVEAUX EN dB(A)
Tête de l’Empeloutier – Ouest	55,2
Tête de l’Empeloutier – Est	31,6
Le Mourre Haut – Ouest	47,0
Le Mourre Haut – Est	29,4
Vallon de Chaufrède	18,9
Ravin de la Bonette	23,0
Col de la Bonette	42,5
Vallon de Restefond	31,6
Caïre – Nord	57,5
Caïre – Sud	33,4
Les Trois Serrières – Est	57,1
Les Trois Serrières – Ouest	45,6
Tête Dure – Est	70,1
Tête Dure – Ouest	45,9

Tirs direction Ouest – Coefficient d’absorption neige 0,30 :

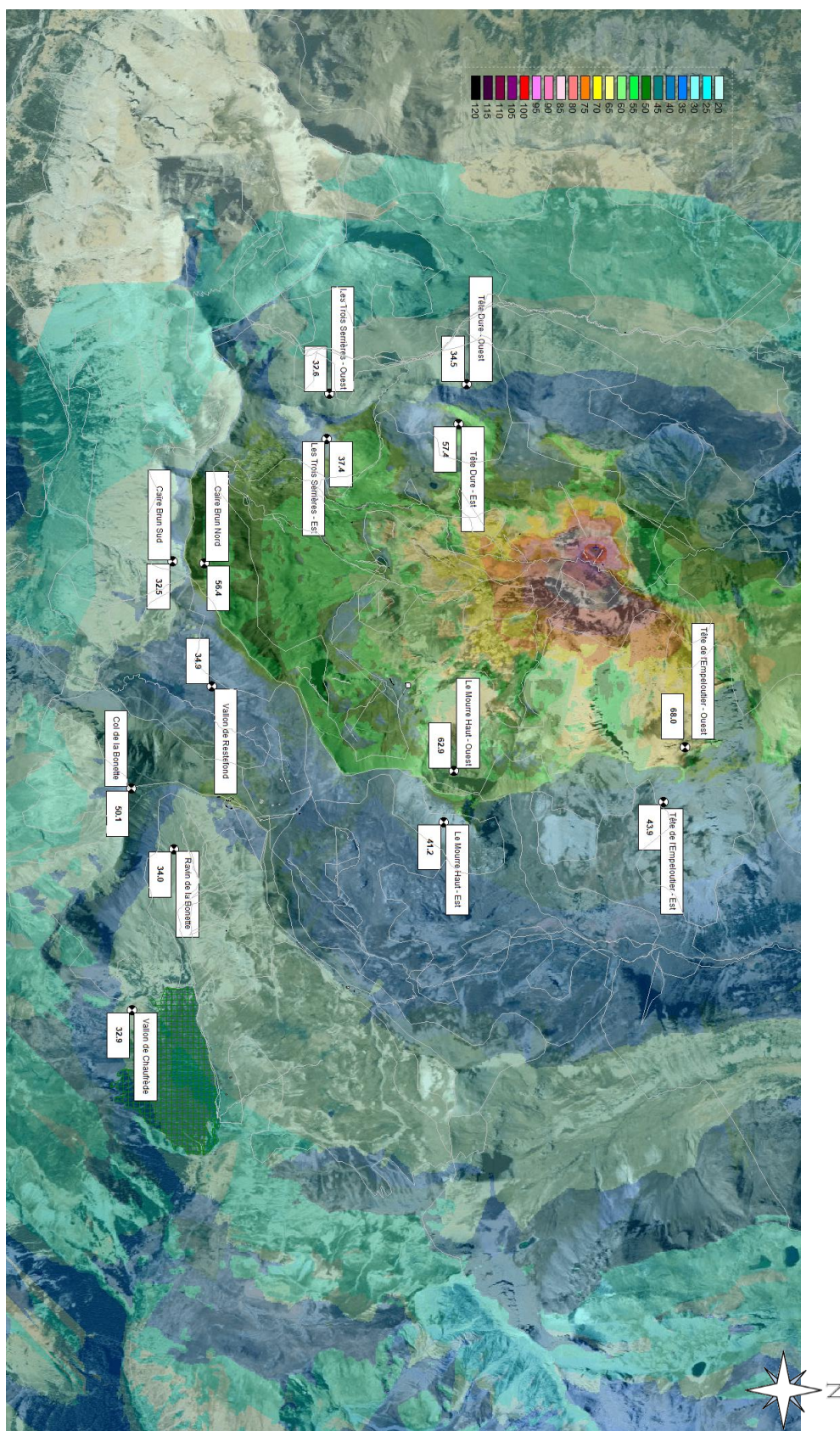
RECEPTEURS	NIVEAUX EN dB(A)
Tête de l’Empeloutier – Ouest	55,5
Tête de l’Empeloutier – Est	31,6
Le Mourre Haut – Ouest	47,0
Le Mourre Haut – Est	29,4
Vallon de Chaufrède	18,9
Ravin de la Bonette	23,0
Col de la Bonette	43,0
Vallon de Restefond	31,6
Caïre – Nord	62,8
Caïre – Sud	33,4
Les Trois Serrières – Est	57,6
Les Trois Serrières – Ouest	45,6
Tête Dure – Est	75,4
Tête Dure – Ouest	45,9

Tirs direction Ouest – Coefficient d'absorption neige 0,30 :

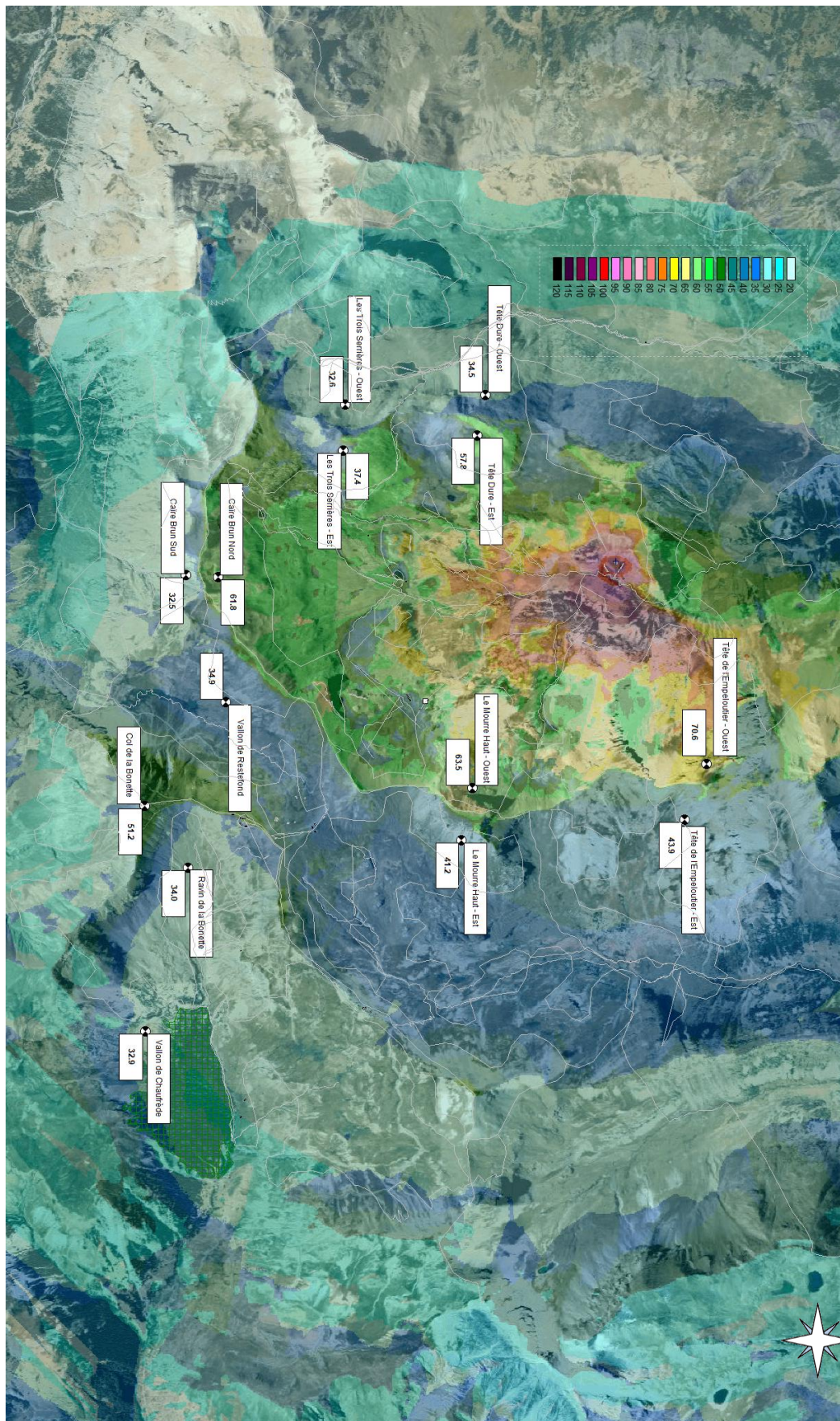
RECEPTEURS	NIVEAUX EN dB(A)
Tête de l'Empeloutier – Ouest	55,5
Tête de l'Empeloutier – Est	31,6
Le Mourre Haut – Ouest	47,0
Le Mourre Haut – Est	29,4
Vallon de Chaufrède	18,9
Ravin de la Bonette	23,0
Col de la Bonette	43,0
Vallon de Restefond	31,6
Caïre – Nord	64,8
Caïre – Sud	33,4
Les Trois Serrières – Est	57,6
Les Trois Serrières – Ouest	45,6
Tête Dure – Est	77,4
Tête Dure – Ouest	45,9

11.1.2 Cartographies de bruit – 2D :

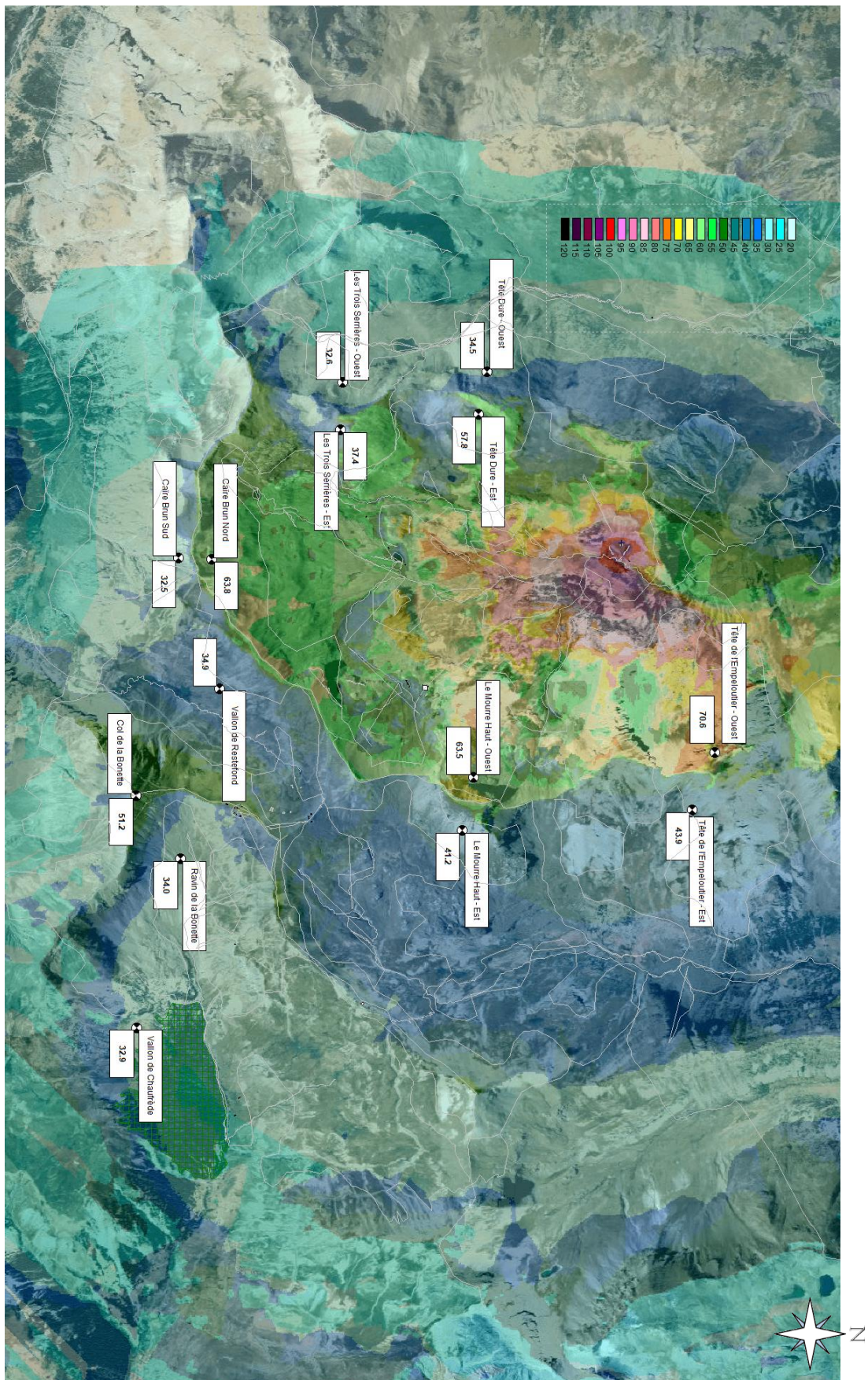
Tirs direction Est – Coefficient d'absorption neige 0,93



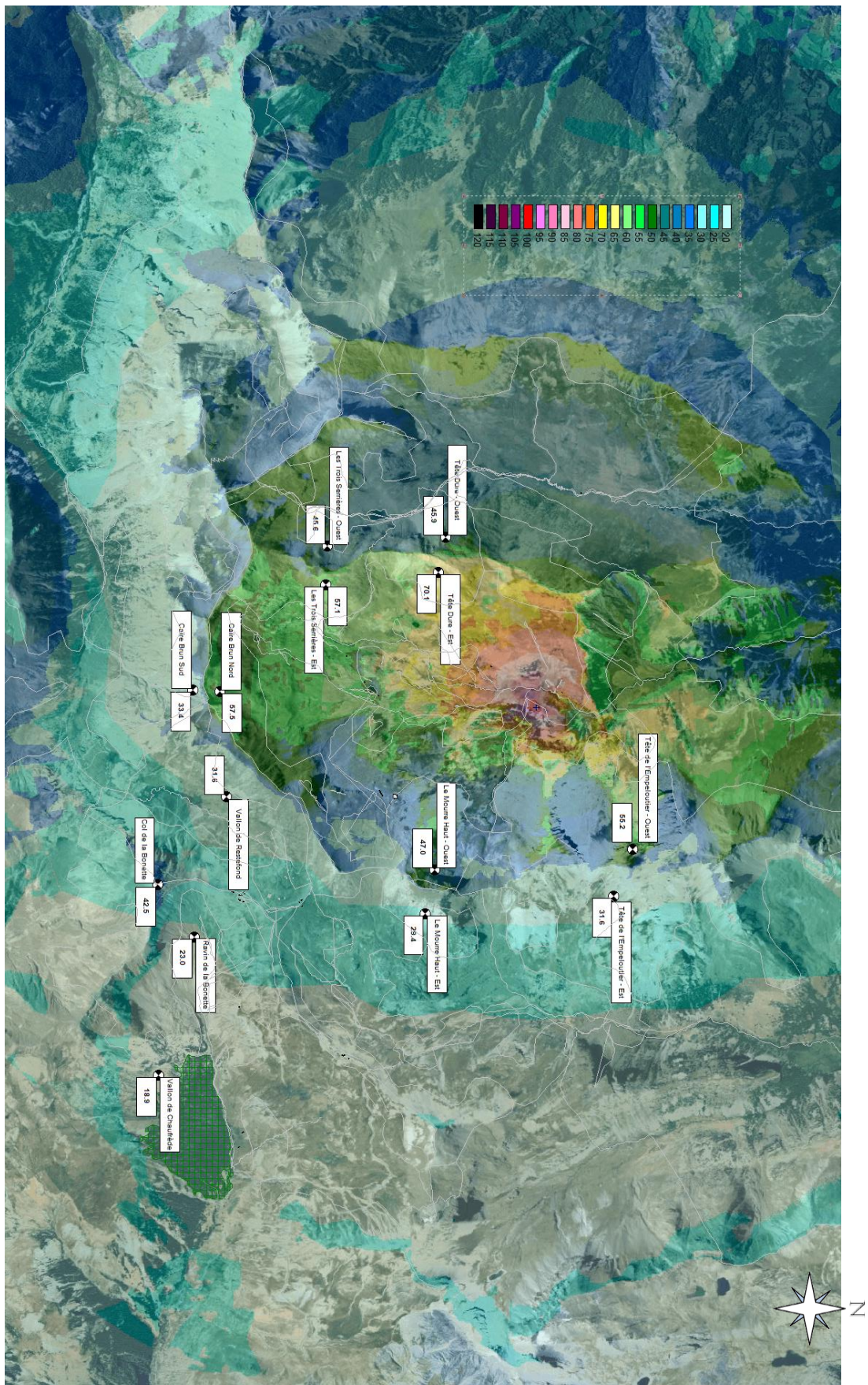
Tirs direction Est – Coefficient d'absorption neige 0,30



Tirs direction Est – Coefficient d'absorption neige 0,08



Tirs direction Ouest – Coefficient d'absorption neige 0,93



Tirs direction Ouest – Coefficient d'absorption neige 0,08



11.2 Tirs réalisés au niveau de la zone POINT B : Lac des Eissaupres

11.2.1 Tableaux de résultats :

Tirs direction Ouest – Coefficient d'absorption neige 0,93 :

RECEPTEURS	NIVEAUX EN dB(A)
Tête de l'Empeloutier – Ouest	50,9
Tête de l'Empeloutier – Est	28,2
Le Mourre Haut – Ouest	36,7
Le Mourre Haut – Est	28,7
Vallon de Chaufrède	22,7
Ravin de la Bonette	27,1
Col de la Bonette	48,7
Vallon de Restefond	38,0
Caïre – Nord	69,6
Caïre – Sud	43,8
Les Trois Serrières – Est	75,6
Les Trois Serrières – Ouest	49,8
Tête Dure – Est	69,9
Tête Dure – Ouest	47,5

Tirs direction Ouest – Coefficient d'absorption neige 0,30 :

RECEPTEURS	NIVEAUX EN dB(A)
Tête de l'Empeloutier – Ouest	56,5
Tête de l'Empeloutier – Est	28,2
Le Mourre Haut – Ouest	36,7
Le Mourre Haut – Est	28,7
Vallon de Chaufrède	22,7
Ravin de la Bonette	27,1
Col de la Bonette	49,3
Vallon de Restefond	38,0
Caïre – Nord	74,2
Caïre – Sud	43,8
Les Trois Serrières – Est	80,5
Les Trois Serrières – Ouest	49,8
Tête Dure – Est	70,4
Tête Dure – Ouest	47,5

Tirs direction Ouest – Coefficient d'absorption neige 0,08 :

RECEPTEURS	NIVEAUX EN dB(A)
Tête de l'Empeloutier – Ouest	58,3
Tête de l'Empeloutier – Est	28,2
Le Mourre Haut – Ouest	36,7
Le Mourre Haut – Est	28,7
Vallon de Chaufrède	22,7
Ravin de la Bonette	27,1
Col de la Bonette	49,3
Vallon de Restefond	38,0
Caïre – Nord	76,0
Caïre – Sud	43,8
Les Trois Serrières – Est	82,4
Les Trois Serrières – Ouest	49,8
Tête Dure – Est	70,4
Tête Dure – Ouest	47,5

Tirs direction Est – Coefficient d'absorption neige 0,93 :

RECEPTEURS	NIVEAUX EN dB(A)
Tête de l'Empeloutier – Ouest	59,8
Tête de l'Empeloutier – Est	42,5
Le Mourre Haut – Ouest	53,2
Le Mourre Haut – Est	43,7
Vallon de Chaufrède	38,3
Ravin de la Bonette	39,4
Col de la Bonette	58,4
Vallon de Restefond	45,2
Caïre – Nord	69,2
Caïre – Sud	42,8
Les Trois Serrières – Est	60,7
Les Trois Serrières – Ouest	36,1
Tête Dure – Est	57,3
Tête Dure – Ouest	35,2

Tirs direction Est – Coefficient d'absorption neige 0,30 :

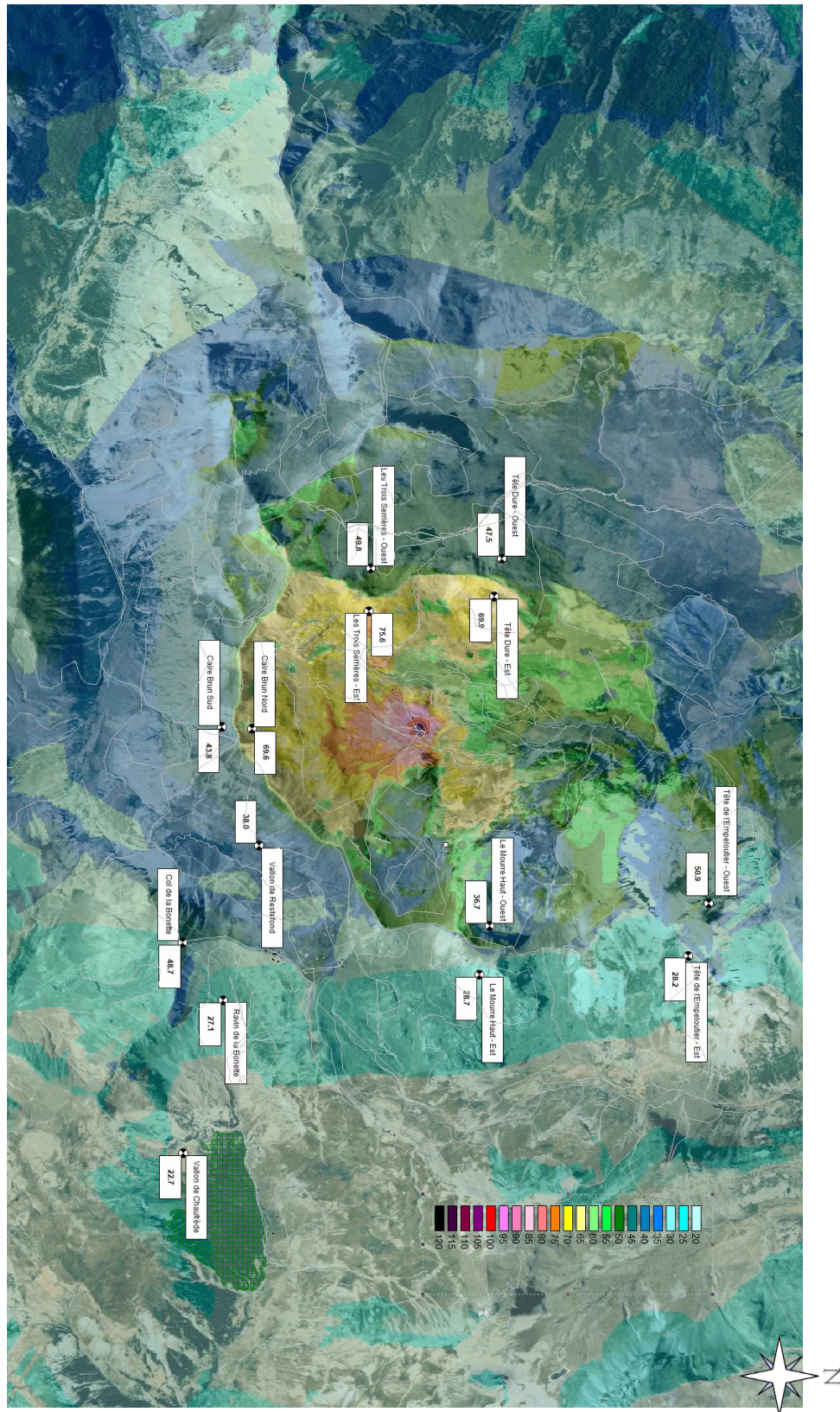
RECEPTEURS	NIVEAUX EN dB(A)
Tête de l'Empeloutier – Ouest	65,9
Tête de l'Empeloutier – Est	42,5
Le Mourre Haut – Ouest	53,2
Le Mourre Haut – Est	43,7
Vallon de Chaufrède	38,3
Ravin de la Bonette	39,4
Col de la Bonette	59,1
Vallon de Restefond	45,2
Caïre – Nord	73,7
Caïre – Sud	42,8
Les Trois Serrières – Est	60,8
Les Trois Serrières – Ouest	36,1
Tête Dure – Est	57,6
Tête Dure – Ouest	35,2

Tirs direction Est – Coefficient d'absorption neige 0,08 :

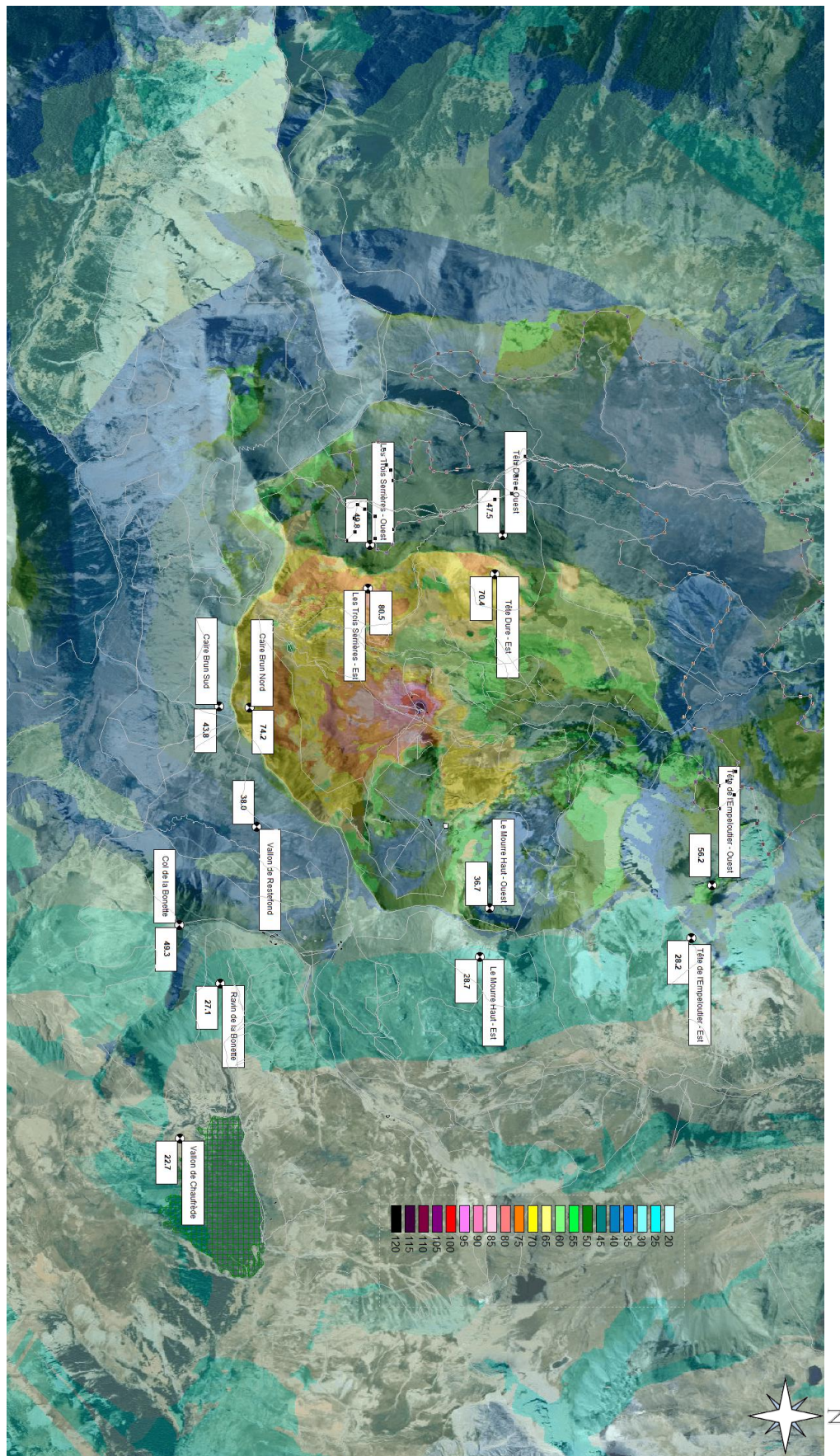
RECEPTEURS	NIVEAUX EN dB(A)
Tête de l'Empeloutier – Ouest	65,9
Tête de l'Empeloutier – Est	42,5
Le Mourre Haut – Ouest	53,2
Le Mourre Haut – Est	43,7
Vallon de Chaufrède	38,3
Ravin de la Bonette	39,4
Col de la Bonette	59,1
Vallon de Restefond	45,2
Caïre – Nord	73,7
Caïre – Sud	42,8
Les Trois Serrières – Est	60,8
Les Trois Serrières – Ouest	36,1
Tête Dure – Est	57,6
Tête Dure – Ouest	35,2

11.2.2 Cartographies de bruit – 2D :

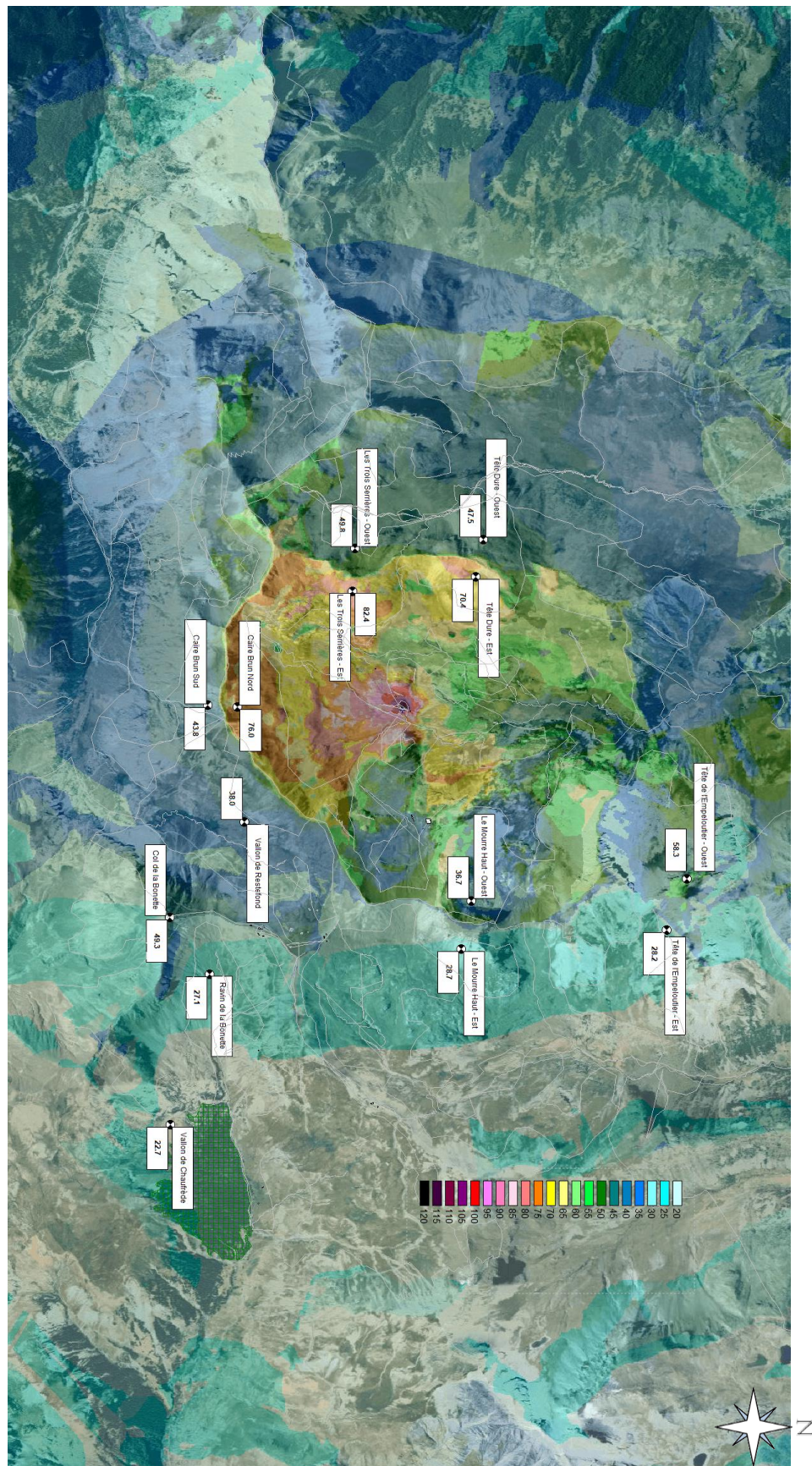
Tirs direction Ouest – Coefficient d'absorption neige 0,93



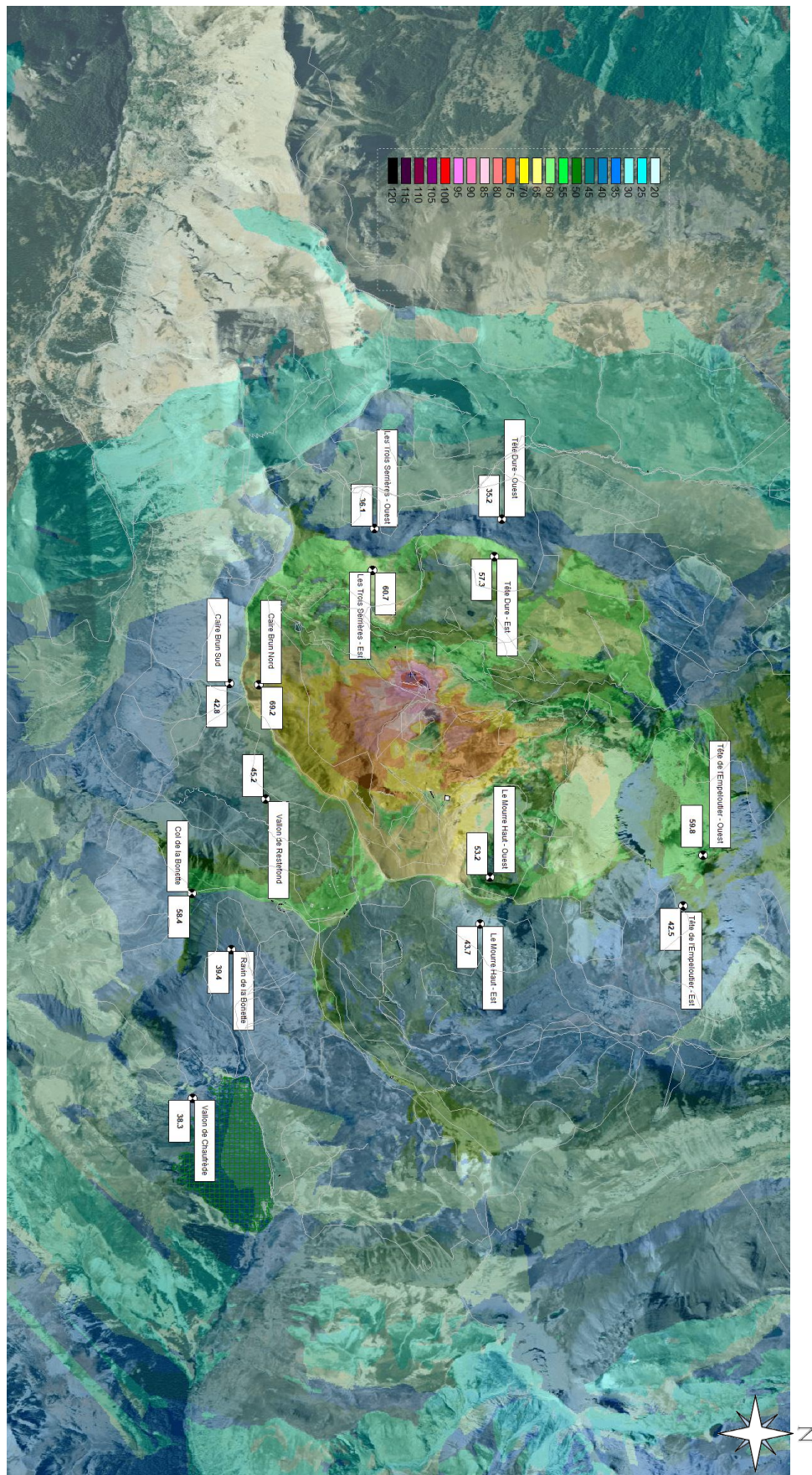
Tirs direction Ouest – Coefficient d'absorption neige 0,30



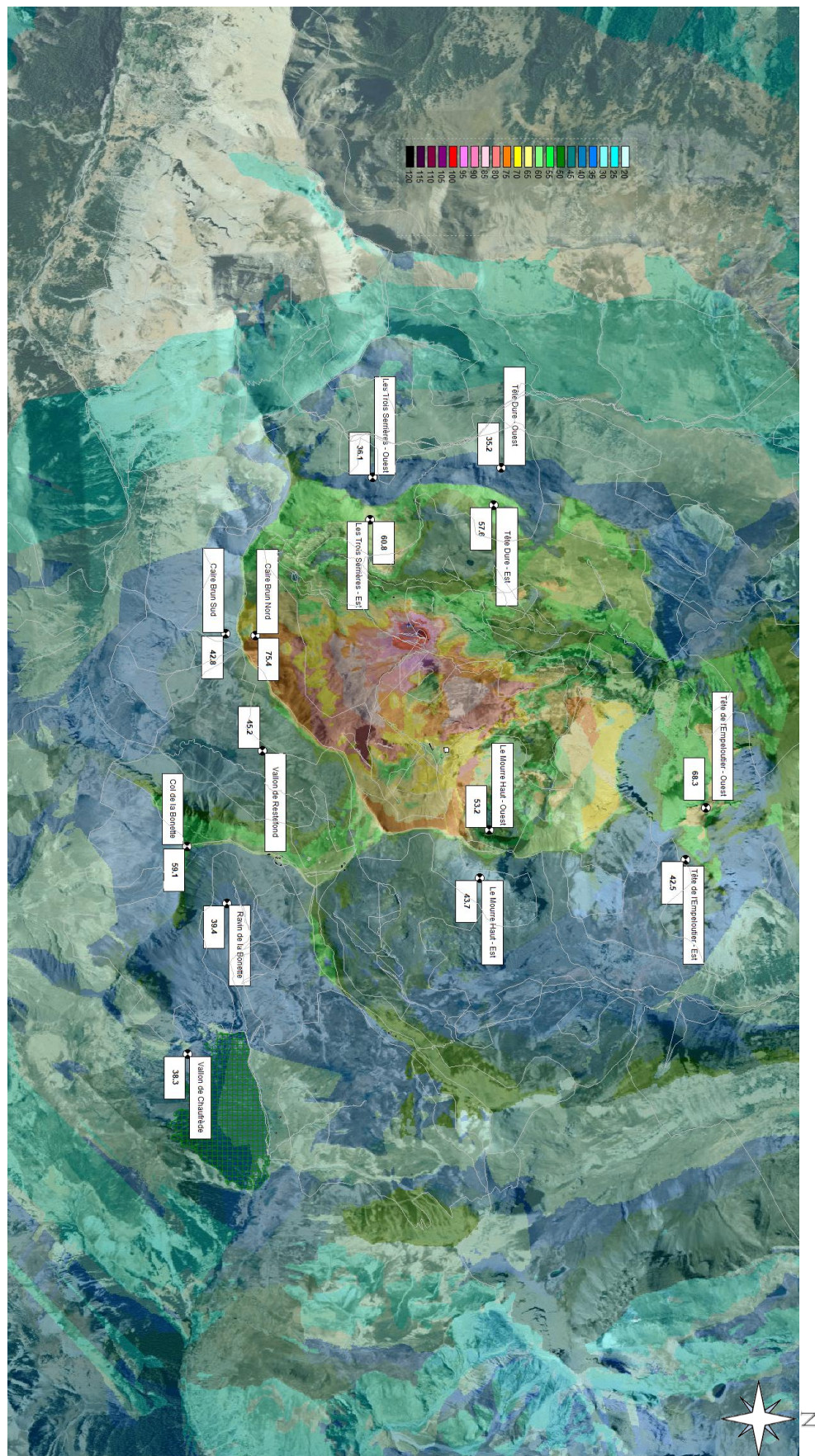
Tirs direction Ouest – Coefficient d'absorption neige 0,08



Tirs direction Est – Coefficient d'absorption neige 0,93

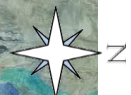
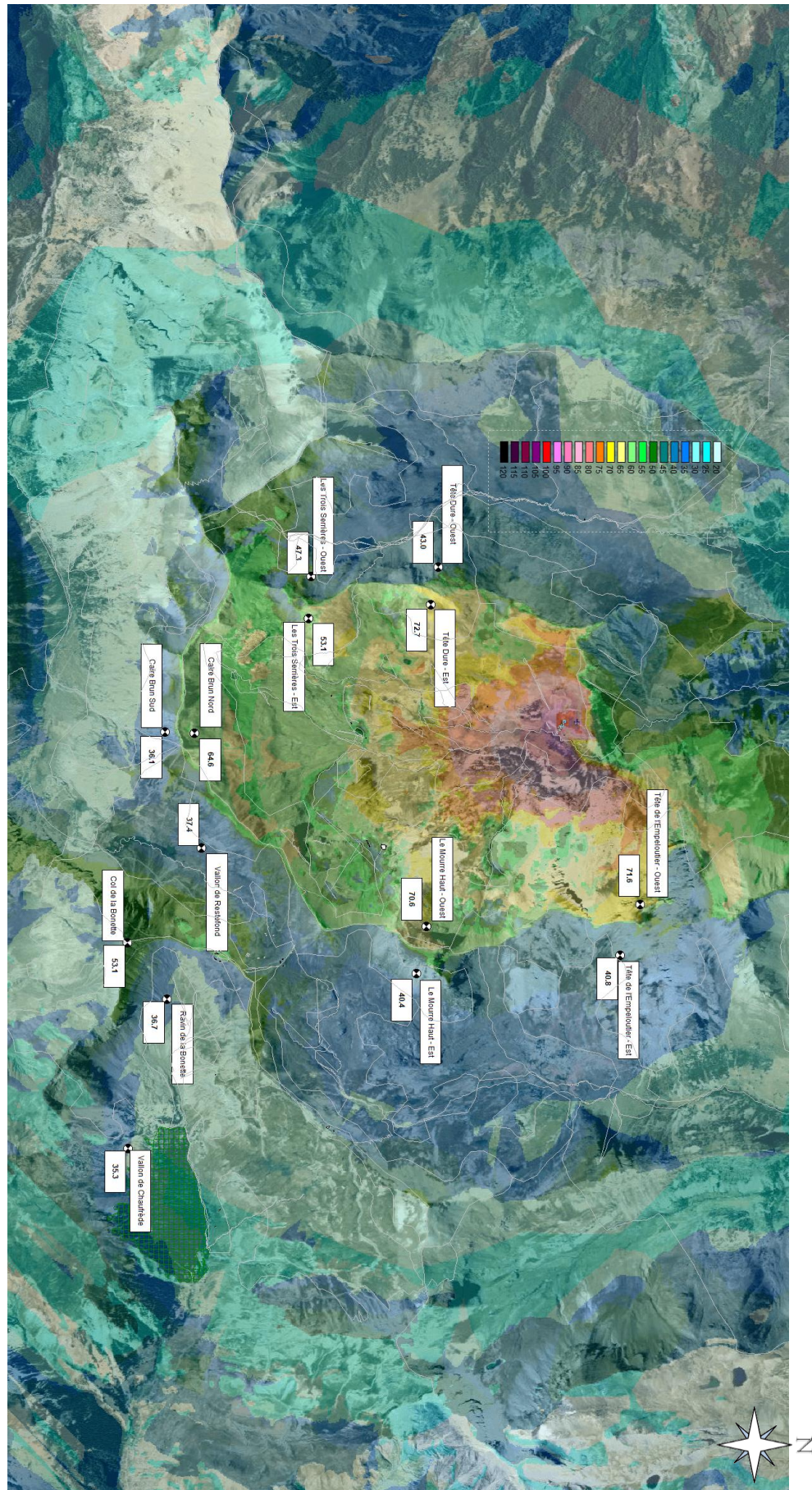


Tirs direction Est – Coefficient d'absorption neige 0,08



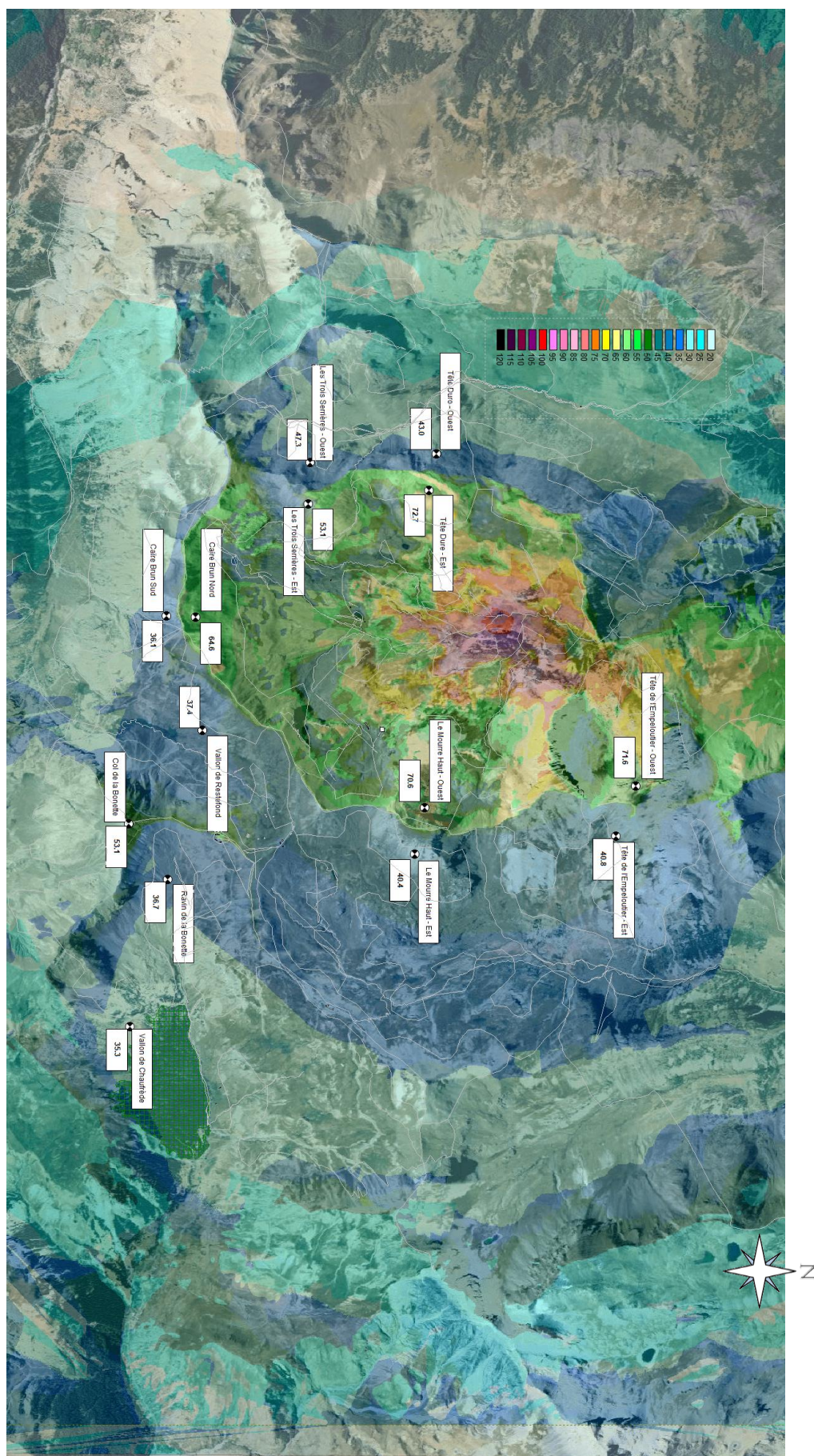
11.3 Tirs réalisés au niveau de la zone TC21 – ZT1 – Direction Sud – Coefficient d'absorption neige 0.3

RECEPTEURS	NIVEAUX EN dB(A)
Tête de l'Empeloutier – Ouest	71,6
Tête de l'Empeloutier – Est	40,8
Le Mourre Haut – Ouest	70,6
Le Mourre Haut – Est	40,4
Vallon de Chaufrède	35,3
Ravin de la Bonette	36,7
Col de la Bonette	53,1
Vallon de Restefond	37,4
Caïre – Nord	64,6
Caïre – Sud	36,1
Les Trois Serrières – Est	53,1
Les Trois Serrières – Ouest	47,3
Tête Dure – Est	72,7
Tête Dure – Ouest	43,0



11.4 Tirs réalisés au niveau de la zone TC24 – ZT1 – Direction Sud-Est – Coefficient d'absorption neige 0.3

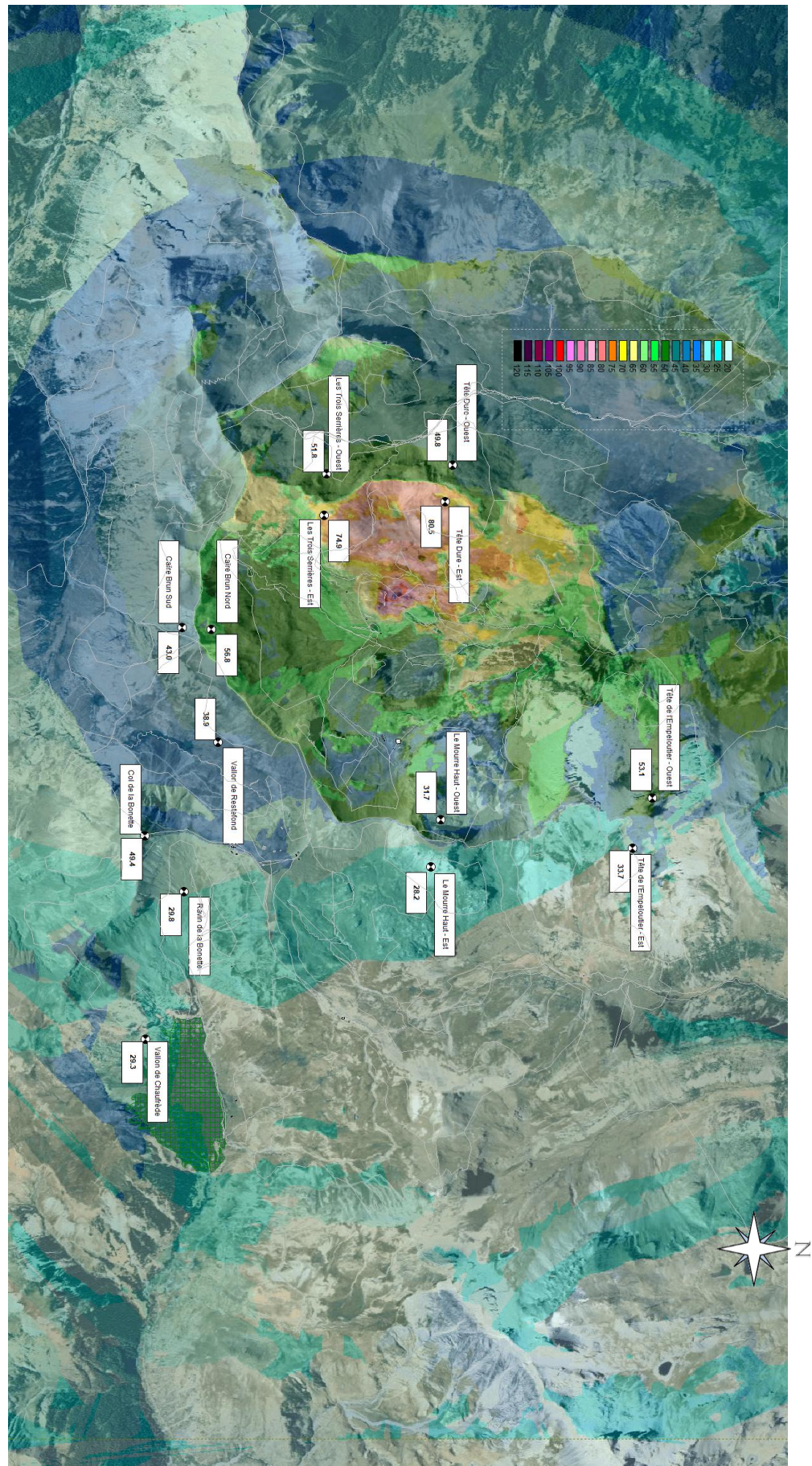
RECEPTEURS	NIVEAUX EN dB(A)
Tête de l'Empeloutier – Ouest	62,6
Tête de l'Empeloutier – Est	42,7
Le Mourre Haut – Ouest	65,6
Le Mourre Haut – Est	42,9
Vallon de Chaufrède	31,6
Ravin de la Bonette	35,4
Col de la Bonette	54,0
Vallon de Restefond	39,2
Caïre – Nord	57,8
Caïre – Sud	36,2
Les Trois Serrières – Est	40,4
Les Trois Serrières – Ouest	37,1
Tête Dure – Est	60,4
Tête Dure – Ouest	35,4



11.5 Tirs réalisés au niveau de la zone TC12 – ZT1 – Direction Ouest – Coefficient d’absorption neige 0.3

Tirs direction Ouest – Coefficient d’absorption neige 0,30 :

RECEPTEURS	NIVEAUX EN dB(A)
Tête de l’Empeloutier – Ouest	53,1
Tête de l’Empeloutier – Est	33,7
Le Mourre Haut – Ouest	31,7
Le Mourre Haut – Est	28,2
Vallon de Chaufrède	29,3
Ravin de la Bonette	29,8
Col de la Bonette	49,4
Vallon de Restefond	38,9
Caïre – Nord	56,8
Caïre – Sud	43,0
Les Trois Serrières – Est	74,9
Les Trois Serrières – Ouest	51,8
Tête Dure – Est	80,5
Tête Dure – Ouest	49,8

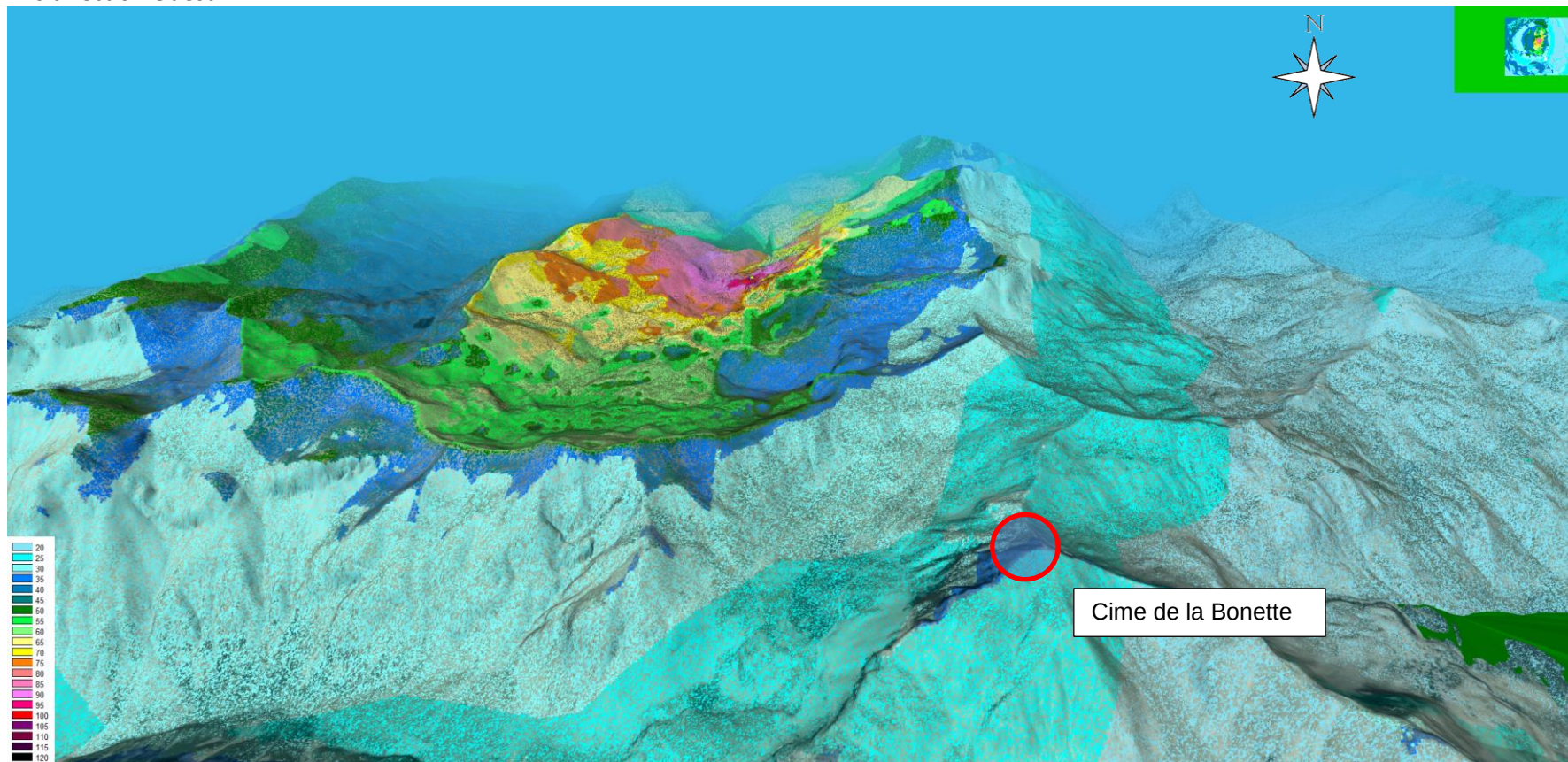


12. Vues 3D :

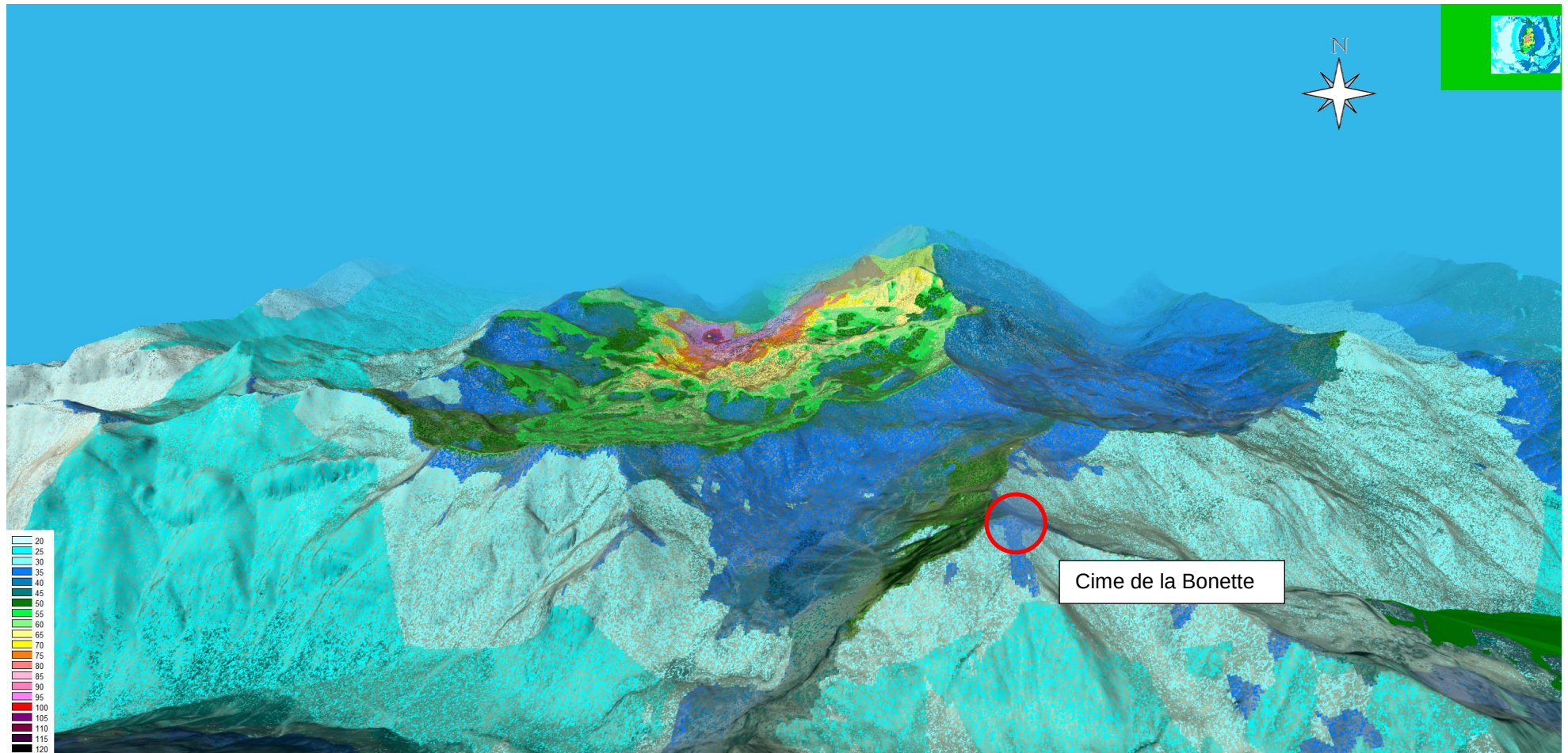
Nous présentons ici des vues 3D par zone de tirs avec le coefficient d'absorption de la neige fixé à 0,3.

Zone A : Parking départ tests Michelin :

Tirs direction Ouest :

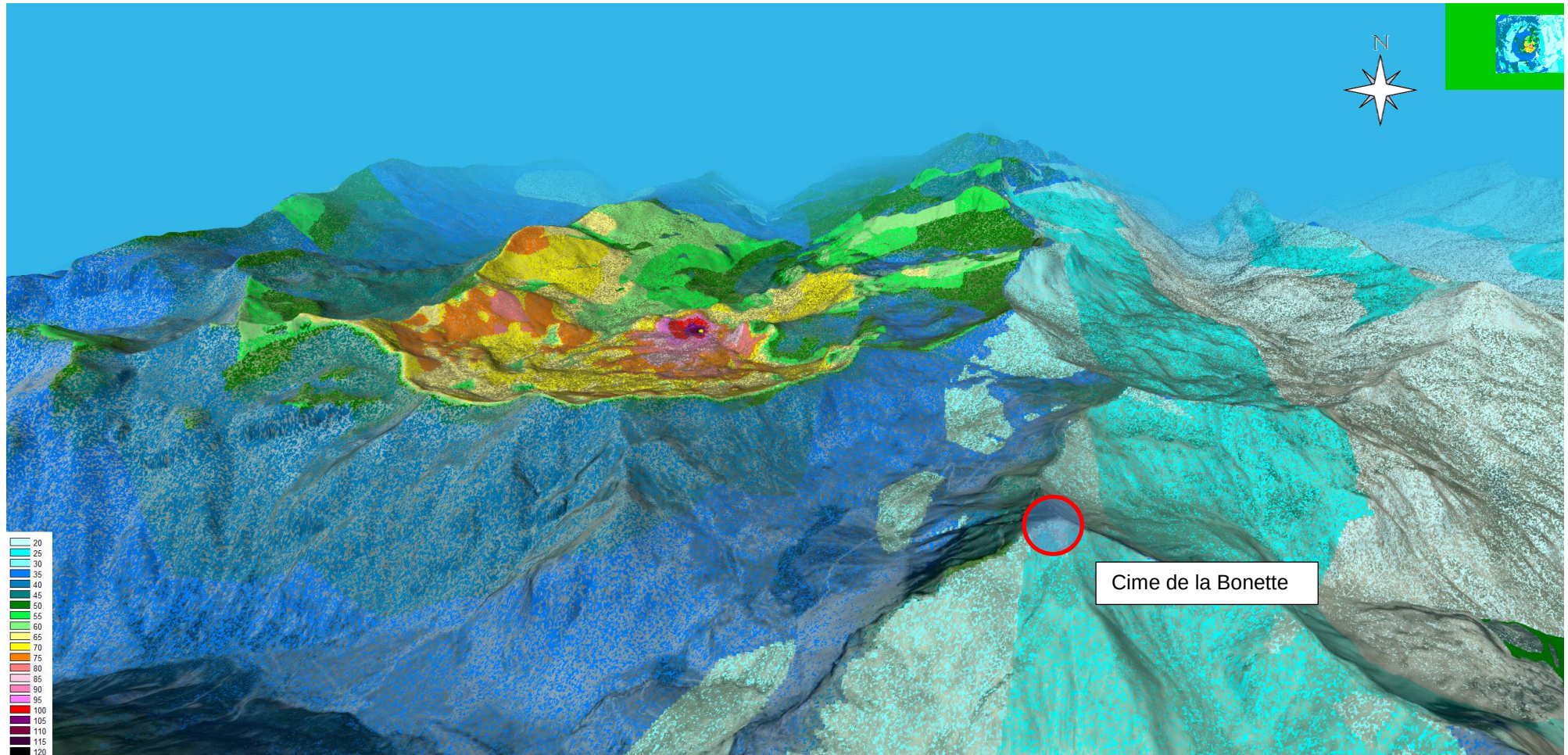


Tirs direction Est :

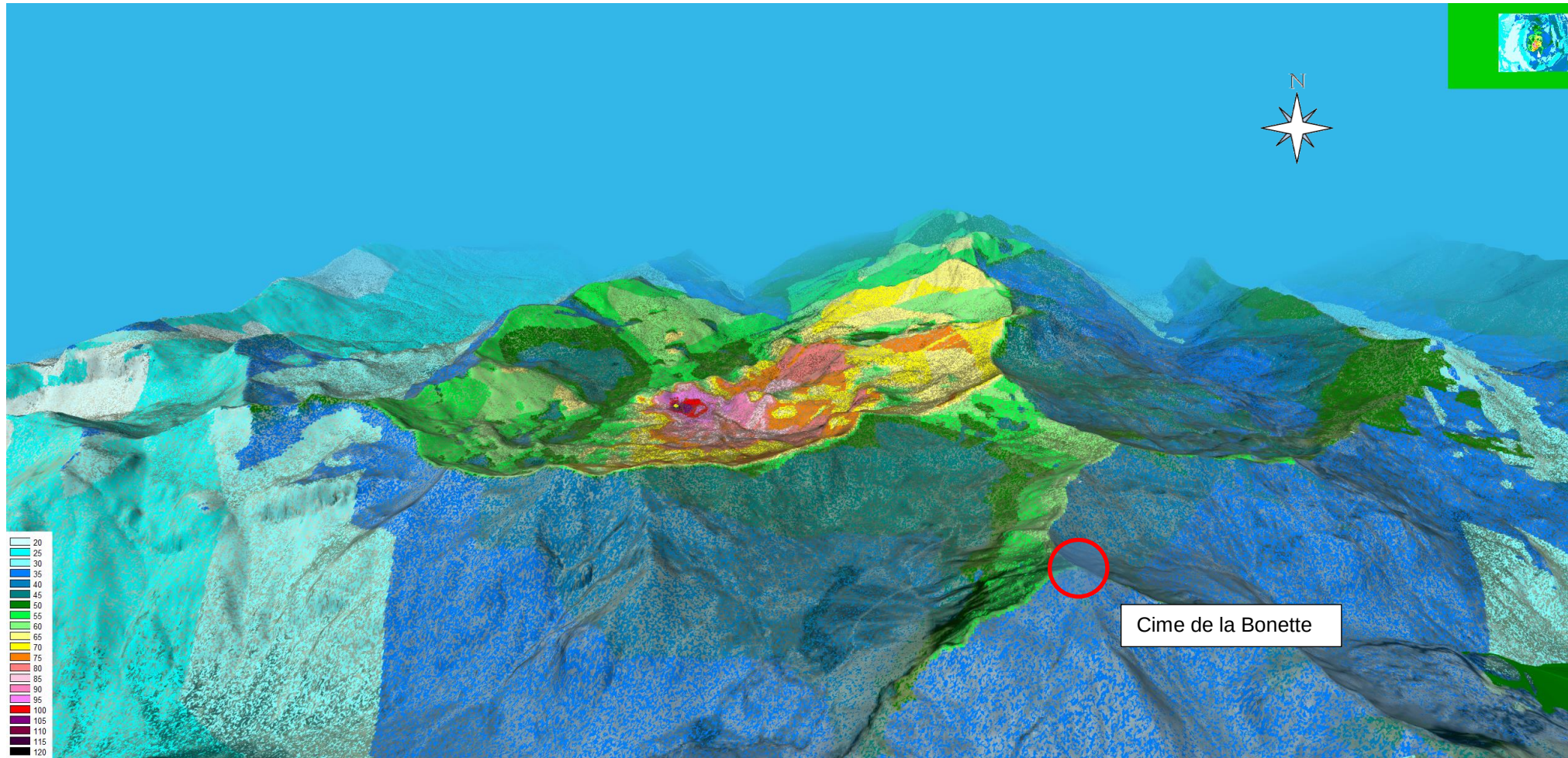


Zone B : Lac des Eissaupres :

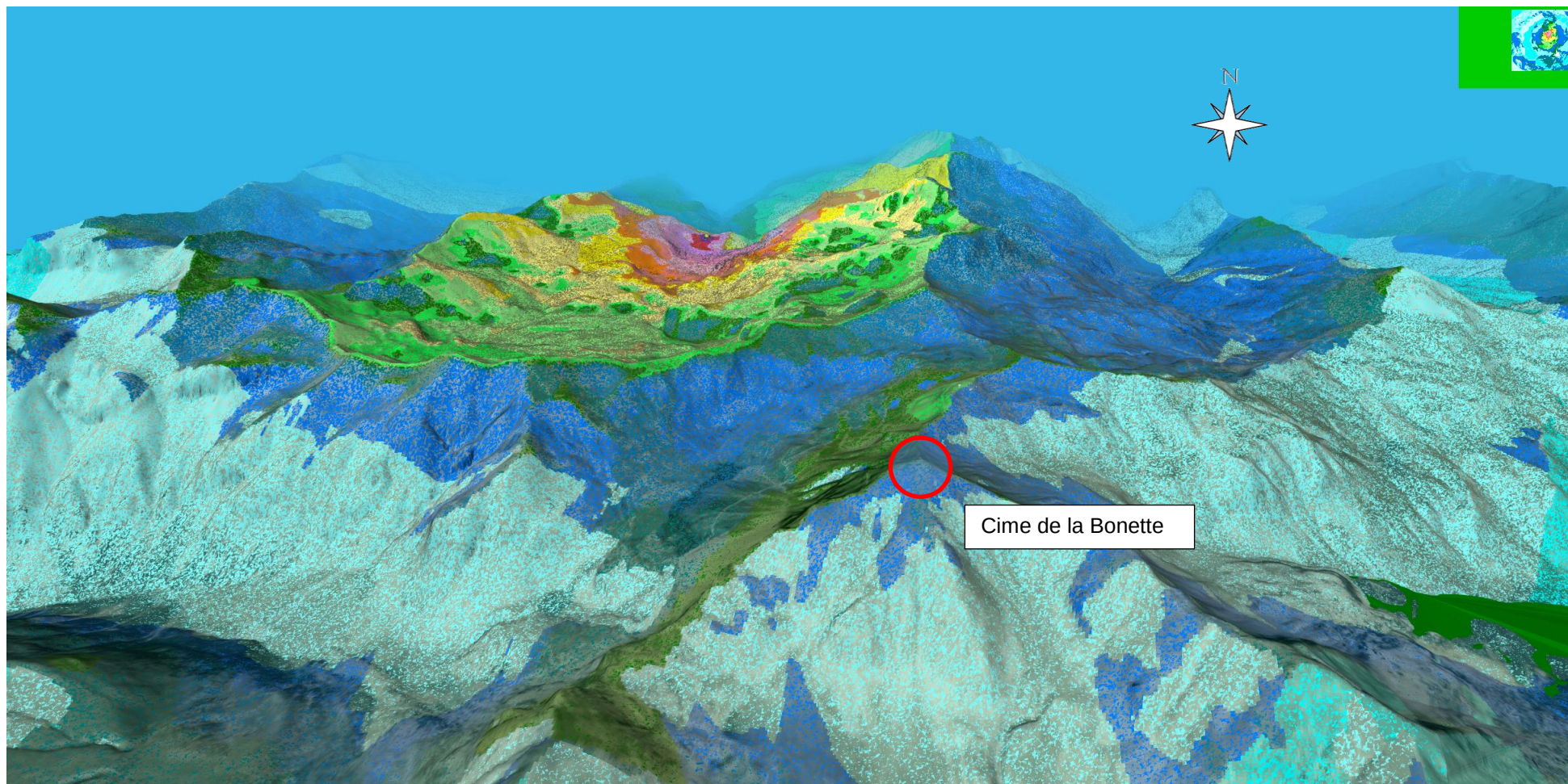
Tirs direction Ouest :



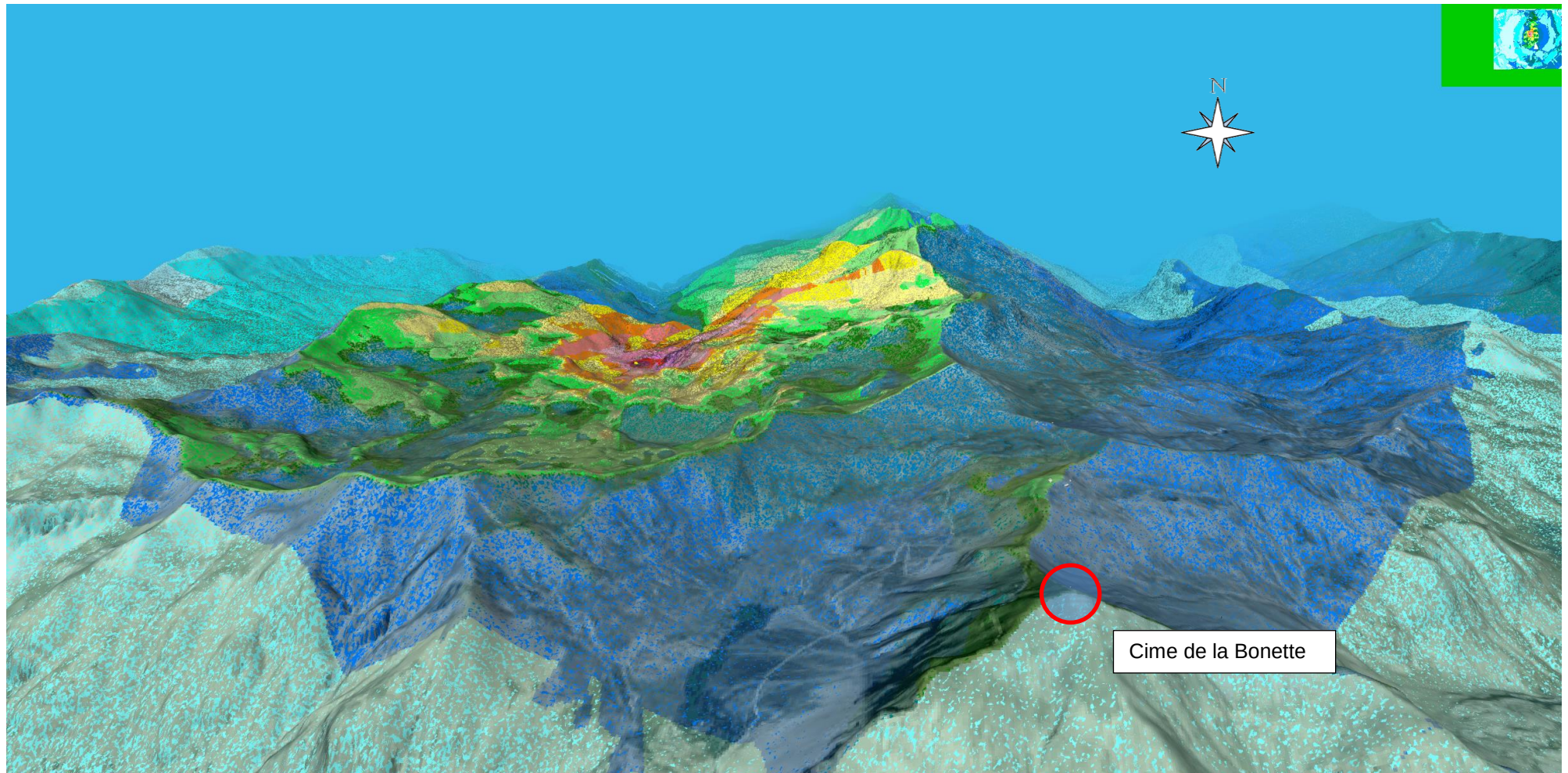
Tirs direction Est :



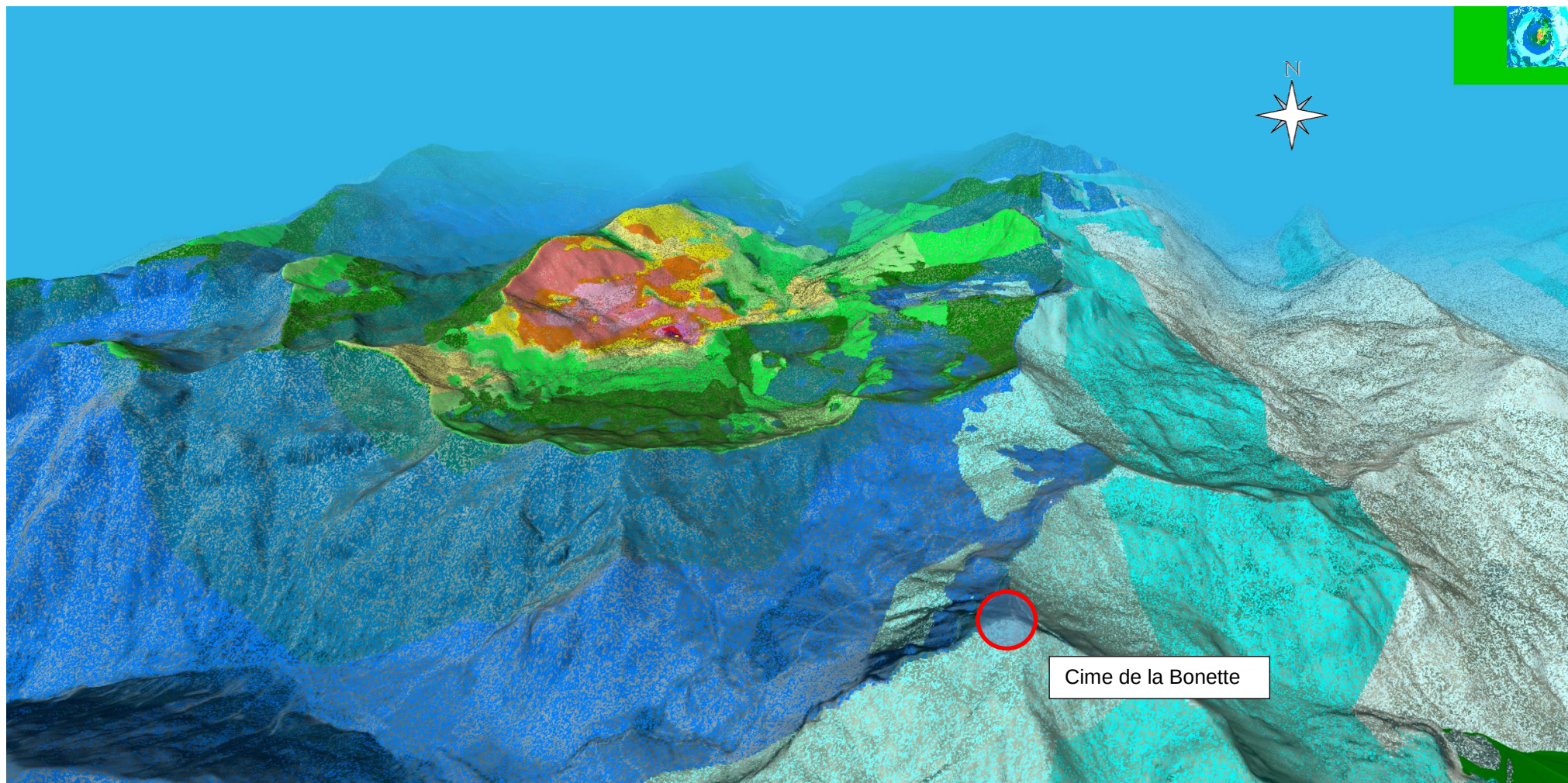
Zone TC21 – ZT1 :



Zone TC24 – ZT1 :



Zone TC12 – ZT1 :



13. Conclusion de l'étude prévisionnelle

La présente étude permet de démontrer que les tirs qui seront réalisés de l'armée auront un impact sonore sur l'entrée du Parc du Mercantour et sur les zones occupées par les Lagopèdes en bordure du parc.

Les niveaux calculés dépendent fortement de l'orientation des tirs.

D'après les simulations les tirs seront audibles au niveau de la cime de la Bonette. Le parc du Mercantour restant toutefois relativement bien protégé lorsque les tirs sont dirigés vers l'Ouest.

Annexes

Annexe 1

Notions d'acoustique

Les notions abordées dans ce rapport de mesure sont explicitées dans la norme NFS 31-010. Leurs définitions sont les suivantes :

Niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A : LAeq,T

Valeur du niveau de pression acoustique pondéré A d'un son continu et stable qui, au cours d'une période spécifiée T, a la même pression acoustique quadratique moyenne qu'un son considéré dont le niveau varie en fonction temps. Il est défini par la formule :

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{P_A^2(t)}{P_a^2} dt \right]$$

LAeq,T : est le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A, en décibels, déterminé pour un intervalle de temps T qui commence à t1 et se termine à t2 ;

PO : est la pression acoustique de référence 20μPa ;

PA(t) : est la pression acoustique instantanée pondérée A du signal.

Niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A « court » : LAeq,τ

Niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A obtenu sur un intervalle de temps « court ». Cet intervalle de temps, appelé durée d'intégration, a pour symbole T. Le LAeq court est utilisé pour obtenir une représentation fine de l'évolution temporelle des événements acoustiques pendant l'intervalle de mesure. La durée d'intégration retenue dépend de la durée des phénomènes que l'on veut mettre en évidence. Elle est généralement de durée inférieure ou égale à 10s. Dans ce cas, on peut calculer par exemple le niveau continu équivalent du bruit particulier par la formule suivante :

$$L_{Aeq,T_{part}} = 10 \log \left[\frac{1}{T_{part}} \sum_{i=1}^N \tau \cdot 10^{0,1(L_{Aeq,\tau})_i} \right]$$

Tpart : est la durée totale d'apparition du bruit particulier : $T_{part} = \tau \cdot N$,

τ : est le temps d'intégration choisi pour la détermination des LAeq courts,

N : est le nombre total de valeurs de LAeq courts décrivant la contribution énergétique du bruit particulier considéré,

LAeq,τ : est le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A « court ».

Niveau acoustique fractile : LAN,τ

Par analyse statistique de LAeq courts, on peut déterminer le niveau de pression acoustique pondéré A qui est dépassé pendant N% de l'intervalle de temps considéré, dénommé « Niveau acoustique fractile ». Son symbole est LAN,τ, par exemple L90,1s est le niveau de pression acoustique continu équivalent pondéré A dépassé pendant 90% de l'intervalle de mesure, avec une durée d'intégration égale à 1s.

Intervalle de mesure

Intervalle de temps au cours duquel la pression acoustique quadratique moyenne pondérée A est intégrée et moyennée.

Intervalle d'observation

Intervalle de temps au cours duquel tous les mesurages nécessaires à la caractérisation de la situation sonore sont effectués soit en continu, soit par intermittence.

NB : Dans le cas de mesures en continu, l'intervalle d'observation est égal à l'intervalle de mesure, sinon il est plus grand.

Intervalle de référence

Intervalle de temps retenu pour caractériser une situation acoustique et pour déterminer de façon représentative l'exposition au bruit des personnes.

Bruit ambiant

Bruit total existant dans une situation donnée pendant un intervalle de temps donné. Il est composé de l'ensemble des bruits émis par toutes les sources proches et éloignées.

Bruit particulier

Composante du bruit ambiant qui peut être identifiée spécifiquement et que l'on désire distinguer du bruit ambiant.

Bruit résiduel

Bruit ambiant en l'absence du (des) bruits particulier(s), objet(s) de la requête considérée.

Émergence

Modification temporelle du niveau de bruit ambiant induite par l'apparition ou la disparition d'un bruit particulier. Cette modification porte sur le niveau global ou sur le niveau mesuré dans une bande quelconque de fréquence.

Tonalité

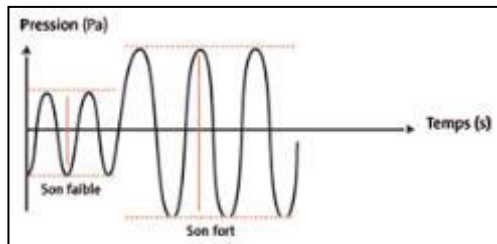
La tonalité marquée est détectée dans un spectre non pondéré de tiers d'octave quand la différence de niveaux entre la bande de 1/3 d'octave et les quatre bandes de 1/3 d'octave les plus proches (les deux bandes immédiatement supérieures et les deux bandes immédiatement inférieures) atteint ou dépasse les niveaux indiqués dans le tableau suivant pour la bande considérée:

Cette analyse se fera à partir d'une acquisition minimale de 10s.

63 Hz à 315 Hz	400 Hz à 1250 Hz	1600 Hz à 6,3 kHz
10 dB	5 dB	5 dB

Mesurer le bruit

La pression sonore s'exprime en pascal. L'oreille humaine perçoit des sons à partir de 20 micropascals (seuil d'audibilité) et jusqu'à 20 pascals (seuil de la douleur). Cette unité est peu pratique, c'est pourquoi les acousticiens ont défini une nouvelle unité : le décibel (dB), qui permet de comprimer cette gamme entre 0 (seuil d'audibilité) et 120 (seuil de la douleur). Le décibel représente la plus petite variation de l'air d'intensité sonore perceptible par l'oreille humaine.



Additionner les bruits

Les décibels sont des **logarithmes**, on ne peut donc pas les additionner ou les soustraire comme des nombres décimaux.

Pour rester simple, sachez que...

- Si le niveau du bruit double, cela correspond à l'émission de 3 dB de plus.
- S'il diminue de moitié, son niveau aura 3 dB de moins.

Afin de connaître le niveau global de bruit émis par plusieurs sources en même temps, deux règles s'appliquent :

Pour des bruits de niveaux très sensiblement différents (≥ 10 dB)

20 dB + 50 dB $\neq$ 70 dB

20 dB + 50 dB = 50 dB

Le bruit le plus fort masque le plus faible.

Pour des bruits de niveaux équivalents (≤ 10 dB)

50 dB + 50 dB $\neq$ 100 dB

50 dB + 50 dB = 53 dB

Le décibel pondéré A

Le décibel pondéré A est une correction par bande de fréquence du niveau décibel afin de se rapprocher de la perception de l'oreille humaine.

La pondération effectuée par bande d'octave est présentée dans le tableau ci-dessous (ici entre 63 et 4000 Hz) :

Bande de fréquence	63 Hz	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4kHz
Pondération A (dB)	-26,2	-16,1	-8,6	-3,2	0	+1,2	1

Échelle de bruit

L'échelle du bruit s'étend de **0 dB (seuil d'audibilité) à 130 dB (seuil de la douleur)**. La plupart des sons de la vie courante sont compris entre 30 et 90 décibels. On trouve des niveaux supérieurs à 90 dB essentiellement dans la vie professionnelle (industrie, armée, artisanat...) et dans certaines activités de loisirs (chasse, musique, sports mécaniques). Les discothèques et salles de concert ont, quant à elles, un niveau sonore maximal autorisé de 102 dB(A). Certaines sources (avions, fusées, canons) émettent des niveaux supérieurs à 130 dB.

Le graphique ci-dessous présente en image une échelle de bruit.



Annexe 2

Présentation de l'outil de calculs prévisionnels des niveaux sonores

L'étude a été réalisée à l'aide du logiciel IMMI® de la société Wölfel, outil de modélisation et de calcul 3D de la propagation acoustique environnementale. Les calculs effectués par ce logiciel sont conformes à la norme internationale ISO-9613 relative à "l'atténuation du son lors de sa propagation à l'air libre". Les résultats communiqués s'entendent suivant leurs conditions générales.

IMMI est un logiciel développé par la société Wölfel.

SIM Engineering garantit la modélisation du site suivant le code IMMI ; les résultats communiqués s'entendent suivant leurs conditions générales.

Les résultats de la simulation s'entendent à +/- 3dBA.

Ce programme informatique permet de simuler tout site industriel et de calculer l'influence de la totalité ou de chaque équipement en n'importe quel point du champ extérieur.

Succinctement, ce programme tient compte des éléments suivants :

- Des bâtiments ou autres volumes de forme parallélépipédique ou cylindrique qui peuvent jouer, soit un rôle d'écran acoustique lorsqu'ils se situent entre la source et le récepteur, soit un rôle de réflecteur lorsque la source est située à proximité.
- De la position géographique des sources sonores considérées comme sources ponctuelles dans les 3 dimensions d'un espace orthonormé XYZ. Lorsque des sources sonores sont étendues (rayonnement de bâtiments, de tuyauteries, ...), elles sont décomposées en un ensemble de sources ponctuelles réparties sur la totalité de la surface rayonnante.
- Du niveau de puissance sonore de chaque source dans les 9 bandes d'octaves normalisées de 31,5 Hz à 8000 Hz.
- Du temps de fonctionnement de chaque source, en pourcentage.
- De l'effet du sol en considérant 5 types de sol : absorbant de type gazon à réverbérant de type bitume.
- De l'effet du vent, en direction et en vitesse.
- Du taux d'humidité de l'air, en pourcentage.

Pour tout point extérieur du site, le calcul du niveau sonore par source peut s'exprimer par la relation :

$$L_{pi} = L_{wi} - D - A - E + R - S + V$$

où :

- **L_{pi}** = niveau de pression sonore (référence $2 \cdot 10^{-5}$ Pa) au point de calcul pour la source "i".
- **L_{wi}** = niveau de puissance (référence 10^{-12} Watt), considéré pour la source d'indice "i".
- **D** = atténuation due à la distance entre la source et le point de calcul.
- **A** = atténuation due à l'absorption moléculaire de l'air.
- **E** = atténuation due à l'effet d'écran lorsqu'un ou plusieurs obstacles se situent entre la source et le point de calcul.
- **R** = effet de réflexion lorsque la source sonore considérée se trouve à proximité d'un bâtiment sur lequel se réfléchit les ondes sonores, ceci ayant pour conséquence d'augmenter le niveau sonore au point de réception.
- **S** = atténuation due à l'absorption du sol selon que celui-ci soit absorbant (type gazon) ou réfléchissant (bitume, béton, eau, ...).
- **V** = influence due à la direction et la force du vent.

Annexe 3

Méthodologie estimation qualitative météorologique

D'après la norme NFS 31-010, deux critères météorologiques (conditions de vent et température, appréciées sans mesure, par simple observation) sont associés à chaque point de mesure dont le codage figure ci-dessous :

Conditions de vent :

- U1 : Vent fort (3m/s à 5m/s) contraire au sens source-récepteur
- U2 : Vent moyen à faible (1m/s à 3m/s) contraire **ou** vent fort, peu contraire
- U3 : Vent nul ou vent quelconque de travers
- U4 : Vent moyen à faible portant **ou** vent fort peu portant ($\pm 45^\circ$)
- U5 : Vent fort portant

Température :

- T1 : Jour **et** fort ensoleillement **et** surface sèche **et** peu de vent
- T2 : Mêmes conditions que T1 mais au moins une **est** non vérifiée
- T3 : Lever de soleil **ou** coucher du soleil ou (temps couvert **et** venteux **et** surface pas trop humide)
- T4 : Nuit **et** (nuageux **ou** vent)
- T5 : Nuit **et** ciel dégagé **et** vent faible

Une fois le codage effectué en chaque point, une estimation qualitative de l'influence des conditions météorologiques se fait par l'intermédiaire de la grille ci-dessous :

	U1	U2	U3	U4	U5
T1		--	-	-	
T2	--	-	-	Z	+
T3	-	-	Z	+	+
T4	-	Z	+	+	++
T5		+	+	++	

- : Etat météorologique conduisant à une atténuation très forte du niveau sonore
- : Etat météorologique conduisant à une atténuation forte du niveau sonore
- Z : Effets météorologiques nuls ou négligeables
- +
- ++ : Etat météorologique conduisant à un renforcement moyen du niveau sonore

Annexe 4

Évolution temporelle et niveaux sonores au voisinage

Les résultats des mesures font l'objet des ci-après, elles contiennent :

- Une courbe représentative de l'évolution temporelle des niveaux sonores mesurés, avec :
 - En abscisse : le temps d'évolution
 - En ordonnée : le niveau de pression en dB(A)
 - L'affichage des marqueurs utilisés pour définir les différents intervalles de mesurage
- Une courbe représentative de l'évolution temporelle des conditions météorologiques, avec :
 - En abscisse : le temps d'évolution
 - En ordonnée : les précipitations, la force du vent, la température et l'humidité
- Un tableau présentant l'estimation qualitative de l'influence des conditions météorologiques en chaque point de mesure, heure par heure
- Un tableau présentant les indicateurs mesurés durant les différents intervalles de mesurage
- Des diagrammes représentatifs de l'analyse spectrale par bandes de tiers d'octave des niveaux sonores mesurés durant les principaux intervalles de mesurage
Ces diagrammes permettent en particulier de détecter d'éventuelles tonalités marquées, avec :
 - En abscisse : la fréquence en tiers d'octave
 - En ordonnée : le niveau de pression linéaire par bande de fréquence et en global pondéré A
- Un tableau présentant les niveaux sonores mesurés par bande de tiers d'octave durant les différents intervalles de mesurage