

Inventaire géothermique
et structural du canton
de Neuchâtel : IGS-NE

Rapport final



P. Altwegg
L. Marguet
F. Negro
N. Scheidt Schmitt
F.-D. Vuataz

Impressum

Date: Septembre 2013

Project CREGE: Inventaire géothermique et structural du canton de Neuchâtel : IGS-NE
Financement: Fondation ProTechno

Contact:

Laboratoire de géothermie - CREGE

c/o CHYN

11 rue E.-Argand

CH-2000 Neuchâtel

Phone: +41 (0)32 718 2600

www.crege.ch

Citation :

Altwegg P., Marguet L., Negro F., Scheidt Schmitt N. & Vuataz F.-D., 2013. Inventaire géothermique et structural du canton de Neuchâtel : IGS-NE, Rapport final, Neuchâtel. 26 pp.

AVANT-PROPOS

Dès le début des années 2000, plusieurs cantons ont marqué leur volonté de connaître le potentiel en énergies renouvelables de leur territoire. Notamment les études du potentiel géothermique des cantons de Vaud (PGV, 2003) et de Fribourg (PGF, 2005) ont suscité des projets de réalisation et des planifications à l'échelle cantonale sur les années qui ont suivi.

Le canton de Neuchâtel est encore pauvre en données du sous-sol profond. En effet, il n'y a aucun forage d'une profondeur supérieure à 450 m réalisé sur son territoire. Les seuls huit forages entre 300 et 450 m sont tous des puits forés dans le Malm pour la production d'eau potable. Aucun forage de prospection gazière, pétrolière ou géothermique n'a été réalisé jusqu'à ce jour, bien que des campagnes de sismique réflexion aient été exécutées dans les années 1970 et 1980 pour l'exploration pétrolière.

Une première évaluation du potentiel géothermique du canton de Neuchâtel (PGN) a été réalisée entre mai 2007 et octobre 2008. Cette étude, financée par la Fondation ProTechno, a été initiée et conduite par le Centre de recherche en géothermie de Neuchâtel (CREGE), qui a établi un groupe de travail PGN formé de spécialistes des disciplines concernées. L'étude PGN a porté sur l'évaluation du potentiel de quatre applications de la géothermie : sondes géothermiques verticales, géostructures énergétiques, usage thermique des nappes phréatiques et aquifères profonds (PGN, 2008).

Suite à l'intérêt suscité par l'étude PGN, le Service de l'énergie du canton de Neuchâtel a mandaté le CREGE afin d'effectuer le Programme cantonal de développement de la géothermie à Neuchâtel – PDGN. Ce programme a débuté fin 2008 par la constitution d'un groupe de travail composé de spécialistes provenant du réseau de compétences du CREGE et de membres des différents services cantonaux concernés. L'étude a porté sur le potentiel des quatre mêmes applications de la géothermie avec en plus le potentiel des sources et des eaux de surface (PDGN, 2010).

Au printemps 2010, les conclusions et les recommandations concernant le potentiel des aquifères profonds du projet PDGN étaient connues. Intéressées à la mise en place des conditions pour le développement de la géothermie profonde, les autorités cantonales, soit le Service de l'énergie et de l'environnement (SENE) et le Service de l'économie (DEC), ont mandaté le CREGE, Laboratoire de géothermie de l'Université de Neuchâtel, pour concevoir et réaliser le programme GeoNE.

La première phase du programme GeoNE a débuté en mai 2010 et s'est achevée en août 2012. Elle avait pour but de développer la géothermie profonde dans le canton de Neuchâtel. Les connaissances géologiques, hydrogéologiques et thermiques étant encore lacunaires dans les roches sédimentaires à plus de 400 m de profondeur, et au toit du cristallin, cela ne permettait pas de débiter par un forage d'exploration sur les sites choisis. C'est pourquoi, des phases préliminaires ont été prévues dans le programme GeoNE, incluant un programme d'exploration avec la réalisation de modèles géologiques 3D, de campagnes de mesures gravimétriques et de modélisation de la température des aquifères.

Pendant la réalisation du programme GeoNE, il est apparu évident que le canton de Neuchâtel manquait d'une base de données géothermiques et c'est pourquoi une proposition de projet pour collecter les données existantes d'intérêt pour tous types de géothermie, avec une prépondérance sur la géothermie profonde et sur l'acquisition de nouvelles données a été soumise à la Fondation ProTechno en janvier 2011. L'inventaire géothermique et structural du canton de Neuchâtel et sa base de données IGS-NE font l'objet de ce rapport final. L'ensemble de l'étude a été financée par la Fondation ProTechno que nous remercions encore une fois très vivement pour son soutien actif et de longue durée dans le développement de la géothermie du canton de Neuchâtel.

Table des matières

1. Introduction	1
1.1 Ressources géothermiques profondes	2
1.2 Contexte géologique	3
1.3 Contexte hydrogéologique et géothermique.....	6
2. Mesures pétrophysiques	7
2.1 Échantillonnage	7
2.2 Conductivité thermique	8
2.3 Capacité thermique	12
2.4 Densité.....	15
2.5 Production de chaleur	17
3. Mesures structurales	19
3.1 Méthodologie	20
3.2 Résultats	27
4. Base de données	27
4.1 Structure de la base de données.....	27
4.2 Tableau des résultats pétrophysiques.....	30
5. Conclusions et recommandations	32
6. Remerciements	32
7. Bibliographie	33
Table des Annexe	35
Annexe I : Mesures pétrophysiques.....	37
Annexe II : Photogrammétrie	45
Annexe III : Limestone thermal properties characterization for geothermal ground coupled borehole heat exchangers	document séparé

1. Introduction

Le but de cette étude est de créer une base de données en accès libre contenant les résultats de mesures pétrophysiques et structurales permettant de faciliter les premières phases d'un projet de géothermie dans le canton de Neuchâtel. Dans cette optique des mesures ont été effectuées sur des roches ainsi que des affleurements et les paramètres suivants ont été mesurés:

- conductivité thermique,
- capacité thermique,
- production de chaleur,
- densité,
- porosité,
- paramètres de la fracturation.

Une partie de ces mesures ont été réalisées par Mme Nicole Scheidt Schmitt dans le cadre de son travail de Master en hydrogéologie et géothermie qui visait une utilisation des paramètres pétrophysiques pour la géothermie basse température et faible profondeur. Ce travail s'intitule "Limestone thermal properties characterization for geothermal ground coupled borehole heat exchangers" et l'ensemble de ses mesures et données ont été intégrées dans la base de données. D'autre part, des mesures du flux de chaleur étaient initialement prévues mais l'annulation du projet TransRUN, ainsi que l'absence de forage disponible et suffisamment profond dans le canton de Neuchâtel ont rendu ces mesures impossibles. La présente étude est structurée en trois parties principales :

- mesures pétrophysiques
- mesures structurales
- présentation de la base de données

MESURES PETROPHYSIQUES

Ces données vont permettre d'affiner les modèles thermiques avec des mesures effectuées sur des échantillons provenant de la région. Elles fournissent les éléments pour notamment calculer la température des aquifères profonds et le temps de percement thermique entre le puits de production et celui de réinjection. Cette partie débute par une présentation de la campagne d'échantillonnage puis, pour chaque méthode les principes théoriques, la méthodologie et les principaux résultats sont présentés.

MESURES STRUCTURALES

Les principaux aquifères profonds potentiels dans le canton de Neuchâtel sont situés dans des formations calcaires. De ce fait le débit qu'il est possible d'obtenir va dépendre de la karstification et de la fracturation de ces dernières. Si la karstification ne peut être extrapolée ou calculée, l'état de fracturation, lui, peut être déduit par analogie grâce à des mesures de surface. Dans cette optique une campagne de mesures structurales en utilisant la photogrammétrie a été menée.

BASE DE DONNEES

L'ensemble des données des deux parties précédentes ont été regroupées sous la forme d'une base de données accessible librement sur internet ce qui permet une diffusion la plus large possible de ces informations. Cette base de données, disponible sur le site du crege (www.crege.ch -> projets -> base de données -> IGS-NE), comme sa structure sont présentées dans la dernière partie.

1.1 Ressources géothermiques profondes

Dans le canton de Neuchâtel, les ressources géothermiques profondes sont principalement représentées par les aquifères profonds (Figure 1) et les Enhanced Geothermal Systems (EGS) ou systèmes géothermiques stimulés. Les aquifères profonds sont formés de roches perméables saturées en eau se trouvant à des profondeurs supérieures à 400 m et les projets de géothermie visent à capter les fluides naturellement présents en profondeur pour les exploiter à des fins de chauffage. La technologie liée à leur exploitation est bien connue grâce à des installations fonctionnant depuis plusieurs dizaines d'années comme dans le bassin parisien ou à Riehen (BS) par exemple.

En ce qui concerne les EGS, le but est de forer plus profondément, typiquement vers 5 km, afin de garantir une température suffisante pour la production d'électricité. Cependant, la perméabilité à ces profondeurs est généralement faible et ne permet pas d'atteindre un débit économique. Elle doit de ce fait être augmentée en fracturant la roche, pour créer un échangeur de chaleur.

Dans tous les cas, la rentabilité économique des projets de géothermie profonde est liée à deux facteurs principaux : la température en profondeur et le débit qu'il est possible de pomper. La détermination des caractéristiques structurales et thermiques des roches constituant un réservoir géothermique potentiel représente, par conséquent, un des enjeux principaux d'un projet de géothermie.

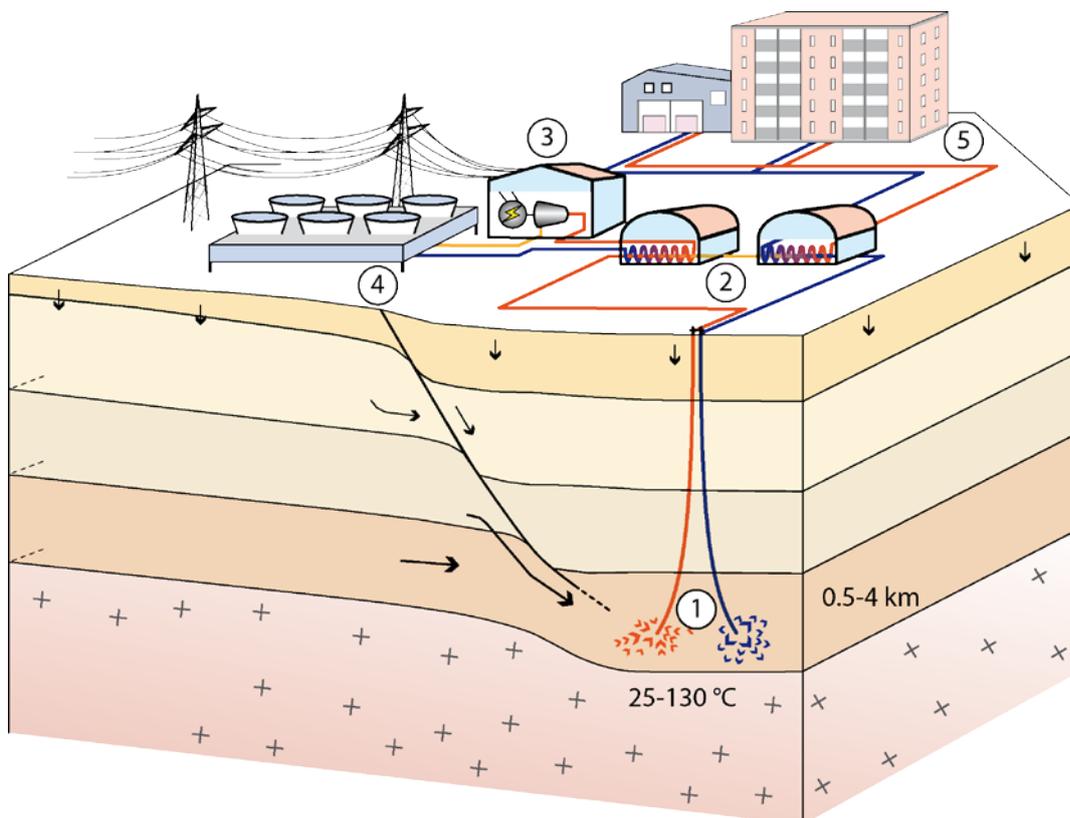


Figure 1 : Schéma représentant le fonctionnement d'une installation géothermique de production d'électricité et de chaleur exploitant un aquifère profond. 1. Forages de production et de réinjection ; 2. Echangeurs de chaleur ; 3. Centrale électrique : turbine et générateur ; 4. Système de refroidissement à air ; 5. Réseau de chauffage à distance (Schéma : CREGE, 2009).

SITUATION DANS LE CANTON DE NEUCHÂTEL

Le potentiel géothermique du canton de Neuchâtel a été identifié lors de l'étude « Evaluation du potentiel géothermique du canton de Neuchâtel (PGN)» (Groupe de travail PGN, 2008), puis quantifié par le « Programme cantonal de développement de la géothermie à Neuchâtel (PDGN)» (Groupe de travail PDGN, 2010). Un projet géothermique de prospection des aquifères profonds sur cinq sites dans le canton est également en cours. Ce projet appelé GeoNE et dont la première phase c'est terminée en octobre 2012 (CREGE, 2012), se focalise sur trois zones potentiellement intéressantes mises en évidence par les études citées précédemment (Figure 2), soit les zones de la Chaux-de-Fonds – le Locle, de Neuchâtel et de St. Blaise - Cornaux.

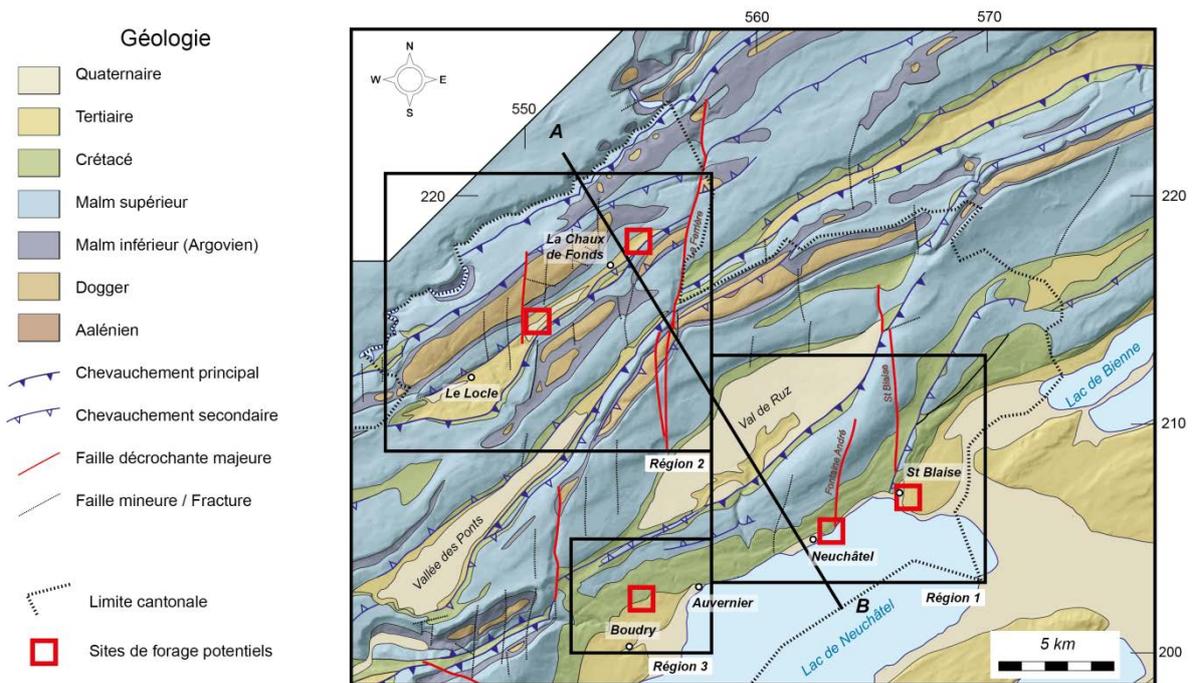


Figure 2 : Carte tectonique du canton de Neuchâtel sur laquelle figure les cinq sites retenus sur les trois zones sélectionnées par l'étude GeoNE (CREGE, 2012).

1.2 Contexte géologique

Le Jura est une chaîne de plissement d'avant pays qui s'est formée dans les derniers stades de l'orogénèse alpine. Elle se caractérise par une série de plis sur rampe formés par le décollement des couches mésozoïques et cénozoïques au-dessus des couches évaporitiques du Trias (Figure 3). Le relief jurassien doit beaucoup à cette genèse en effet, les crêtes sont formées par les anticlinaux alors que les vallées se situent au-dessus des rampes, le tout ayant été remodelé par l'érosion glaciaire et fluviale.

Inventaire géothermique et structural du canton de Neuchâtel : IGS-NE

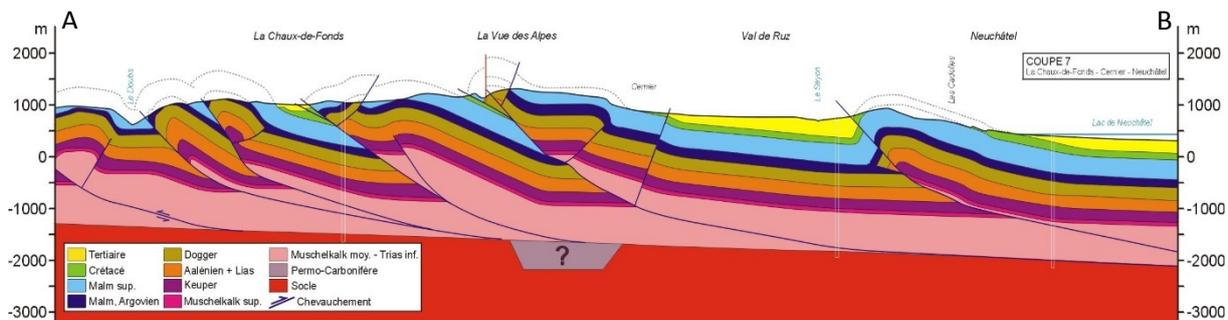


Figure 3 : Coupe géologique La Chaux-de-Fonds – Neuchâtel localisée sur la Figure 2 (Groupe de travail PGN, 2008).

Cette histoire particulière fait que les roches à l’affleurement sur les crêtes sont essentiellement d’âge jurassique et crétacé, alors que dans les vallées, elles sont d’âge tertiaire et quaternaire. Seules les formations affleurantes ont pu être échantillonnées lors de cette étude. Elles sont présentées sur la colonne stratigraphique du canton de la Figure 4 puis décrites plus en détail de la plus ancienne à la plus jeune.

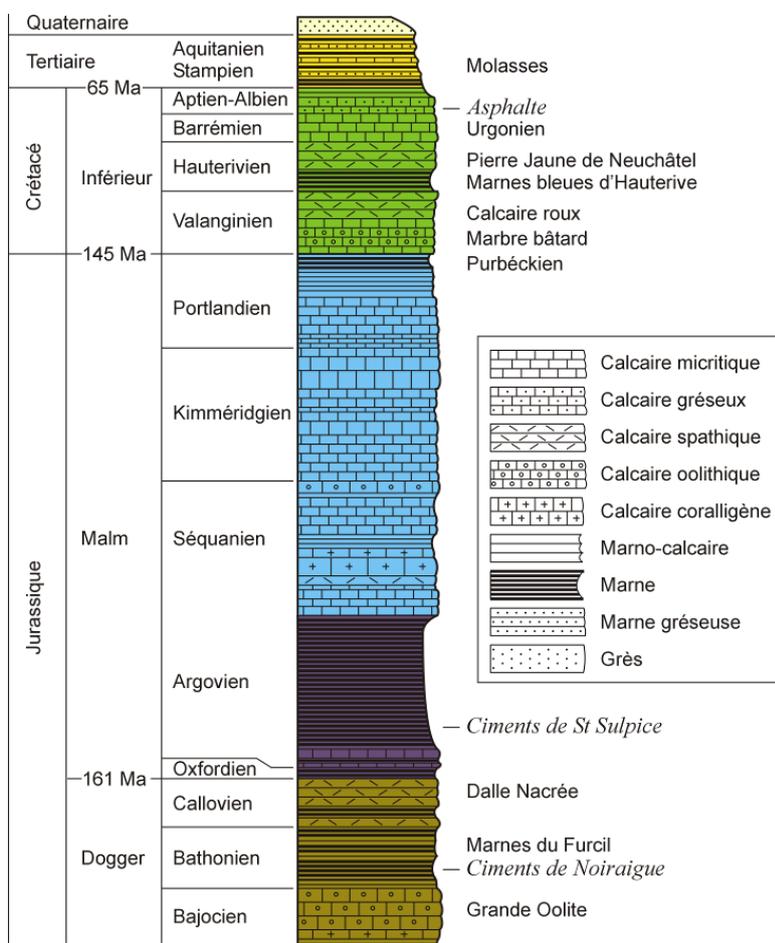


Figure 4 : Colonne stratigraphique synthétique des roches sédimentaires affleurant dans le canton de Neuchâtel (Schaer et al., 2008).

LE DOGGER

Dans le canton de Neuchâtel, le Dogger représente les roches les plus anciennes à l’affleurement. Il s’agit essentiellement d’une alternance marno-calcaire dont la première formation répertoriée à l’affleurement est représentée par les marnes à Opalinus de l’Aalénien. Cependant, du fait de leur

riche teneur en argile, les marnes sont friables et donc facilement érodable, raison pour laquelle elles n'affleurent que peu et donnent généralement des affleurements de qualité médiocre. En fait, le seul affleurement répertorié par H. Schardt (1902), qu'il datait du Lias, s'est avéré être la conséquence de travaux de terrassement de l'époque au lieu-dit de « la Combe des Quignets, mais il n'a pas été possible de prélever un échantillon.

Les premières formations réellement affleurantes sont, par conséquent, représentées par les calcaires à entroques du Bajocien inférieur. Comme déjà dit, le Dogger dans le canton de Neuchâtel est essentiellement constitué par une alternance marno-calcaire, les termes calcaires (grande oolithe, dalle Nacrée, etc.) étant la plupart du temps les seules à donner des affleurements de qualité suffisante pour pouvoir être échantillonnés. Une exception existe toutefois, avec les marnes blanches du Bathonien inférieur dont le terme le plus calcaire a pu être échantillonné non loin du col de la Vue-des-Alpes (éch. 12).

Une autre caractéristique du Dogger est la forte variation latérale des faciès et de l'épaisseur des formations qui le composent. L'affleurement le plus continu est le plus complet est la falaise du Furcil en haut des Gorges de l'Areuse bien documenté par Schardt H. & Dubois A. (1901).

MALM

Le Malm débute par l'Oxfordien, il s'agit d'une formation essentiellement marneuse et dont l'épaisseur varie fortement (de 0 m à 40 m). Elle peut par endroit se caractériser par une alternance marno-calcaire comme à la Tête-de-Ran, ce qui a permis l'échantillonnage des roches les moins marneuses.

Cette formation est suivie par l'Argovien qui est essentiellement une alternance de fins bancs calcaires avec des marnes. Il n'a pas été possible de l'échantillonner, car elle forme généralement des combes où n'existe aucun affleurement.

Le reste du Malm est essentiellement constitué de calcaire massif en bancs dont l'épaisseur varie de quelques centimètres à plusieurs mètres dans le cas du Kimméridgien. Ces niveaux de calcaires massifs forment les grands reliefs jurassiens, où ils sont très visibles à l'affleurement.

CRETACE INFERIEUR

Le Crétacé n'est pour ainsi dire plus présent sur les crêtes où il a été érodé. Il est cependant présent sur les pentes des anticlinaux comme par exemple en ville de Neuchâtel. Cependant, seul le Crétacé inférieur est présent, le reste ayant été érodé. Il débute par le Purbeckien, niveaux marneux marquant la limite avec le Malm. Ensuite on trouve le Marbre bâtard, les Calcaires roux, les Marnes bleues d'Hauterive et la Pierre jaune de Neuchâtel. Quant aux formations suivantes, elles ne seront pas présentées ici car elles n'ont pas été échantillonnées.

TERTIAIRE

Dans le canton de Neuchâtel le Tertiaire est représenté essentiellement par les différentes molasses. Il s'agit de roches détritiques liées à l'érosion de la chaîne alpine et formées essentiellement de grès et de marnes, bien connues sur l'ensemble du plateau suisse. Elles sont présentes, entre autres dans la région du delta de l'Areuse, de Marin et du Val-de-Ruz. Ces molasses ne sont par contre pas présentes dans le synclinal du Locle – la Chaux-de-Fonds où le Tertiaire est particulier en raison de la présence d'un lac lors de cette période. Ce lac a permis la formation de l'Oeningien représenté par des grands bancs de calcaire d'eau douce blanc parfois vacuolaire (Favre, 1911). Le Tertiaire se termine par le Quaternaire, formations extrêmement complexes liées aux événements glacières et par

conséquent essentiellement représentées par des sédiments fluvioglaciers. Étant donné que le Quaternaire n'a pas été échantillonné lors de cette étude car ne revêtant que peu d'importance pour la géothermie profonde, il ne sera pas présenté ici.

1.3 Contexte hydrogéologique et géothermique

Il existe trois aquifères profonds potentiellement intéressants d'un point de vue géothermique dans le canton de Neuchâtel. En allant du plus superficiel au plus profond : le Malm supérieur, le Dogger et le Muschelkalk supérieur.

AQUIFERE DU MALM SUPERIEUR

Le Malm supérieur est constitué de plusieurs centaines de mètres de calcaires massifs qui sont aquifères lorsqu'ils sont fracturés et/ou karstifiés. Cela en fait l'aquifère le plus volumineux du canton, cependant, il est généralement peu profond ce qui le rend, la plupart du temps, peu intéressant pour des projets géothermiques de grande ampleur.

AQUIFERE DU DOGGER

Les niveaux calcaires du Dogger forment eux aussi un aquifère, qui est notamment exploité pour l'eau potable à plusieurs endroits dont Muriaux (JU). Il se situe à des profondeurs plus importantes que le Malm et il est donc plus chaud, mais cela implique, selon toute vraisemblance, une karstification moins importante. Comme déjà évoqué précédemment, les faciès du Dogger varient fortement latéralement, ce qui peut poser problème pour les projets de géothermie. En effet, dans le forage d'Hermrigen (BE), il est aquifère et atteint une température de 50 °C, alors qu'à Yverdon-les-Bains il est trop marneux et donc imperméable. De ce fait, il est rarement retenu comme cible principale d'un projet de géothermie.

AQUIFERE DU MUSCHELKALK SUPERIEUR

Il s'agit de l'aquifère le plus profond et donc le plus chaud. Il est également le moins connu car les formations qui le contiennent n'affleurent pas sur le territoire cantonal. Cependant il a été traversé par le forage d'Hermrigen (BE) et il est exploité depuis 20 ans à Riehen (BS) par une centrale géothermique. Il est bien connu dans d'autres parties du Jura où il est formé de couches de dolomies massives avec une épaisseur estimée d'un peu moins de 100 m.

2. Mesures pétrophysiques

2.1 Échantillonnage

La Figure 5 présente les échantillons prélevés pour les mesures pétrophysiques lors de cette étude, ainsi que pour le travail de master de N. Scheidt Schmitt. Etant donné le nombre de mesures à effectuer, chaque échantillon devait avoir une taille conséquente, idéalement s'approcher d'un cube de 50 cm de côté. En raison du poids que cela implique, les affleurements relativement proches de chemins carrossables ont été privilégiés pour l'échantillonnage. De plus, une attention particulière a été apportée dans la région de la Chaux-de-Fonds et de Neuchâtel en raison du projet GeoNE.

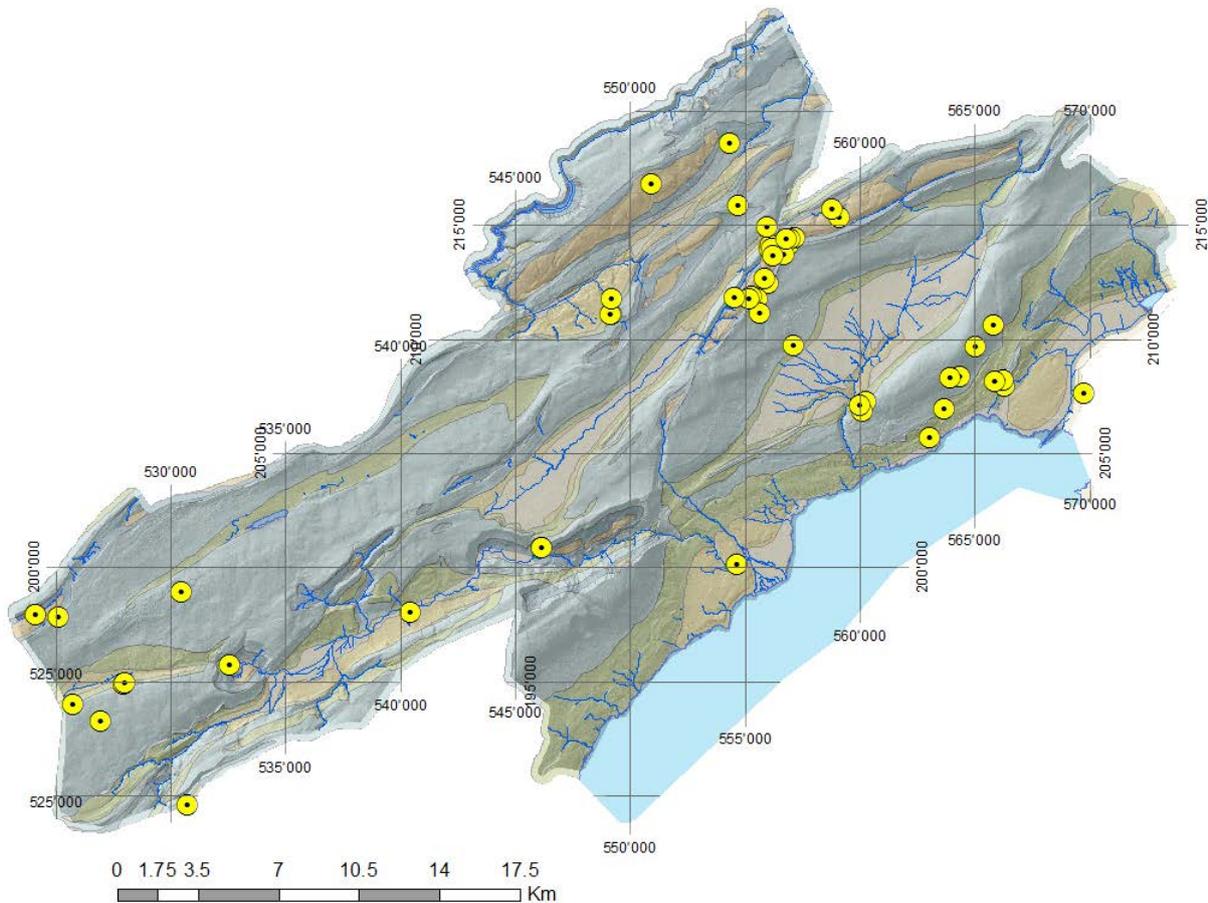


Figure 5 : Echantillons prélevés pour les mesures pétrophysiques.

2.2 Conductivité thermique

La conductivité thermique représente la capacité qu'à une roche à transmettre la chaleur, elle découle de la loi de Fourier :

$$q = -\lambda \cdot \nabla T$$

avec : q , le flux de chaleur en $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}$;
 λ , la conductivité thermique en $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$;
 ∇T , le gradient de température en $\text{K}\cdot\text{m}^{-1}$.

METHODOLOGIE

Il existe diverses méthodes pour mesurer la conductivité thermique mais la plupart s'effectuent en forage comme par exemple le test de réponse thermique utilisé lors du dimensionnement d'un champ de sonde géothermique (Eugster & Laloui, 2001).

Cependant, dans le cadre de cette étude, le but est de mesurer cette valeur sur des échantillons de roche soit sous forme bloc (sec ou humide), soit sous forme de poudre (saturée uniquement) à l'aide de l'appareil Tk04 et de la sonde HLQ88 de chez Teka (2008). Un équipement disponible au Centre d'Hydrogéologie et de Géothermie (CHYN).

Le principe de la mesure est le suivant (Figure 6) : une sonde noyée dans du plexiglas est mise en contact avec l'échantillon. Elle est munie d'une source de chaleur constante ainsi que de thermomètres de grande précision, ce qui permet de mesurer la propagation de l'onde thermique et d'en déduire la conductivité thermique.

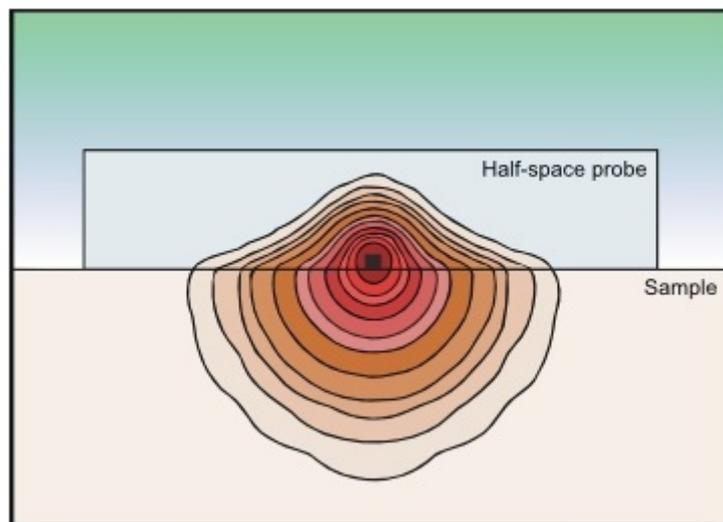


Figure 6 : Profil schématique perpendiculaire à la sonde d'une mesure de conductivité thermique indiquant la propagation de l'onde thermique (source : www.te-ka.de).

Afin d'assurer que la valeur obtenue est la plus représentative possible les échantillons sont préparés de la manière explicitée ci-dessous.

L'échantillon est tout d'abord scié afin d'obtenir un bloc avec deux faces les plus lisses et parallèles possible afin d'assurer un bon contact avec la sonde. Ce bloc doit avoir une dimension minimum de 88 x 88 x 20 mm. Il est alors mis à l'étuve à 40 - 45 °C pendant une semaine afin de le sécher puis

laissé un ou deux jours à température ambiante. La mesure non saturée est alors effectuée à pression et température ambiantes. Pour la mesure humide, le bloc est immergé deux jours dans de l'eau désionisée. La mesure est ensuite effectuée avec le bloc en immersion, à pression atmosphérique et à température ambiante.

Pour les mesures sur fragments, la roche est broyée puis tamisée pour que la taille des fragments soit inférieure à 710 μm . Ces fragments sont alors placés dans une étuve à 40 - 45 °C pendant une semaine pour les sécher. Une fois secs et refroidis, ils sont placés dans un récipient en métal puis saturé en eau avant d'effectuer la mesure.

RESULTATS

Les résultats des mesures ont été compilés sous forme de graphique. La Figure 7 représente les mesures de conductivité thermique λ effectuées sur des échantillons secs et la Figure 8 les mesures effectuées sur les échantillons humides. Les mesures issues de Schärli & Kohl (2002) ont été ajoutées à ces deux figures. L'axe des abscisses représente les différents étages géologiques de la Figure 4. Les spécifications de la sonde donnent une erreur de $\pm 5\%$ pour chaque mesure (TeKa, 2008), cependant nous avons constaté une variabilité naturelle au sein d'un même échantillon, soit pour des échantillons issus d'un même affleurement et de la même formation géologique. Les raisons de cette variabilité sont selon toute vraisemblance liées à la nature de la roche elle-même : anisotropie, fracturation, dissolution et recristallisation, etc. Par conséquent, nous avons choisi de représenter la variabilité maximum que nous avons mesurée sur une même roche sur la Figure 7, ainsi que sur la Figure 8 sous forme de barres verticales.

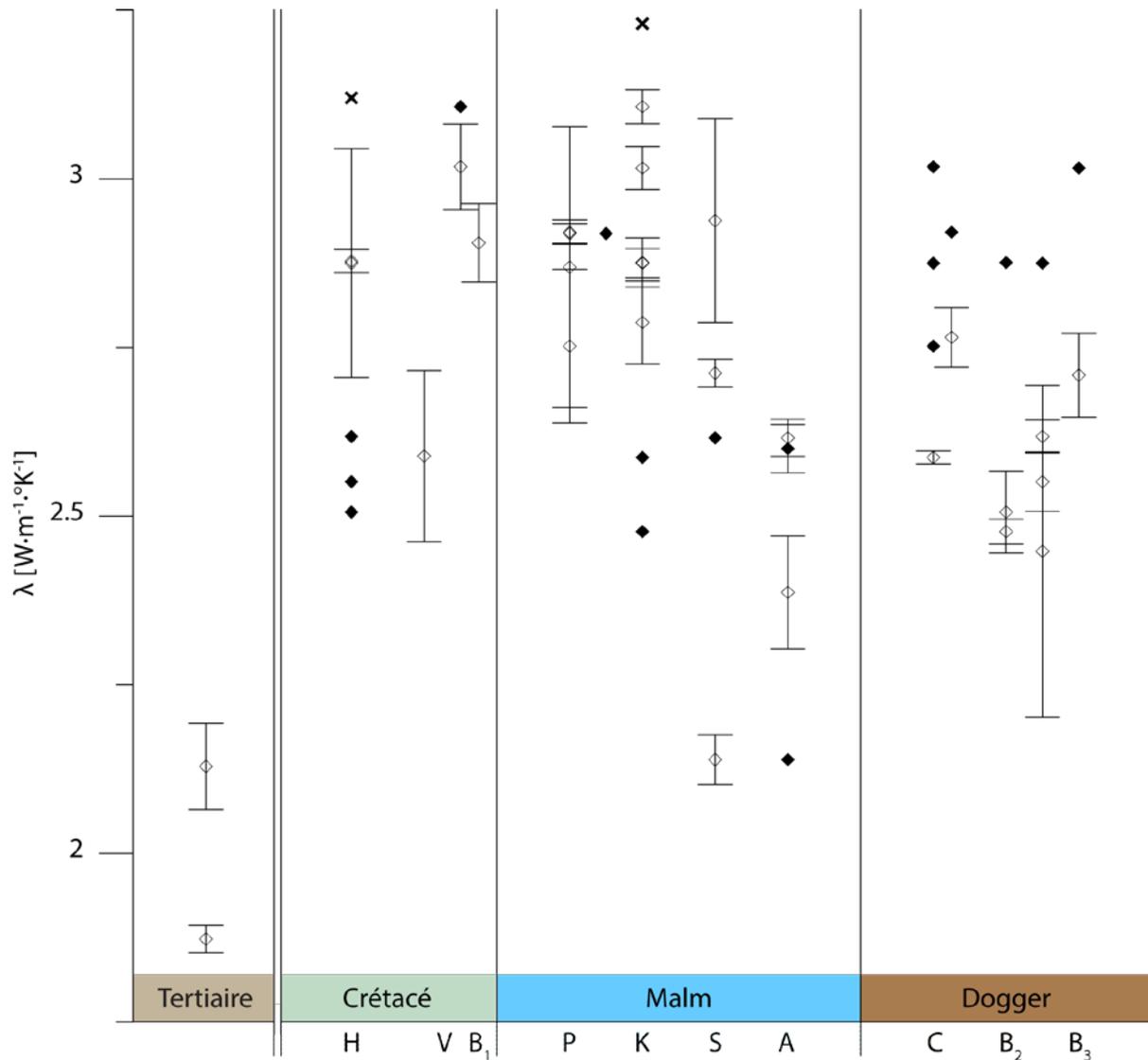


Figure 7 : Mesures de conductivité thermique λ en $W \cdot m^{-1} \cdot ^\circ K^{-1}$ effectuées sur les échantillons secs. Losanges blancs : mesures sur blocs IGS-NE ; losanges noirs : mesures sur blocs Schärli & Kohl, 2002 ; croix : mesures sur poudre Schärli & Kohl, 2002. Les barres verticales représentent la variation maximale observée lors des mesures. H : Hauterivien, V : Valanginien, B₁ : Berriasien, P : Portlandien, K : Kimméridgien, S : Séquanien, A : Argovien, C : Callovien, B₂ : Bathonien, B₃ : Bajocien.

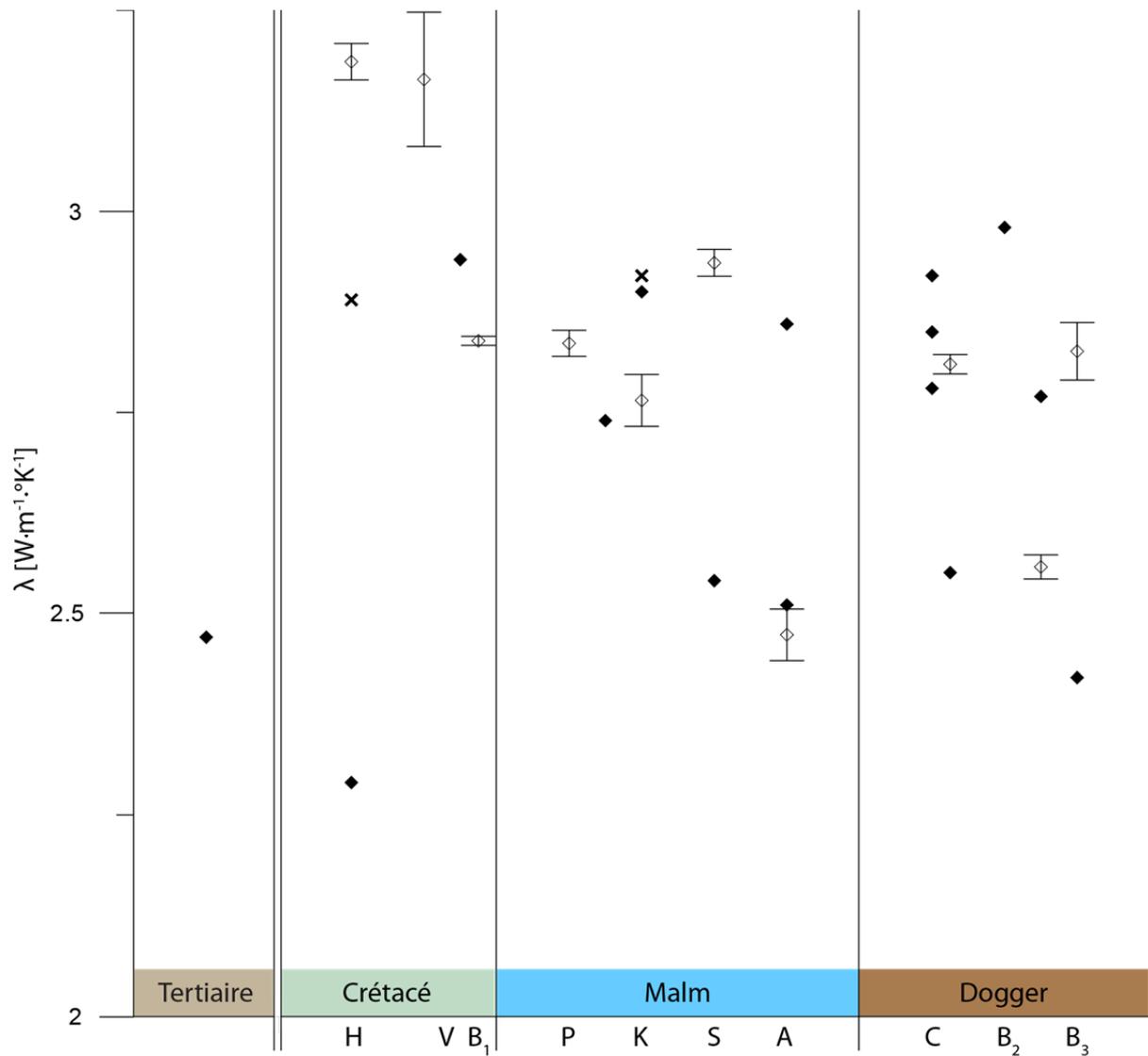


Figure 8 : Mesures de conductivité thermique λ en $W \cdot m^{-1} \cdot ^\circ K^{-1}$ effectuées sur les échantillons humides. **Losanges blancs** : mesures sur blocs IGS-NE ; **losanges noirs** : mesures sur blocs Schärli & Kohl, 2001 ; **croix** : mesures sur poudre Schärli & Kohl, 2001. Les barres verticales représentent la variation maximale observée lors des mesures. **H** : Hauterivien, **V** : Valanginien, **B₁** : Berriasien, **P** : Portlandien, **K** : Kimméridgien, **S** : Séquanien, **A** : Argovien, **C** : Callovien, **B₂** : Bathonien, **B₃** : Bajocien.

2.3 Capacité thermique

La capacité thermique d'une roche représente la quantité d'énergie qu'il faut pour que la température d'un kilogramme de roche varie de 1 °K par échange thermique. Ce paramètre est calculé grâce à l'équation suivante:

$$C_p = \frac{\lambda}{\kappa \cdot \rho}$$

avec : C_p , la capacité thermique en $J \cdot kg^{-1} \cdot ^\circ K^{-1}$;
 λ , la conductivité thermique en $W \cdot m^{-1} \cdot ^\circ K^{-1}$;
 κ , la diffusivité thermique $W \cdot m^{-1}$;
 ρ , la masse volumique en $kg \cdot m^{-3}$.

METHODOLOGIE

Pour mesurer la capacité thermique nous utilisons la méthode développée par Schärli & Rybach (2001) dont le schéma est présenté sur la Figure 9.

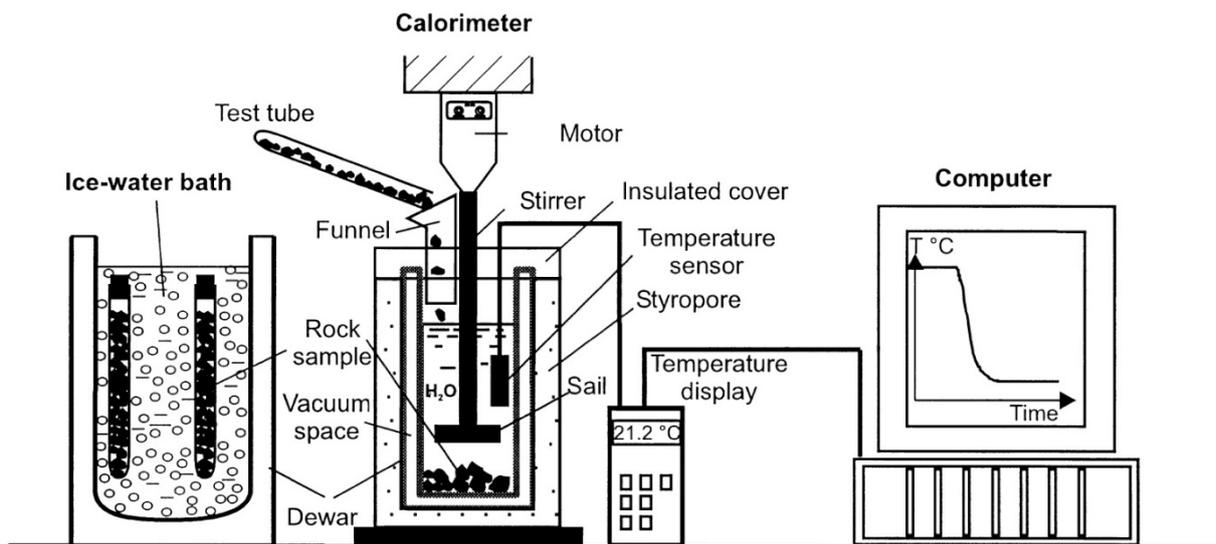


Figure 9 : Schéma du montage expérimental permettant de mesurer la capacité thermique (Schärli & Rybach, 2001)

Le principe de la mesure est le suivant : un échantillon dont la masse est connue avec précision est placé dans une éprouvette qui est plongée dans un thermos contenant de la glace et de l'eau. Une fois la température de l'échantillon proche de celle de l'eau (env. 0 °C), l'éprouvette est vidée dans un calorimètre qui contient de l'eau dont la masse et la température sont connues avec précision. Les fragments de roches vont ainsi légèrement refroidir cette eau qui après quelques minutes va retrouver un nouvel équilibre. Ce refroidissement induit par l'immersion (rapide) de l'échantillon permet d'en déduire sa capacité thermique.

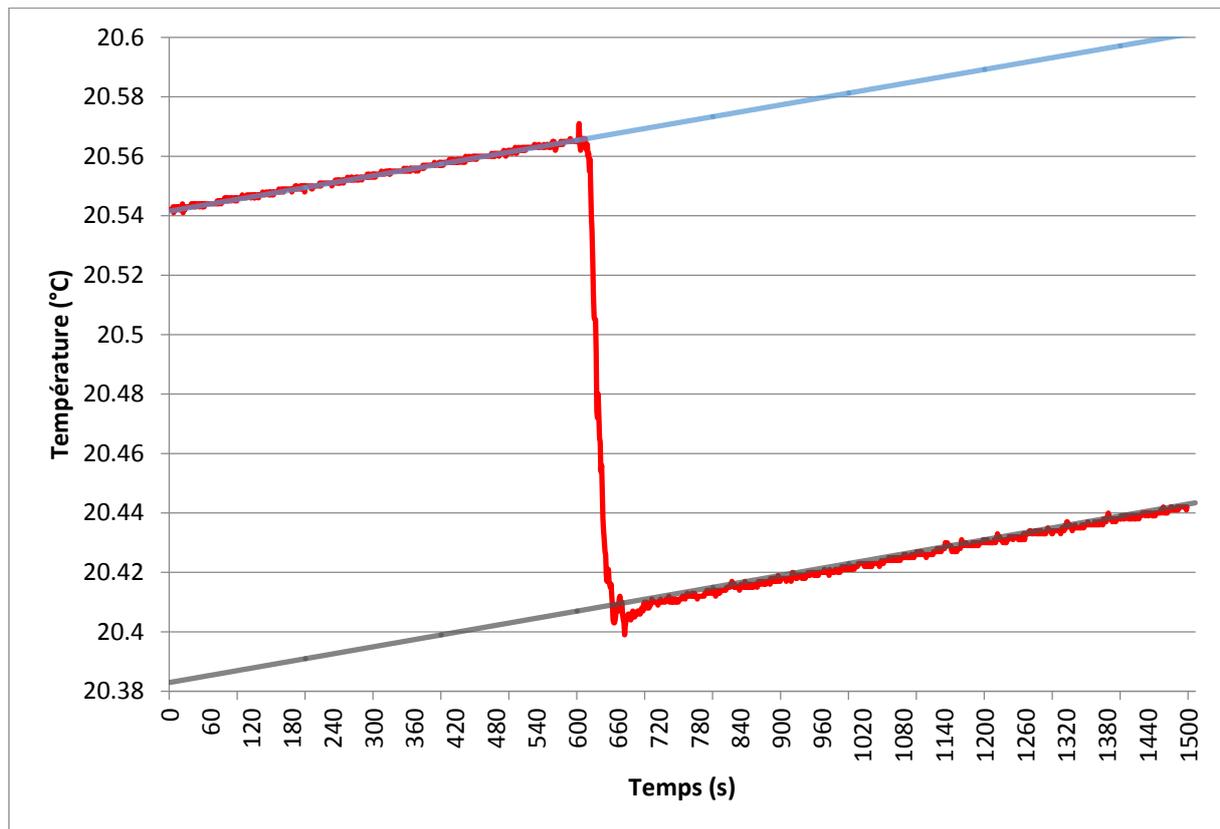


Figure 10 : Exemple de mesure de capacité thermique, l'échantillon a été immergé après 10 min. La ligne rouge représente la température mesurée en fonction du temps et les deux droites les deux équilibres (avant : bleu, après : gris).

Pratiquement, l'échantillon de roche est d'abord broyé puis tamisé, afin d'obtenir des fragments dont la taille est comprise entre 2 et 10 mm. Ils sont alors mis à sécher dans une étuve à 40 - 45 °C pendant une semaine avant que la mesure ne soit effectuée et pour effectuer la mesure de la capacité thermique, nous utilisons la sonde CPG de Geowatt (2009), également disponible au CHYN.

RESULTATS

Les résultats des mesures ont été compilés sous forme graphique (Figure 11). L'axe des abscisses représente les différents étages géologiques qui peuvent être consultés sur la Figure 4. D'après Schärli & Kohl (2002) l'erreur de mesure devrait être comprise entre 5 et 10 %. Comme pour la conductivité thermique, nous avons constaté que la variation naturelle de ce paramètre au sein d'une même roche, c'est-à-dire lors de mesures effectuées sur des échantillons issus d'un même affleurement et de la même formation, pouvait être supérieure à cette valeur. De ce fait nous avons choisi de représenter la variabilité maximum que nous avons mesurée sur une même roche sur la Figure 11 (barres verticales).

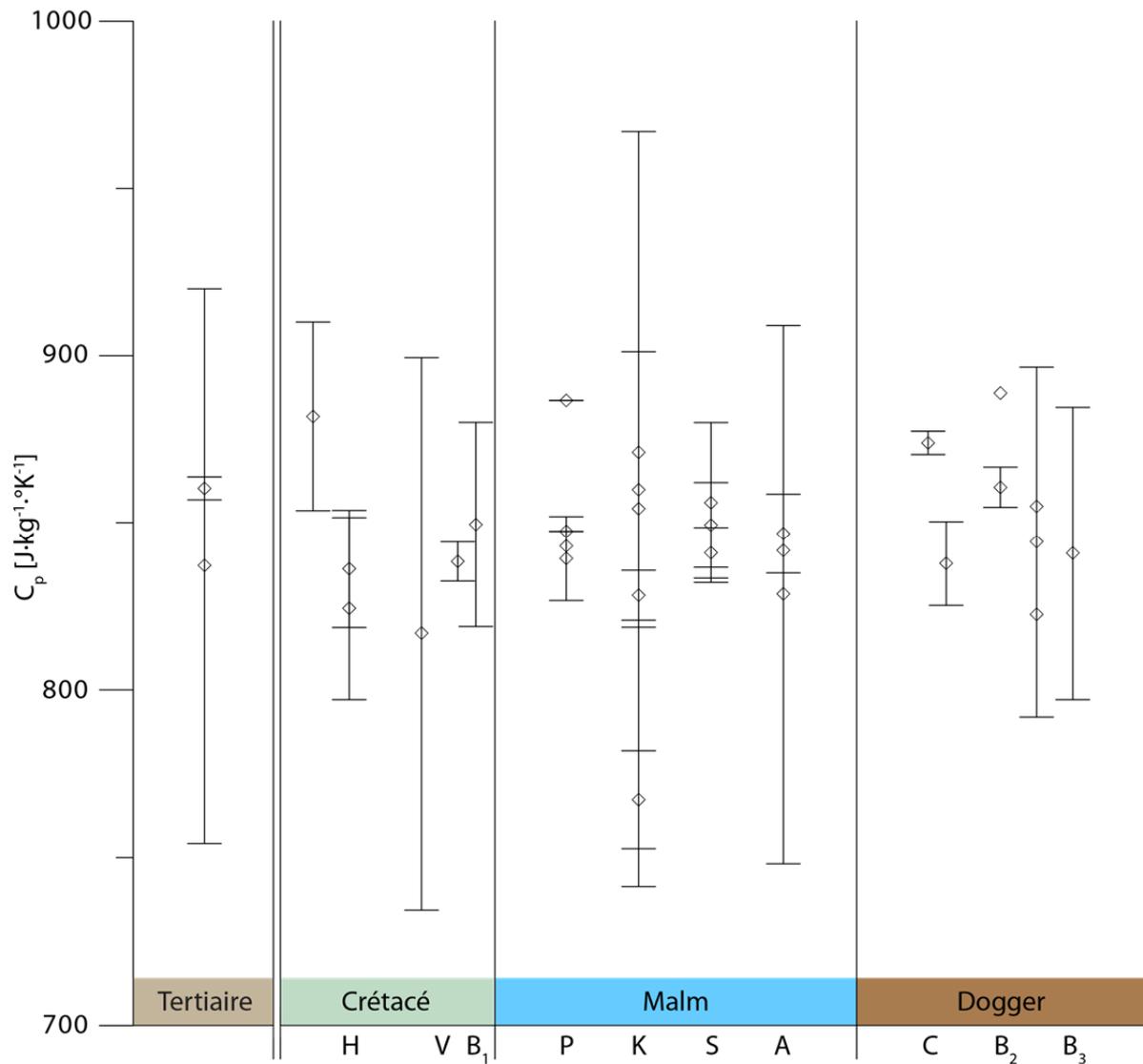


Figure 11 : Mesures de capacités thermiques C_p en $J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$. Les barres verticales représentent la variation maximale observée lors des mesures, l'absence de barre indique une valeur unique. **H** : Hauterivien, **V** : Valanginien, **B₁** : Berriasien, **P** : Portlandien, **K** : Kimméridgien, **S** : Séquanien, **A** : Argovien, **C** : Callovien, **B₂** : Bathonien, **B₃** : Bajocien.

2.4 Densité

La densité d'une roche représente le rapport de sa masse volumique par rapport à l'eau pure à 4 °C et s'exprime sans unité. Dans ce rapport, la densité est considérée comme égale à la masse volumique (ρ), la masse volumique de l'eau étant égale à 1 g·cm⁻³.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

avec : ρ , la masse volumique en g·cm⁻³;
 m , la masse de l'échantillon en g;
 V , le volume de l'échantillon en cm³.

Il n'était pas originellement prévu d'effectuer de mesure de densité dans cette étude. Cependant elles sont nécessaires afin de déterminer la production de chaleur et permettent de se faire une idée de la porosité efficace des échantillons. De plus, une importante campagne de gravimétrie était en cours dans le cadre de GeoNE que ces mesures intéressaient tout particulièrement.

METHODOLOGIE

Afin de mesurer la masse volumique de l'échantillon, nous avons utilisé la méthode dite par immersion. En effet, suivant la loi d'Archimède : « *Tout corps plongé dans un liquide subit une force verticale vers le haut égale au poids en liquide du volume du corps immergé* ». Nous avons immergé complètement les échantillons dans un bécher rempli d'eau désionisée placé sur une balance de précision. Le volume de l'échantillon est égal à la différence de poids observée tant que l'échantillon ne touche aucun bord. De plus, afin d'augmenter la précision de la mesure, la température de l'eau était mesurée au moment de la mesure, afin de corriger la valeur obtenue grâce à la valeur la plus exacte possible de la densité de l'eau.

Une seconde méthode de mesure de la densité a également été utilisée sur certains échantillons afin d'obtenir la densité de la matrice. Dans cette optique, les échantillons ont été broyés jusqu'à obtenir une poudre. La poudre a été pesée puis placée dans une éprouvette remplie d'eau désionisée. La différence de hauteur mesurée sur l'éprouvette est égale au volume de poudre. Bien que cette méthode soit moins précise que la première, elle permet de s'affranchir des hétérogénéités naturellement présentes dans toute roche.

RESULTATS

L'ensemble des résultats obtenus ainsi que les mesures de Schärli & Kohl (2002) sont présentés sur la Figure 12. Comme pour les méthodes précédentes, l'axe des abscisses représente les différents étages géologiques de la Figure 4. L'erreur de mesure de la masse volumique sur blocs est principalement liée à l'erreur de la balance utilisée. Il s'agit d'une Ohaus EP 6102 dont la précision est de ±0.1 g. En fonction de la masse des échantillons mesurés cela représente une erreur maximum de 0.5 %. En ce qui concerne la mesure sur les poudres, l'erreur est liée principalement à la lecture de la différence de hauteur sur l'éprouvette. C'est pourquoi, afin de réduire cette erreur, chaque mesure a été effectuée deux fois, dans deux éprouvettes de tailles différentes et par deux opérateurs différents. Néanmoins, Scheidt Schmitt (2012) donne une erreur de mesure estimée de ± 2.5 %.

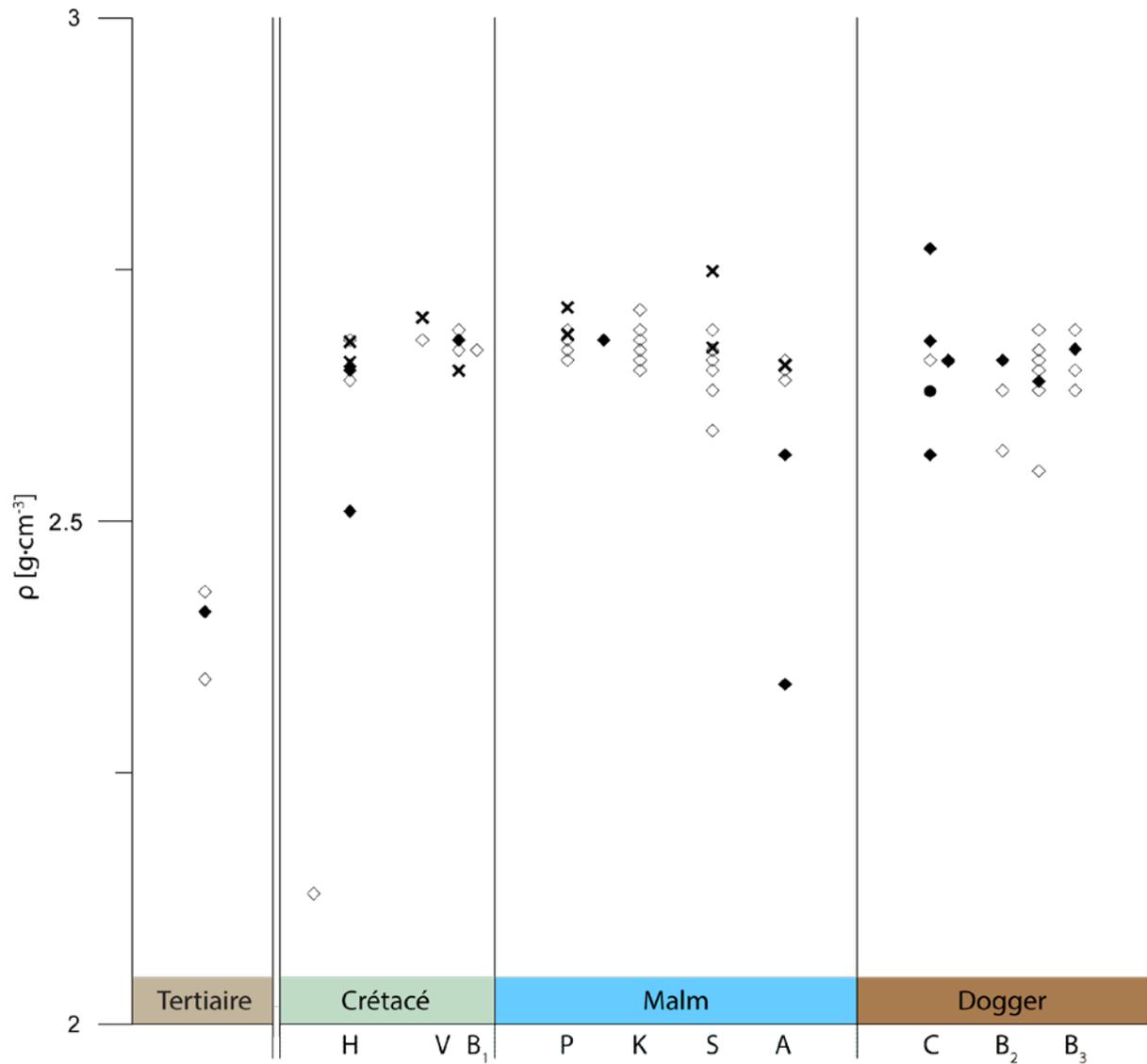


Figure 12 : Masse volumique ρ en $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$. **Losanges blancs** : mesures sur blocs IGS-NE ; **losanges noirs** : mesures sur blocs Schärli & Kohl, 2002 ; **croix** : mesures sur poudre IGS-NE ; **cercle noir** : mesures sur poudre, Schärli & Kohl, 2002. **H** : Hauterivien, **V** : Valanginien, **B₁** : Berriasien, **P** : Portlandien, **K** : Kimméridgien, **S** : Séquanien, **A** : Argovien, **C** : Callovien, **B₂** : Bathonien, **B₃** : Bajocien.

2.5 Production de chaleur

La production de chaleur représente la quantité de chaleur produite naturellement par la roche. Elle est le résultat de la désintégration naturelle des éléments radioactifs présents dans la roche. Il s'agit principalement de ^{238}U , ^{232}Th et ^{40}K .

Ces mesures doivent être effectuées dans un lieu à l'abri des influences externes comme par exemple les rayons cosmiques. Elles ont de ce fait été effectuées au « Laboratorium für Hohenenergiephysik » de l'Université de Berne situé dans une galerie à l'intérieur du tunnel de la Vue-des-Alpes. Le dispositif de mesure consiste en un cristal de germanium protégé par des couches successives de plomb et de cuivre. Ce cristal a la propriété d'émettre de la lumière lorsqu'il est frappé par des rayonnements γ , l'intensité du flash produit peut être mesurée puis reliée au niveau d'énergie du rayon γ . Ce qui permet, sur une certaine période de temps de créer un histogramme des rayonnements (Figure 13) et d'en déduire les quantités relatives d'Uranium, de Thorium et de Potassium présente dans l'échantillon.

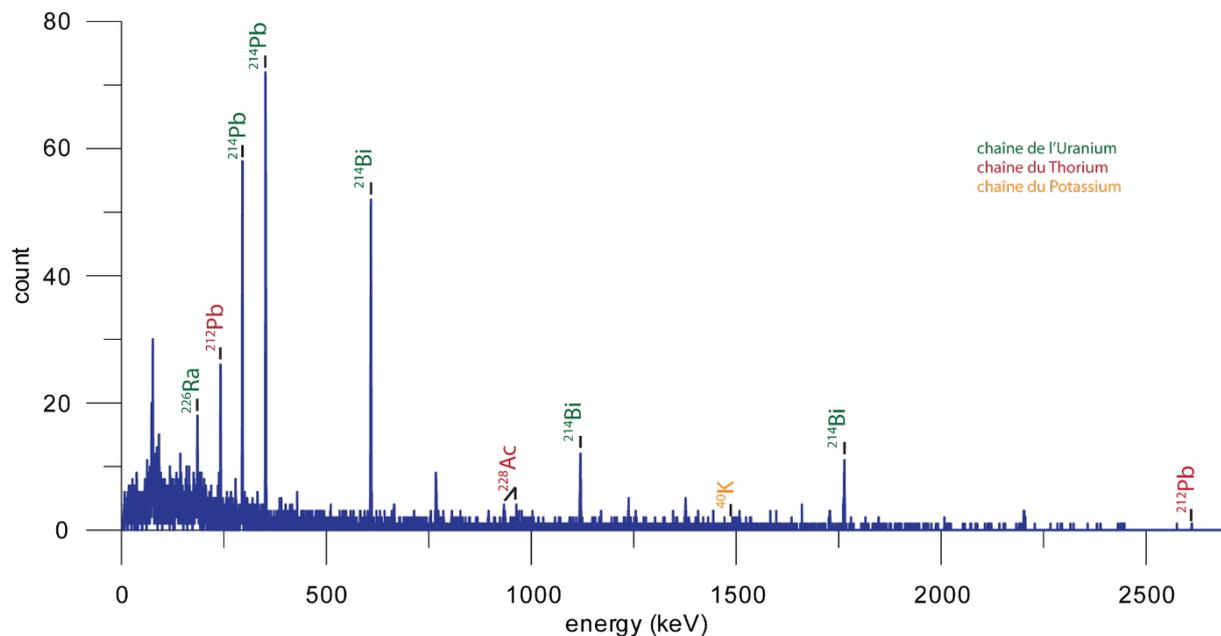


Figure 13 : Exemple d'histogramme obtenu pour calculer la production de chaleur d'un échantillon.

Cette concentration permet ensuite grâce à la densité de l'échantillon de calculer la production de chaleur volumique (A) de l'échantillon grâce à la formule ci-dessous (Rybach & Buntebarth, 1982).

$$A = 0.1325\rho \cdot (0.718C_u + 0.193C_{Th} + 0.262C_K)$$

avec : A, la production de chaleur en $\mu\text{W}\cdot\text{m}^{-3}$
 ρ , la masse volumique en $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$;
 C_u , la concentration d'uranium en ppm;
 C_{Th} , la concentration de thorium en ppm;
 C_K , la concentration de potassium en %.

RESULTATS

Les différentes mesures de production de chaleur sont présentées sur la Figure 14 sur laquelle figurent également les mesures de Schärli & Kohl (2002). Il existe deux facteurs principaux d'erreur : le comptage des impacts des rayons gamma et le calcul de la densité, même si un calcul d'erreur est automatiquement effectué sur le comptage et que l'erreur sur la densité est connue. L'intégration des différents pics sur l'histogramme (Figure 13) reste interprétative et ne permet donc pas d'effectuer un calcul strict de l'erreur. C'est pour cela que nous pensons que l'erreur doit se situer entre 1 et 5 % comme pour Schärli & Kohl (2002) qui ont utilisé la même méthode.

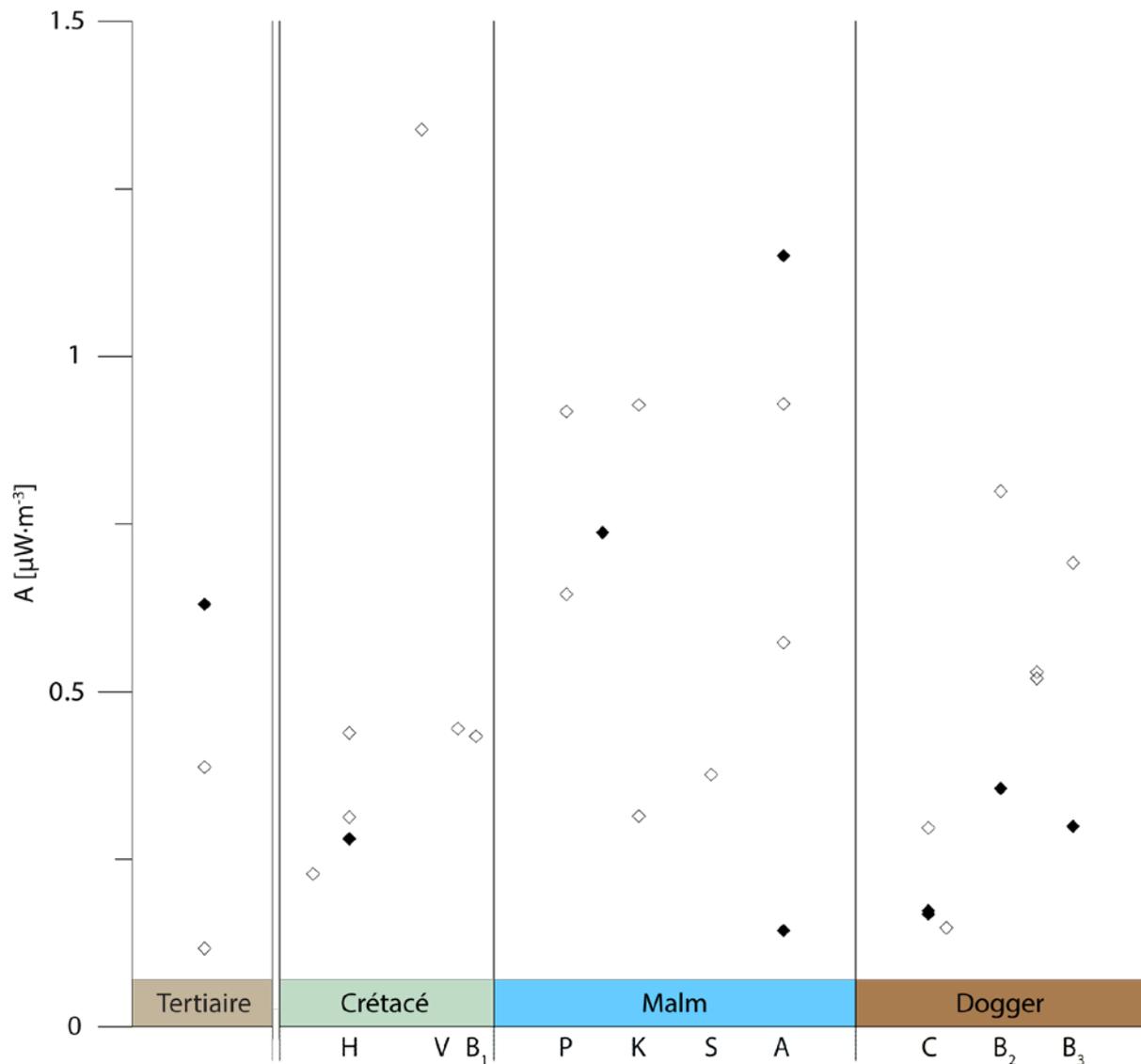


Figure 14 : Production de chaleur A en $\mu W \cdot m^{-3}$. **Losanges blancs** : mesures IGS-NE, **losanges noirs** : mesures Schärli & Kohl, 2002. **H** : Hauterivien, **V** : Valanginien, **B₁** : Berriasien, **P** : Portlandien, **K** : Kimméridgien, **S** : Séquanien, **A** : Argovien, **C** : Callovien, **B₂** : Bathonien, **B₃** : Bajocien.

3. Mesures structurales

Dans le cadre de cette étude, les mesures structurales ont été effectuées grâce à une campagne de photogrammétrie. Cette méthode permet d'obtenir un échantillonnage plus important que la prise de mesures standard à la boussole. La Figure 15 montre les affleurements sur lesquelles la méthode a été utilisée et pour lesquels des données sont disponibles. Comme pour les mesures pétrophysiques, les mesures se sont concentrées sur le littoral et la région de la Chaux-de-Fonds afin d'apporter le plus d'informations utiles possibles au projet GeoNE.



Figure 15 : Affleurements sur lesquels la photogrammétrie a été utilisée dans la région du col de la Vue-des-Alpes (haut) et de Neuchâtel (bas), les images sont issues de la base de données.

3.1 Méthodologie

Le principe de fonctionnement de la photogrammétrie se rapproche de celui de l'œil humain. Chaque œil voit un même objet mais sous un angle différent, ce qui permet au cerveau de reconstituer l'image en trois dimensions. Dans le cas de la photogrammétrie, deux photos d'un même affleurement sont prises sous un angle légèrement différent (Figure 16) et un logiciel (Sirovision 5, CAE, 2010) permet de reconstituer l'affleurement en 3D (Figure 17).



Figure 16 : Les deux photos d'un même affleurement utilisées pour le reconstituer en trois dimensions.

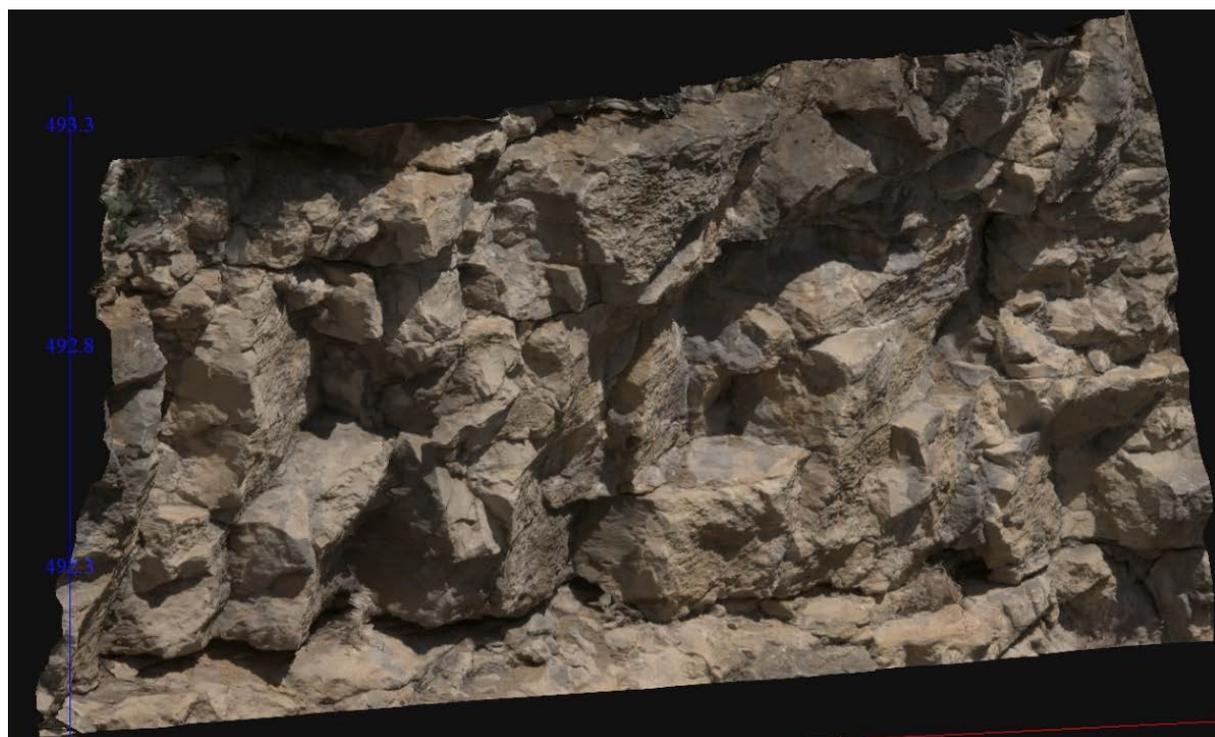


Figure 17 : Affleurement en 3D obtenu en utilisant les photos de la Figure 16 dans Sirovision 5.

Le processus permettant de reconstituer l'affleurement implique le géoréférencement des points de prise de vue, ainsi que de certains points de l'affleurement lui-même. Dans le cadre de la campagne de mesure, cela a été effectué à l'aide d'une station totale (Leica TS-11) dont la précision est millimétrique. Un certain nombre de paramètres viennent également influencer la qualité de la reconstitution en 3D et sont liés à l'affleurement lui-même. En effet, pour permettre la reconstitution 3D la meilleure possible, l'affleurement doit être suffisamment étendu pour permettre d'identifier les différentes familles de discontinuité, être le plus vertical possible, être bien éclairé et

il doit y avoir le moins de végétation possible. En effet, de grandes différences de contraste provoquent des biais d'interprétation.

Une fois l'affleurement reconstitué en 3D les discontinuités (fractures, lithologies, etc.) ont été identifiées en utilisant deux méthodes : le picking et la méthode statistique.

PICKING

Cette méthode manuelle implique la sélection et la reconstitution des discontinuités directement sur l'image 3D (Figure 18). Les pôles de ces plans sont ensuite présentés sur un canevas de Schmidt (Figure 19, gauche) et un diagramme de Rose (Figure 19, droite) grâce au programme Dips (v.6.0, Rocscience, 2012) ce qui permet également d'en identifier les différentes familles. Le canevas de Schmidt est une projection sur l'hémisphère inférieur où les aires sont conservées ce qui permet d'effectuer une représentation de la densité des pôles des différents plans de sous la forme de courbes de couleurs.

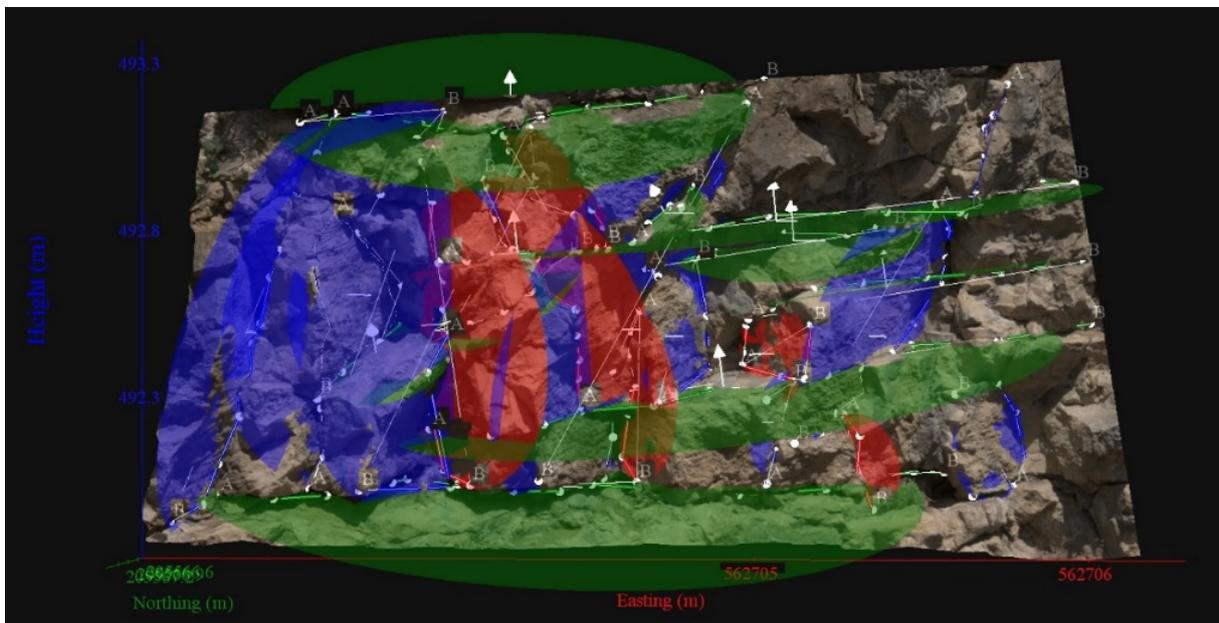


Figure 18 : Affleurement 3D avec les différents plans de discontinuités observés.

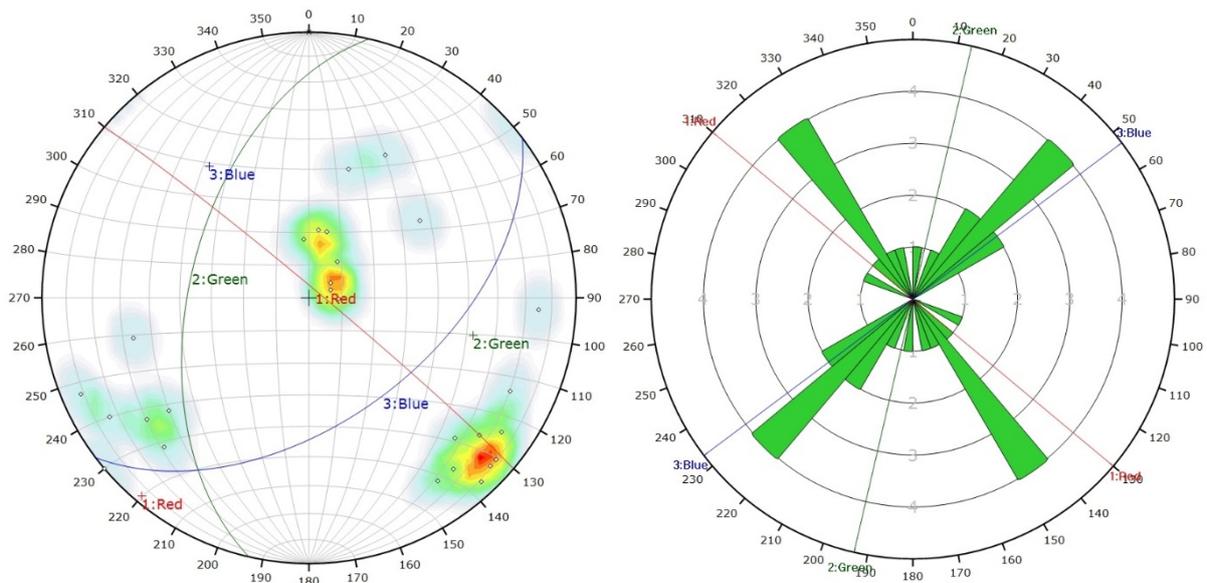


Figure 19 : Canevas de Schmidt (droite) et diagramme de Rose (gauche) des plans de discontinuité de la Figure 18. Sur le canevas de Schmidt, les plans sont représentés sous forme de pôles. Les trois plans de couleurs représentent les plans moyens des différentes familles de discontinuités identifiées et les courbes de couleur représentent la densité de pôle par pourcent de surface.

METHODE STATISTIQUE

Le but de cette méthode est d'apporter des informations sur l'ensemble de l'affleurement tout en s'affranchissant au maximum de biais qui pourraient être induits par l'interprétation de l'utilisateur tout en apportant une plus grande quantité d'information. Dans Sirovision, la surface 3D de l'affleurement est un ensemble de points triangulés entre eux (Figure 20).

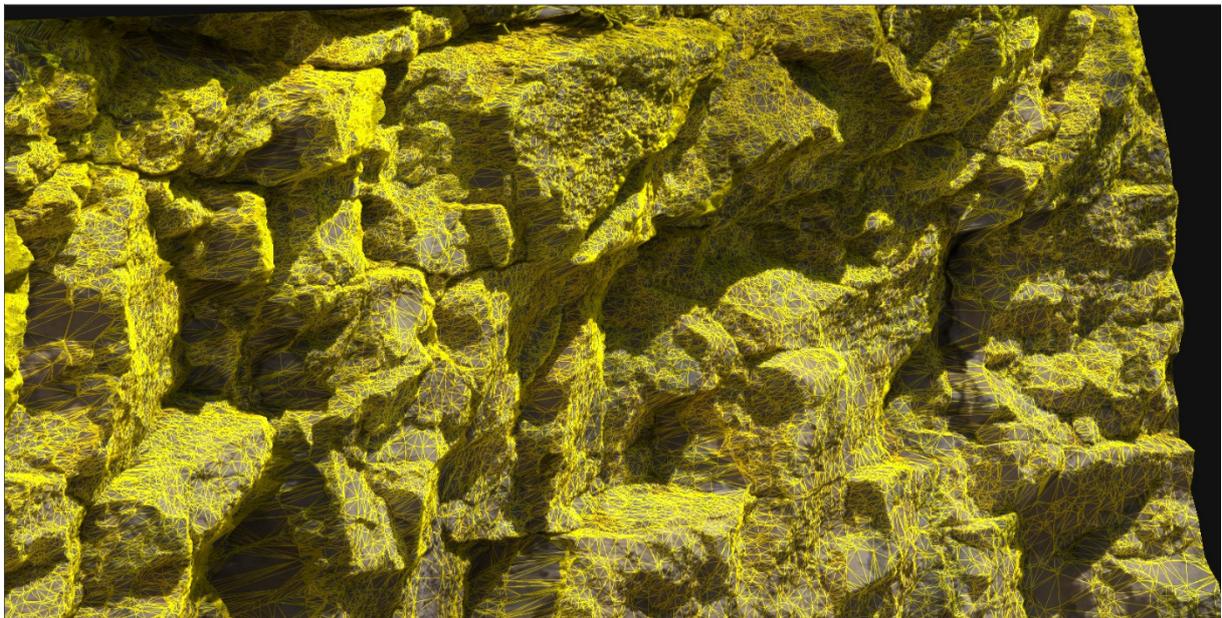


Figure 20 : Surface triangulée de l'affleurement de la Figure 17.

Cette surface triangulée est exportée puis traitée par un programme développé dans le cadre de cette étude. Ce programme écrit en C++ permet de calculer le pendage c'est-à-dire l'angle de plus grande pente et sa direction de l'ensemble des triangles d'une surface triangulée. Il permet également de calculer la surface de ces triangles (Figure 21).

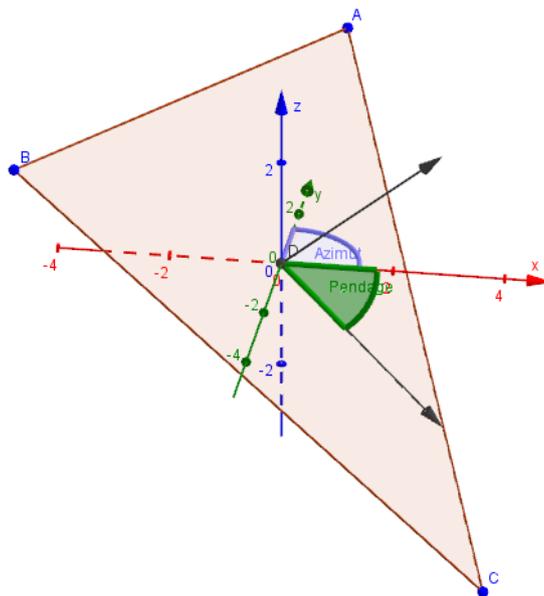


Figure 21 : Calcul du pendage d'un triangle.

Chaque surface triangulée comprenant un grand nombre de triangles (jusqu'à plusieurs millions), ils sont regroupés afin que les résultats puissent être traités dans Dips (v.6.0, Rocscience, 2012). Dans ce but, deux triangles dont les valeurs de pendage sont inférieures à 5°, sont considérés comme faisant partie d'un même plan. Leurs valeurs de pendage sont donc considérées comme égales et leurs aires sont additionnées, ce qui diminue le nombre de valeurs à quelques milliers.

Les valeurs obtenues mises en forme à l'aide de Dips (v.6.0, Rocscience, 2012) sous la forme de canevas de Schmidt en densité de pôle et de diagrammes de Rose. Cependant afin de pouvoir mettre en évidence aux mieux les différentes familles de discontinuités chaque pôle est pondéré en fonction de la surface (Figure 22). Ceci permet de faire ressortir clairement les orientations des différentes familles de discontinuités en calculant le pôle du plan moyen (Figure 23), calcul qui est également pondéré par la surface.

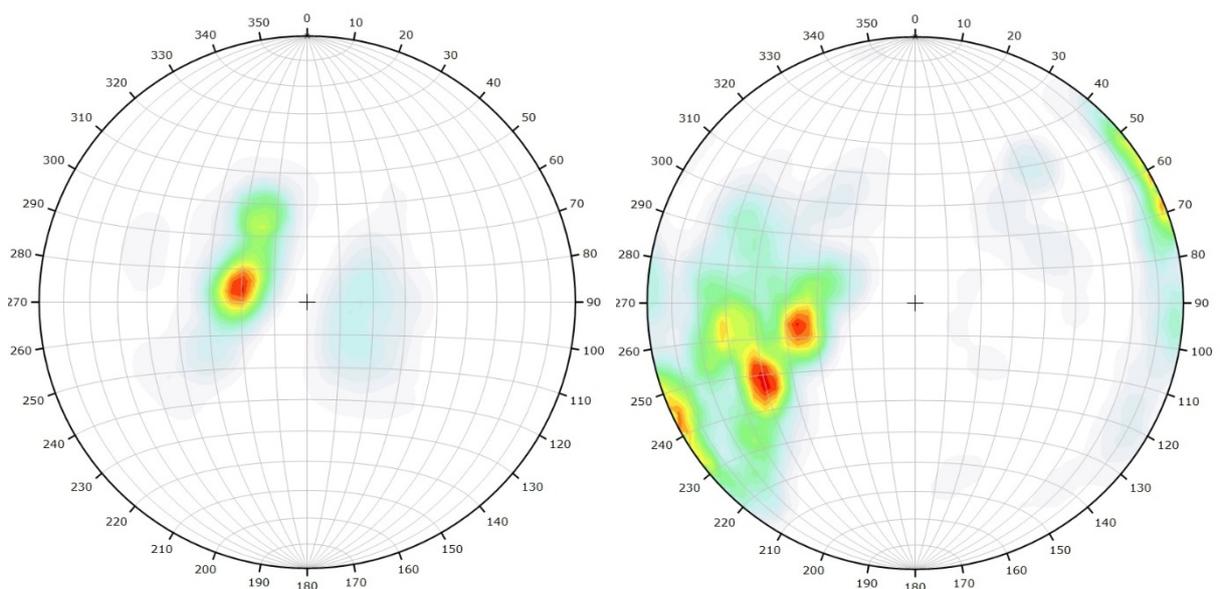


Figure 22 : Canevas de Schmidt en densité de pôle. Gauche : non pondéré. Droite : pondéré en fonction de la surface.

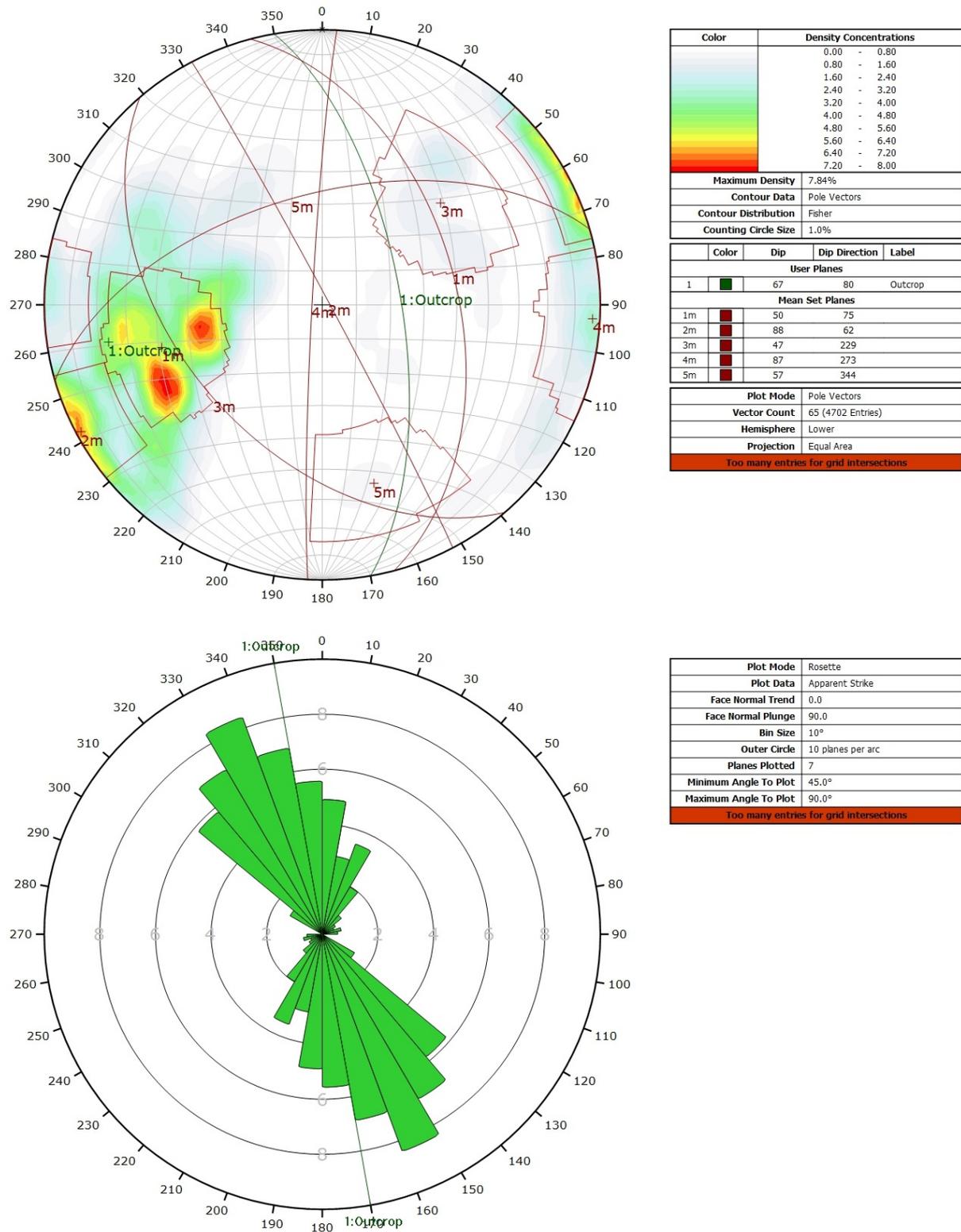


Figure 23 : Résultat de l'analyse statistique sur un affleurement. Haut : canevas de Schmidt en densité de pôle. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimuth et en plongement. Bas : Diagramme de Rose pondéré par la surface.

Un dernier traitement, expliqué ci-dessous, a été appliqué aux données afin de diminuer les effets de l'occlusion. L'occlusion est un phénomène lié à la prise de vue et à l'orientation de l'affleurement et des discontinuités. En effet, en fonction de ces paramètres, certaines familles de discontinuités sont cachées, partiellement ou entièrement, et ne peuvent donc pas être mesurées.

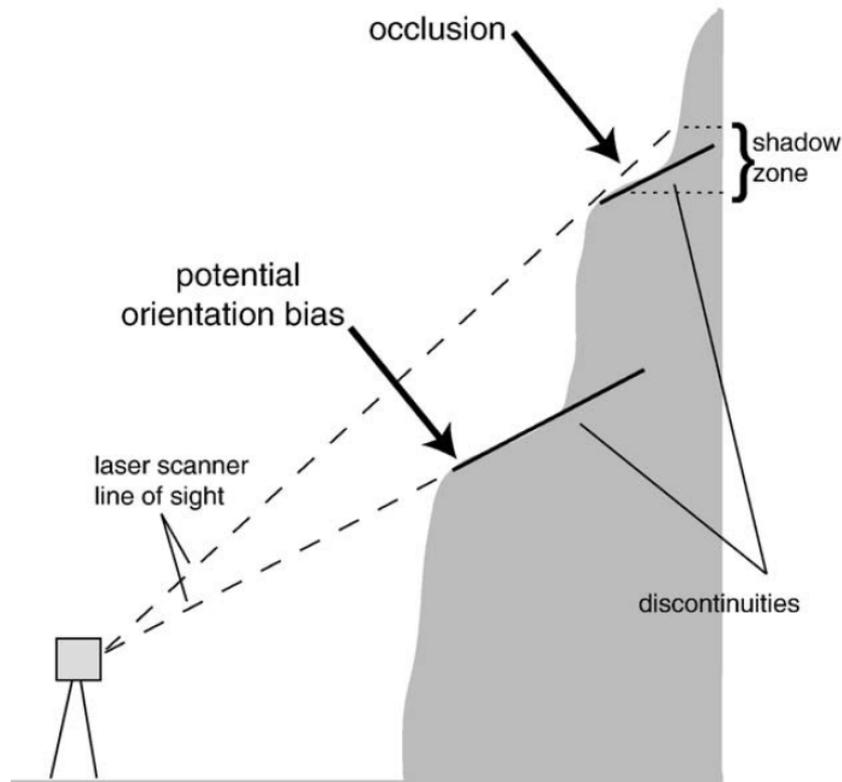


Figure 24 : Illustration du phénomène d'occlusion lié à l'orientation de la prise de vue (Sturzenegger & Stead, 2009).

Afin de diminuer l'effet de l'occlusion, nous avons utilisé une seconde pondération appelée pondération de Terzaghi (1965). Le principe est de pondérer chaque orientation en fonction de l'angle formé entre la direction de la mesure et le pendage de la discontinuité. Dans le cas de cette étude, nous avons considéré que les mesures étaient prises sur le plan moyen de l'affleurement, la pondération étant appliquée aussi bien sur le canevas de Schmidt qu'au diagramme de Rose (Figure 25).

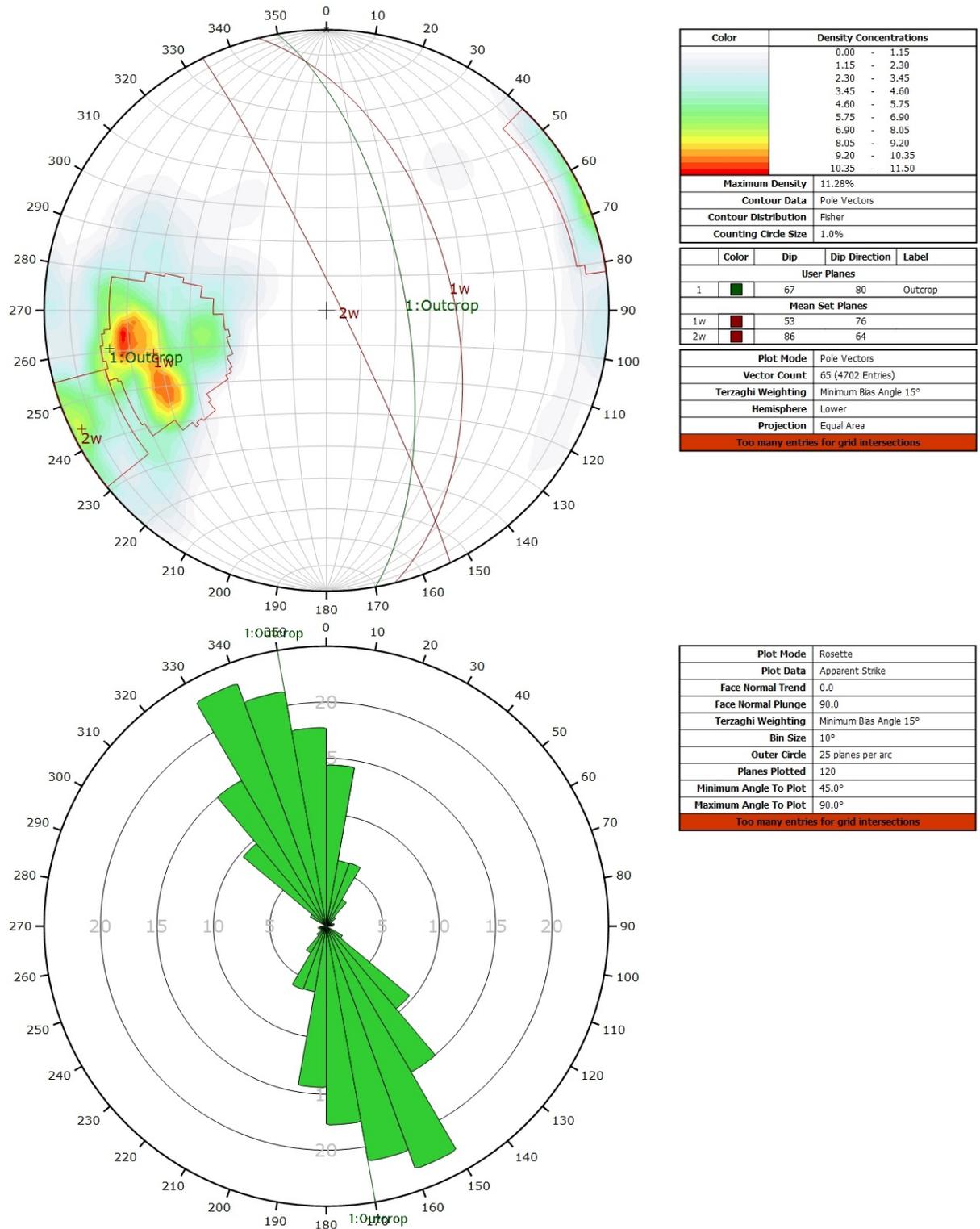


Figure 25 : Résultat de l'analyse statistique sur un affleurement avec pondération Terzaghi. Haut : canevas de Schmidt en densité de pôle. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimut et en plongement. Bas : Diagramme de Rose pondéré par la surface et par Terzaghi.

3.2 Résultats

Lors de la campagne de mesures photogrammétriques, six affleurements ont été mesurés, trois à la Vue-des-Alpes, et trois en ville de Neuchâtel. Etant donné que pour la plupart des affleurements plusieurs paires de photos ont été prises, les résultats sont présentés de la manière suivante. Pour chaque paire de photos :

- photo de l'affleurement en 3D avec les familles de discontinuités du picking ;
- canevas de Schmidt et diagramme de Rose du picking et classeur Excel contenant toutes les données sur les discontinuités et sur les familles de discontinuités ;
- canevas de Schmidt et diagramme de Rose de l'analyse statistique avec et sans pondération de Terzaghi ;
- tableau récapitulatif avec les différentes familles de discontinuité ainsi que l'ensemble des paramètres des discontinuités du picking.

Toutes les données issues des différentes photos 3D ont également été réunies pour chaque affleurement sous la forme de diagrammes stéréo et de Rose. L'ensemble de ces résultats ne peuvent être présentés ici, ils ont par conséquent été placés en annexe de ce rapport (Annexe II :) et peuvent également être consultés sur la base de données.

4. Base de données

Les résultats de la présente étude sont disponibles sous la forme suivante :

- base de données Google Earth ;
- annexe du présent rapport ;
- dossier compressé (.zip) contenant ces données sous formes de classeur Excel et d'images ;
- fichier .pdf du présent rapport et du diplôme de N. Scheidt Schmitt téléchargeables.

Les échantillons de roche ainsi que les données structurales sont conservés au CHYN et disponible sur demande.

4.1 Structure de la base de données

La base de données est disponible soit sous forme de document .kml téléchargeable sur le site du crege (www.crege.ch -> projets -> base de données -> IGS-NE) soit directement sur ce même site grâce à Google map. Il est à noter cependant que cette dernière solution ne permet pas de catégoriser correctement les différents éléments de la base de données. Par conséquent il ne s'agit pas de la représentation qui devrait être favorisée mais elle a été conservée car elle ne nécessite aucun autre logiciel.

La structure de la base de données Google Earth est présentée sur la Figure 26. Une fois la base de données chargée dans Google Earth, l'utilisateur peut cliquer sur les différents symboles pour avoir accès aux données associées sous forme de tableau ou d'image (Figure 27 et Figure 28). Un lien permet également de consulter l'ensemble des résultats pétrophysiques sous forme d'un tableau récapitulatif, dont la structure est expliquée au point 4.2.

En ce qui concerne la photogrammétrie, l'ensemble des résultats présenté au point 3.2 sont accessibles. Soit, pour chaque affleurement 3D, les différents paramètres des discontinuités obtenus

Inventaire géothermique et structural du canton de Neuchâtel : IGS-NE

par « picking » dans Sirovision 5 et les différents diagrammes du traitement statistique pondéré par Terzaghi (1965) ou non.

L'ensemble des données est également disponible avec la même structure et la même forme dans les annexes (Annexe I et II) et dans le dossier compressé.

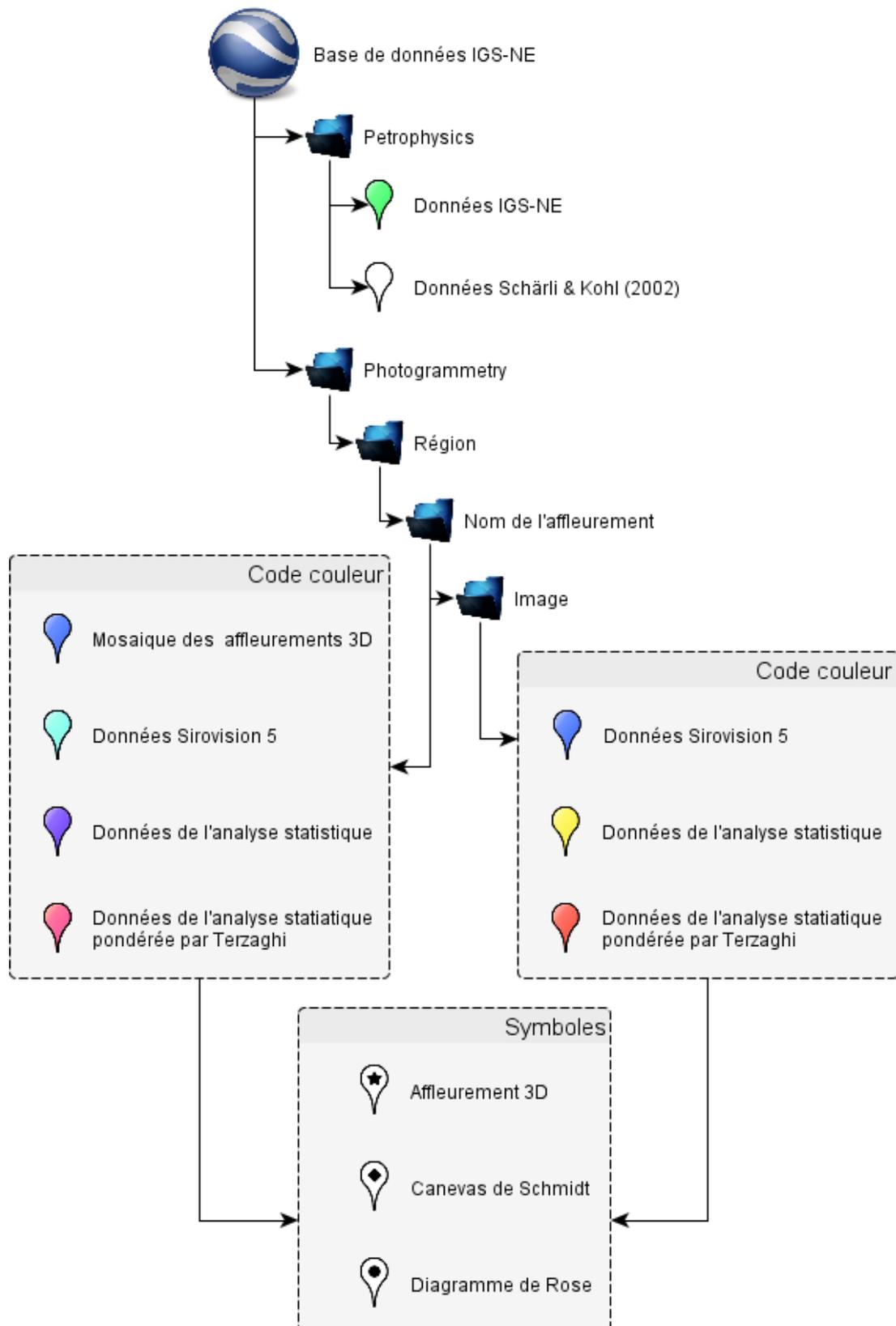


Figure 26 : Structure, code couleur et symboles utilisés dans la base de données Google Earth.

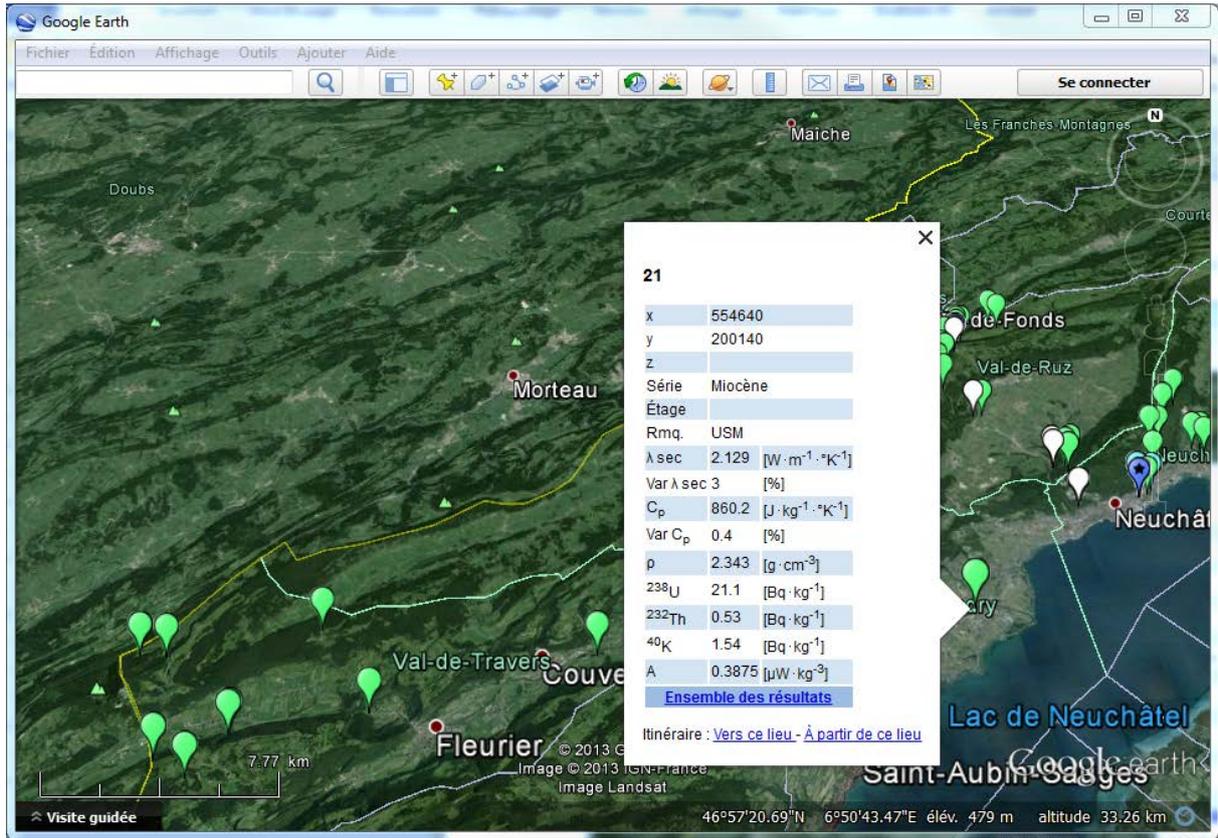


Figure 27 : Exemple de consultation de données pétrophysiques dans la base de données Google Earth.

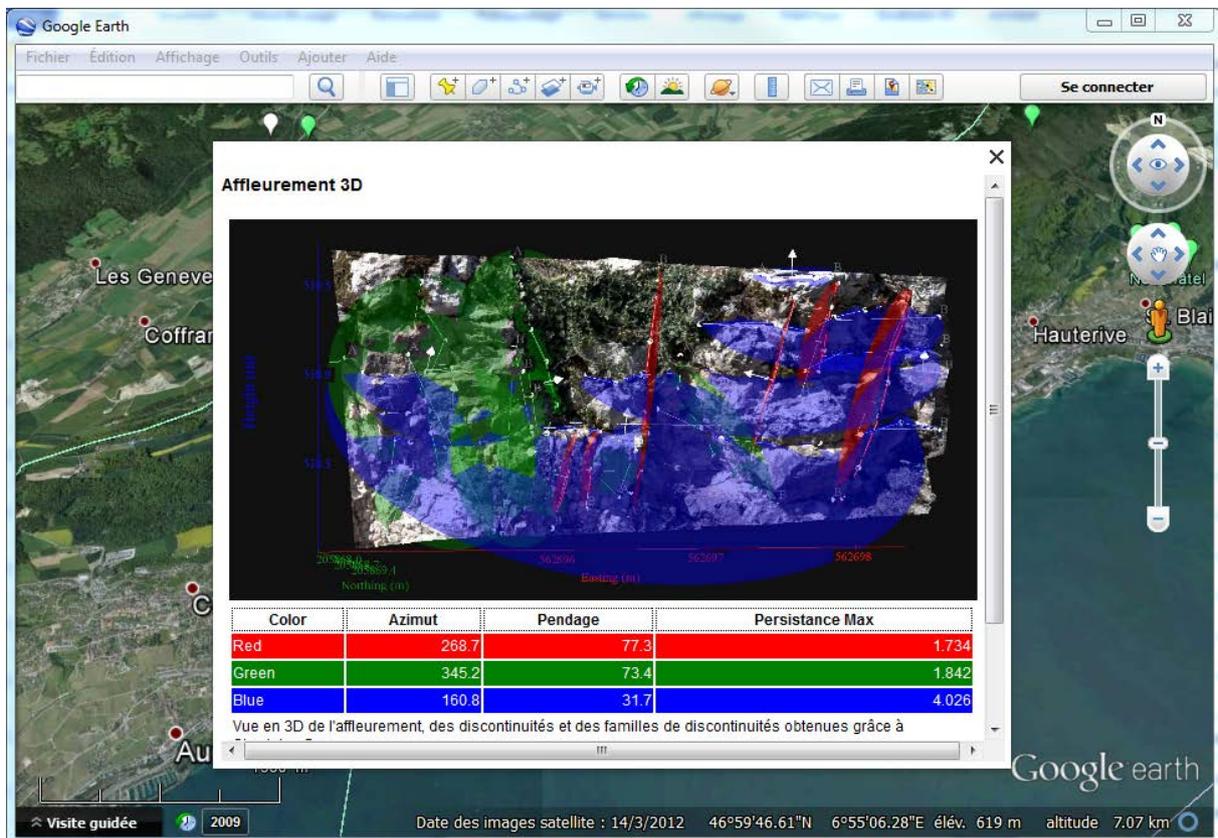


Figure 28 : Exemple de consultation de données structurales dans la base de données Google Earth.

4.2 Tableau des résultats pétrophysiques

Ci-dessous, le tableau présentant les en-têtes du tableau récapitulatif des résultats pétrophysiques.

Colonne	Nom	Unité	Description
A	Name		Nom de l'échantillon
B	X	CH 1903	Coordonnée x
C	Y	CH 1903	Coordonnée y
D	Z	Lvl 03	Altitude
E	Série		Série géologique
F	Étage		Étage géologique
G	Descr		Description de l'échantillon
H	λ sec	$W \cdot m^{-1} \cdot ^\circ K^{-1}$	Conductivité thermique mesurée sur échantillon sec
I	Var λ sec	%	Variation de mesure de λ sec observée
J	λ hum	$W \cdot m^{-1} \cdot ^\circ K^{-1}$	Conductivité thermique mesurée sur échantillon humide
K	Var λ hum	%	Variation de mesure de λ humide observée
L	C_p	$J \cdot kg^{-1} \cdot ^\circ K^{-1}$	Capacité thermique
M	Var C_p	%	Variation de mesure de C_p humide observée
N	ρ	$g \cdot cm^{-3}$	Masse volumique mesurée sur bloc
O	ρ poudre	$g \cdot cm^{-3}$	Masse volumique mesurée sur poudre
P	^{238}U	$Bq \cdot kg^{-1}$	Production radioactive de l'Uranium
Q	^{232}Th	$Bq \cdot kg^{-1}$	Production radioactive du Thorium
R	^{40}K	$Bq \cdot kg^{-1}$	Production radioactive du Potassium
S	A	$\mu W \cdot kg^{-3}$	Production de chaleur

Les échantillons dont la numérotation commence par « N » sont issus du travail de Scheidt Schmitt (2012).

4.3 Tableaux des résultats structuraux

Ci-dessous, le tableau présentant les en-têtes du tableau récapitulatif des paramètres des familles de discontinuités.

Nom	Unité	Description
Nom		Nom du plan moyen correspondant à sa couleur
Azimut	°	Direction de plongement du plan moyen de la famille
Pendage	°	Pendage du plan moyen de la famille
Persistance Max	m	Persistance maximum de la famille

Ci-dessous, le tableau présentant les en-têtes du tableau des paramètres des discontinuités obtenues par picking.

Nom	Unité	Description
Azimut	°	Direction de plongement du plan
Pendage	°	Pendage du plan moyen
Barycentre X	CH 1903	Coordonnée X du barycentre
Barycentre Y	CH 1903	Coordonnée Y du barycentre
Barycentre Z	Lvl 03	Altitude du barycentre
Persistance	m	Persistance de la discontinuité

5. Conclusions et recommandations

Cette étude a permis de collecter un nombre important de renseignements sur la géologie du canton de Neuchâtel, ainsi que de mettre au point des protocoles de mesures des différents paramètres importants pour la géothermie. Il n'a cependant pas été possible d'échantillonner l'ensemble des formations par manque d'affleurements. Il serait par conséquent judicieux de collecter dans le futur des échantillons de ces formations lors de fouilles ou de création de route puis d'ajouter ces données à la base de données IGS-NE. Cette base de données contient un grand nombre d'informations brutes et il est de ce fait important que ces données soit utilisées afin qu'elles soient interprétées et valorisées.

Concernant la photogrammétrie, cette méthode a montré des résultats intéressants, également en ce qui concerne le traitement statistique des affleurements. Concernant cette dernière méthode, de meilleurs résultats pourraient être obtenus en associant les traitements statistiques avec le barycentre de chaque petit triangle. En effet, cela permettrait d'obtenir des données telles que la persistance et la fréquence des différentes familles de fractures, information très importante pour caractériser la fracturation. Cela nécessiterait néanmoins un travail de recherche et de développement informatique important, qui n'a pas pu être réalisé dans le cadre de cette étude.

6. Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier à l'Université de Neuchâtel, les Prof. P. Renard, P. Brunner pour leurs conseils techniques. Le Prof. J.-P. Schaer et qui a pris de son temps pour nous faire profiter de sa large connaissance de la géologie du canton de Neuchâtel. La Prof. Eva Schill initiatrice du projet. Le Dr. G. Mauri qui nous a fait bénéficier de ces connaissances en photogrammétrie. Le Prof. J.-L. Vuilleumier et J.-M. Vuilleumier de l'Université de Berne pour la mise à disposition du laboratoire de la Vue-des-Alpes. Le Prof. L. Rybach de l'EPFZ qui nous a permis de mieux comprendre son système de mesures de la capacité thermique et la fondation ProTechno pour son soutien financier.

7. Bibliographie

- CREGE – Laboratoire de Géothermie, 2012. Programme GeoNE - Développement de la géothermie profonde dans le canton de Neuchâtel. Rapport final de la Phase 1. Rapport CREGE 12-02, Service de l'énergie et de l'environnement et Service de l'économie, Neuchâtel. 349 pp.
- Eugster W.J. & Laloui L., 2001. Workshop Test de Réponse Géothermique. Société Suisse pour la Géothermie SSG, 132 pp.
- Favre J., 1911. Description géologique des environs du Locle et de la Chaux-de-Fonds. In : *Eclogae geologicae helveticae*, Vol. 11, n°4, p. 369-475.
- Geowatt AG, 2009. CPG – Specific Heat Capacity Measuring Instrument, User's Guide and Operating Manual, Rev. A2. Zürich, 24 pp.
- Groupe de travail PGN, 2008. Evaluation du potentiel géothermique du canton de Neuchâtel (PGN). Vol.1 : Rapport final, Vol.2 : Annexes, CREGE 11-08/02, Neuchâtel.
- Groupe de travail PDGN, 2010. Programme cantonal de développement de la géothermie à Neuchâtel (PDGN). Vol. 1 : Rapport final, Vol. 2 : Annexes, CREGE08-10/01, Neuchâtel.
- Rybach, L. & Buntebarth, G., 1982. Relationships between the petrophysical properties density, seismic velocity, heat generation, and mineralogical constitution. *Earth Planet. Sci. Lett.* 57, p. 367-376.
- Schaer J.-P., Robert-Charrue C. & Burkhard M., 2008, Val de Travers : géologie et évolution morphologique. In : *Le Val-de-Travers. Une région, une identité*. Ed. Attinger. P. 8-36.
- Schardt H., 1903. Mélanges géologiques sur le Jura neuchâtelois et les régions limitrophes. Quatrième fascicule. Sur la découverte d'un pli-faille important et d'un affleurement de Lias dans la Combe des Quignets (Chaîne Tête-de-Rang). *Bulletin de la Société neuchâteloise des Sciences naturelles*, t.31, p. 253-263.
- Schardt H. & Dubois A., 1902. Description géologique de la région des gorges de l'Areuse (Jura neuchâtelois). *Bulletin de la Société neuchâteloise des Sciences naturelles*. t.30, p. 195—352.
- Schärli U. & Rybach L., 2001. Determination of specific heat capacity on rock fragments. *Geothermics* 30, p. 93-110.
- Schärli U. & Kohl T., 2002. Archivierung und Kompilation geothermischer Daten Der Schweiz und angrenzender Gebiete. *Geophysik*, n° 36. 145 pp.
- Scheidt Schmitt N. C., 2012. Limestone properties characterization for geothermal ground coupled borehole heat exchangers. Travail de Master en Hydrogéologie et Géothermie, Neuchâtel, 77 pp.
- Sturzenegger M. & Stead D., 2009. Close-range digital photogrammetry and terrestrial laser scanning for discontinuity characterization on rock cuts. *Engineering Geology* 106, p. 163-182.
- TeKa, 2008. TK04, Thermal Conductivity Meter, User's Manual Version 4.1.x, Berlin, 117 pp.
- Terzaghi R. D., 1965. Sources of error in joint surveys. *Geotechnique* 15, p. 287-304.

DOCUMENTS CARTOGRAPHIQUES

Bourquin Ph. et al., 1968. Atlas géol. Suisse 1:25'000, feuille 1144 Val-de-Ruz (n°51), avec notice explicative. Swisstopo.

Bourquin Ph. et al., 1946. Atlas géol. Suisse 1:25'000, feuille 1124 Les Bois (n°15), avec notice explicative. Swisstopo.

Burkhard M., 2002. Carte géologique SIG 1:25'000, feuille 1163 Travers. Carte provisoire pour l'Atlas géologique de la Suisse. Inédit.

Jordi H.A. et al., 2006. Atlas géol. Suisse 1:25'000, feuille 1183 Grandson (n°114). Swisstopo.

Kiraly L., 1973. Carte hydrogéologique du canton de Neuchâtel au 1:50'000, avec notice explicative. Supplément du Bull. Soc. neuch. sci. nat. 96, Département des travaux publics du canton de Neuchâtel.

Meia J. & Becker F., 1976. Atlas géol. Suisse 1:25'000, feuille 1164 Neuchâtel (n°67), avec notice explicative. Swisstopo.

Meia J., 1986. La Géologie. In : Les Gorges de l'Areuse. Ed. La Baconnière, Neuchâtel, pp. 51-76.

Mühletaler C., 1930. Atlas géol. Suisse 1:25'000, feuille 1162 Les Verrières (n°2), avec notice explicative. Swisstopo.

Rigassi D. & Jaccard, M., 1994. Atlas géol. Suisse 1:25'000, feuille 1182 Ste-Croix (n°95), avec notice explicative. Swisstopo.

Schär U. et al., 1971. Atlas géol. Suisse 1:25'000, feuille 1145 Bieler See (n°60), avec notice explicative. Swisstopo.

Table des Annexe

Annexe I :	37
Annexe II :	45
Affleurement : Chemin de l'Orée	47
Affleurement : Université de Neuchâtel	52
- Photo A	55
- Photo B	60
- Photo C	64
Affleurement : Villa Lardy	69
Affleurement : Vue-des-Alpes – Col	73
- Photo A	76
- Photo B	81
- Photo C	86
Affleurement : Vue-des-Alpes – Dogger	91
- Photo A	94
- Photo B	99
- Photo C	104
- Photo D	109
- Photo E.....	114
Affleurement : Vue-des-Alpes – Virage Malm	119
- Mosaïque	122
- Photo A	125
- Photo B	129
- Photo C	133
- Photo D	138
- Photo E.....	142

Annexe I : MESURES PETROPHYSIQUES

Ci-dessous, le tableau présentant les en-têtes du tableau récapitulatif des résultats pétrophysiques.

Colonne	Nom	Unité	Description
A	Name		Nom de l'échantillon
B	X	CH 1903	Coordonnée x
C	Y	CH 1903	Coordonnée y
D	Z	Lvl 03	Altitude
E	Série		Série géologique
F	Étage		Étage géologique
G	Descr		Description de l'échantillon
H	λ sec	$W \cdot m^{-1} \cdot ^\circ K^{-1}$	Conductivité thermique mesurée sur échantillon sec
I	Var λ sec	%	Variation de mesure de λ sec observée
J	λ hum	$W \cdot m^{-1} \cdot ^\circ K^{-1}$	Conductivité thermique mesurée sur échantillon humide
K	Var λ hum	%	Variation de mesure de λ humide observée
L	C_p	$J \cdot kg^{-1} \cdot ^\circ K^{-1}$	Capacité thermique
M	Var C_p	%	Variation de mesure de C_p humide observée
N	ρ	$g \cdot cm^{-3}$	Masse volumique mesurée sur bloc
O	ρ poudre	$g \cdot cm^{-3}$	Masse volumique mesurée sur poudre
P	^{238}U	$Bq \cdot kg^{-1}$	Production radioactive de l'Uranium
Q	^{232}Th	$Bq \cdot kg^{-1}$	Production radioactive du Thorium
R	^{40}K	$Bq \cdot kg^{-1}$	Production radioactive du Potassium
S	A	$\mu W \cdot kg^{-3}$	Production de chaleur

Les échantillons dont la numérotation commence par « N » sont issus du travail de Scheidt Schmitt (2012).

NAME	X (CH1903)	Y (CH1903)	Z (Lv103)	Série	Étage	Descr	λ sec [W·m ⁻¹ ·°K ⁻¹]	Var λ sec [%]
1	563674	206951	603	Crétacé	Valanginien	Marbre bâtard	3.018	2.1
2	569777	207611	682	Malm	Portlandien	Calcaire micritique	2.921	0.6
3	564376	208366	768	Malm	Portlandien	Calcaire micritique	2.752	4.1
4	563064	205662	482	Crétacé	Hauterivien	Pierre jaune	2.875	5.9
5	565816	210601	932	Malm	Kimméridgien	Calcaire micritique massif	2.875	0.7
6	565012	209675	962	Malm	Kimméridgien	Calcaire micritique massif	3.107	0.8
7	563951	208316	910	Malm	Kimméridgien	Calcaire micritique massif	2.876	1.3
8	556897	214127	1277	Malm	Séquanien	Calcaire massif	2.139	1.7
9	557186	214420	1253	Malm	Oxfordien	Calcaire micritique	2.6	1.4
10	556972	214393	1230	Dogger	Bathonien	Grande Oolithe	2.551	1.7
11	556170	213975	1228	Dogger	Bathonien	Grande Oolithe	2.618	0.9
12	556109	213984	1223	Dogger	Bathonien	Marnes blanches	2.506	2.4
13	556101	213986	1222	Dogger	Bathonien	Calcaires roux	2.477	0.7
14	556087	213996	1218	Dogger	Callovien	Dalle nacrée	2.587	0.4
15	556111	214153	1189	Malm	Oxfordien	Calcaire micritique	2.616	1.1
16	549172	211078	1036	Malm	Kimméridgien	Calcaires micritiques massifs	3.016	1.1
17	549163	211085	1061	Malm	Portlandien	Calcaire micritique	2.919	0.5
18	549180	211743	990	Miocène	Tortonien	Calcaire blanc, vacuolaire	1.873	1.1
19	554351	218566	1033	Malm	Séquanien	Calcaire micritique	2.712	0.8
20	540410	198040	735	Crétacé	Aptien	Asphalte Urgonien		
21	554640	200140		Miocène		USM	2.129	3
N01	566316	207954	518	Crétacé	Valanginien	Marbre bâtard		
N02	566228	208217	541	Malm	Portlandien	Calcaire micritique		
N03	565850	208174	523	Crétacé	Hauterivien	Pierre jaune	2.878	0.6
N04	560272	207270	788	Crétacé	Valanginien	Calcaire roux	2.589	4.9
N05	560089	206857	828	Malm	Portlandien	Calcaire micritique		
N06	560021	207110	775	Crétacé	Hauterivien	Pierre jaune		
N07	546175	200846		Malm	Oxfordien	Calcaire micritique	2.387	3.5
N08	546175	200846		Malm	Séquanien	Calcaire massif		
N09	532570	195708		Malm	Séquanien	Calcaire massif	2.938	5.1
N10	557091	209744	844	Malm	Portlandien	Calcaires à taches jaunes	2.869	7.3

NAME	X (CH1903)	Y (CH1903)	Z (Lv03)	Série	Étage	Descr	λ sec [W·m ⁻¹ ·°K ⁻¹]	Var λ sec [%]
N11	556175	213979	1233	Dogger	Bathonien	Grande Oolithe		
N12	556689	213727	1272	Malm	Kimméridgien	Calcaires micritiques massifs		
N13	556008	212466	1324	Malm	Séquanien	Calcaire massif		
N14	555525	211778	1326	Malm	Séquanien	Calcaire massif		
N15	555638	211124	1276	Malm	Kimméridgien	Calcaire micritique massif	2.787	2.2
N16	555267	211877	1339	Dogger	Bathonien	Grande Oolithe		
N17	555162	211745		Dogger	Bathonien	Grande Oolithe		
N18	555838	212674	1315	Dogger	Bathonien	Grande Oolithe		
N19	555953	214928	1143	Malm	Portlandien	Calcaire micritique		
N20	554680	215854	1021	Malm	Séquanien	Oolithe nuciforme		
N21	526971	193274	1198	Malm	Kimméridgien	Couches de base à stromatolithes		
N22	525727	193975	1132	Malm	Kimméridgien	Calcaire micritique massif		
N23	527958	194867	994	Crétacé	Purbeckien		2.905	2
N24	528000	194920	985	Crétacé	Valanginien	Calcaire		
N25	525097	197840	1177	Malm	Séquanien	mo. - inf.		
N26	524128	197920	1181	Dogger	Callovien	Calcaire roux	2.765	1.6
N27	524128	197920		Dogger	Bathonien	Pierre blanche		
N28	530453	198911	1213	Malm	Séquanien	sup.		
N29	550930	216784	1224	Dogger	Bathonien	Grande Oolithe	2.448	10
N30	530719	189559	1181	Dogger	Bathonien	Grande Oolithe		
N31	554556	211803	1266	Dogger	Bajocien	Tête de Ran		
N32	556244	213632	1287	Dogger	Bajocien	Couches à <i>Ostrea acuminata</i>		
N33	556777	214400	1253	Dogger	Bajocien	Calcaire à entroques	2.709	2.3
N34	559107	215356		Dogger	Bajocien	Oolithe subcompacte		
N36	558799	215680	1328	Dogger	Bajocien	Oolithe subcompacte		

NAME	X (CH1903)	Y (CH1903)	Z (LvI03)	Série	Étage	Descr	λ sec [W·m ⁻¹ ·°K ⁻¹]	Var λ sec [%]
1047*	556200	214000	1220.2	Dogger	Bajocien	Calcaire à entroques	2.6	
1048*	556000	213900	1236.9	Dogger	Callovien	Calcaire roux	2.52	
1049*	555900	213900	1228.8	Dogger	Callovien	Dalle nacrée	2.54	
1050*	553600	215050	1087.8	Dogger	Callovien	Dalle nacrée	2.26	
1067*	556100	213950	1237	Dogger	Bathonien	Grande Oolithe		
1075*	556700	213600		Crétacé	Valanginien	Marbre bâtard	2.73	
1079*	559500	207000	700	Dogger	Bathonien	Marnes blanches	2.84	
1080*	555905	213905	1226	Malm	Argovien	Couches d'Effringen	2.56	
1085*	553550	215050	1086	Malm	Argovien	Couches de Birmensdorf	1.96	
1088*	553550	215200	1063	Crétacé	Hauterivien	Pierre jaune	2.18	
1090*	560000	205000		Crétacé	Hauterivien	Pierre jaune	2.12	
1091*	559500	207200	649	Crétacé	Hauterivien	Pierre jaune	2.71	
1095*	560000	205000		Malm	Kimméridgien	Calcaire micritique massif		
1096*	560000	205000		Malm	Kimméridgien	Calcaire micritique massif		
1098*	556700	213900	1262	Malm	Séquanien	Sparite	2.43	
1103*	556300	213900	1261	Dogger	Bathonien	Oolithe subcompacte	2.61	
1104*	556700	209700	937	Malm	Kimméridgien - Portl Banc à Nérinées			
1106*	560000	205000	603	Miocène	USM	USM	2.42	

* results from Schärli U. & Kohl T., 2002. Archivierung und Kompilation geothermischer

Daten Der Schweiz und angrenzender Gebiete. Geophysik, n° 36. 145 pp.

NAME	λ_{hum} [W·m ⁻¹ ·°K ⁻¹]	Var λ_{hum} [%]	C_p [J·kg ⁻¹ ·°K ⁻¹]	Var C_p [%]	ρ [g·cm ⁻³]	ρ poudre [g·cm ⁻³]	²³⁸ U [Bq·kg ⁻¹]	²³² Th [Bq·kg ⁻¹]	⁴⁰ K [Bq·kg ⁻¹]	A [μ W·kg ⁻³]
1			838.2	0.7	2.693		21.10	1.70	1.54	0.4449
2			839.1	1.5	2.676					
3			847.3	0						
4			836	2.1	2.653		12.30	3.55	11.70	0.3128
5			828.1	0.9	2.688					
6			767.2	1.9	2.658					
7			859.8	4.8	2.710					
8			840.8	0.9	2.632					
9			841.5	unique value	2.652					
10			854.8	unique value	2.634					
11			822.4	unique value	2.649		24.80	1.23	15.00	0.5292
12			860.5	0.7	2.629					
13			888.7	unique value	2.567		34.20	6.38	74.40	0.7990
14			873.8	0.4	2.662		11.20	3.82	14.10	0.2968
15			846.6	1.4	2.656		27.20	0.98	5.90	0.5732
16			871	unique value	2.672		15.20	0.06	6.46	0.3142
17			886.5	0	2.683		30.50	0.91	9.46	0.6454
18			837	9.9	2.429		5.87	0.43	3.47	0.1170
19			855.9	2.8	2.672					
20			881.7	3.2	2.131		13.60	0.40	2.01	0.2281
21			860.2	0.4	2.343		21.10	0.53	1.54	0.3875
N01					2.684	2.650				
N02					2.691	2.686				
N03	3.186	2.3	824.2	3.3	2.644	2.658	18.90	3.00	19.70	0.4385
N04	3.164	8.3	816.8	10.1	2.685	2.702	63.50	1.86	5.56	1.3387
N05					2.676	2.712				
N06					2.676	2.678				
N07	2.473	3.2	828.5	9.7	2.636	2.655	44.30	1.67	14.50	0.9293
N08					2.657	2.673				
N09	2.936	1.7	849.18	1.5	2.654	2.749	18.40	0.12	0.74	0.3763
N10	2.836	1.6	842.83	unique value	2.675		43.30	1.46	21.70	0.9180

NAME	λ_{hum} [W·m ⁻¹ ·°K ⁻¹]	Var λ_{hum} [%]	C_p [J·kg ⁻¹ ·°K ⁻¹]	Var C_p [%]	ρ [g·cm ⁻³]	ρ_{poudre} [g·cm ⁻³]	²³⁸ U [Bq·kg ⁻¹]	²³² Th [Bq·kg ⁻¹]	⁴⁰ K [Bq·kg ⁻¹]	A [μ W·kg ⁻³]
N11					2.651					
N12					2.680					
N13					2.688					
N14					2.660					
N15	2.765	3.2	854.1	13.2	2.645		44.30	1.48	8.20	0.9278
N16					2.661					
N17					2.651					
N18					2.689					
N19					2.657					
N20					2.585					
N21					2.670					
N22					2.693					
N23	2.839	5.6	849.35	3.6	2.670		19.00	1.96	37.90	0.4335
N24					2.672					
N25					2.647					
N26	2.81	1.2	837.62	1.5	2.659		6.90	0.36	2.95	0.1477
N27					2.656					
N28					2.656					
N29	2.557	1.4	844.12	6.2	2.668		24.30	1.13	9.89	0.5197
N30					2.554					
N31					2.649					
N32					2.627					
N33	2.826	3.5	840.7	5.2	2.695		32.00	1.54	18.70	0.6921
N34					2.652					
N36					2.629					

NAME	λ_{hum} [W·m ⁻¹ ·°K ⁻¹]	Var λ_{hum} [%]	C_p [J·kg ⁻¹ ·°K ⁻¹]	Var C_p [%]	ρ [g·cm ⁻³]	ρ_{poudre} [g·cm ⁻³]	²³⁸ U [Bq·kg ⁻¹]	²³² Th [Bq·kg ⁻¹]	⁴⁰ K [Bq·kg ⁻¹]	A [μW·kg ⁻³]
1047*	2.78				2.679		3.80	5.21	18.59	0.1732
1048*	2.55				2.659					
1049*	2.92				2.771	2.629	5.60	1.18	89.66	0.1681
1050*	2.85				2.566					
1067*	2.77				2.639					
1075*	2.94						25.30	1.18	6.16	
1079*	2.98				2.680		16.10	1.18	12.32	0.3556
1080*	2.86				2.660		6.10	0.79	18.59	0.1437
1085*	2.51				2.566		40.20	19.76	114.41	1.1505
1088*	2.29				2.338		10.70	4.72	67.99	0.2808
1090*					2.650					
1091*					2.510		5.80	10.03	24.75	0.2801
1095*										
1096*	2.90									
1098*	2.54						10.50	1.18	24.75	
1103*	2.42				2.671		6.60	9.24	18.59	0.2991
1104*	2.74				2.680		34.00	1.57	33.99	0.7375
1106*	2.47				2.410		31.90	2.46	6.16	0.6305

* results from Schärli U. & Kohl T., 2002. Archivierung und Kompilation geothermischer Daten Der Schweiz und angrenzender Gebiete. Geophysik, n° 36. 145 pp.

Annexe II : PHOTOGRAMMETRIE

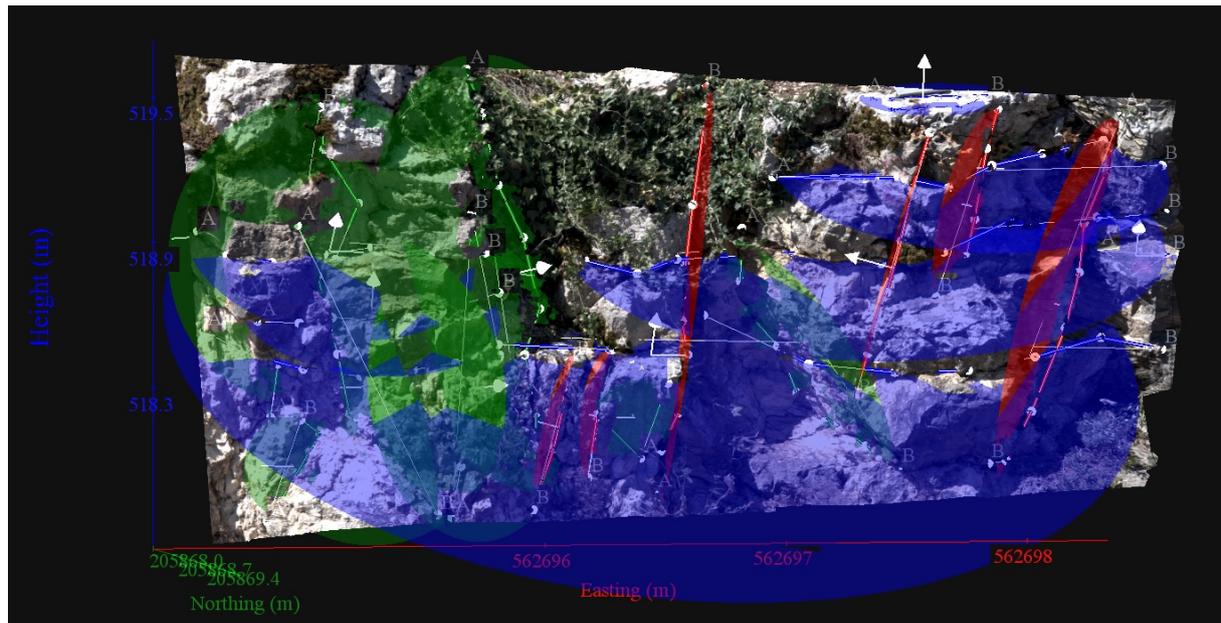
Ci-dessous, le tableau présentant les en-têtes du tableau récapitulatif des paramètres des familles de discontinuités.

Nom	Unité	Description
Nom		Nom du plan moyen correspondant à sa couleur
Azimut	°	Direction de plongement du plan moyen de la famille
Pendage	°	Pendage du plan moyen de la famille
Persistance Max	m	Persistance maximum de la famille

Ci-dessous, le tableau présentant les en-têtes du tableau des paramètres des discontinuités obtenues par picking.

Nom	Unité	Description
Azimut	°	Direction de plongement du plan
Pendage	°	Pendage du plan
Barycentre X	CH 1903	Coordonnée X du barycentre
Barycentre Y	CH 1903	Coordonnée Y du barycentre
Barycentre Z	Lvl 03	Altitude du barycentre
Persistance	m	Persistance de la discontinuité

AFFLEUREMENT: CHEMIN DE L'OREE – PICKING



Vue en 3D de l'affleurement, des discontinuités et des familles de discontinuités obtenues grâce à Sirovision 5. Ci-dessous : Tableau récapitulatif des paramètres des familles de discontinuités.

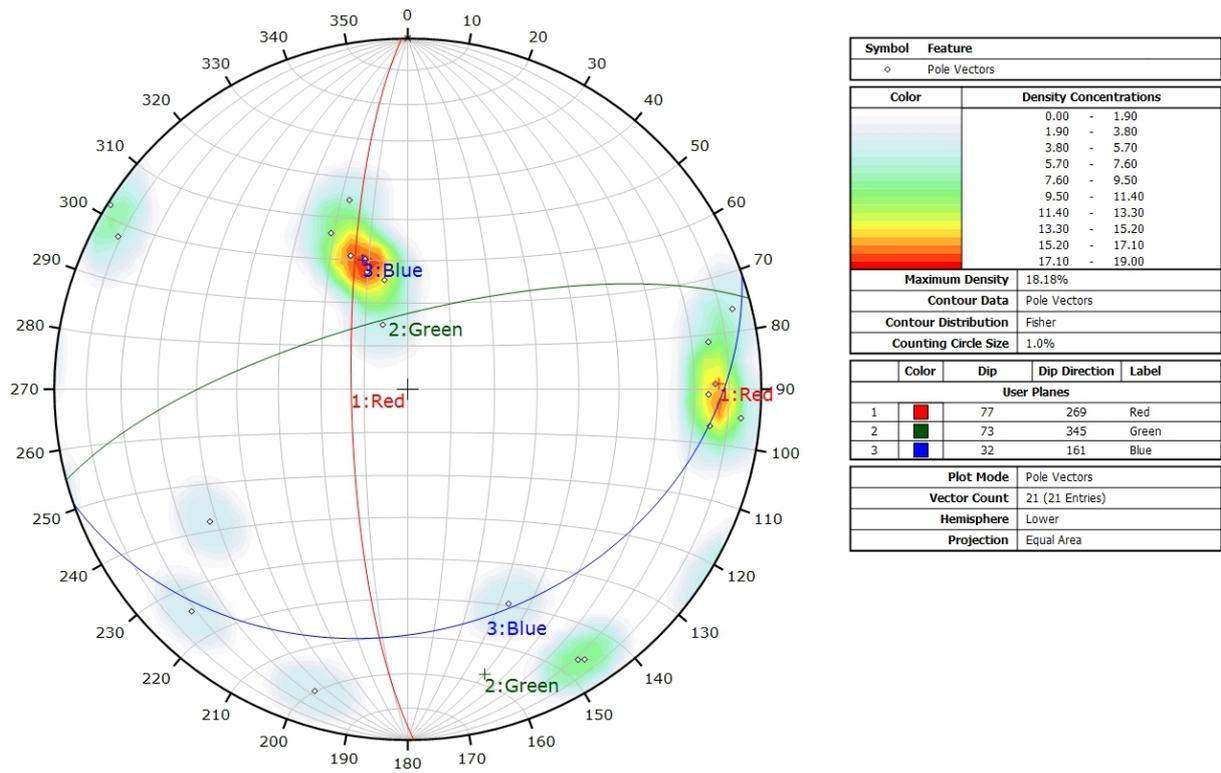
Nom	Azimut	Pendage	Persistence Max
Red	268.7	77.3	1.734
Green	345.2	73.4	1.842
Blue	160.8	31.7	4.026

Coordonnées moyennes de l'affleurement (CH1903): x = 562'696 y = 205'869 z = 519

Détail des discontinuités :

Azimut	Pendage	Barycentre X	Barycentre Y	Barycentre Z	Persistance
168.0	25.8	562697.1	205869.5	518.96	2.454
154.3	40.4	562695.0	205868.4	518.90	1.204
157.9	33.5	562696.3	205869.0	518.50	4.026
162.0	31.8	562695.2	205868.4	518.64	1.065
161.1	28.2	562697.4	205869.5	519.28	1.645
118.1	81.5	562695.7	205868.8	518.82	1.842
17.2	78.3	562695.1	205868.4	518.34	1.324
56.6	56.6	562696.8	205869.4	518.49	1.178
261.8	74.5	562697.2	205869.3	518.86	1.136
256.4	83.1	562696.3	205869.2	518.73	1.734
269.9	75.1	562695.9	205868.8	518.19	0.638
159.4	16.0	562697.3	205869.4	519.55	0.515
277.4	74.7	562697.4	205869.5	519.13	0.827
271.0	73.9	562697.8	205869.7	518.73	1.595
163.8	46.3	562698.1	205869.9	518.94	0.335
44.4	76.2	562694.4	205868.3	518.96	-
328.5	79.8	562694.9	205868.4	518.02	0.442
327.1	80.4	562694.9	205868.4	518.91	1.298
335.3	56.8	562696.2	205868.9	518.23	0.365
275.8	83.1	562696.0	205868.9	518.24	0.534
122.1	88.2	562695.6	205868.6	518.34	1.270

Inventaire géothermique et structural du canton de Neuchâtel : IGS-NE



Canevas de Schmidt avec les pôles de plans de discontinuités ainsi que leur densité par pourcent de surface. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimuth et en plongement.

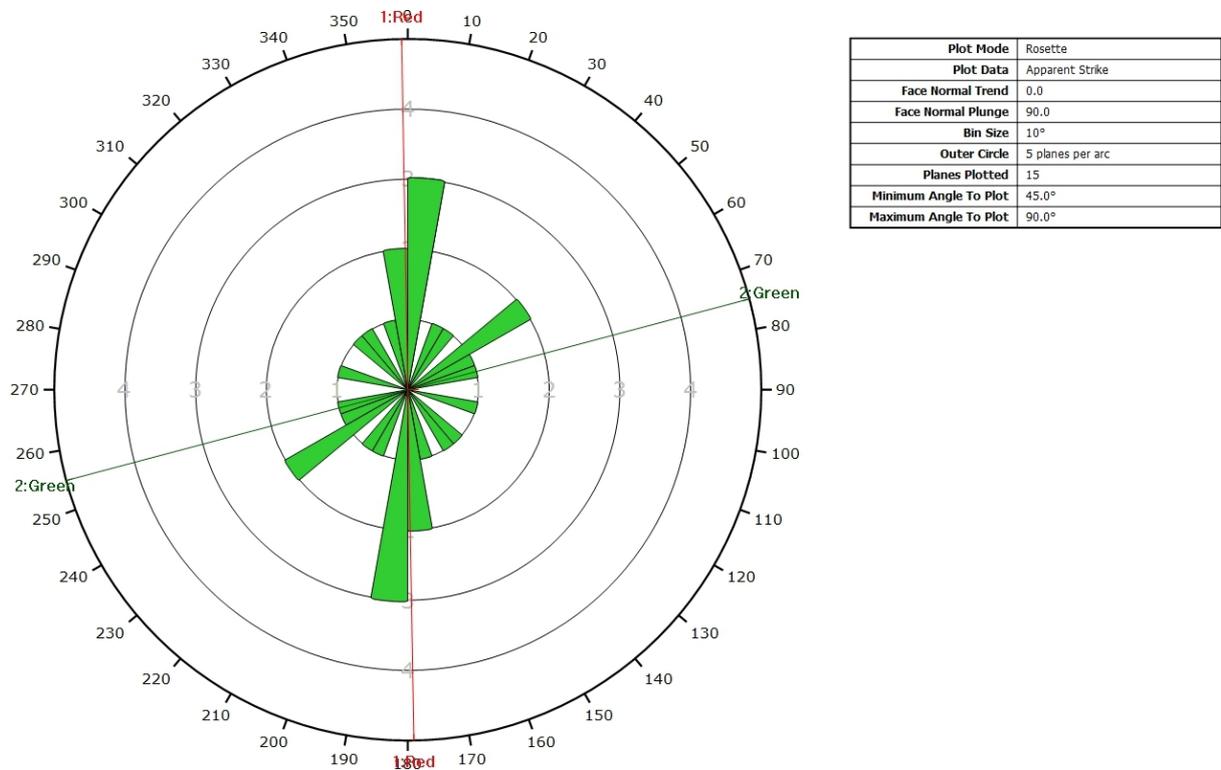
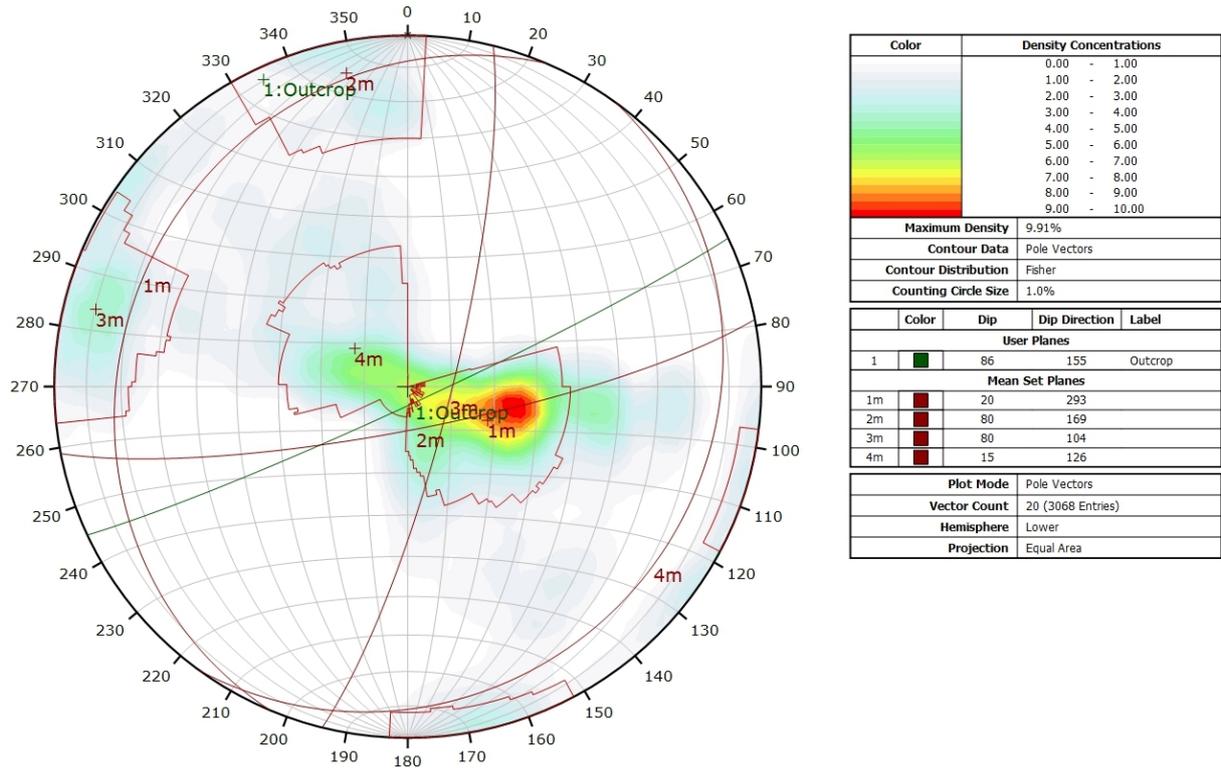


Diagramme de Rose des discontinuités.

AFFLEUREMENT : CHEMIN DE L'OREE - TRAITEMENT STATISTIQUE



Canevas de Schmidt en densité de pôle de l'analyse statistique pondéré par la surface des plans. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimut et en plongement.

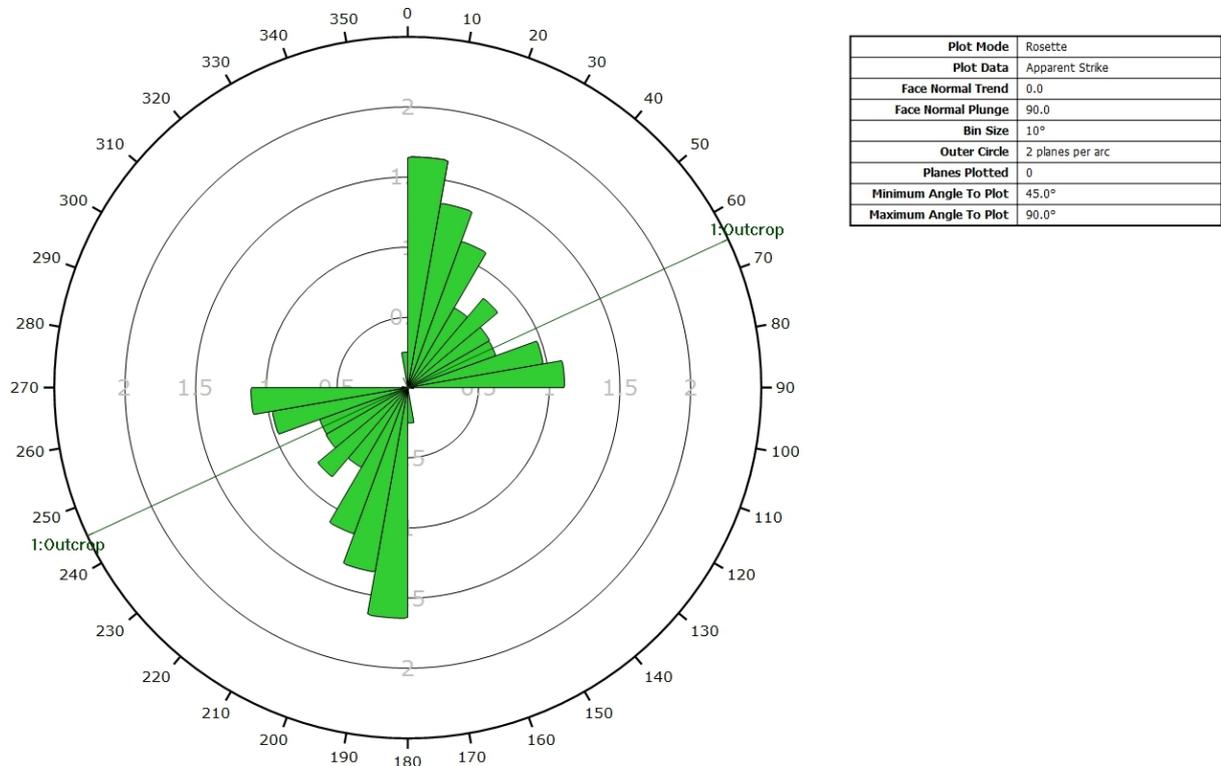
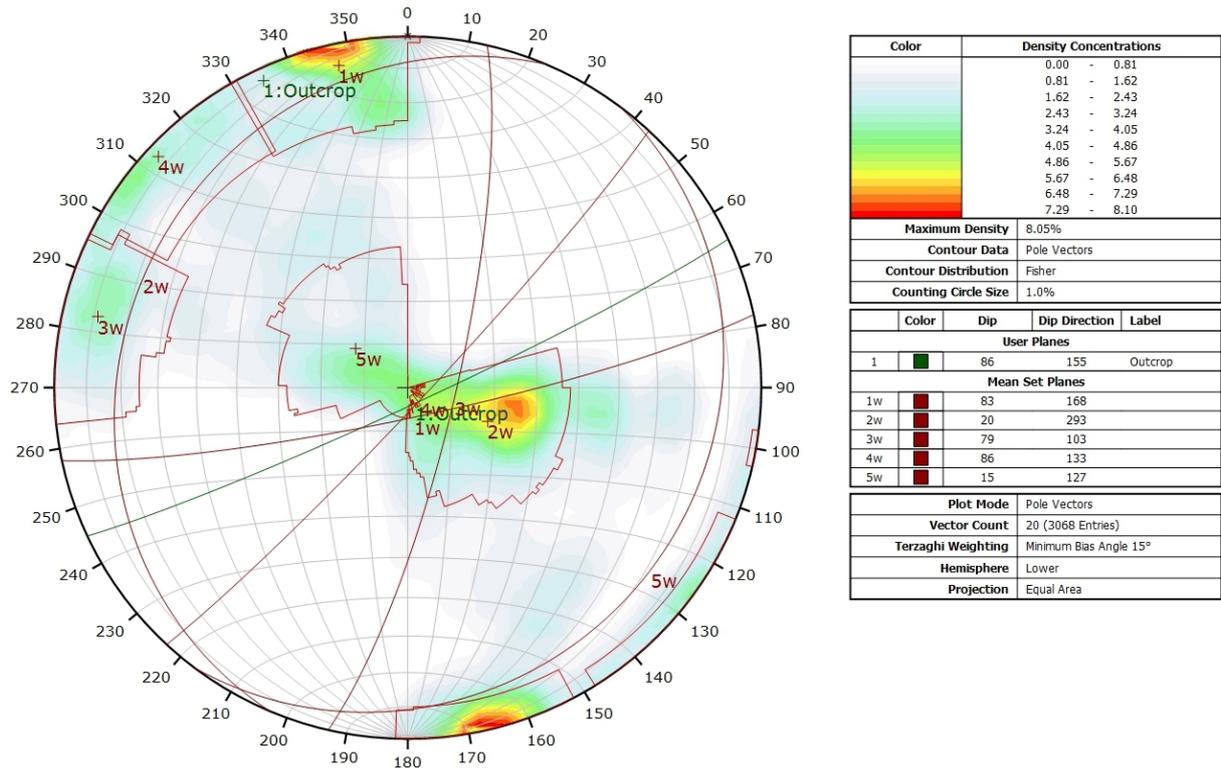


Diagramme de Rose de l'analyse statistique pondéré par la surface des plans.

AFFLEUREMENT : CHEMIN DE L'OREE - TRAITEMENT STATISTIQUE PONDERE PAR TERZAGHI



Canevas de Schmidt en densité de pôle de l'analyse statistique, pondéré par la surface des plans ainsi que par Terzaghi. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimuth et en plongement.

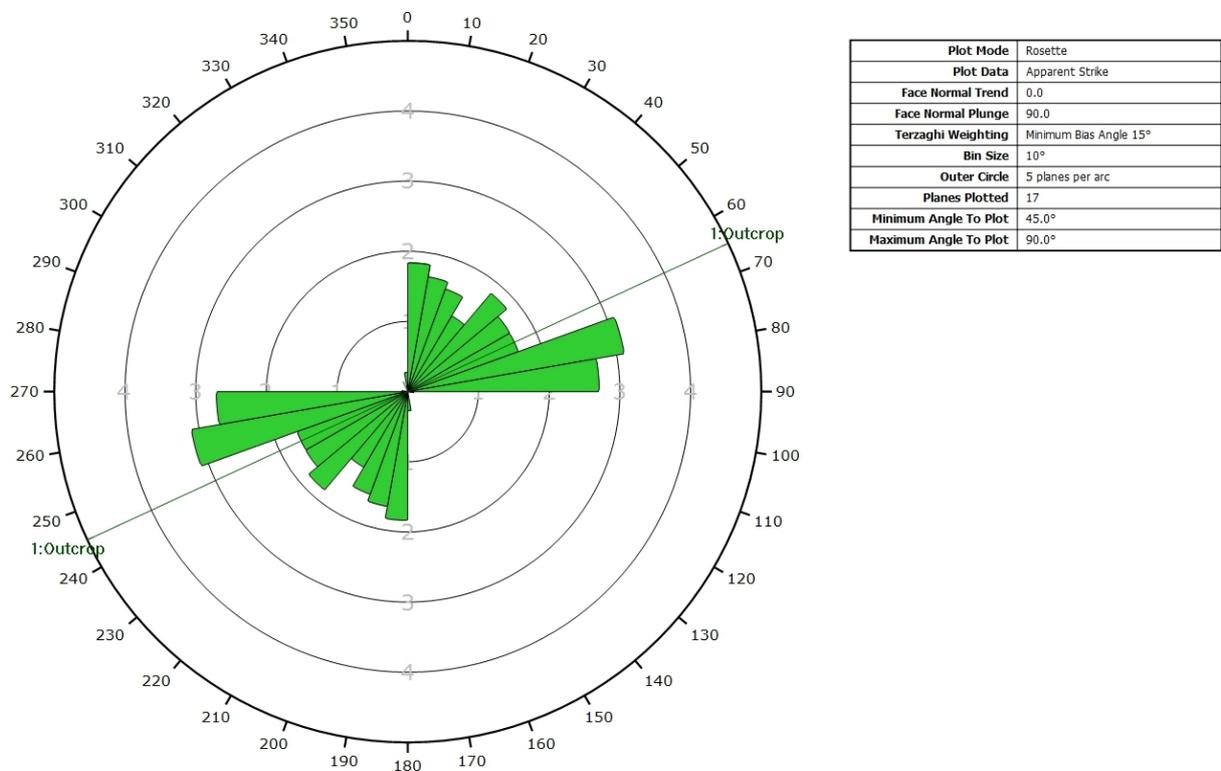
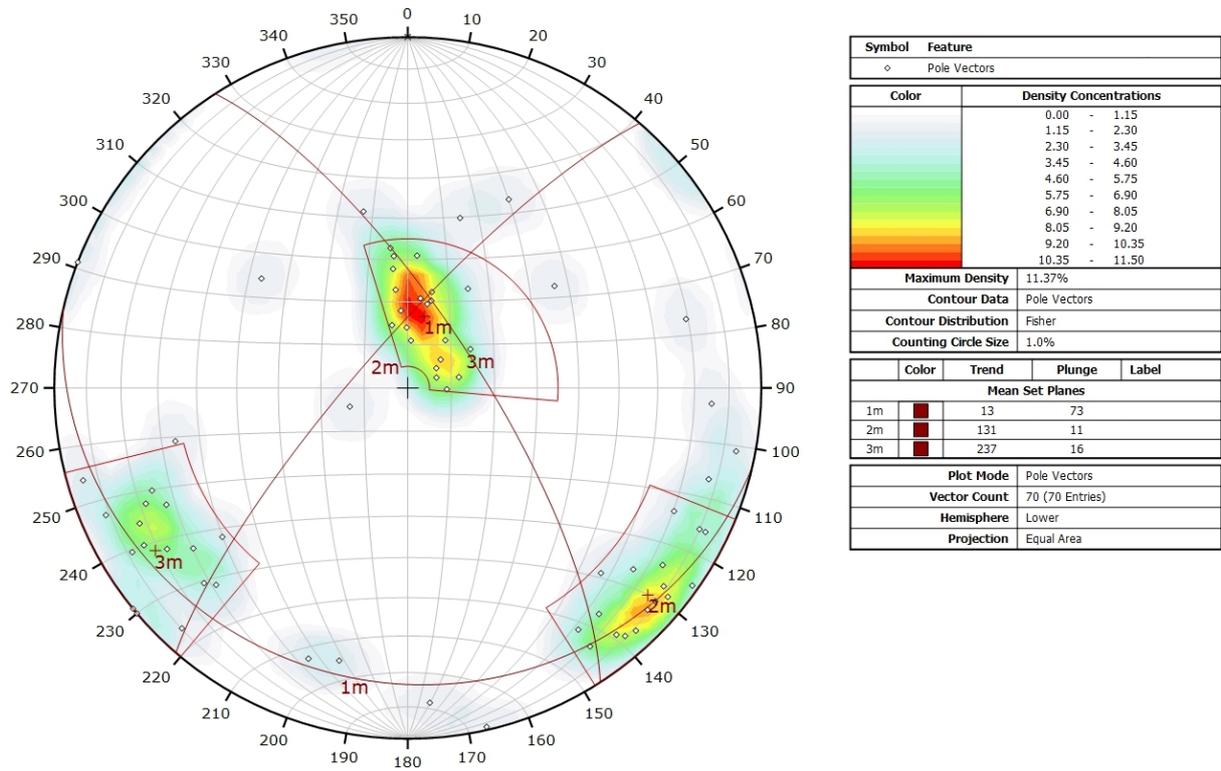


Diagramme de Rose de l'analyse statistique, pondéré par la surface des plans ainsi que par Terzaghi.

AFFLEUREMENT : UNIVERSITE DE NEUCHATEL – PICKING

Coordonnées moyennes de l’affleurement (CH1903): x = 562’712 y = 205’571 z= 493



Canevas de Schmidt avec les pôles de plans de discontinuités de l’ensemble des images 3D ainsi que leur densité par pourcent de surface. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimut et en plongement.

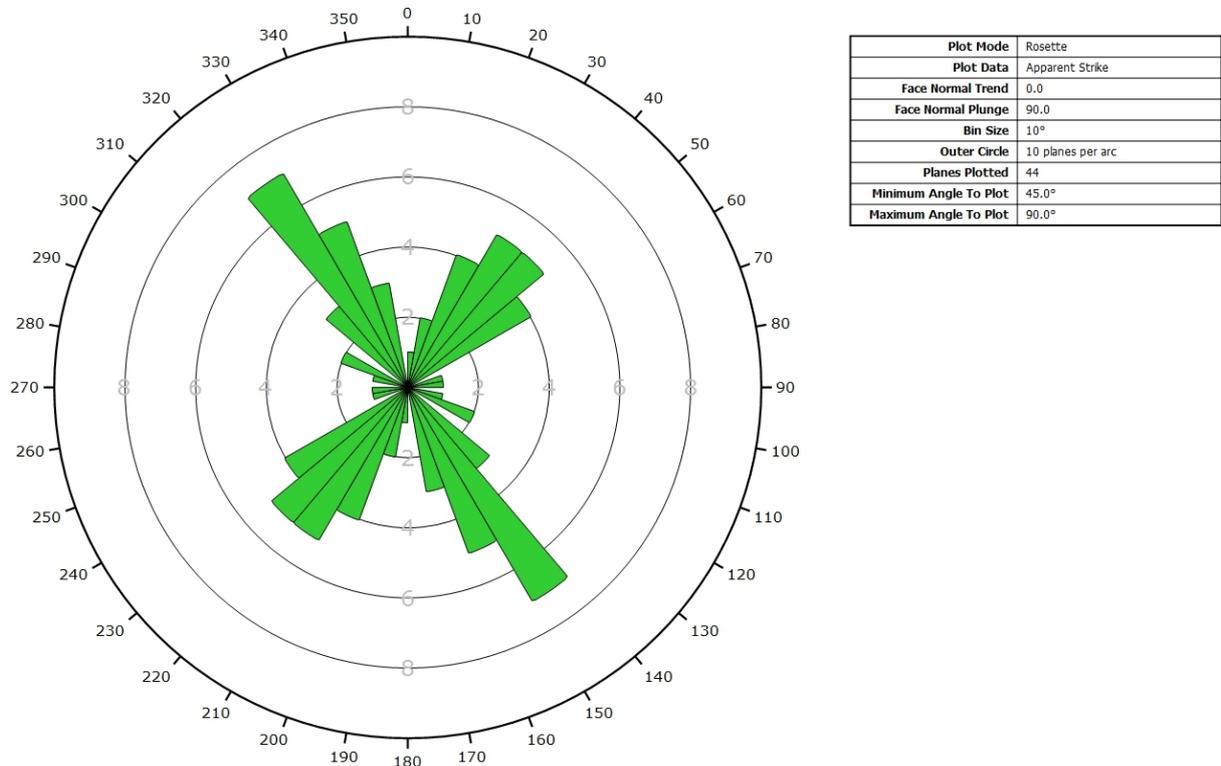
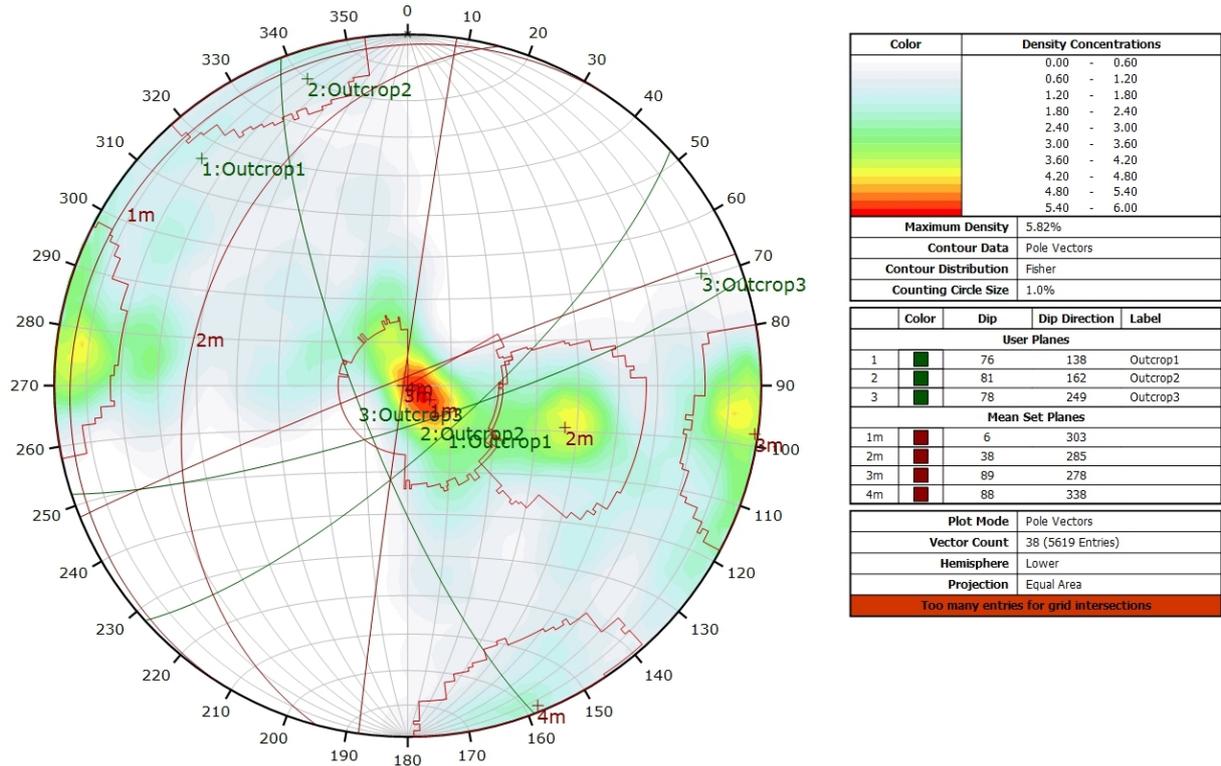


Diagramme de Rose de l’ensemble des discontinuités des images 3D.

AFFLEUREMENT : UNIVERSITE DE NEUCHATEL – TRAITEMENT STATISTIQUE



Canevas de Schmidt en densité de pôle de l'analyse statistique effectuée sur l'ensemble des images 3D, pondéré par la surface des plans. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimut et en plongement.

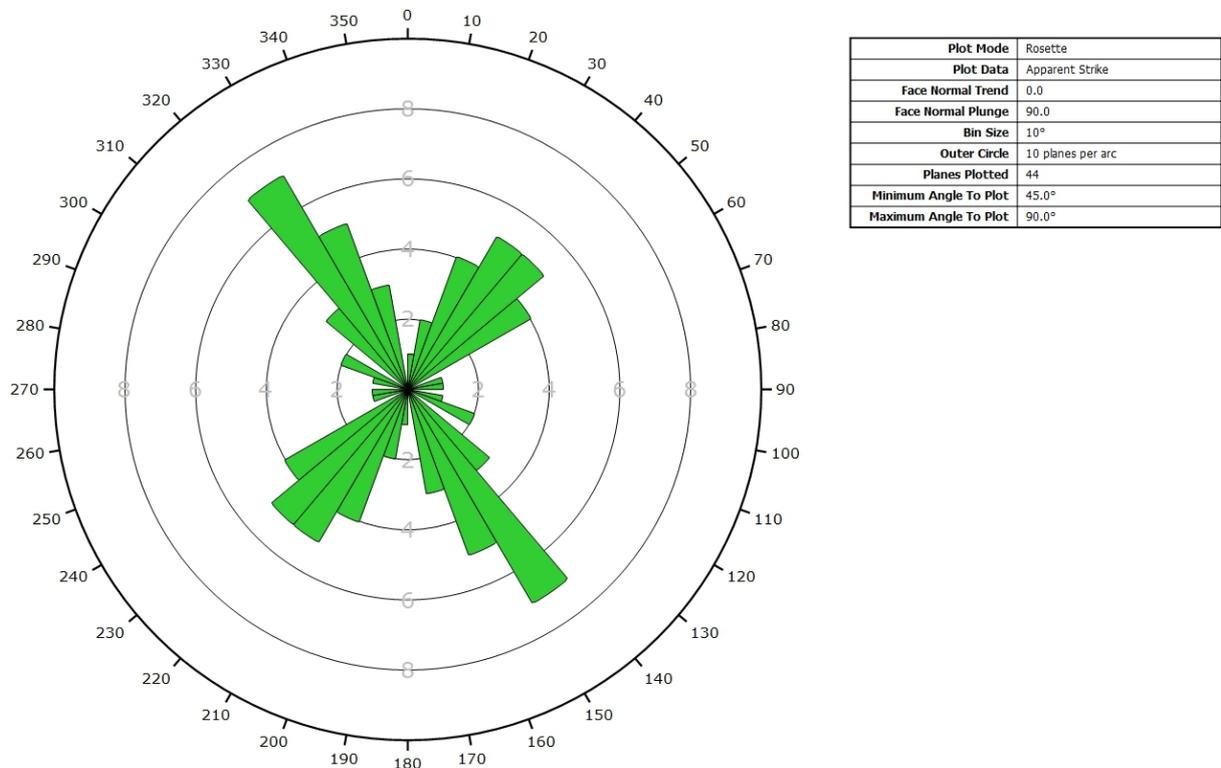
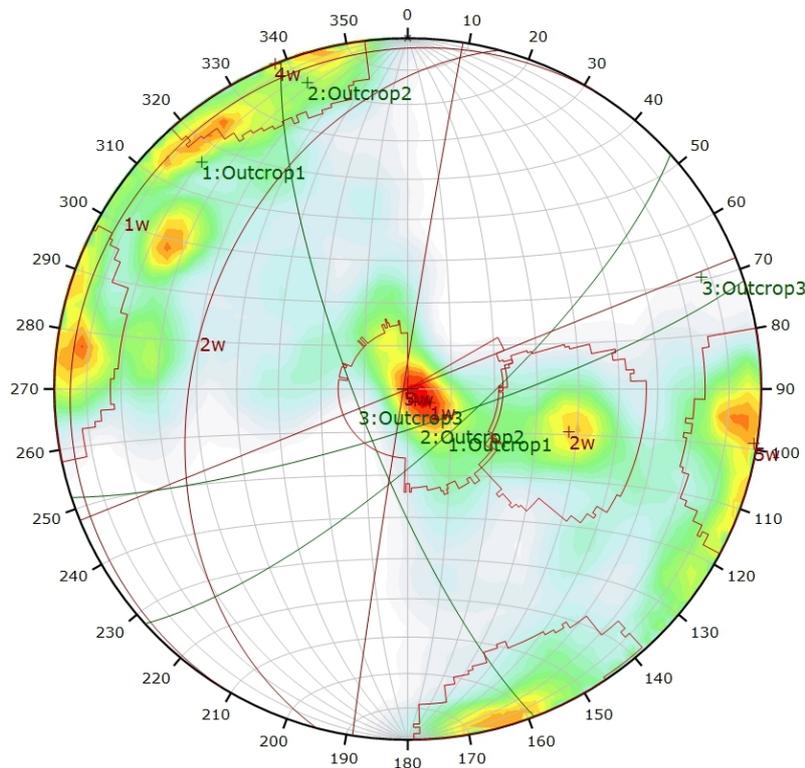


Diagramme de Rose de l'analyse statistique effectuée sur l'ensemble des photos 3D, pondéré par la surface des plans.

AFFLEUREMENT : UNIVERSITE DE NEUCHATEL – TRAITEMENT STATISTIQUE PONDERE PAR TERZAGHI



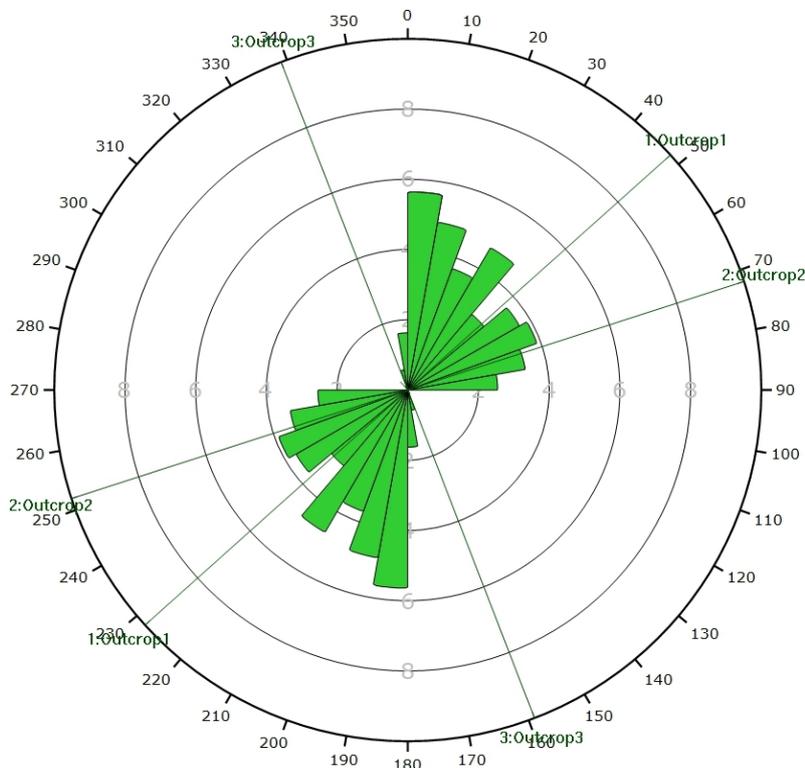
Color	Density Concentrations
	0.00 - 0.43
	0.43 - 0.86
	0.86 - 1.29
	1.29 - 1.72
	1.72 - 2.15
	2.15 - 2.58
	2.58 - 3.01
	3.01 - 3.44
	3.44 - 3.87
	3.87 - 4.30

Maximum Density	4.22%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes			
1	76	138	Outcrop1
2	81	162	Outcrop2
3	78	249	Outcrop3
Mean Set Planes			
1w	6	302	
2w	39	285	
4w	90	158	
5w	89	279	

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	38 (5619 Entries)
Terzagli Weighting	Minimum Bias Angle 15°
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Area
Too many entries for grid intersections	

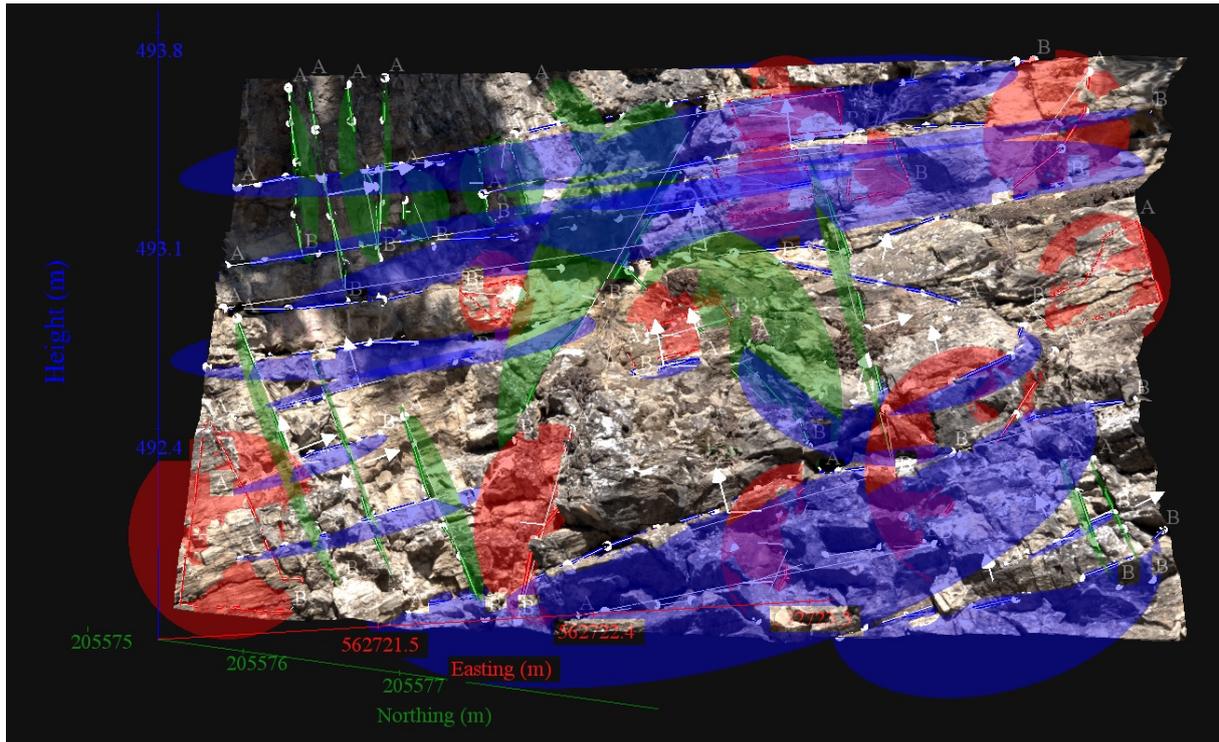
Canevas de Schmidt en densité de pôle de l'analyse statistique effectuée sur l'ensemble des images 3D, pondéré par la surface des plans ainsi que par Terzagli. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimuth et en plongement.



Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Terzagli Weighting	Minimum Bias Angle 15°
Bin Size	10°
Outer Circle	10 planes per arc
Planes Plotted	37
Minimum Angle To Plot	45.0°
Maximum Angle To Plot	90.0°
Too many entries for grid intersections	

Diagramme de Rose de l'analyse statistique effectuée sur l'ensemble des images 3D, pondéré par la surface des plans ainsi que par Terzagli.

AFFLEUREMENT : UNIVERSITE DE NEUCHATEL – PHOTO A – PICKING



Vue en 3D de l'affleurement, des discontinuités et des familles de discontinuités obtenues grâce à Sirovision 5. Ci-dessous : Tableau récapitulatif des paramètres des familles de discontinuités.

Nom	Azimut	Pendage	Persistence Max
Red	303.7	82.3	0.853
Green	46.6	76.2	1.457
Blue	178.3	19.4	3.127

Coordonnées moyennes de l'affleurement (CH1903): x = 562'722 y = 205577 z = 493

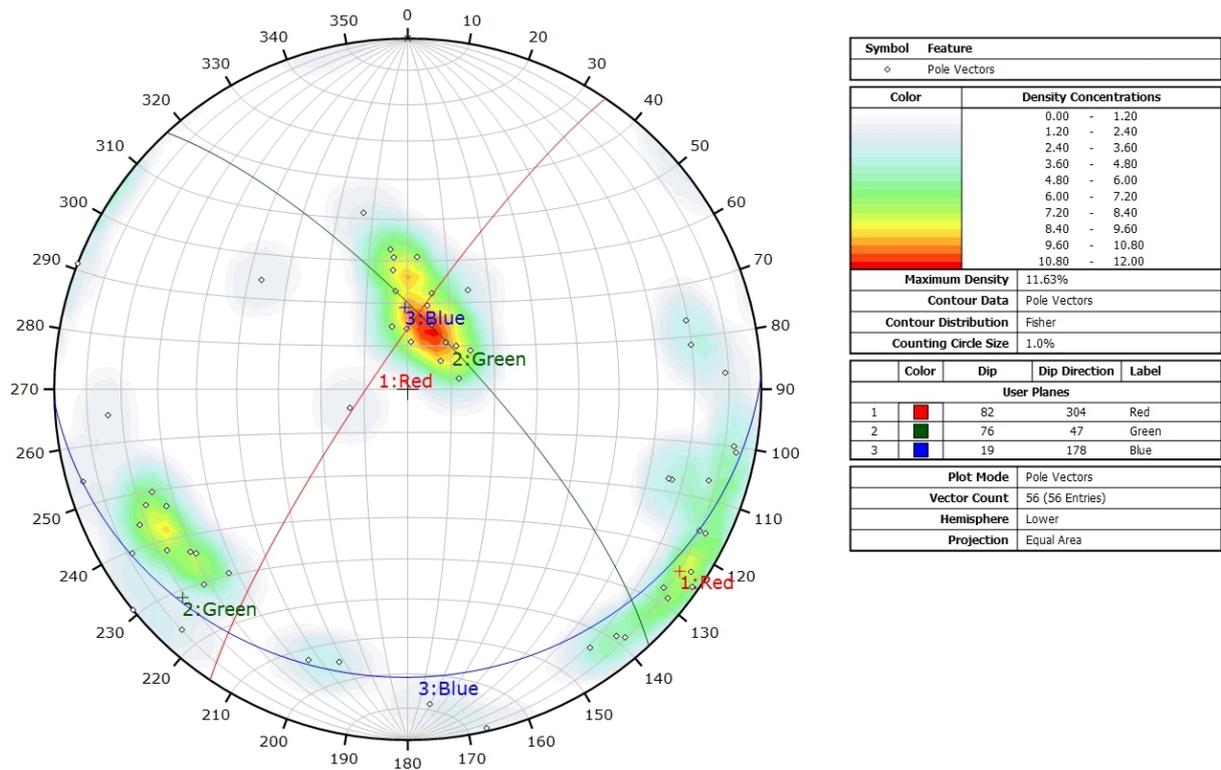
Détail des discontinuités :

Azimut	Pendage	Barycentre X	Barycentre Y	Barycentre Z	Persistence
179.3	13.8	562721.6	205576.7	493.56	2.957
229.3	9.3	562721.4	205576.5	493.21	2.246
184.7	10.4	562722.0	205577.2	493.50	2.436
258.3	11.6	562721.8	205577.0	493.13	3.127
238.0	16.1	562721.1	205576.0	492.61	0.916
173.2	22.9	562721.8	205576.7	492.70	0.272
184.5	30.7	562721.9	205576.9	492.76	0.020
173.8	32.4	562722.1	205576.7	492.17	2.653
173.3	27.1	562722.1	205576.8	491.93	1.284
211.7	26.8	562723.1	205577.3	492.07	0.438
194.1	22.5	562720.9	205575.8	492.33	0.676
193.3	19.5	562721.1	205575.9	492.12	0.940

Inventaire géothermique et structural du canton de Neuchâtel : IGS-NE

Azimut	Pendage	Barycentre X	Barycentre Y	Barycentre Z	Persistence
166.7	15.0	562721.1	205576.1	492.77	1.494
14.8	68.9	562722.0	205576.9	492.72	0.994
309.0	83.2	562720.8	205575.5	492.07	0.733
305.3	87.9	562721.8	205576.8	492.82	0.424
356.1	78.5	562721.4	205576.4	493.35	0.338
325.9	78.8	562722.3	205577.4	493.43	0.280
320.1	81.0	562721.9	205577.3	493.62	0.423
319.3	83.0	562721.9	205577.2	493.38	0.377
111.0	89.5	562721.4	205576.3	492.94	0.324
43.1	82.8	562720.8	205575.9	493.33	0.593
46.1	68.3	562721.3	205576.1	492.18	0.764
56.3	70.3	562721.0	205575.9	492.32	0.861
66.4	69.5	562720.9	205575.7	492.36	0.995
63.6	73.5	562722.3	205577.2	492.84	1.254
256.8	70.0	562721.6	205576.7	492.95	1.457
281.0	83.1	562721.6	205576.3	492.12	0.712
296.7	82.6	562722.8	205577.2	492.34	0.853
287.4	77.1	562722.2	205576.9	492.07	0.576
296.6	80.2	562722.8	205577.8	493.56	0.593
68.7	66.8	562723.1	205577.4	492.15	0.473
64.8	64.4	562723.2	205577.5	492.17	0.465
20.3	70.4	562721.5	205576.6	493.49	0.492
308.1	80.6	562723.0	205577.7	493.01	0.495
127.3	42.1	562722.4	205577.0	492.60	0.849
72.1	13.4	562722.3	205577.3	493.02	0.725
166.5	43.0	562722.9	205577.3	491.89	1.192
174.9	30.5	562722.7	205577.2	492.68	0.709
74.0	85.0	562721.1	205576.0	493.37	0.638
59.0	79.9	562720.9	205575.9	493.29	0.800
347.4	88.4	562721.1	205576.2	493.24	0.299
51.0	89.9	562721.1	205576.0	493.40	0.613
219.2	13.2	562710.1	205568.8	492.39	2.949
228.1	14.2	562710.4	205569.0	493.05	1.605
85.9	73.1	562709.3	205568.6	492.58	1.212
267.7	79.0	562709.6	205568.6	492.78	1.000
280.9	82.6	562709.5	205568.5	492.85	0.754
200.4	15.2	562710.5	205568.9	492.24	2.028
303.5	84.6	562710.0	205568.9	492.64	1.213
289.8	67.2	562708.8	205568.2	491.90	0.810
289.6	66.5	562708.8	205568.2	491.73	0.386
261.8	69.6	562710.1	205569.0	492.62	0.853
53.1	65.9	562709.9	205568.8	492.58	0.589
52.8	64.5	562709.9	205568.9	492.70	0.363
44.2	61.8	562711.3	205569.1	492.58	0.501

Inventaire géothermique et structural du canton de Neuchâtel : IGS-NE



Canevas de Schmidt avec les pôles de plans de discontinuités ainsi que leur densité par pourcent de surface. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimuth et en plongement.

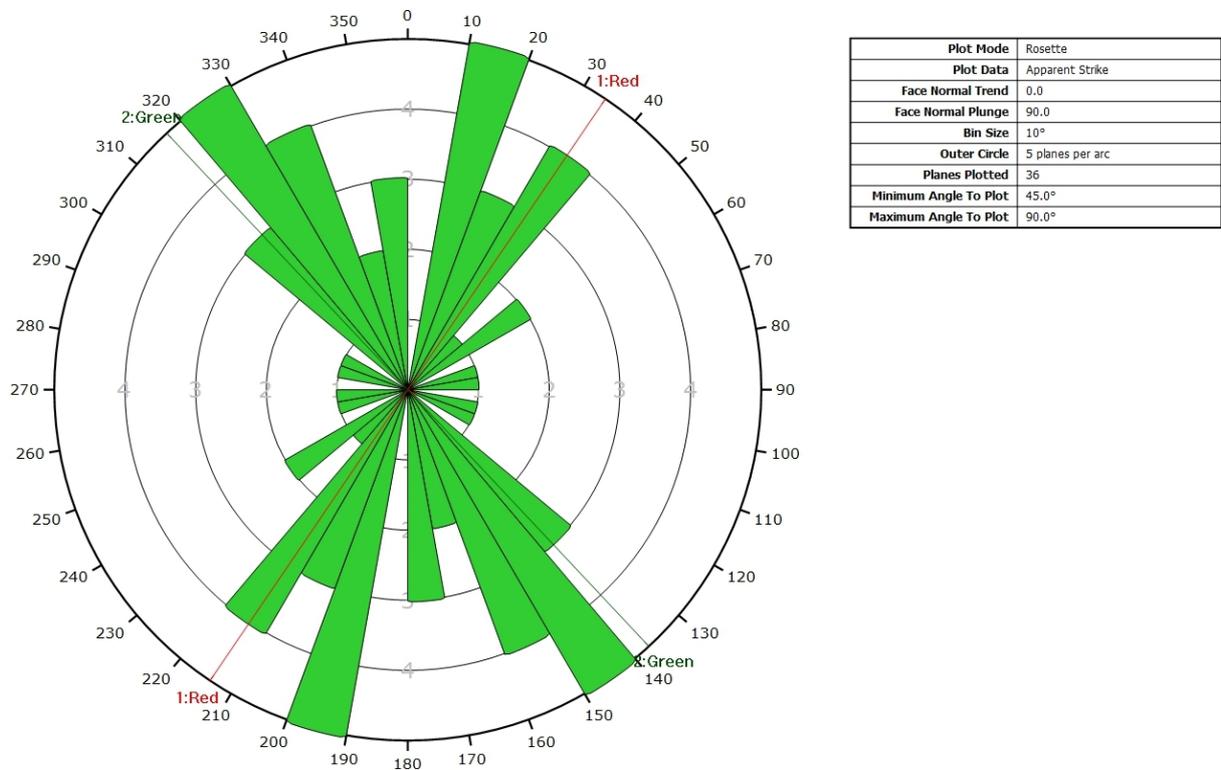
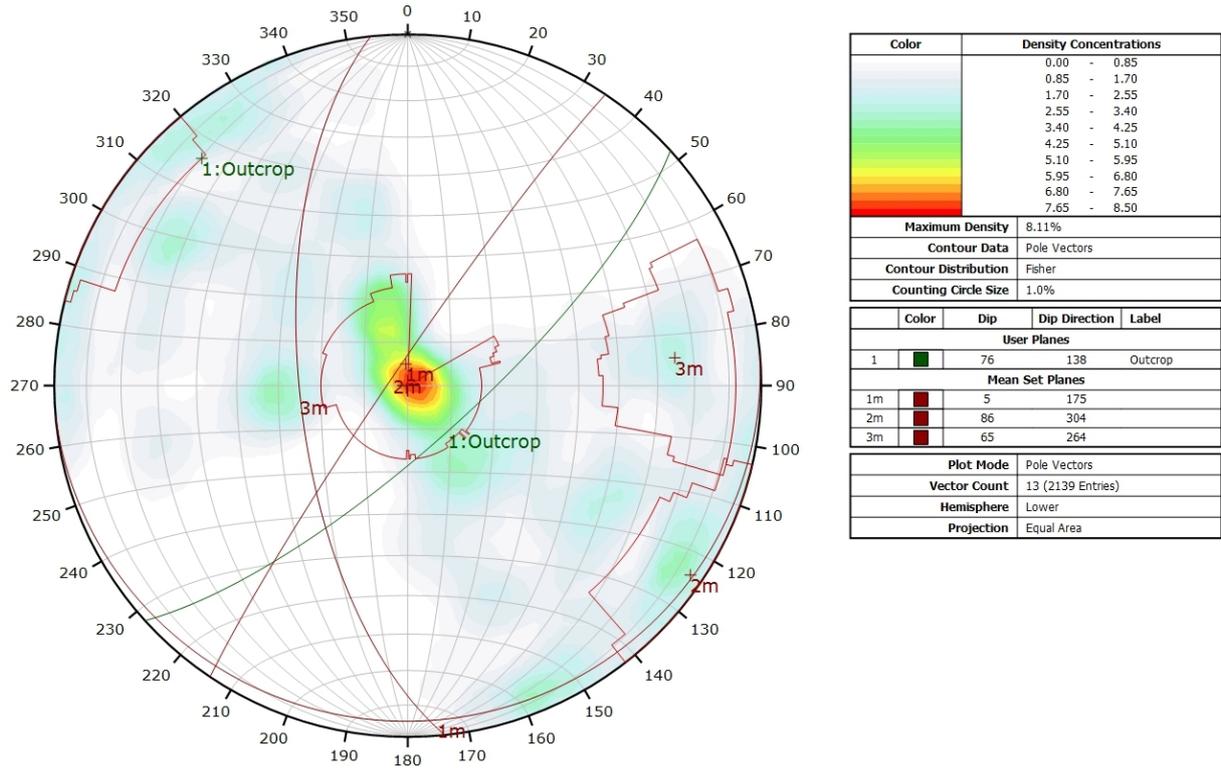


Diagramme de Rose des discontinuités.

AFFLEUREMENT : UNIVERSITE DE NEUCHATEL – PHOTO A - TRAITEMENT STATISTIQUE



Canevas de Schmidt avec les pôles de plans de discontinuités ainsi que leur densité par pourcent de surface. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimut et en plongement.

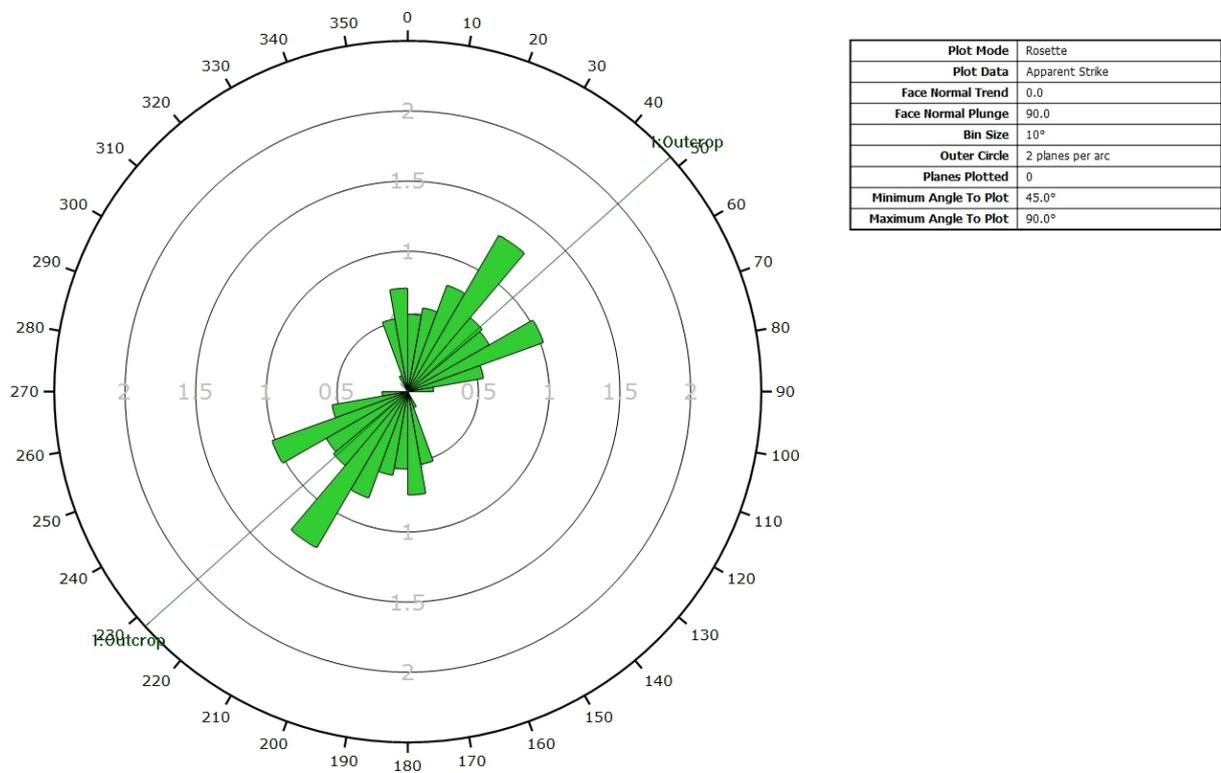
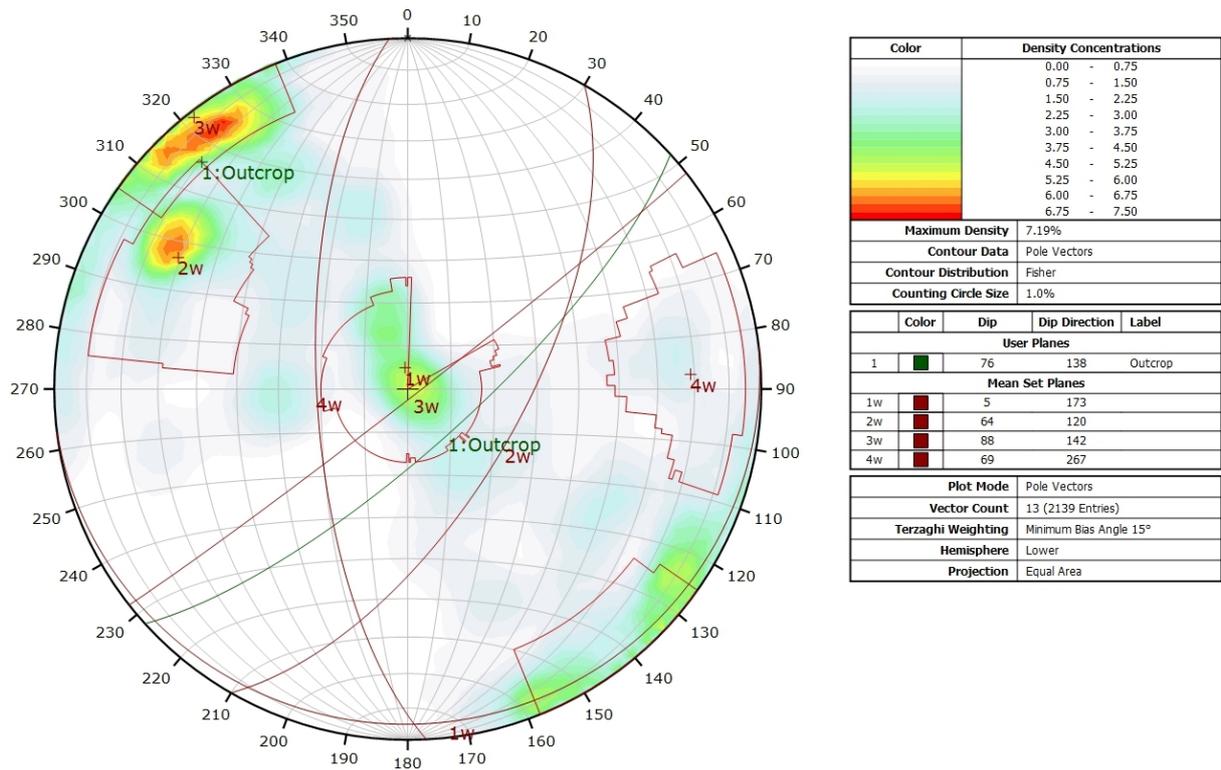


Diagramme de Rose de l'analyse statistique pondéré par la surface des plans.

AFFLEUREMENT : UNIVERSITE DE NEUCHATEL – PHOTO A - TRAITEMENT STATISTIQUE PONDERE PAR TERZAGHI



Canevas de Schmidt en densité de pôle de l'analyse statistique, pondéré par la surface des plans ainsi que par Terzaghi. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimuth et en plongement.

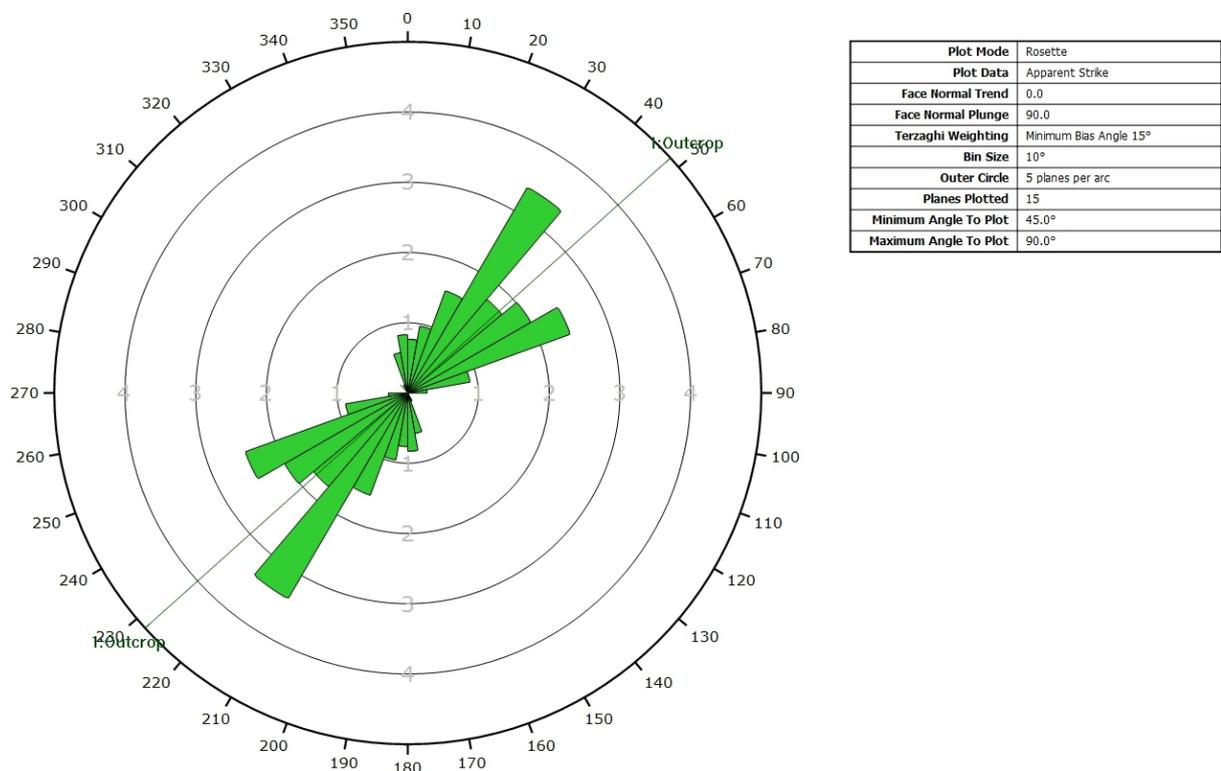
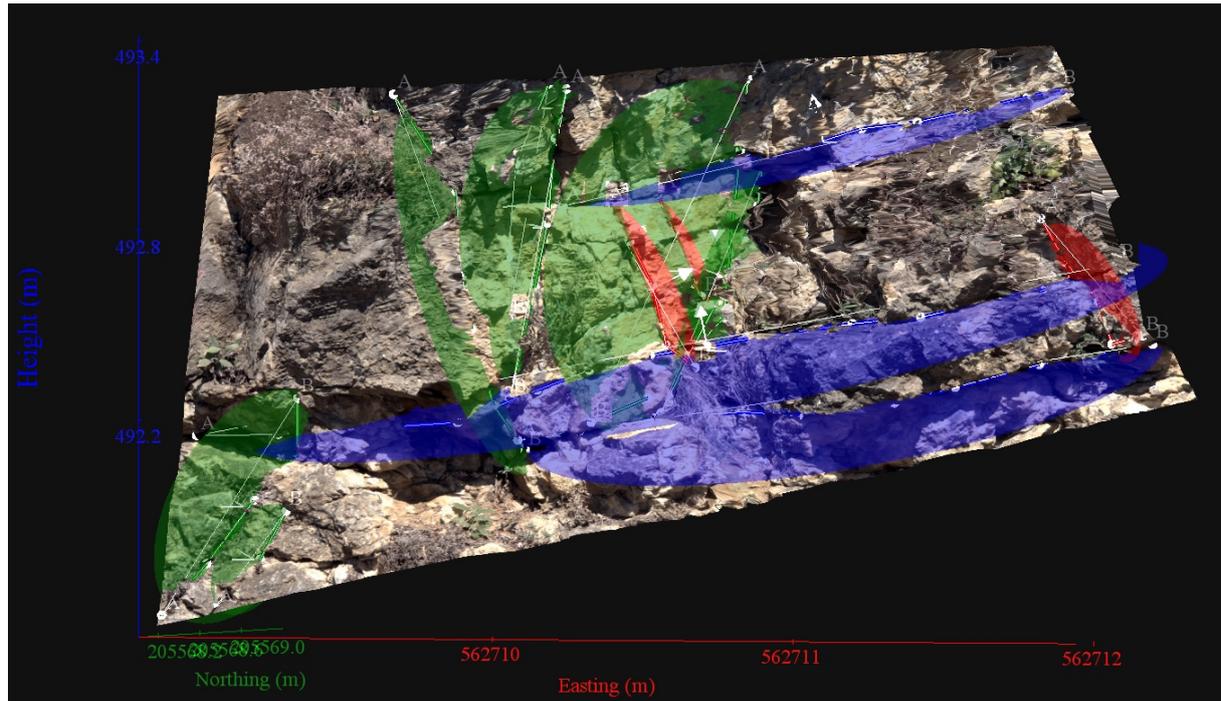


Diagramme de Rose de l'analyse statistique, pondéré par la surface des plans ainsi que par Terzaghi.

AFFLEUREMENT : UNIVERSITE DE NEUCHATEL – PHOTO B – PICKING



Vue en 3D de l'affleurement, des discontinuités et des familles de discontinuités obtenues grâce à Sirovision 5. Ci-dessous : Tableau récapitulatif des paramètres des familles de discontinuités.

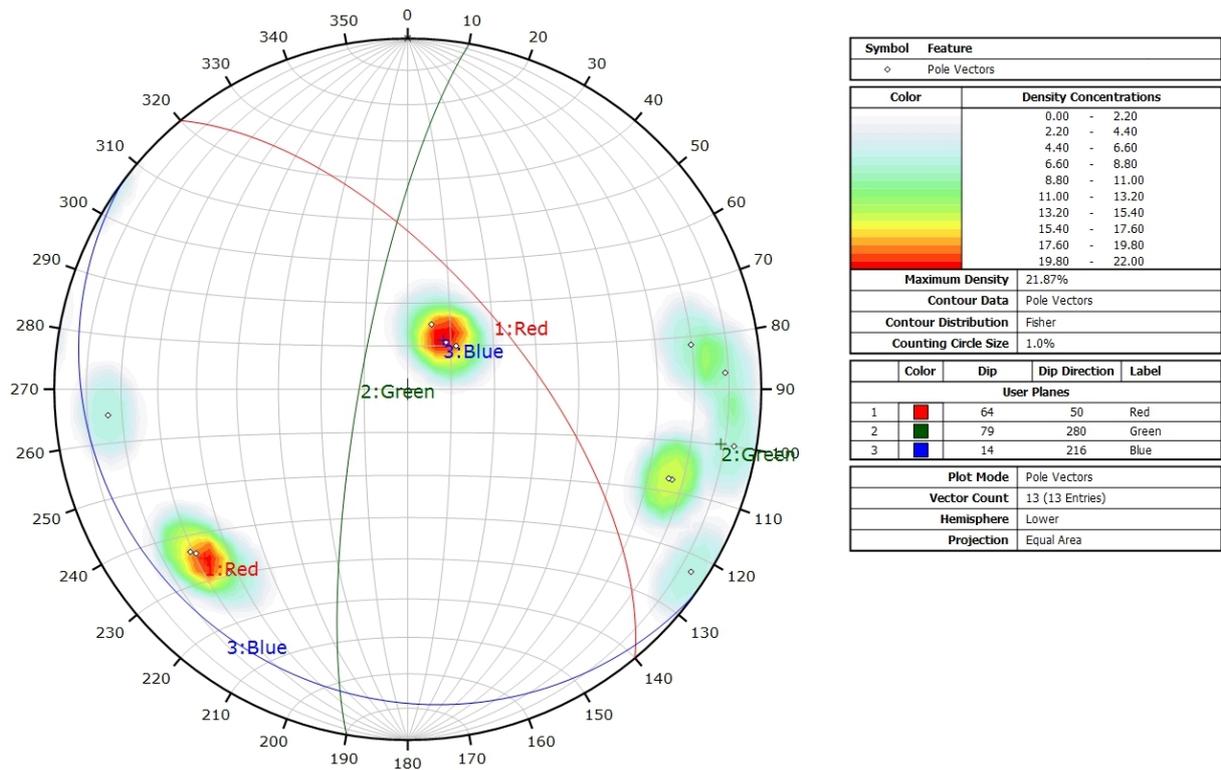
Nom	Azimut	Pendage	Max Persistence
Red	50.1	64	0.589
Green	279.9	79.1	1.213
Blue	215.5	13.9	2.949

Coordonnées moyennes de l'affleurement (CH1903): x = 562'710 y = 205'569 z = 493

Détail des discontinuités :

Azimut	Pendage	Barycentre X	Barycentre Y	Barycentre Z	Persistence
219.2	13.2	562710.1	205568.8	492.39	2.949
228.1	14.2	562710.4	205569.0	493.05	1.605
85.9	73.1	562709.3	205568.6	492.58	1.212
267.7	79.0	562709.6	205568.6	492.78	1.000
280.9	82.6	562709.5	205568.5	492.85	0.754
200.4	15.2	562710.5	205568.9	492.24	2.028
303.5	84.6	562710.0	205568.9	492.64	1.213
289.8	67.2	562708.8	205568.2	491.90	0.810
289.6	66.5	562708.8	205568.2	491.73	0.386
261.8	69.6	562710.1	205569.0	492.62	0.853
53.1	65.9	562709.9	205568.8	492.58	0.589
52.8	64.5	562709.9	205568.9	492.70	0.363
44.2	61.8	562711.3	205569.1	492.58	0.501

Inventaire géothermique et structural du canton de Neuchâtel : IGS-NE



Canevas de Schmidt avec les pôles de plans de discontinuités ainsi que leur densité par pourcent de surface. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimuth et en plongement.

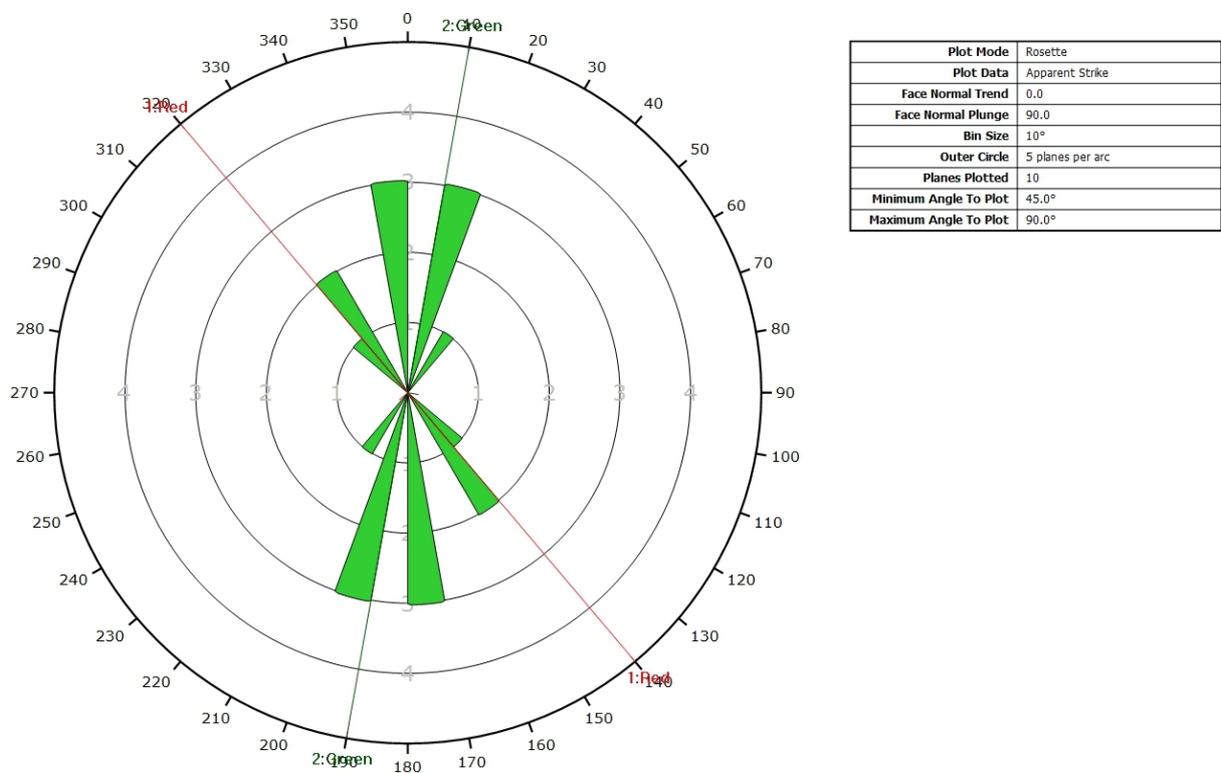
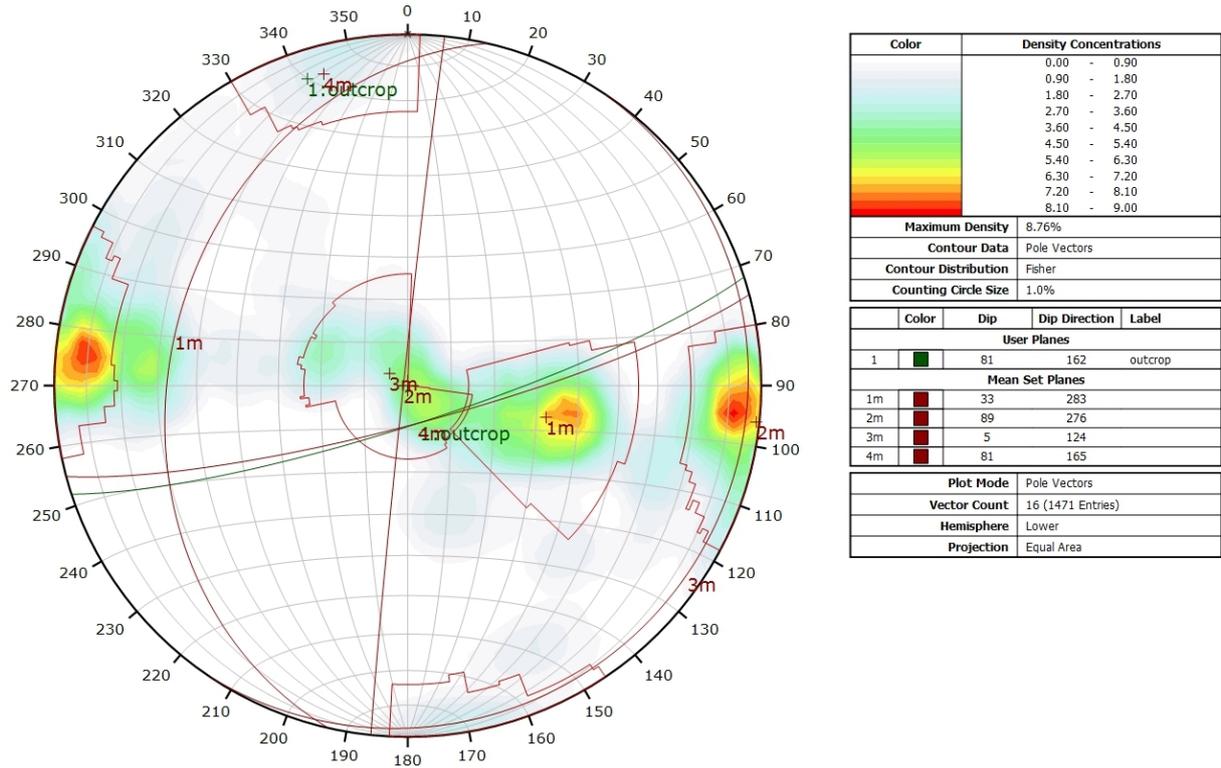


Diagramme de Rose des discontinuités.

AFFLEUREMENT : UNIVERSITE DE NEUCHATEL – PHOTO B - TRAITEMENT STATISTIQUE



Canevas de Schmidt en densité de pôle de l'analyse statistique pondéré par la surface des plans. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimuth et en plongement.

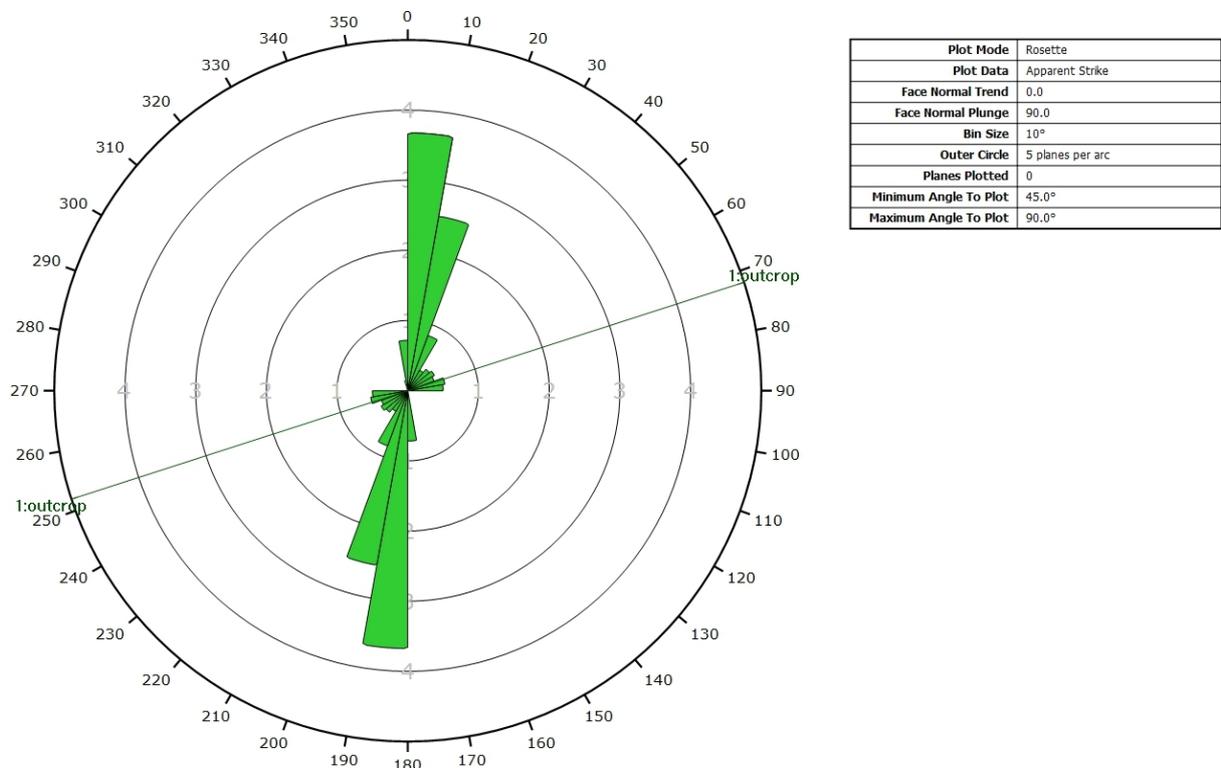
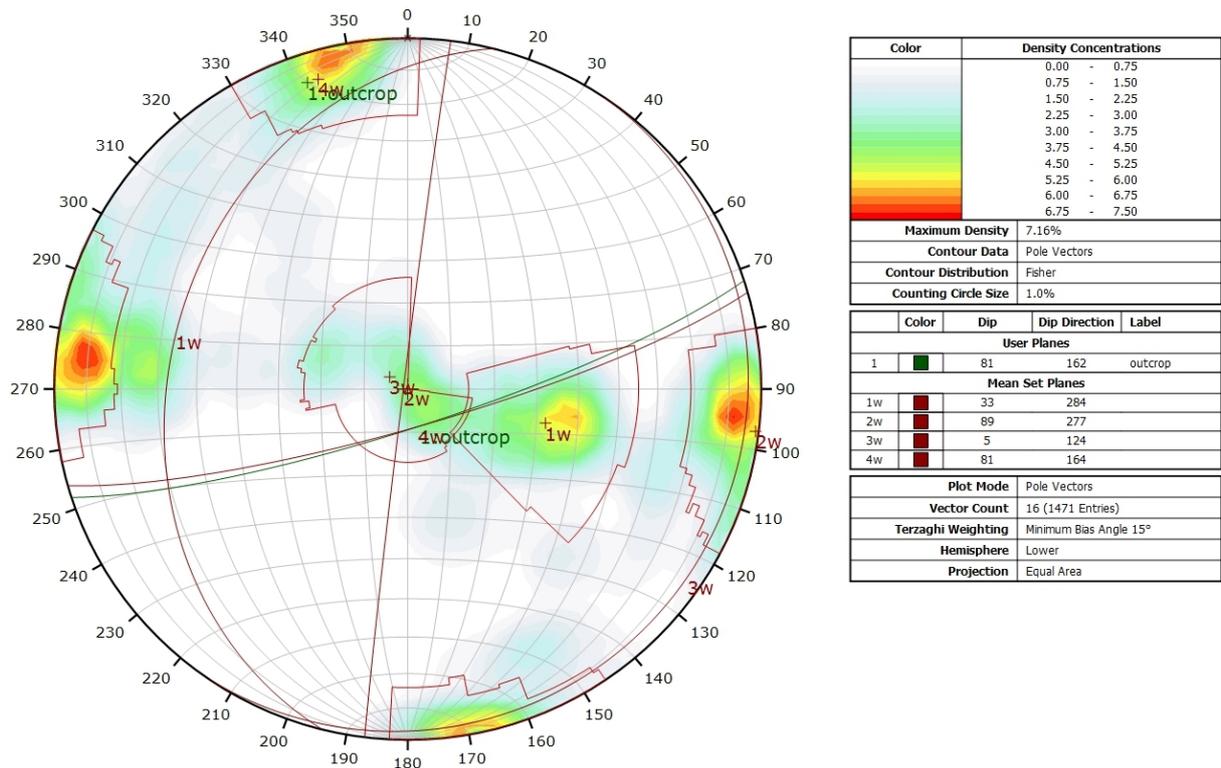


Diagramme de Rose de l'analyse statistique pondéré par la surface des plans.

AFFLEUREMENT : UNIVERSITE DE NEUCHATEL – PHOTO B - TRAITEMENT STATISTIQUE PONDERE PAR TERZAGHI



Canevas de Schmidt en densité de pôle de l'analyse statistique, pondéré par la surface des plans ainsi que par Terzaghi. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimuth et en plongement.

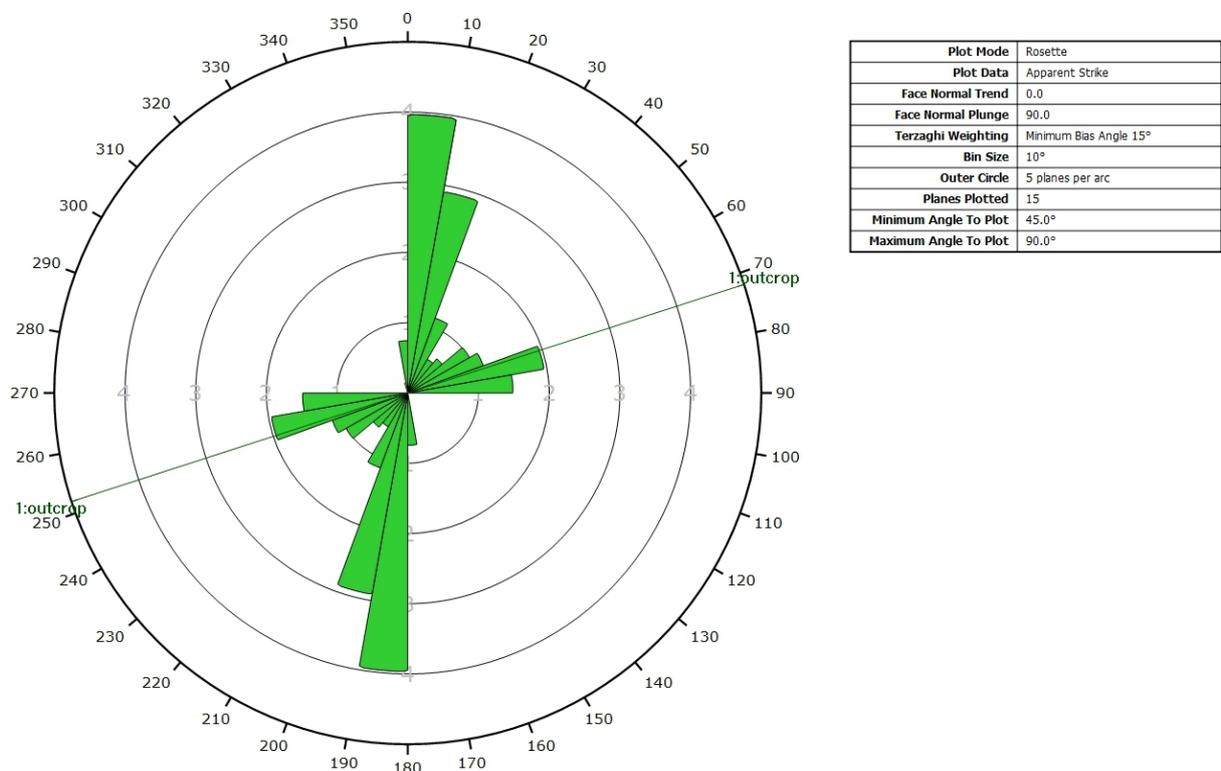
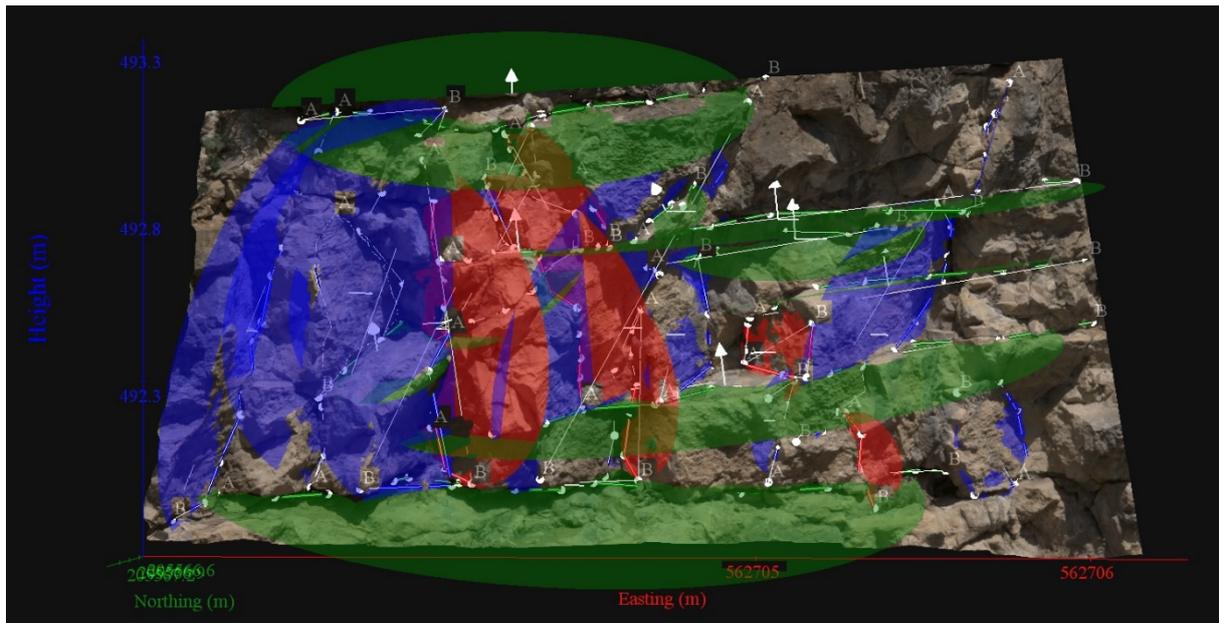


Diagramme de Rose de l'analyse statistique, pondéré par la surface des plans ainsi que par Terzaghi.

AFFLEUREMENT: UNIVERSITE DE NEUCHATEL – PHOTO C – PICKING



Vue en 3D de l'affleurement, des discontinuités et des familles de discontinuités obtenues grâce à Sirovision 5. Ci-dessous : Tableau récapitulatif des paramètres des familles de discontinuités.

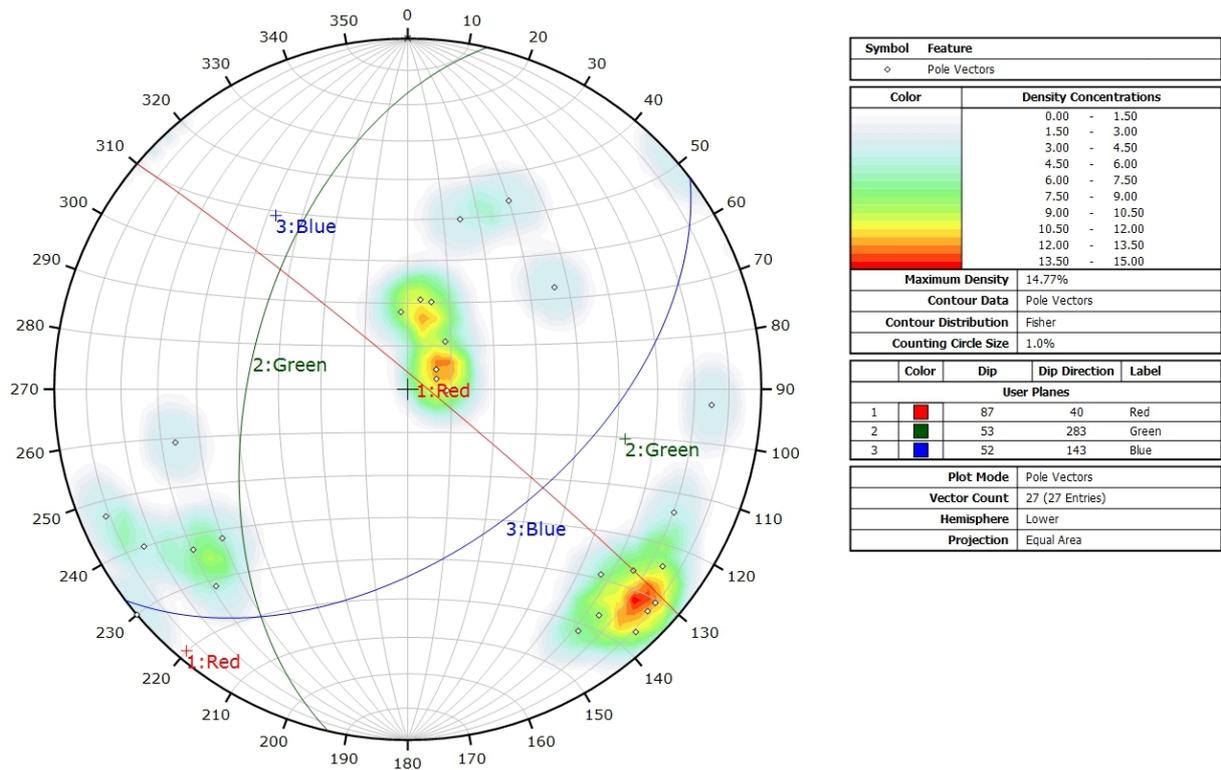
Nom	Azimut	Pendage	Persistence Max
Red	39.7	86.7	3.522
Green	282.8	53.2	0.895
Blue	143.1	51.9	5.693

Coordonnées moyennes de l'affleurement (CH1903): x = 562'704 y = 205'567 z = 492

Détail des discontinuités :

Azimut	Pendage	Barycentre X	Barycentre Y	Barycentre Z	Persistence
218.2	13.8	562704.5	205567.1	492.30	2.034
235.7	7.6	562704.6	205567.1	492.80	1.957
314.0	65.0	562704.3	205567.1	492.47	1.287
272.5	8.9	562705.0	205567.2	492.61	1.030
59.2	75.2	562703.6	205566.9	492.48	1.015
197.8	41.6	562703.4	205567.0	492.39	0.449
313.9	82.0	562703.3	205566.9	492.55	0.551
51.2	56.2	562703.9	205566.9	492.59	0.815
67.2	81.4	562704.2	205567.2	492.29	0.540
175.9	17.9	562704.0	205567.1	492.00	2.226
295.2	71.6	562703.1	205566.9	492.46	1.326
50.9	89.3	562704.6	205567.2	492.41	0.313
311.3	81.5	562704.4	205567.2	492.46	0.456
309.2	70.7	562705.0	205567.3	492.46	0.848
305.7	76.8	562704.6	205567.1	492.20	0.315
317.0	83.8	562705.3	205567.4	492.16	0.394
195.2	20.4	562704.7	205567.2	492.74	0.777
273.9	74.2	562705.3	205567.1	493.04	0.465
77.9	56.7	562704.1	205566.9	492.81	0.238
188.4	20.9	562703.8	205566.9	493.12	1.442
250.5	6.6	562703.9	205566.9	492.69	0.503
235.0	41.9	562703.8	205566.9	492.57	0.505
208.8	50.8	562704.3	205566.9	492.82	0.255
53.0	64.7	562703.9	205566.9	492.89	0.407
44.2	66.5	562704.9	205567.2	492.10	0.310
325.1	72.8	562703.7	205566.9	492.47	1.197
320.8	72.6	562703.4	205566.9	492.57	1.209

Inventaire géothermique et structural du canton de Neuchâtel : IGS-NE



Canevas de Schmidt avec les pôles de plans de discontinuités ainsi que leur densité par pourcent de surface. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimuth et en plongement.

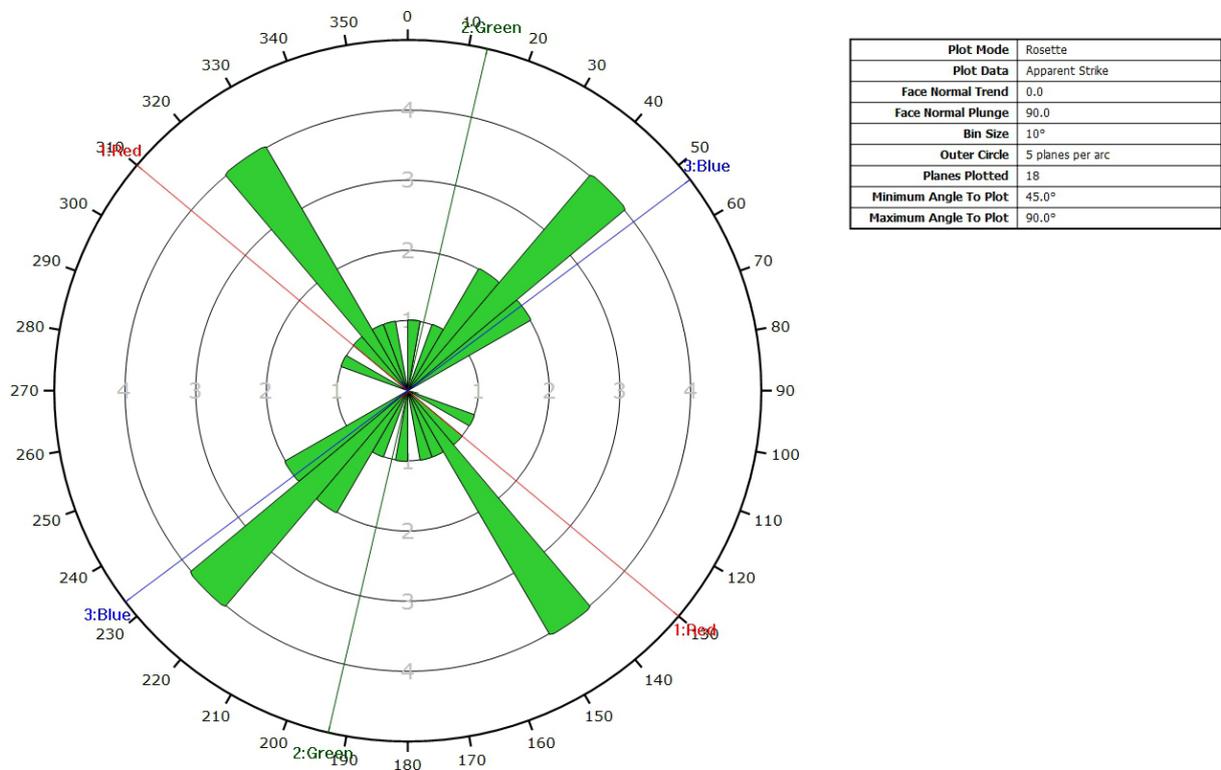
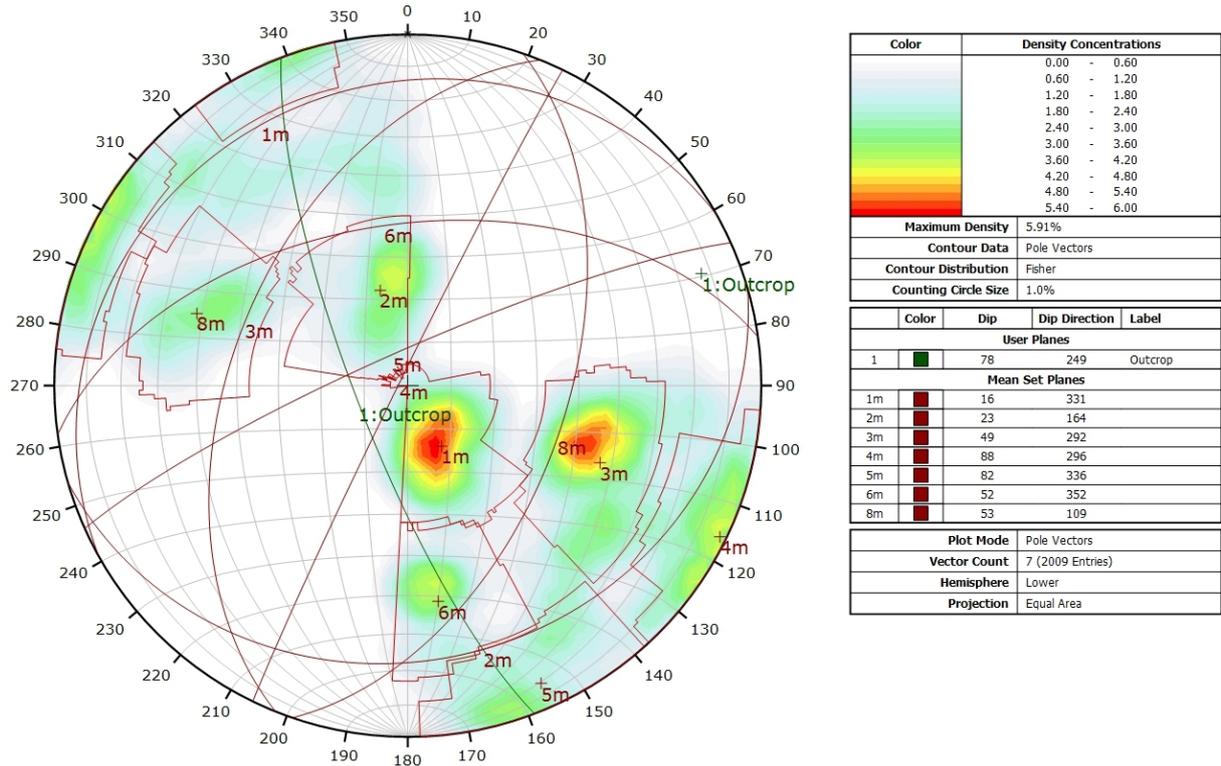


Diagramme de Rose des discontinuités.

AFFLEUREMENT : UNIVERSITE DE NEUCHATEL – PHOTO C - TRAITEMENT STATISTIQUE



Canevas de Schmidt en densité de pôle de l'analyse statistique pondéré par la surface des plans. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimuth et en plongement.

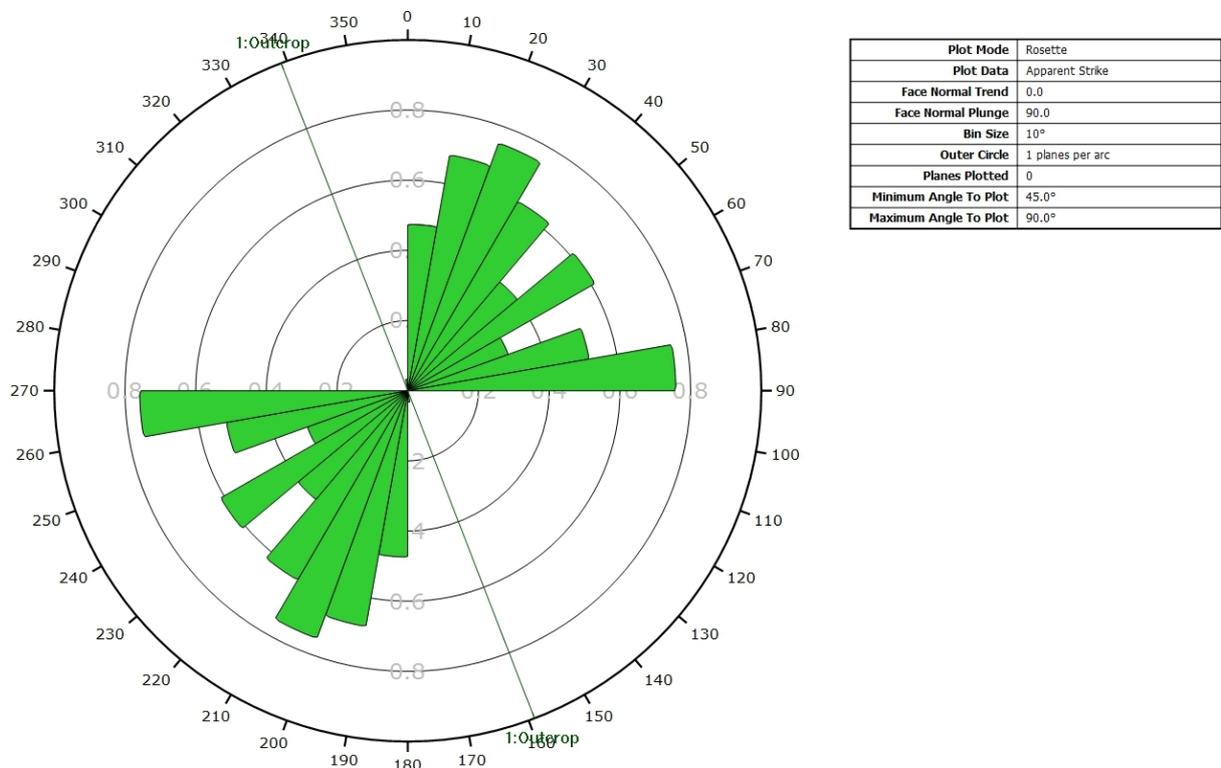
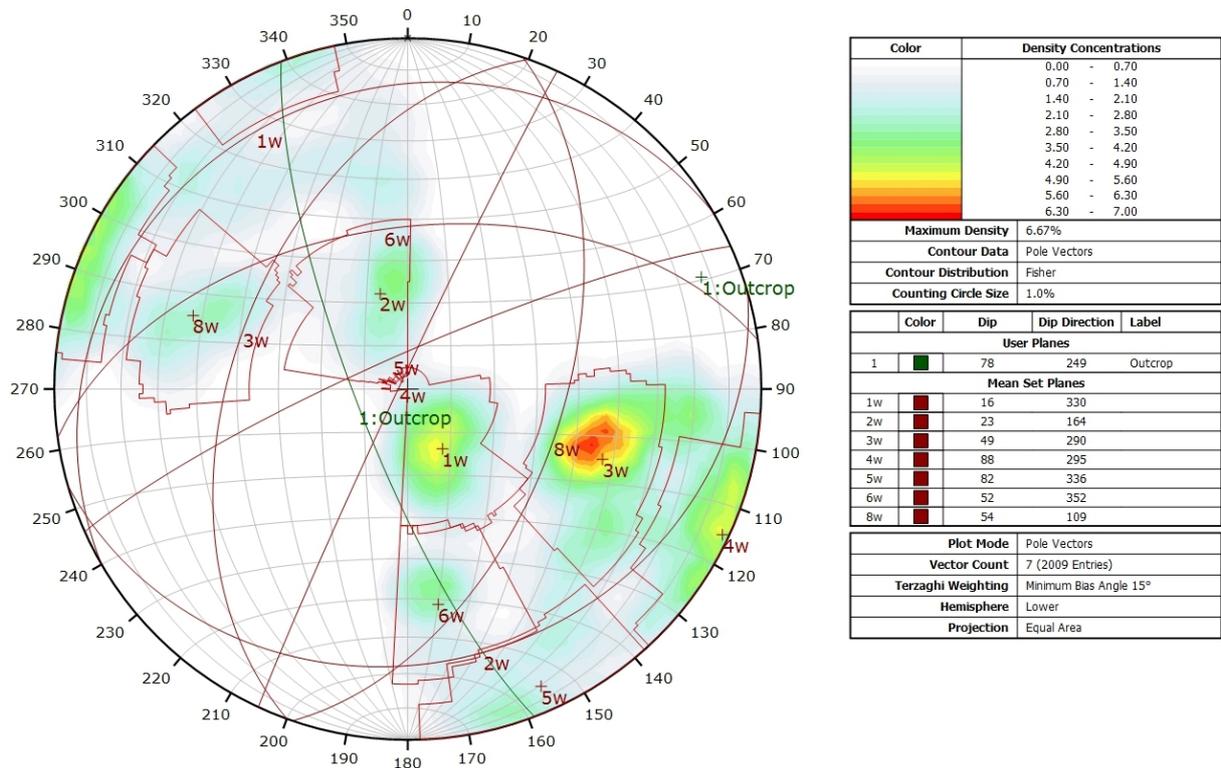


Diagramme de Rose de l'analyse statistique pondéré par la surface des plans.

AFFLEUREMENT : UNIVERSITE DE NEUCHATEL – PHOTO C - TRAITEMENT STATISTIQUE PONDERE PAR TERZAGHI



Canevas de Schmidt en densité de pôle de l'analyse statistique, pondéré par la surface des plans ainsi que par Terzaghi. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimut et en plongement.

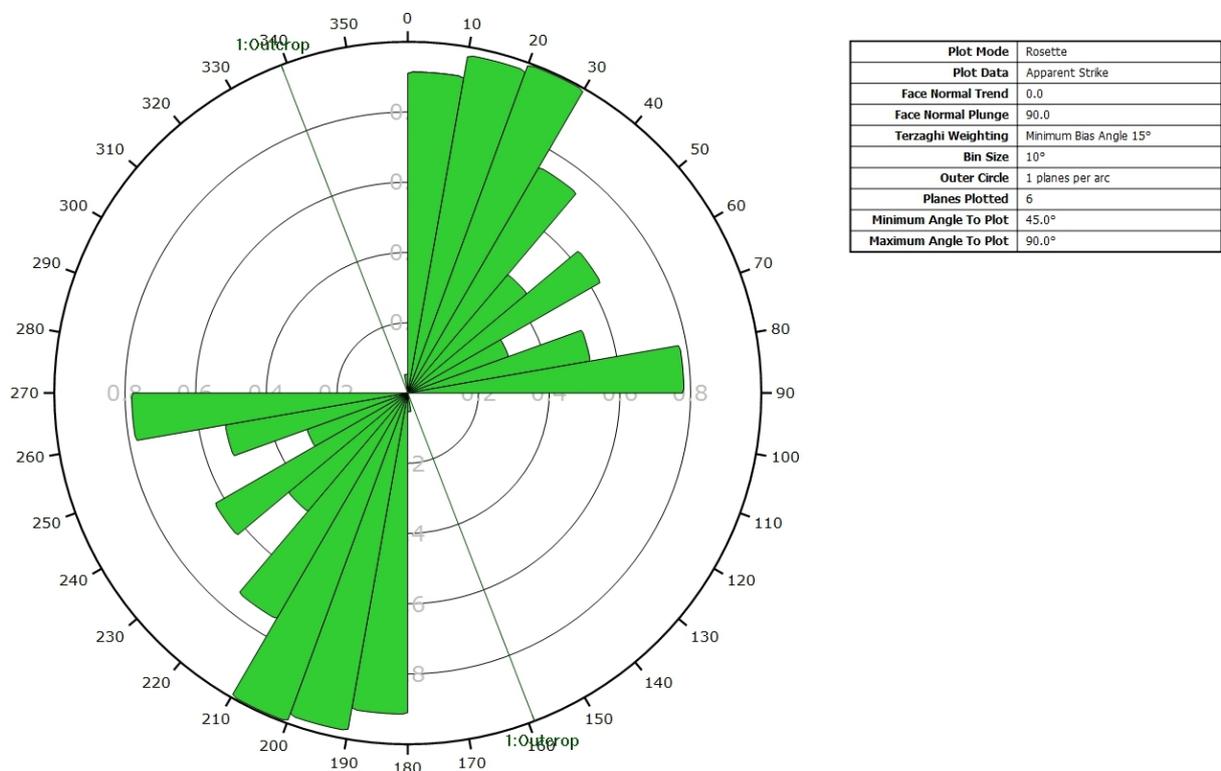
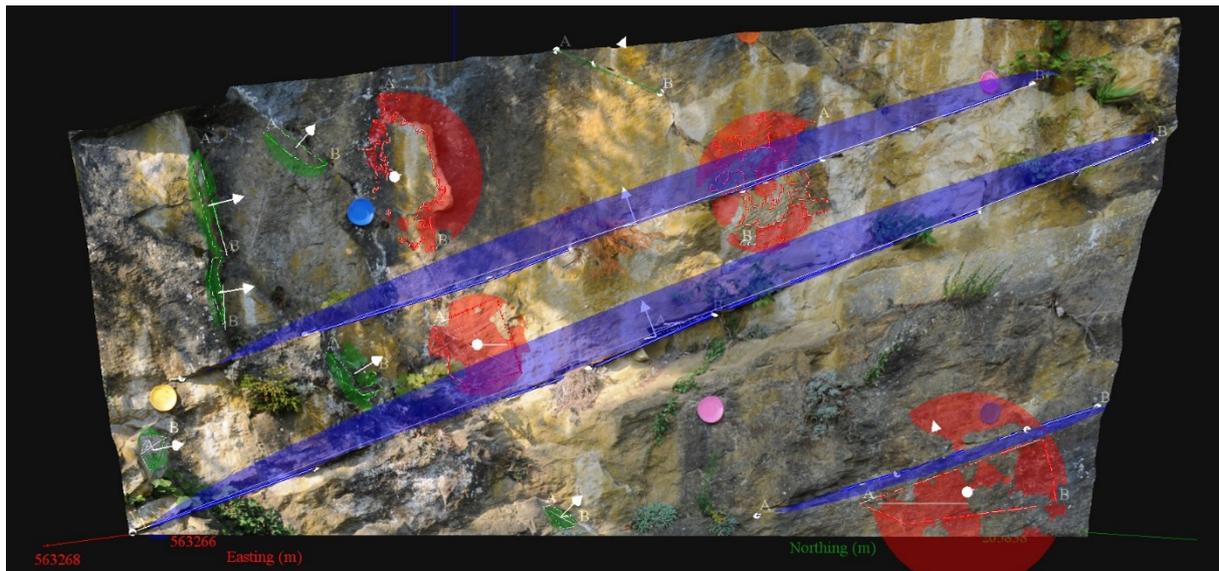


Diagramme de Rose de l'analyse statistique, pondéré par la surface des plans ainsi que par Terzaghi.

AFFLEUREMENT: VILLA LARDY – PICKING



Vue en 3D de l'affleurement, des discontinuités et des familles de discontinuités obtenues grâce à Sirovision 5. Ci-dessous : Tableau récapitulatif des paramètres des familles de discontinuités.

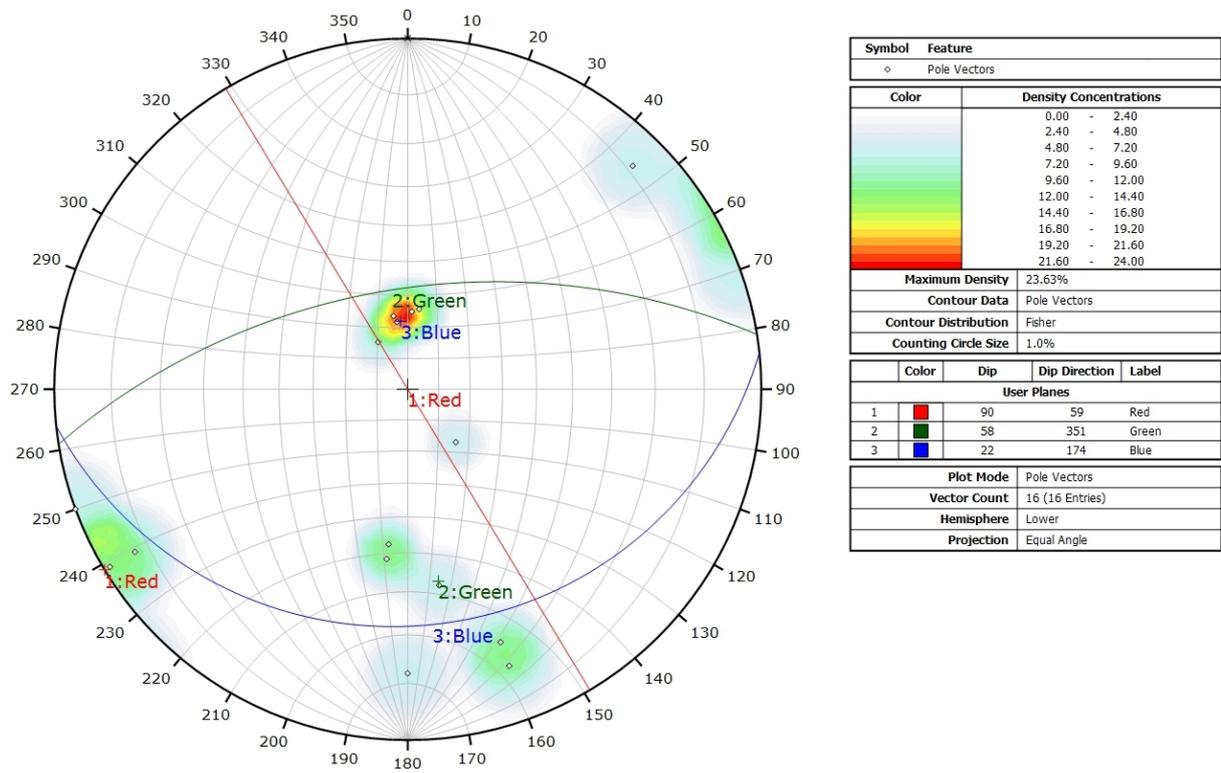
Nom	Azimut	Pendage	Persistence Max
Red	58.8	89.7	1.677
Green	351.3	58.3	0.952
Blue	173.7	22	9.277

Coordonnées moyennes de l'affleurement (CH1903): x = 563'265 y = 205'837 z = 473

Détail des discontinuités :

Azimut	Pendage	Barycentre X	Barycentre Y	Barycentre Z	Persistence
169.4	23.6	563264.4	205836.7	472.39	9.277
171.2	21.8	563264.3	205836.4	473.33	7.629
340.0	74.5	563266.8	205833.7	473.52	0.945
340.0	79.1	563266.9	205833.9	472.80	0.706
351.4	59.0	563266.2	205834.8	472.10	0.735
183.2	24.3	563267.0	205833.7	472.07	-
70.8	90.0	563265.3	205834.7	473.73	1.409
0.3	77.2	563267.2	205833.5	471.45	0.429
188.5	25.1	563264.1	205836.7	472.48	0.531
148.6	17.9	563263.6	205839.1	471.43	3.034
7.9	51.9	563265.2	205836.2	470.87	0.346
7.5	47.5	563265.9	205834.0	473.96	0.641
318.9	22.7	563264.2	205836.1	474.60	0.952
225.9	83.4	563263.4	205837.2	473.65	1.237
59.4	83.6	563265.1	205835.4	472.30	0.869
59.1	88.6	563263.5	205839.3	471.14	1.677

Inventaire géothermique et structural du canton de Neuchâtel : IGS-NE



Canevas de Schmidt avec les pôles de plans de discontinuités ainsi que leur densité par pourcent de surface. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimuth et en plongement.

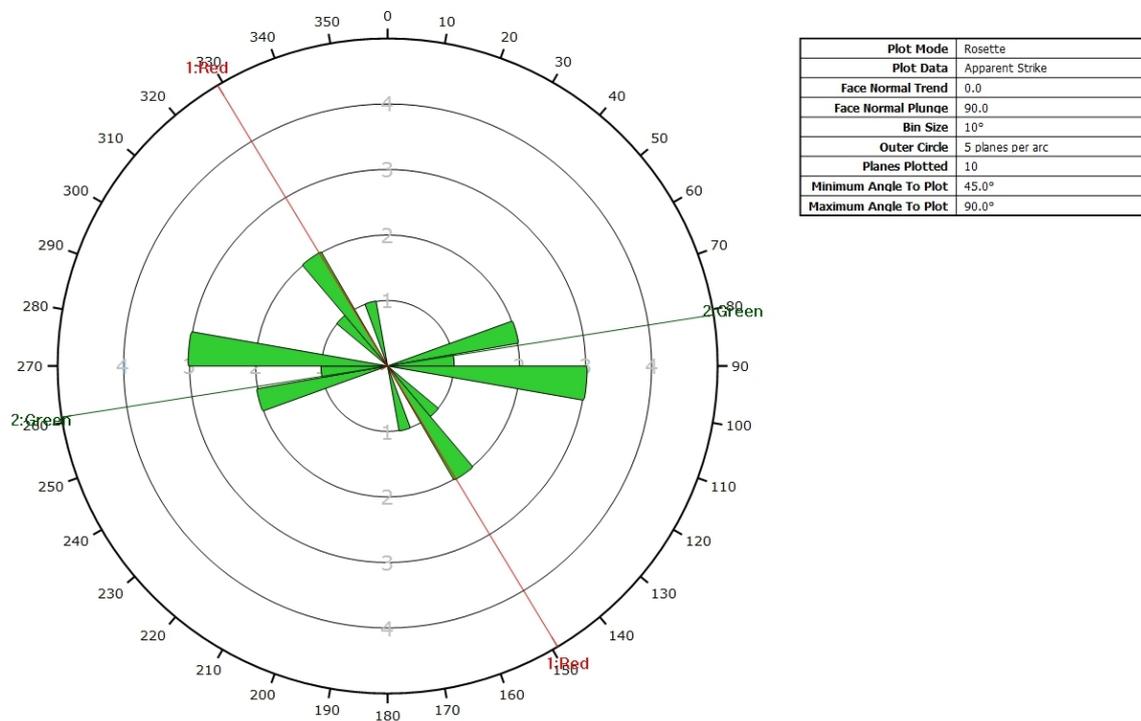
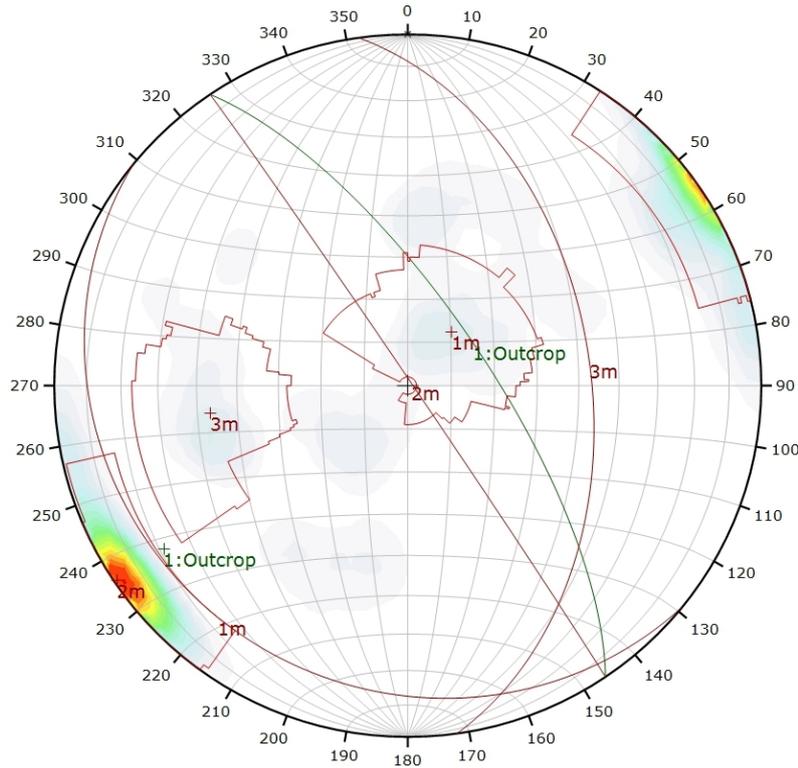


Diagramme de Rose des discontinuités.

AFFLEUREMENT : VILLA LARDY - TRAITEMENT STATISTIQUE



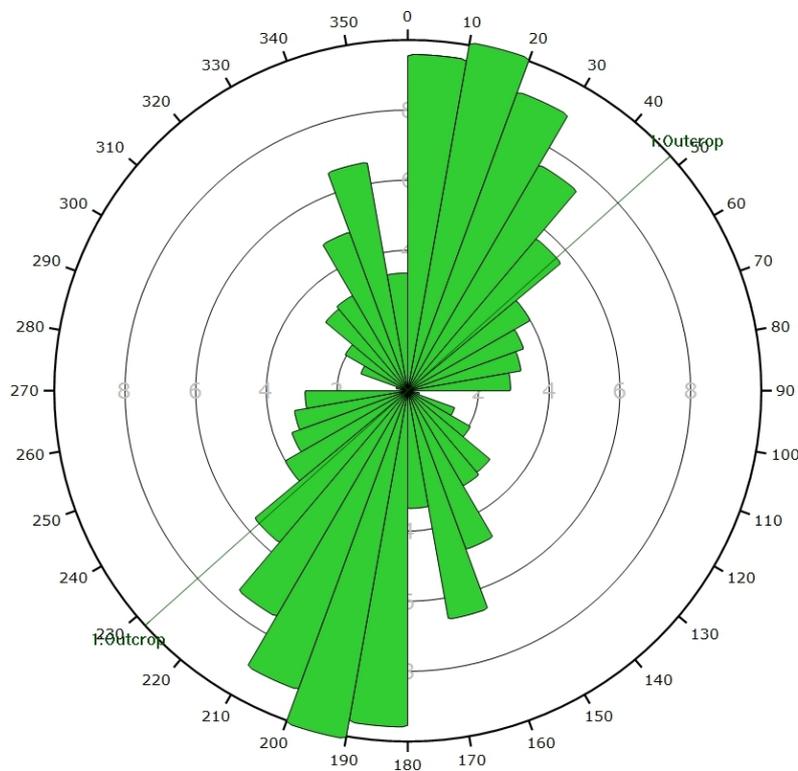
Color	Density Concentrations
	0.00 - 2.10
	2.10 - 4.20
	4.20 - 6.30
	6.30 - 8.40
	8.40 - 10.50
	10.50 - 12.60
	12.60 - 14.70
	14.70 - 16.80
	16.80 - 18.90
	18.90 - 21.00

Maximum Density	20.18%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes			
1	72	56	Outcrop
Mean Set Planes			
1m	16	219	
2m	89	56	
3m	47	82	

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	47 (6110 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Area
Too many entries for grid intersections	

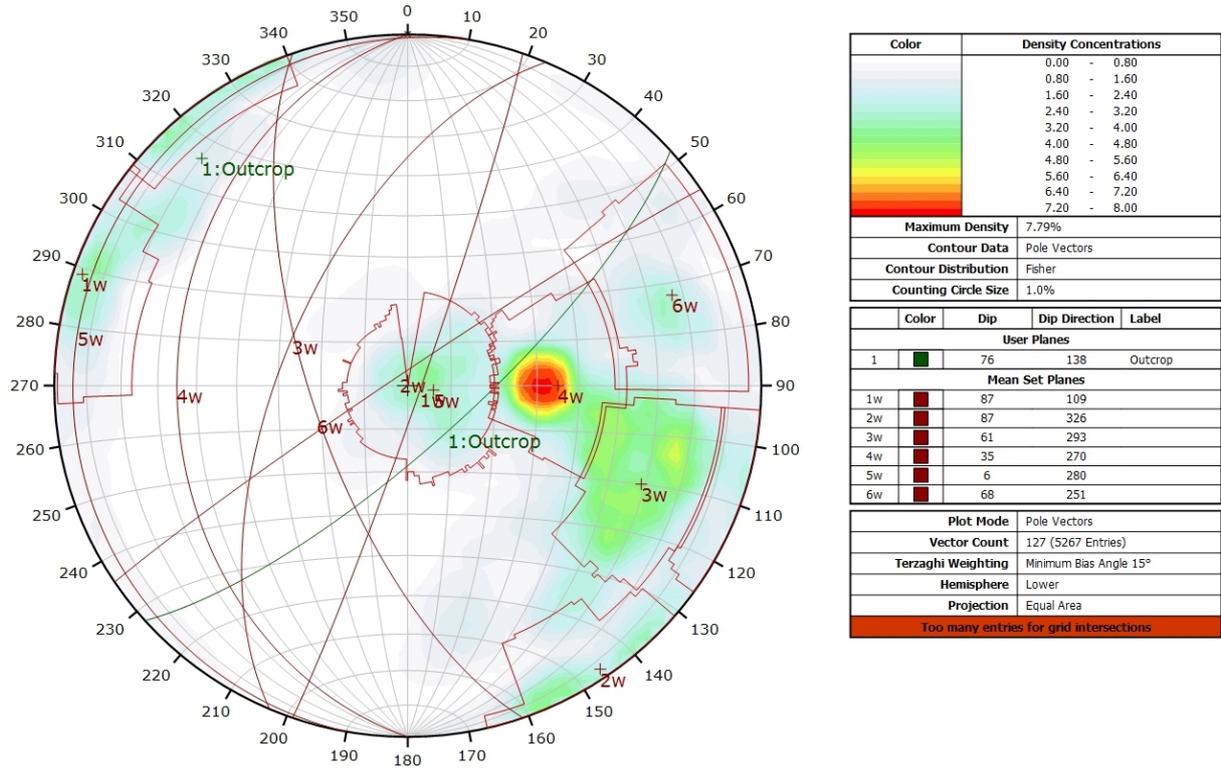
Canevas de Schmidt en densité de pôle de l'analyse statistique pondéré par la surface des plans. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimuth et en plongement.



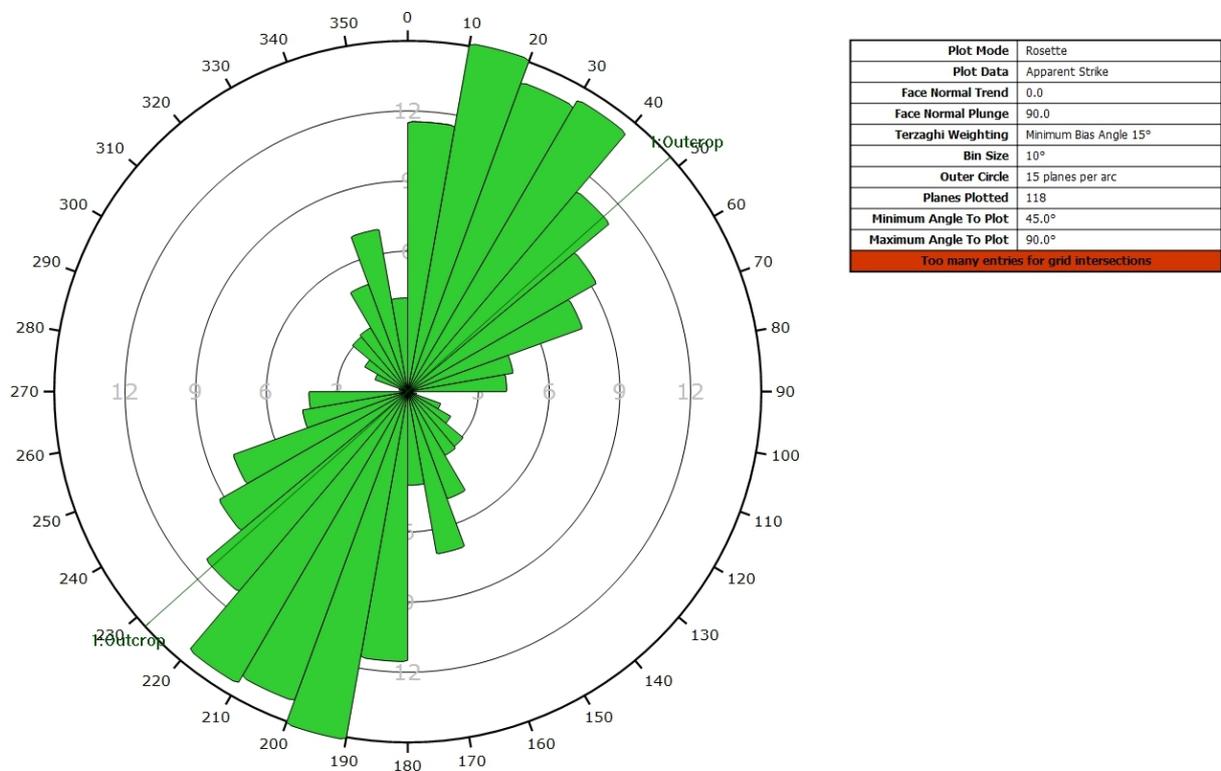
Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Bin Size	10°
Outer Circle	10 planes per arc
Planes Plotted	18
Minimum Angle To Plot	45.0°
Maximum Angle To Plot	90.0°
Too many entries for grid intersections	

Diagramme de Rose de l'analyse statistique pondéré par la surface des plans.

AFFLEUREMENT : VILLA LARDY - TRAITEMENT STATISTIQUE PONDERE PAR TERZAGHI



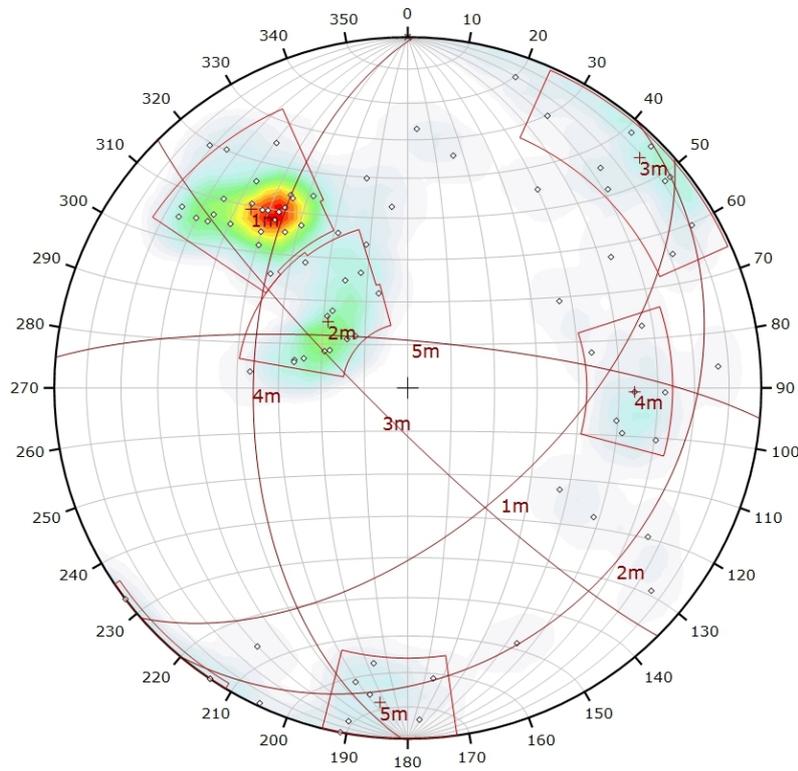
Canevas de Schmidt en densité de pôle de l'analyse statistique, pondéré par la surface des plans ainsi que par Terzagli. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimut et en plongement.



Canevas de Schmidt en densité de pôle de l'analyse statistique, pondéré par la surface des plans ainsi que par Terzagli. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimut et en plongement.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : COL – PICKING

Coordonnées moyennes de l’affleurement (CH1903): x = 56^56’787 y = 213’809 z= 1278



Symbol	Feature
○	Pole Vectors

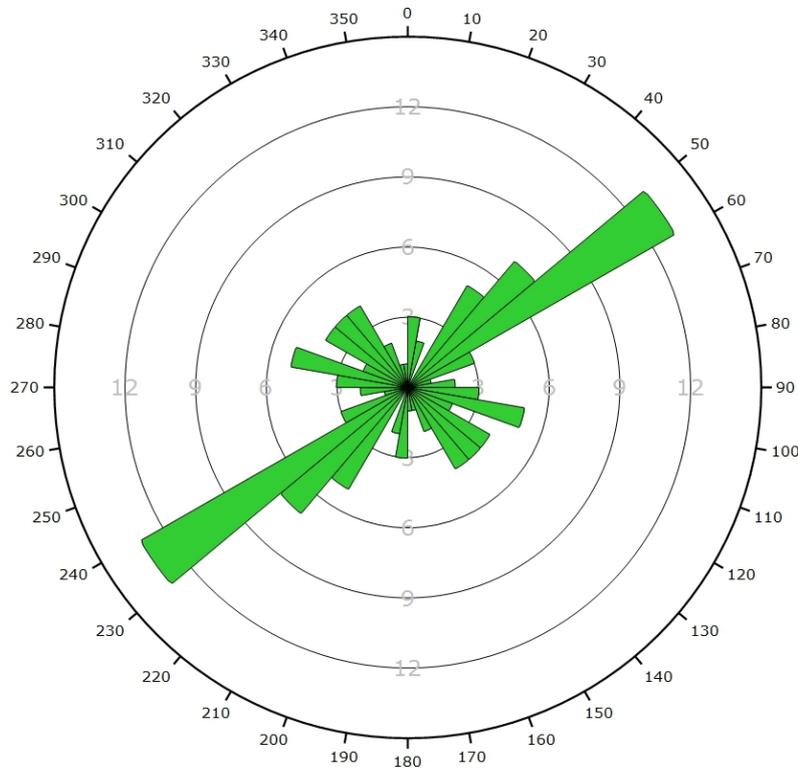
Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.35
	1.35 - 2.70
	2.70 - 4.05
	4.05 - 5.40
	5.40 - 6.75
	6.75 - 8.10
	8.10 - 9.45
	9.45 - 10.80
	10.80 - 12.15
	12.15 - 13.50

Maximum Density	13.02%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Color	Trend	Plunge	Label
Mean Set Planes			
1m	319	33	
2m	310	66	
3m	45	8	
4m	91	36	
5m	185	11	

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	83 (83 Entries)
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Area

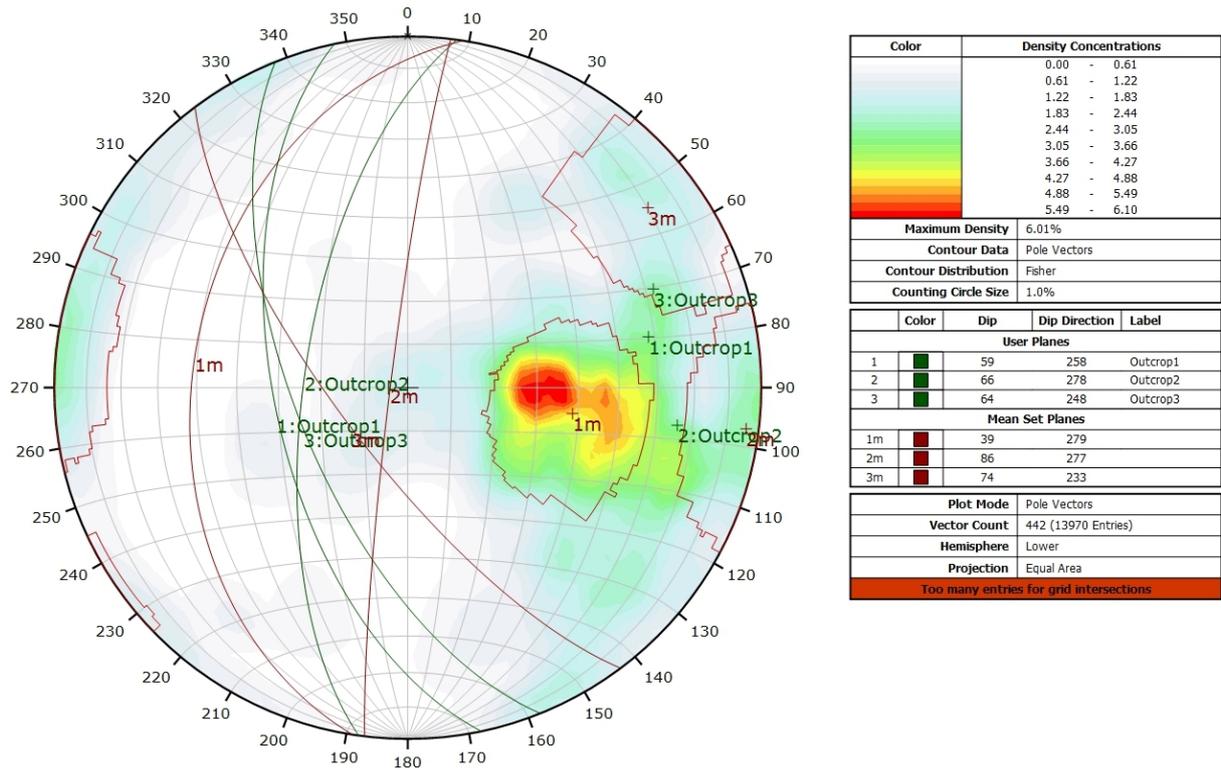
Canevas de Schmidt avec les pôles de plans de discontinuités de l’ensemble des images 3D ainsi que leur densité par pourcent de surface. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimut et en plongement.



Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Bin Size	10°
Outer Circle	15 planes per arc
Planes Plotted	62
Minimum Angle To Plot	45.0°
Maximum Angle To Plot	90.0°

Diagramme de Rose de l’ensemble des discontinuités des images 3D.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : COL – TRAITEMENT STATISTIQUE



Canevas de Schmidt en densité de pôle de l'analyse statistique effectuée sur l'ensemble des images 3D, pondéré par la surface des plans. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimut et en plongement.

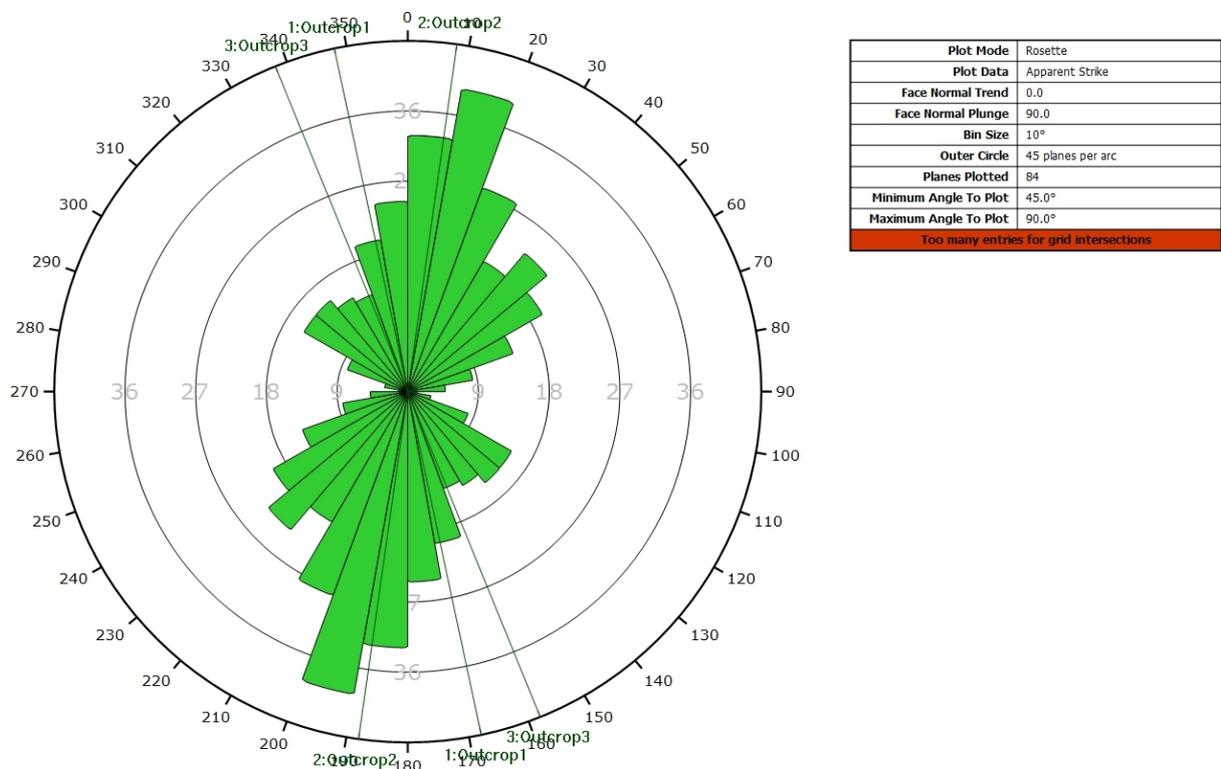
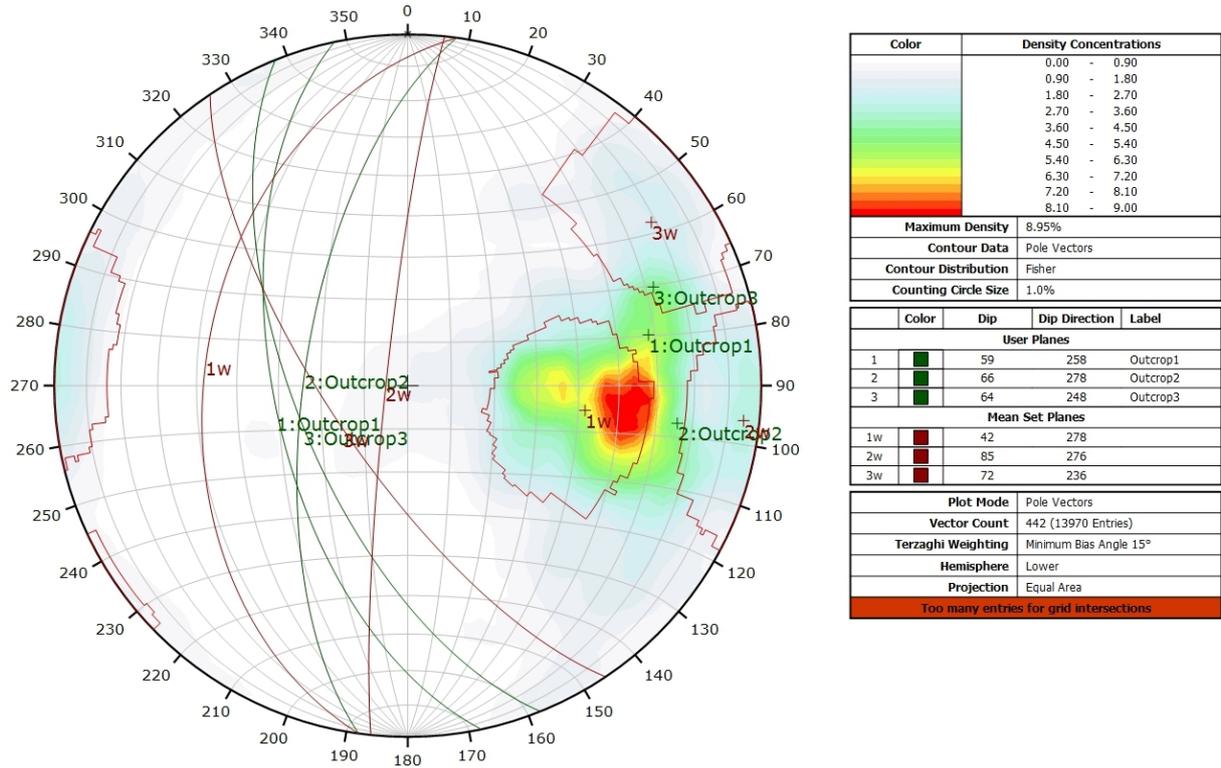


Diagramme de Rose de l'analyse statistique effectuée sur l'ensemble des photos 3D, pondéré par la surface des plans.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : COL – TRAITEMENT STATISTIQUE PONDERE PAR TERZAGHI



Canevas de Schmidt en densité de pôle de l'analyse statistique effectuée sur l'ensemble des images 3D, pondéré par la surface des plans ainsi que par Terzaghi. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimuth et en plongement.

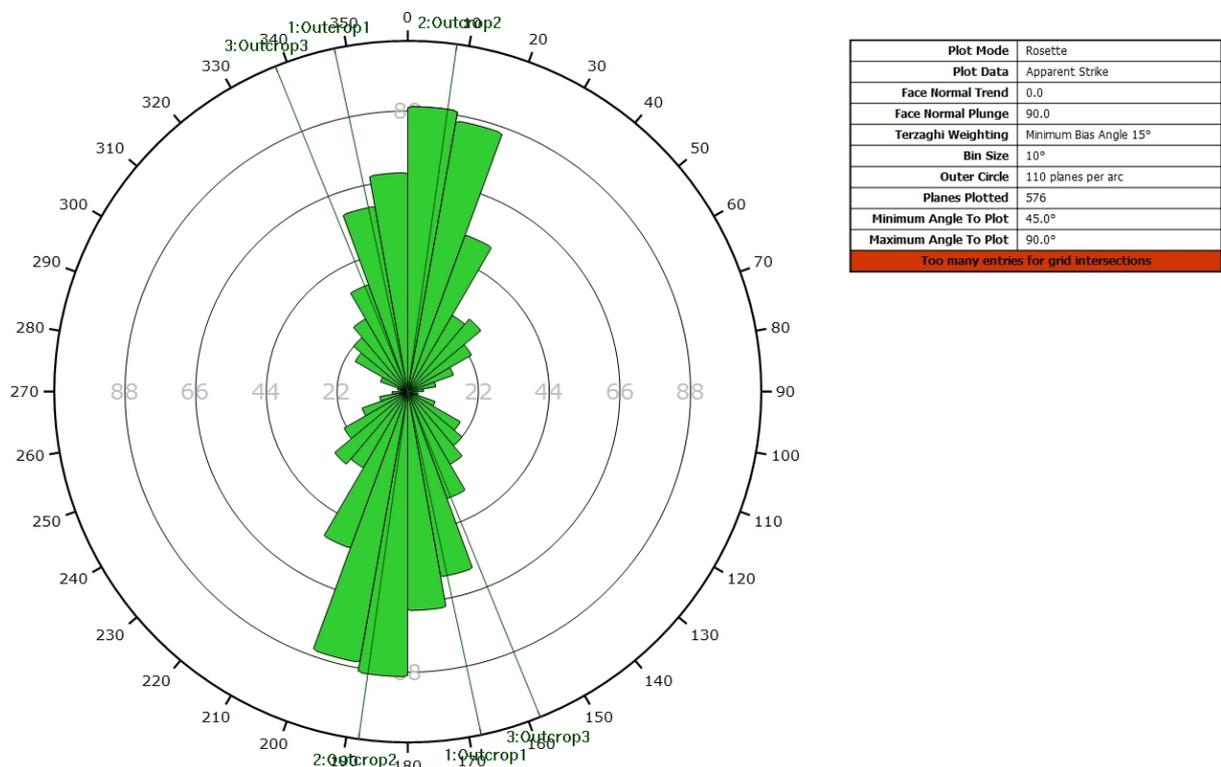
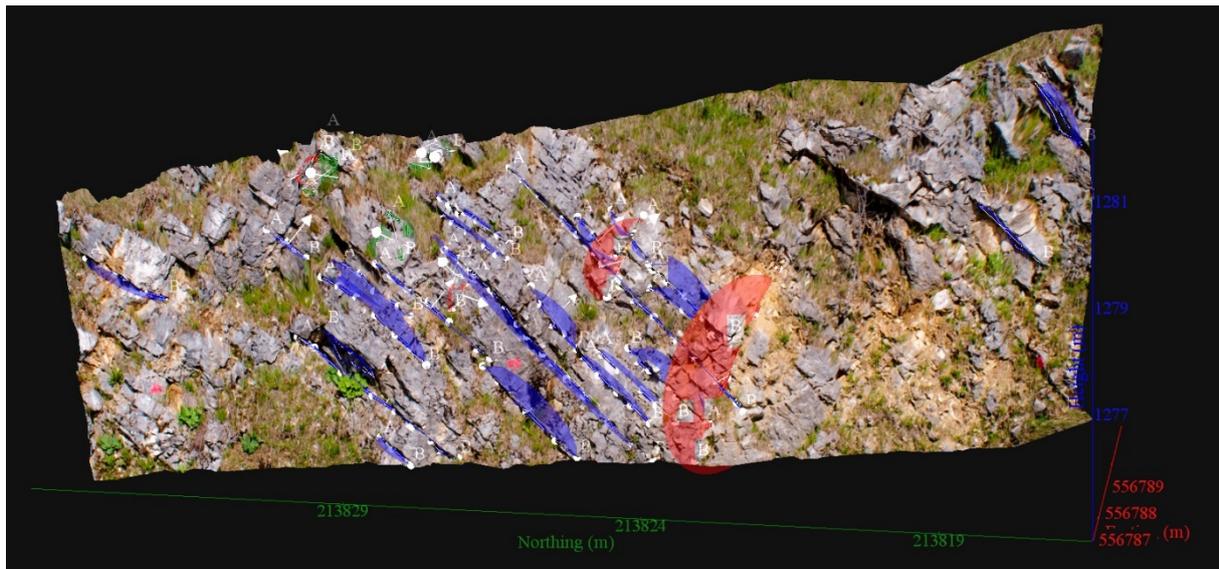


Diagramme de Rose de l'analyse statistique effectuée sur l'ensemble des images 3D, pondéré par la surface des plans ainsi que par Terzaghi.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : COL – PHOTO A – PICKING



Vue en 3D de l'affleurement, des discontinuités et des familles de discontinuités obtenues grâce à Sirovision 5. Ci-dessous : Tableau récapitulatif des paramètres des familles de discontinuités.

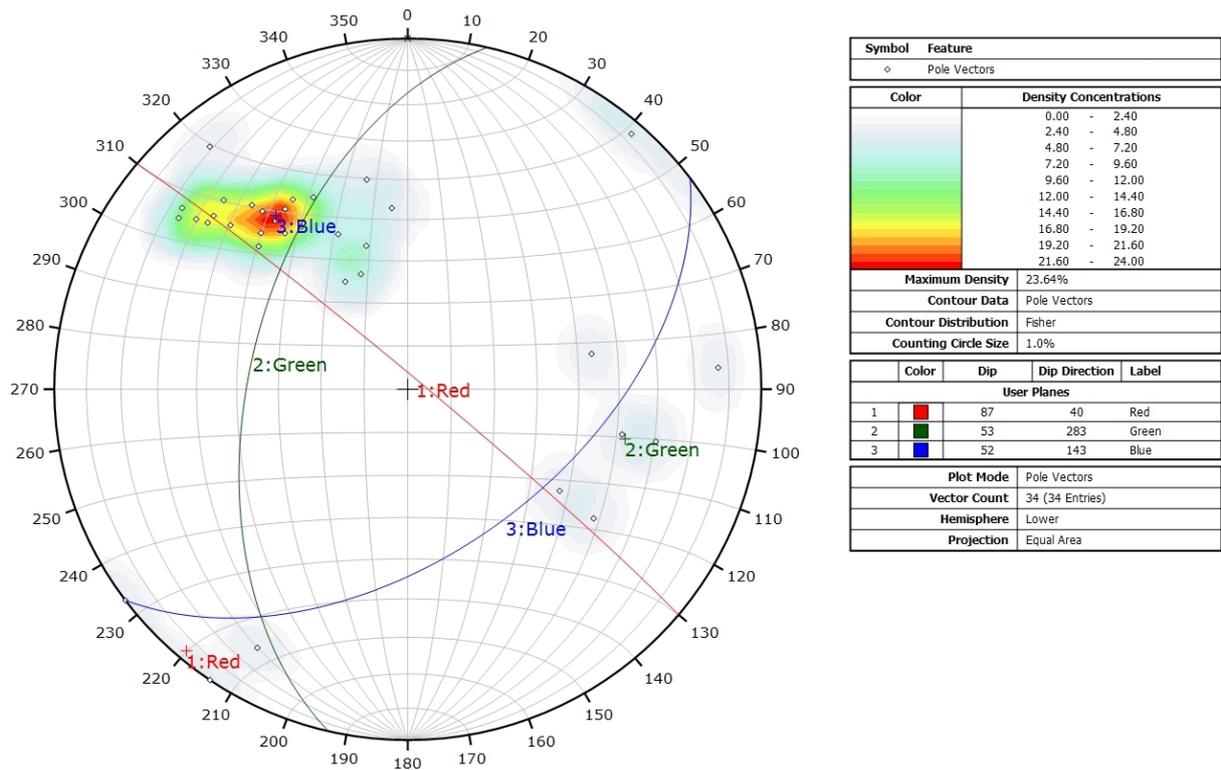
Nom	Azimut	Pendage	Persistance Max
Red	39.7	86.7	3.522
Green	282.8	53.2	0.895
Blue	143.1	51.9	5.693

Coordonnées moyennes de l'affleurement (CH1903): x = 556'787 y = 213'826 z= 1277

Détail des discontinuités :

Azimut	Pendage	Barycentre X	Barycentre Y	Barycentre Z	Persistence
154.5	50.2	556787.8	213825.8	1277.24	4.947
149.7	52.6	556788.2	213824.4	1278.16	5.693
147.5	45.5	556788.1	213827.6	1277.65	2.511
132.5	63.0	556787.4	213825.9	1276.13	2.194
156.7	39.7	556789.3	213830.1	1278.11	0.838
150.3	28.1	556788.5	213832.8	1277.66	1.471
136.2	63.9	556788.1	213828.6	1277.37	2.531
142.9	46.3	556787.7	213828.4	1275.98	3.508
164.7	34.4	556787.2	213828.1	1275.38	0.745
158.6	29.0	556788.4	213828.6	1277.78	1.633
141.3	54.1	556787.4	213824.2	1276.76	1.797
140.9	57.7	556787.4	213824.5	1276.59	1.627
175.1	42.3	556788.4	213824.9	1278.87	0.915
129.6	70.3	556788.0	213823.4	1278.16	1.836
133.4	57.4	556787.9	213823.3	1277.83	1.711
169.1	50.9	556788.4	213824.3	1278.99	1.029
129.2	65.6	556787.8	213825.6	1277.70	1.367
134.3	48.3	556788.8	213827.0	1278.99	1.484
137.1	51.0	556788.6	213826.9	1278.70	1.435
53.5	89.4	556788.4	213824.4	1278.56	1.544
221.0	85.4	556788.3	213827.1	1277.79	0.714
282.5	60.3	556789.9	213829.7	1279.13	0.730
130.3	62.4	556789.9	213829.5	1279.42	0.423
30.0	73.7	556789.8	213829.9	1279.26	0.617
282.9	51.5	556789.9	213829.5	1279.62	0.636
305.1	53.5	556788.6	213828.3	1278.62	0.895
304.7	42.1	556788.3	213827.2	1278.15	0.408
142.4	50.7	556788.2	213829.0	1276.64	1.240
141.9	77.1	556790.1	213817.3	1280.84	1.324
146.0	52.0	556789.2	213818.1	1279.11	1.518
127.9	69.1	556787.4	213823.6	1276.74	1.757
266.2	76.1	556789.5	213827.7	1279.85	0.481
259.3	43.4	556789.6	213828.0	1279.61	0.358
34.2	89.3	556787.6	213822.5	1276.93	3.522

Inventaire géothermique et structural du canton de Neuchâtel : IGS-NE



Canevas de Schmidt avec les pôles de plans de discontinuités ainsi que leur densité par pourcent de surface. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimuth et en plongement.

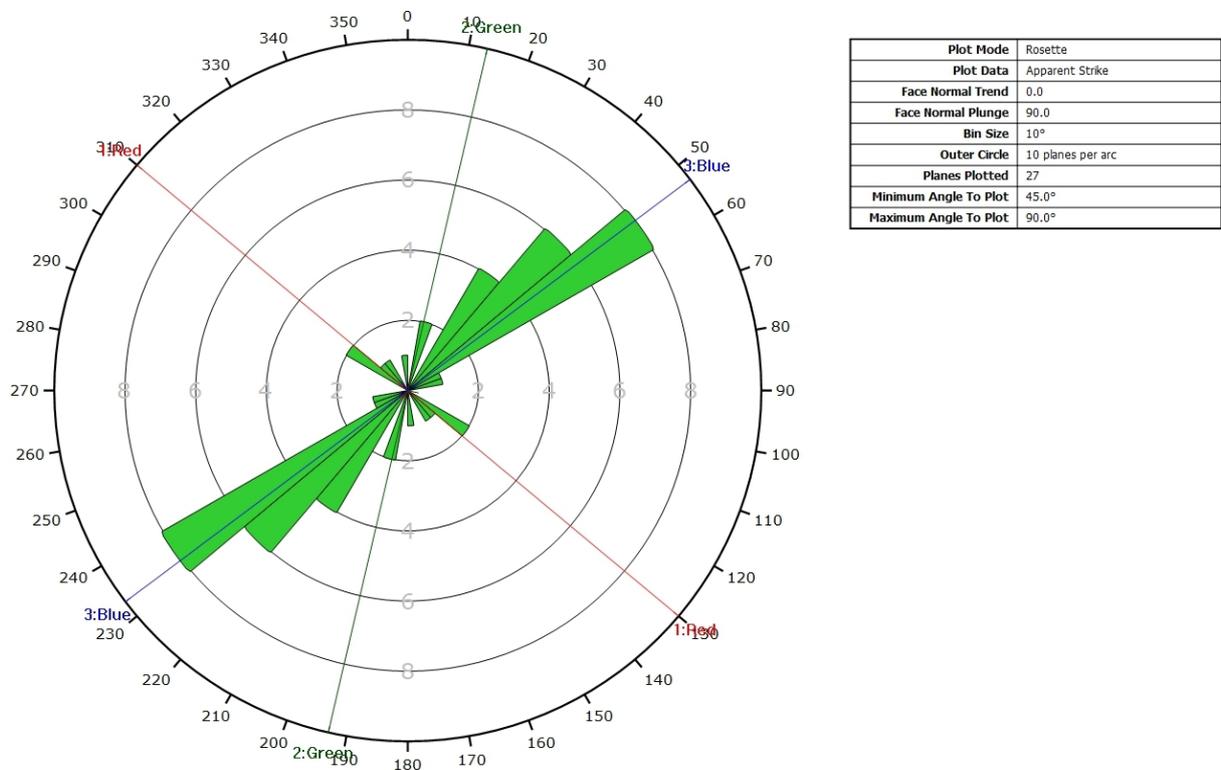
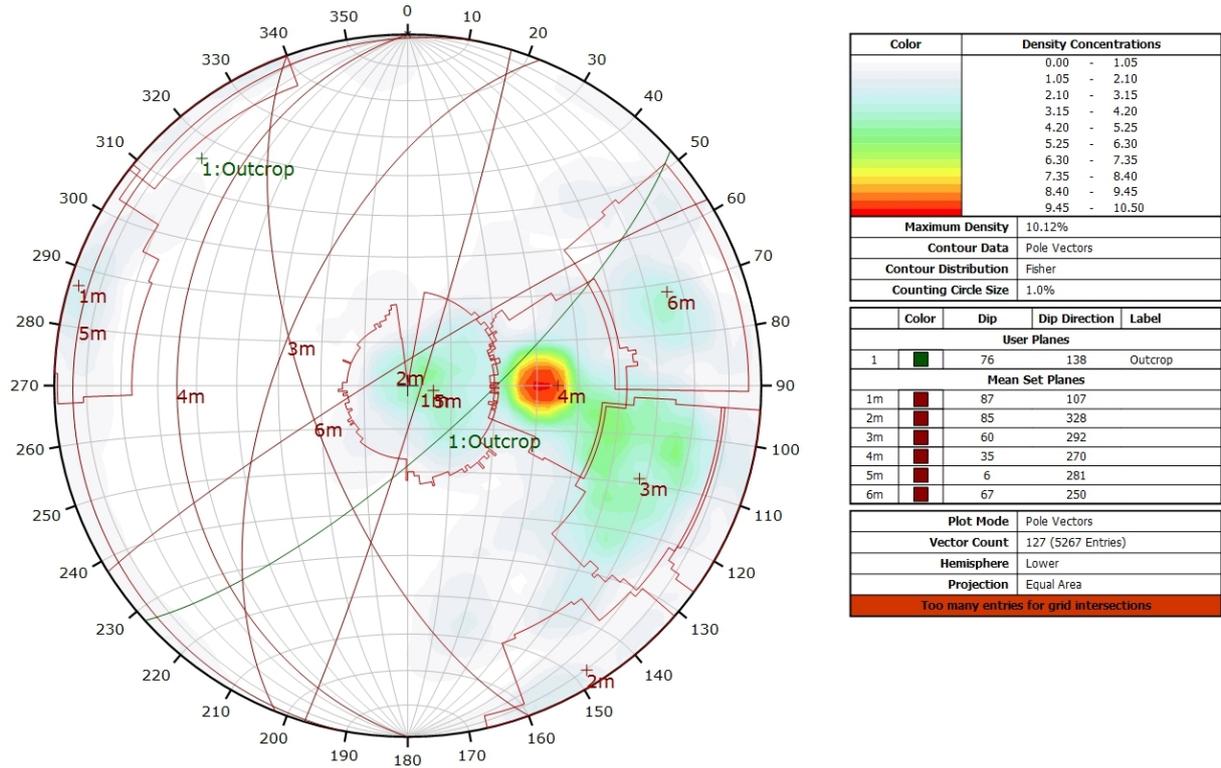


Diagramme de Rose des discontinuités.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : COL - PHOTO A - TRAITEMENT STATISTIQUE



Canevas de Schmidt en densité de pôle de l'analyse statistique pondéré par la surface des plans. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimuth et en plongement.

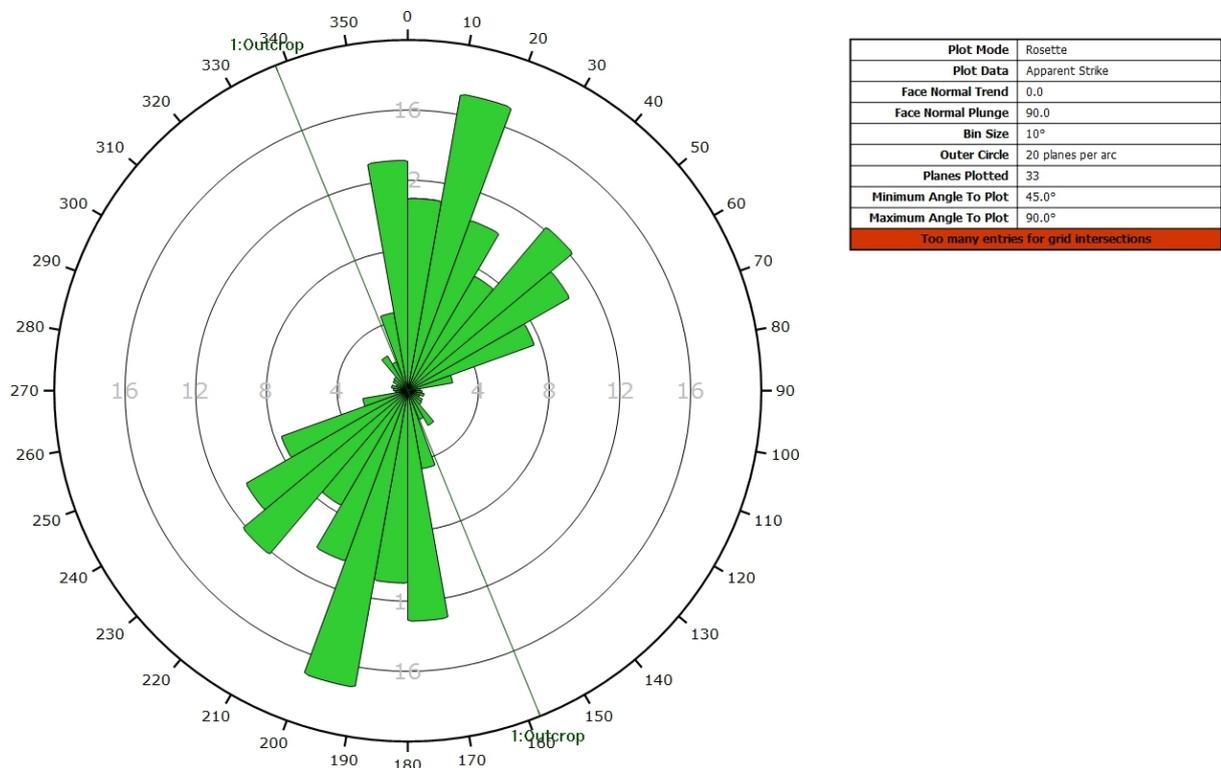
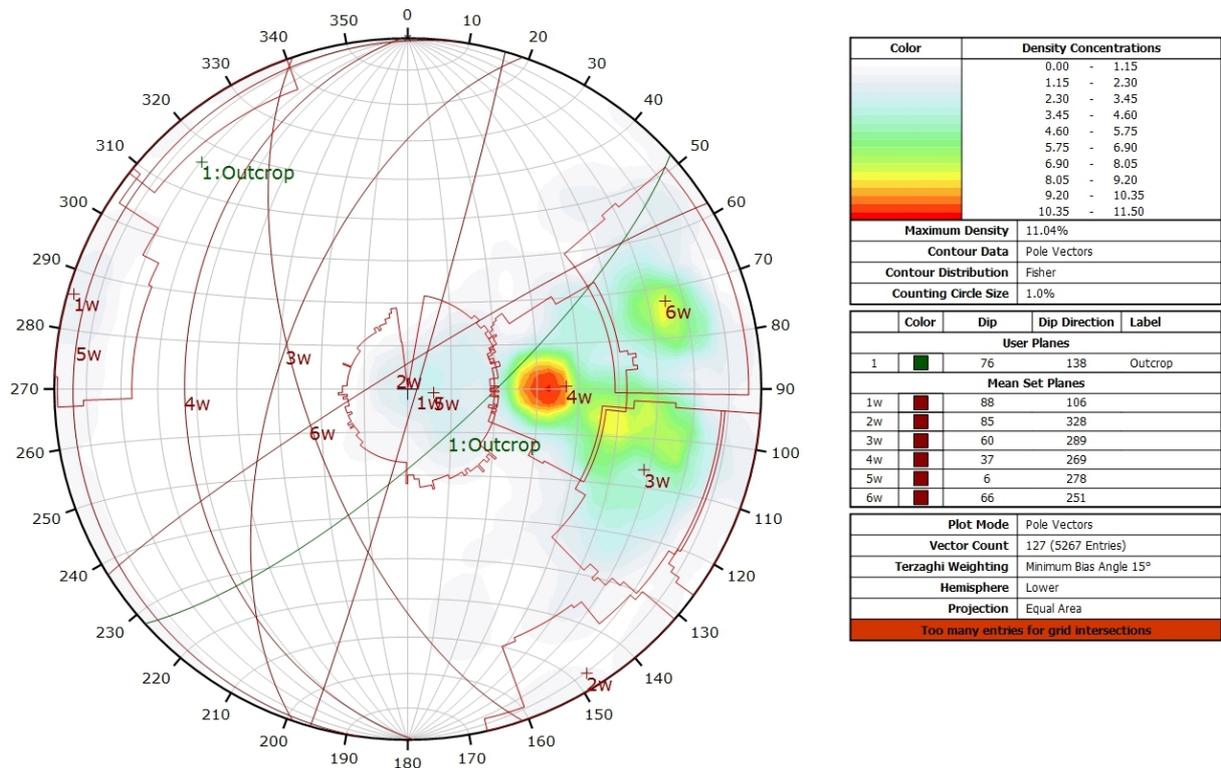


Diagramme de Rose de l'analyse statistique pondéré par la surface des plans.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : COL - PHOTO A - TRAITEMENT STATISTIQUE PONDERE PAR TERZAGHI



Canevas de Schmidt en densité de pôle de l'analyse statistique, pondéré par la surface des plans ainsi que par Terzaghi. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimut et en plongement.

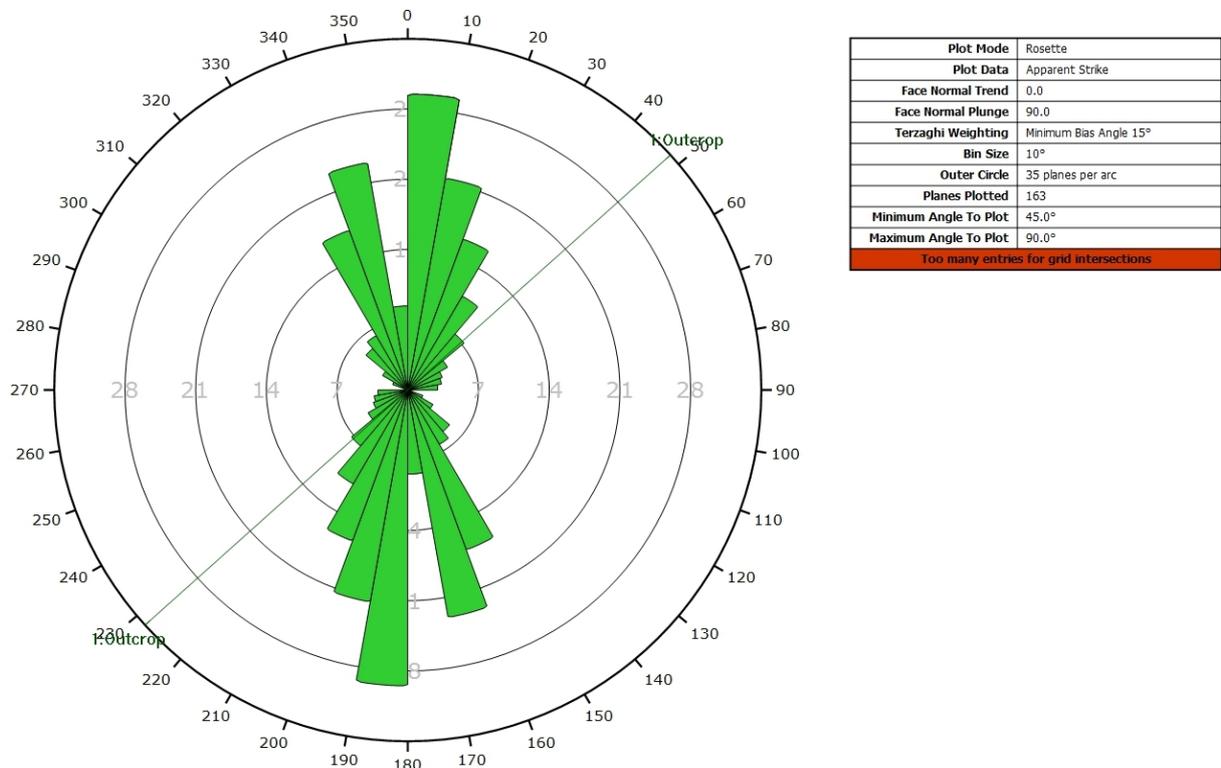
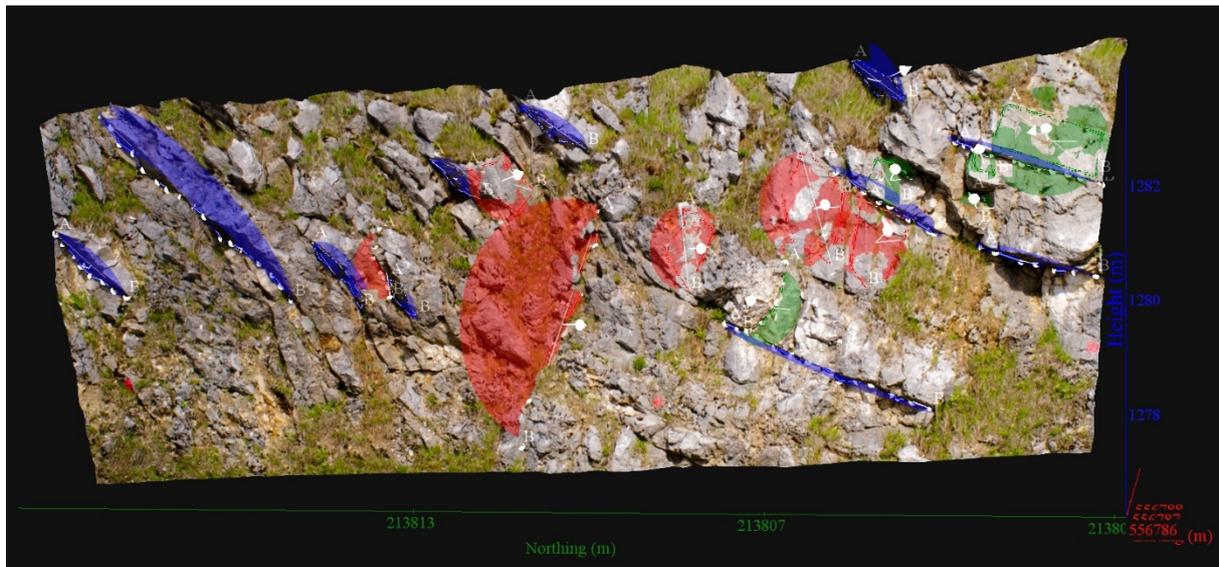


Diagramme de Rose de l'analyse statistique, pondéré par la surface des plans ainsi que par Terzaghi.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : COL – PHOTO B – PICKING



Vue en 3D de l'affleurement, des discontinuités et des familles de discontinuités obtenues grâce à Sirovision 5. Ci-dessous : Tableau récapitulatif des paramètres des familles de discontinuités.

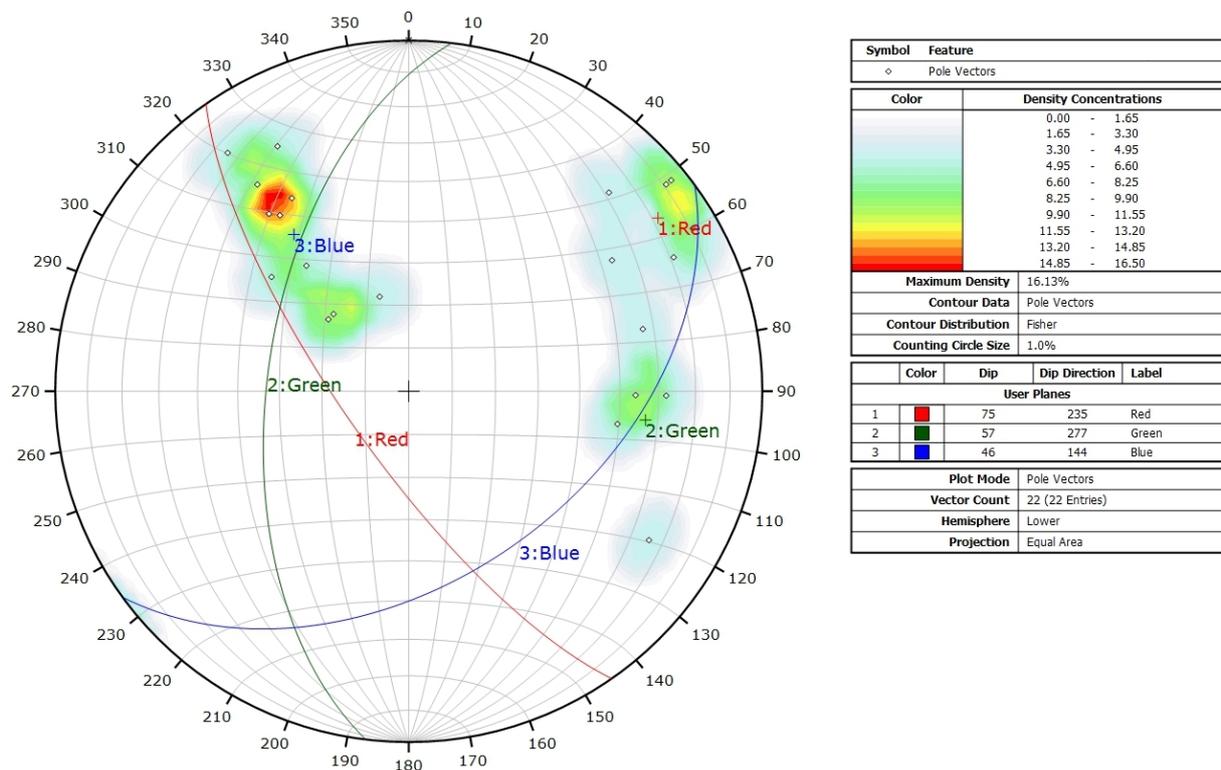
Nom	Azimut	Pendage	Persistence Max
Red	234.9	74.7	4.32
Green	276.7	57.2	2.113
Blue	144	46.4	4.719

Coordonnées moyennes de l'affleurement (CH1903): x = 556'787 y = 213'808 z = 1277

Détail des discontinuités :

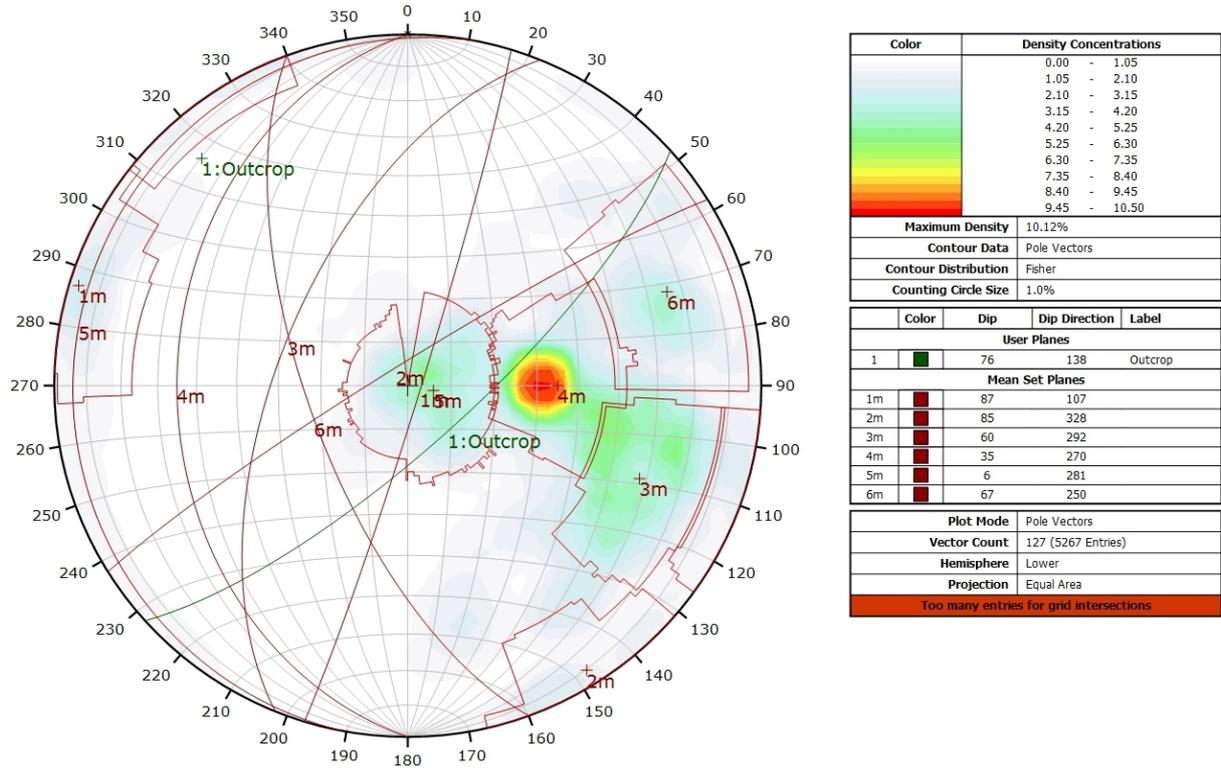
Azimut	Pendage	Barycentre X	Barycentre Y	Barycentre Z	Persistence
149.9	53.1	556789.5	213816.5	1280.04	4.719
144.2	51.4	556789.3	213818.3	1279.04	1.636
144.0	62.0	556788.5	213813.9	1279.06	1.445
152.4	67.6	556788.2	213812.9	1278.76	0.907
142.4	54.0	556789.0	213812.0	1280.69	1.144
130.7	42.0	556789.1	213810.4	1281.59	1.346
225.4	68.4	556788.9	213811.2	1280.67	1.382
240.4	81.5	556787.6	213807.9	1279.76	1.477
243.0	72.8	556787.8	213805.8	1280.44	2.023
237.4	58.0	556787.9	213804.8	1279.82	1.659
271.6	53.5	556788.0	213801.8	1281.61	2.113
255.7	57.7	556788.2	213804.5	1280.87	0.914
279.8	49.5	556788.1	213802.9	1281.19	0.650
271.9	61.4	556788.1	213803.0	1280.41	0.629
136.0	24.5	556787.9	213802.2	1281.24	2.725
132.9	24.2	556788.0	213802.0	1279.48	2.211
141.4	37.2	556788.3	213804.6	1280.48	2.320
302.4	68.9	556787.1	213806.6	1278.84	1.412
163.0	22.8	556786.8	213805.5	1277.80	3.901
143.9	73.7	556788.9	213804.7	1282.47	1.471
231.7	83.0	556787.6	213810.1	1278.40	4.320
231.4	84.7	556788.4	213813.2	1279.24	1.201

Inventaire géothermique et structural du canton de Neuchâtel : IGS-NE



Canevas de Schmidt avec les pôles de plans de discontinuités ainsi que leur densité par pourcent de surface. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimuth et en plongement.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : COL - PHOTO B - TRAITEMENT STATISTIQUE



Canevas de Schmidt en densité de pôle de l'analyse statistique pondéré par la surface des plans. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimuth et en plongement.

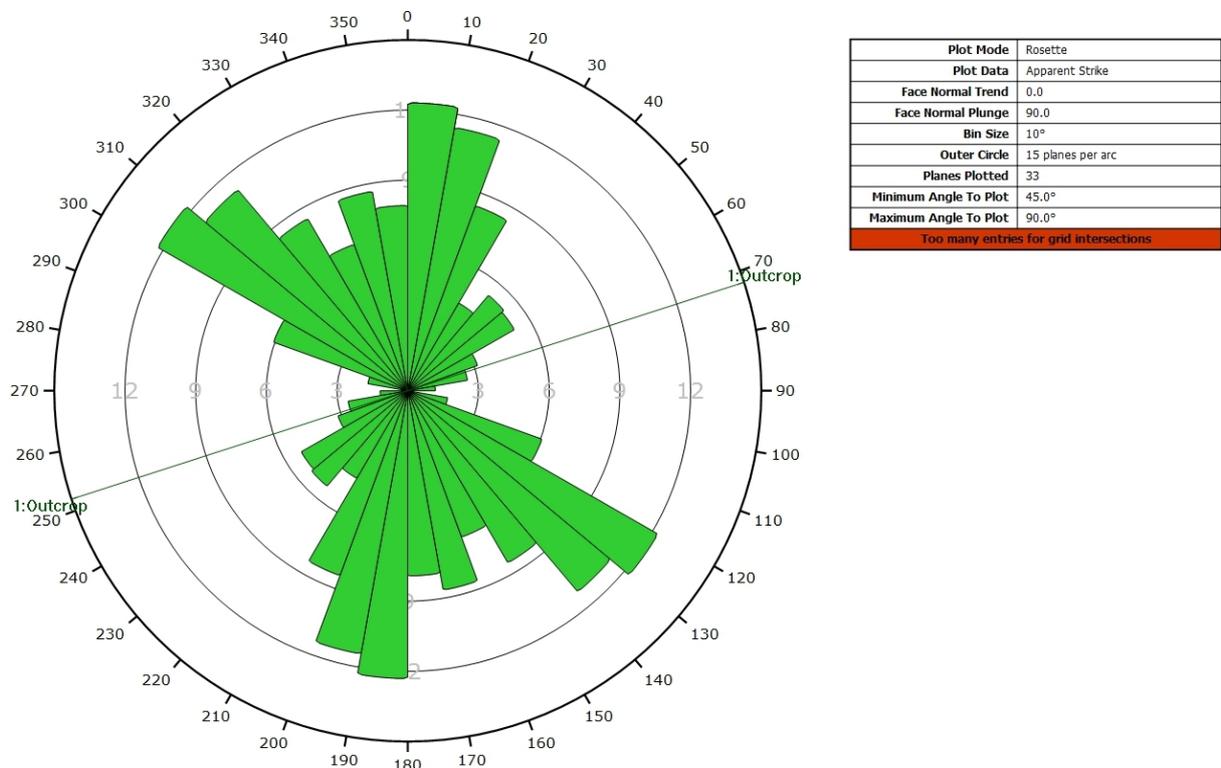
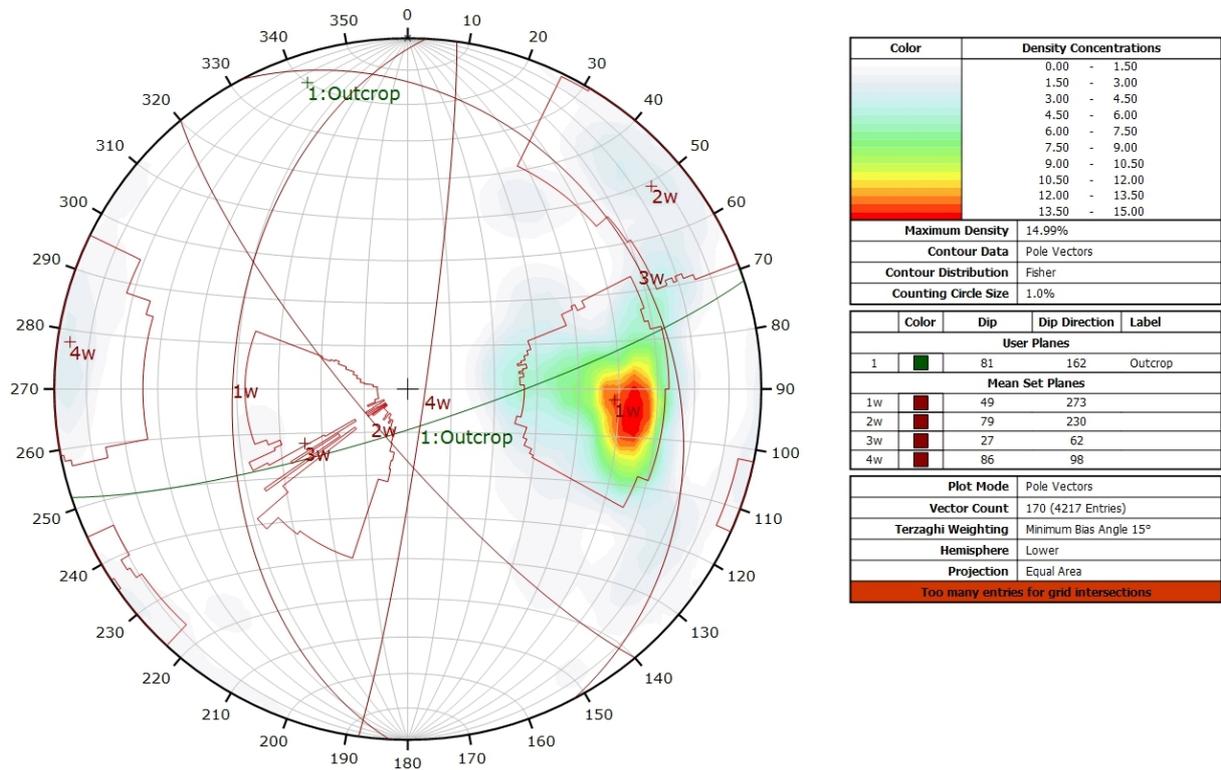


Diagramme de Rose de l'analyse statistique pondéré par la surface des plans.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : COL - PHOTO B - TRAITEMENT STATISTIQUE PONDERE PAR TERZAGHI



Canevas de Schmidt en densité de pôle de l'analyse statistique, pondéré par la surface des plans ainsi que par Terzaghi. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimut et en plongement.

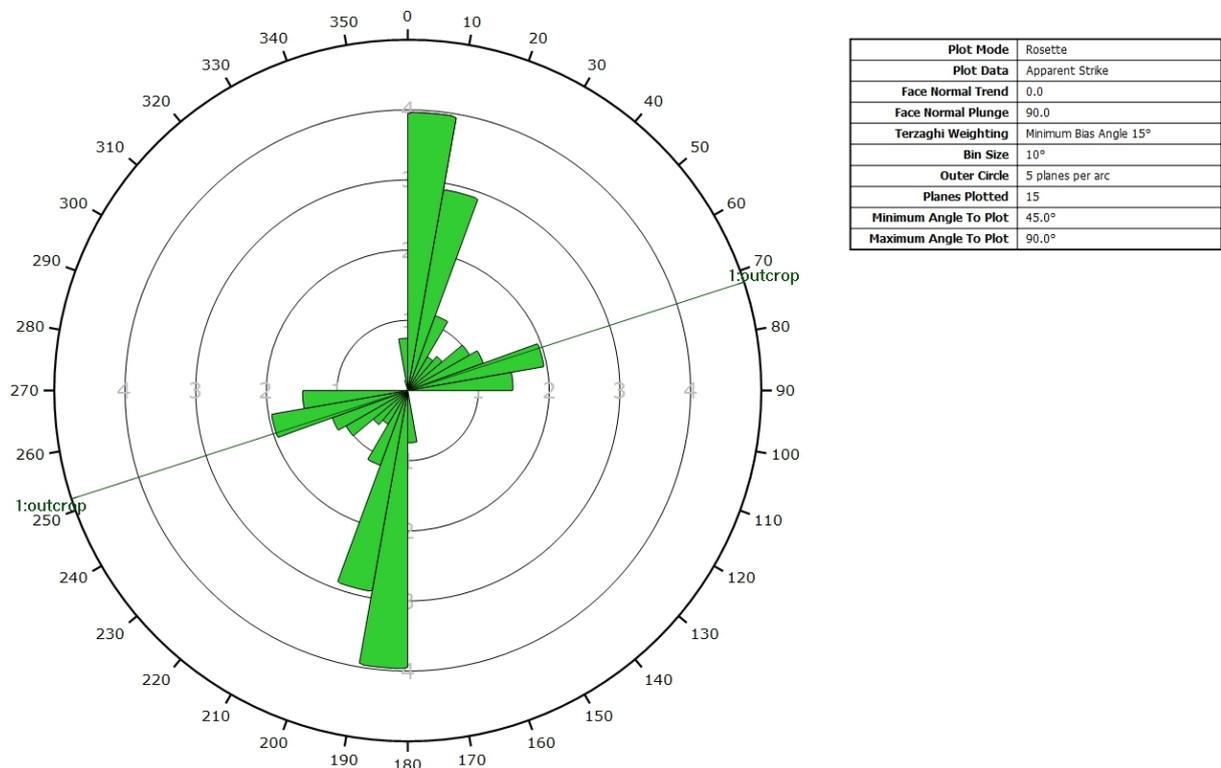
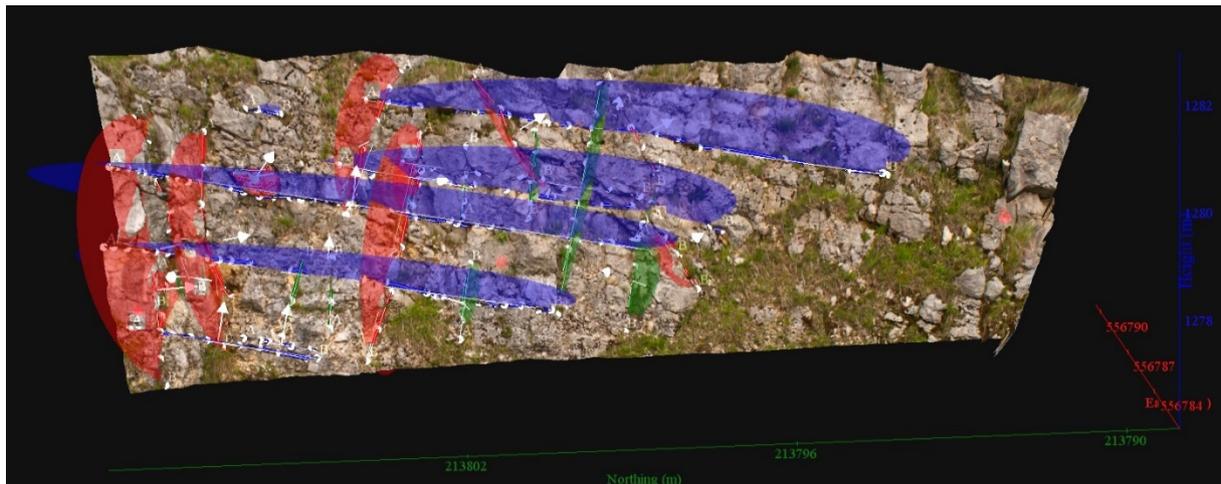


Diagramme de Rose de l'analyse statistique, pondéré par la surface des plans ainsi que par Terzaghi.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : COL – PHOTO C – PICKING



Vue en 3D de l'affleurement, des discontinuités et des familles de discontinuités obtenues grâce à Sirovision 5. Ci-dessous : Tableau récapitulatif des paramètres des familles de discontinuités.

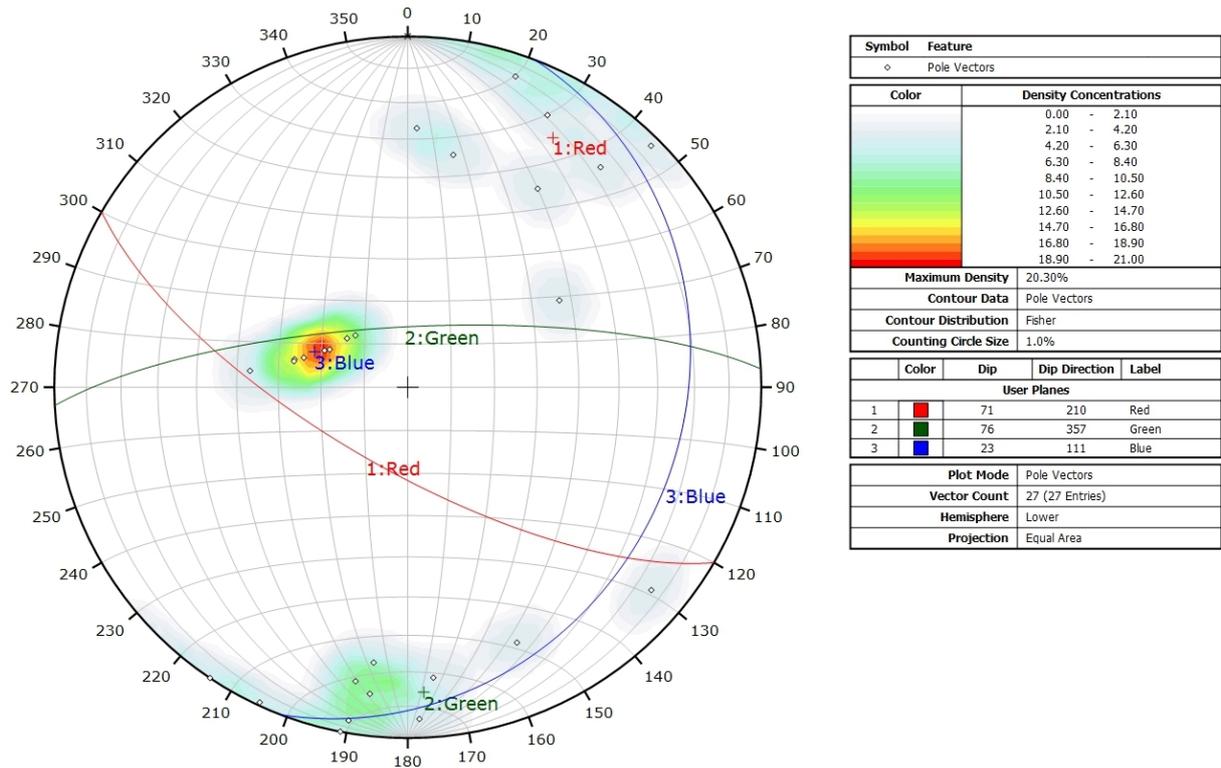
Nom	Azimut	Pendage	Persistence Max
Red	209.7	70.8	4.99
Green	357.2	76.3	4.502
Blue	110.6	23	11.758

Coordonnées moyennes de l'affleurement (CH1903): x = 556'786 y = 213'793 z = 1279

Détail des discontinuités :

Azimut	Pendage	Barycentre X	Barycentre Y	Barycentre Z	Persistance
116.8	19.8	556784.6	213803.3	1279.42	11.758
114.2	20.7	556783.9	213803.9	1278.31	9.036
129.8	17.4	556782.4	213806.1	1277.54	3.842
135.8	16.9	556782.9	213804.8	1277.33	1.525
104.5	26.1	556785.9	213800.2	1279.21	8.075
106.0	24.6	556786.9	213798.1	1279.98	10.600
103.3	26.6	556785.9	213800.0	1279.46	4.755
96.5	36.2	556784.9	213804.8	1281.18	0.696
221.6	71.5	556782.7	213807.1	1279.24	4.990
207.7	75.1	556783.3	213806.0	1279.18	4.004
225.6	86.4	556785.6	213802.0	1279.64	1.428
25.7	88.3	556784.8	213802.5	1278.55	4.565
191.2	56.8	556786.1	213800.1	1280.26	2.230
213.6	56.6	556786.3	213797.2	1277.93	1.462
34.7	89.5	556785.4	213802.8	1280.42	3.124
7.5	76.3	556786.2	213798.9	1278.98	4.502
358.7	83.2	556785.9	213799.8	1279.51	1.561
7.2	68.0	556786.5	213797.6	1278.58	0.981
182.6	62.3	556786.8	213797.8	1279.91	1.340
355.7	71.2	556784.9	213801.2	1277.47	1.526
10.8	86.0	556785.6	213801.1	1279.49	1.292
11.3	89.1	556783.6	213803.8	1278.01	1.348
10.5	73.4	556783.4	213804.6	1278.03	1.570
337.5	68.0	556785.9	213798.0	1277.51	1.726
199.9	82.3	556782.3	213807.2	1278.58	0.770
310.1	78.2	556782.6	213806.6	1278.72	0.743
240.4	40.7	556784.1	213805.1	1280.15	0.935

Inventaire géothermique et structural du canton de Neuchâtel : IGS-NE



Canevas de Schmidt avec les pôles de plans de discontinuités ainsi que leur densité par pourcent de surface. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimuth et en plongement.

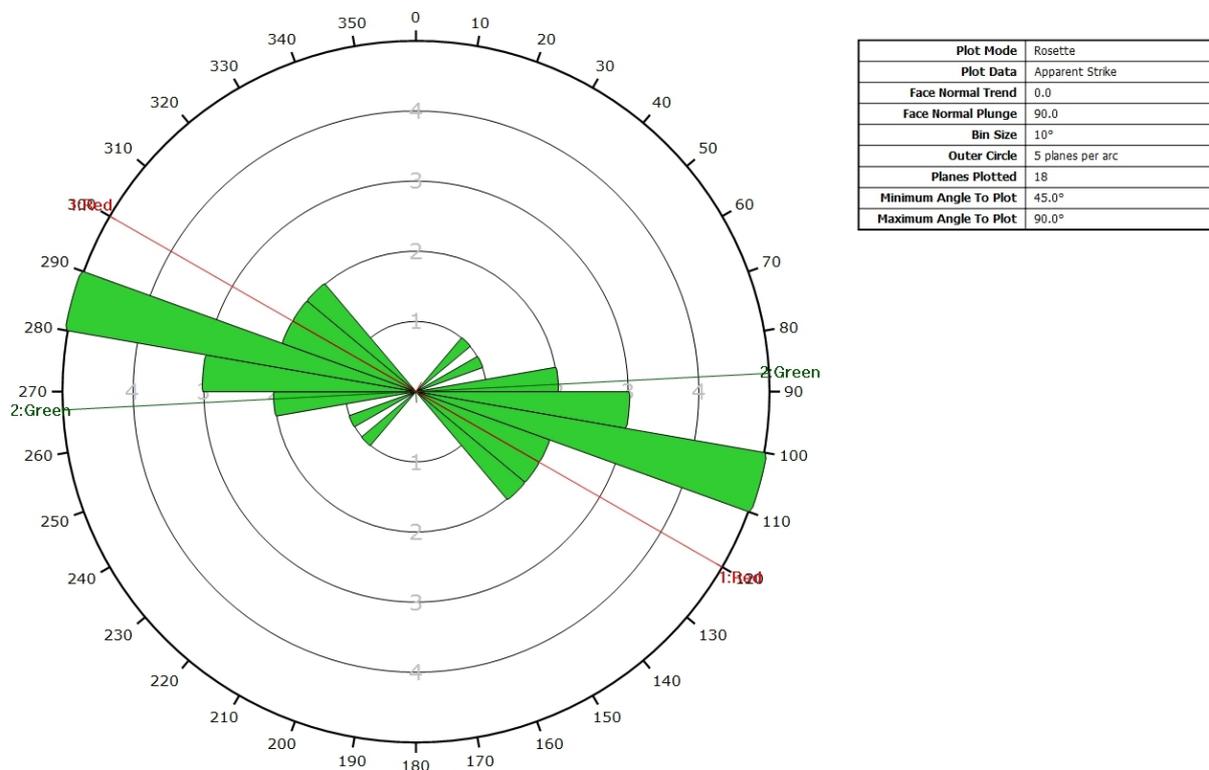
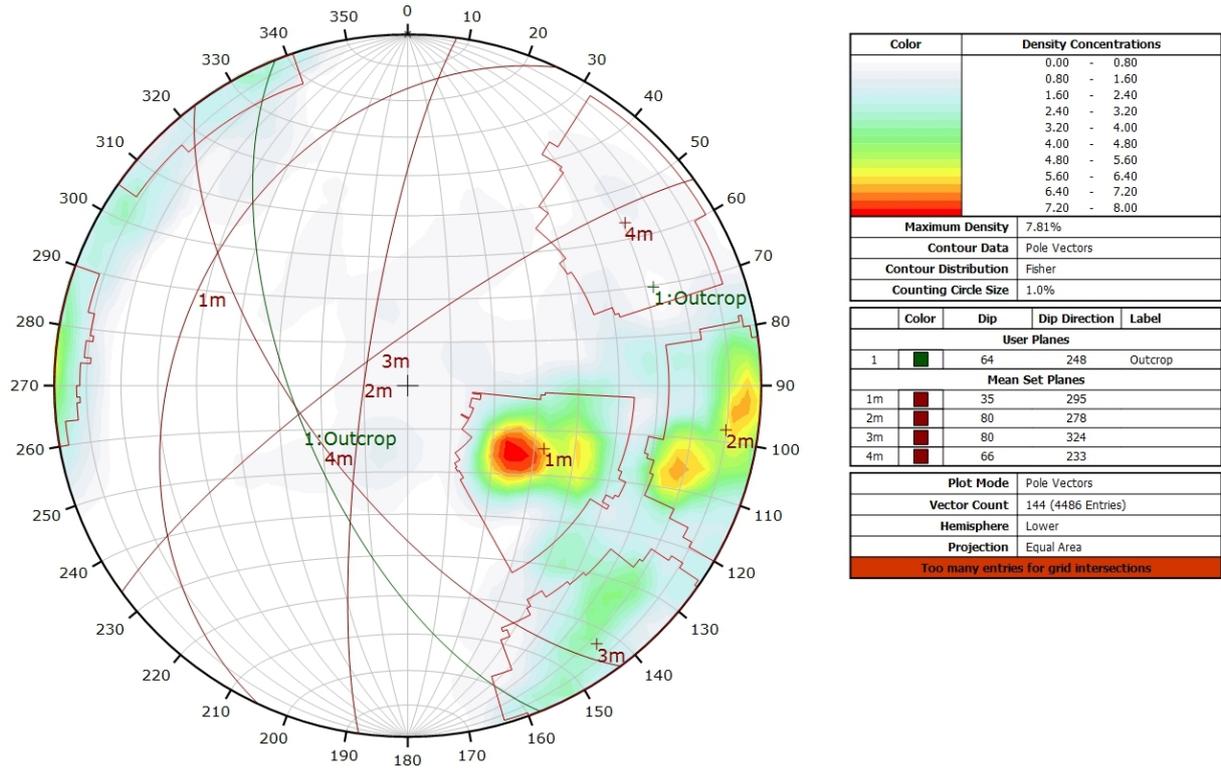


Diagramme de Rose des discontinuités.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : COL - PHOTO C - TRAITEMENT STATISTIQUE



Canevas de Schmidt en densité de pôle de l'analyse statistique pondéré par la surface des plans. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimuth et en plongement.

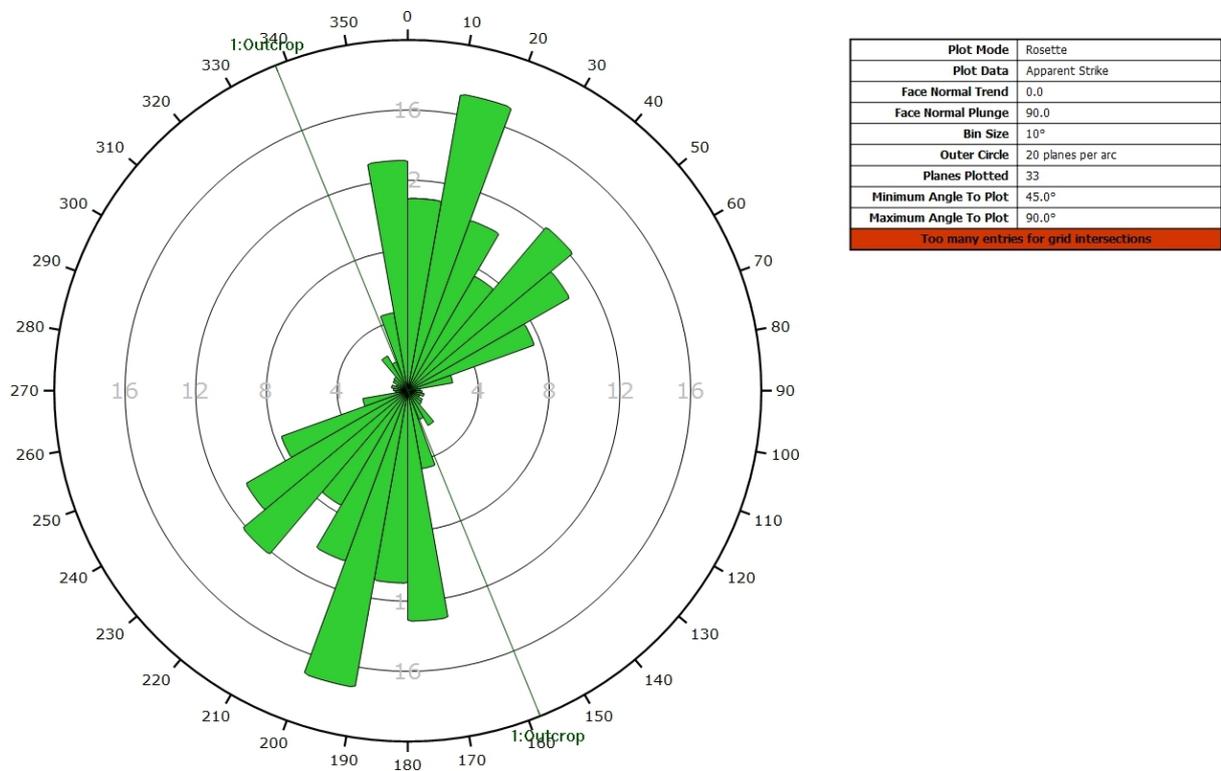
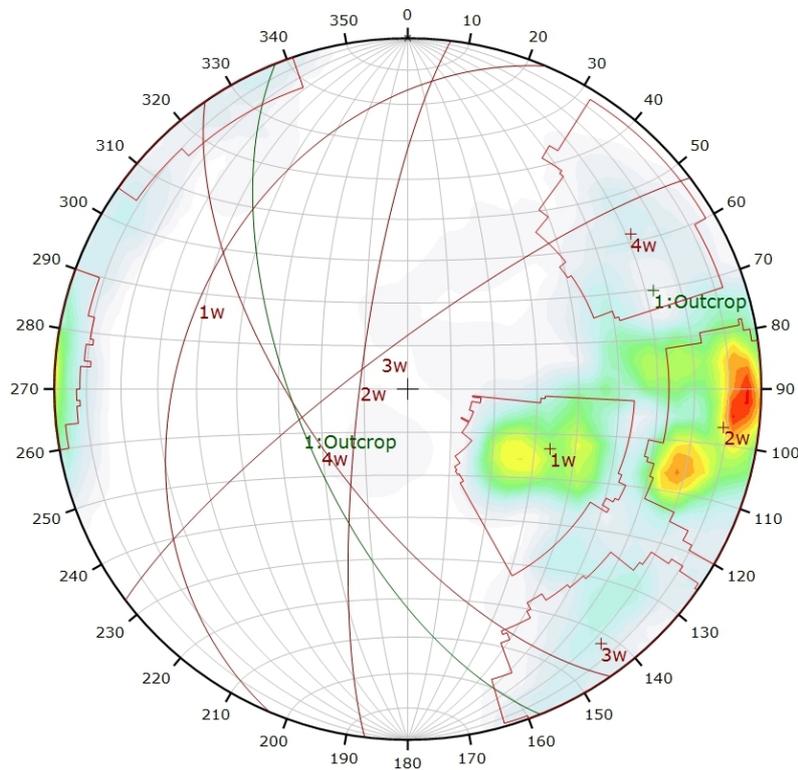


Diagramme de Rose de l'analyse statistique pondéré par la surface des plans.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : COL - PHOTO C - TRAITEMENT STATISTIQUE PONDERE PAR TERZAGHI



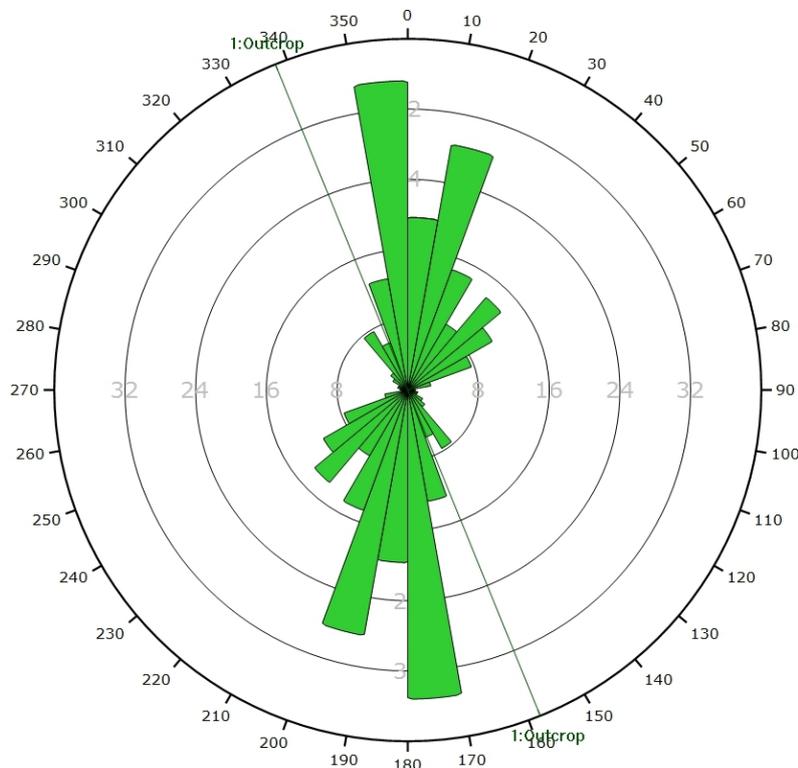
Color	Density Concentrations
	0.00 - 0.85
	0.85 - 1.70
	1.70 - 2.55
	2.55 - 3.40
	3.40 - 4.25
	4.25 - 5.10
	5.10 - 5.95
	5.95 - 6.80
	6.80 - 7.65
	7.65 - 8.50

Maximum Density	8.13%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes			
1	64	248	Outcrop
Mean Set Planes			
1w	36	293	
2w	79	277	
3w	80	323	
4w	66	235	

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	144 (4486 Entries)
Terzaghi Weighting	Minimum Bias Angle 15°
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Area
Too many entries for grid intersections	

Canevas de Schmidt en densité de pôle de l'analyse statistique, pondéré par la surface des plans ainsi que par Terzaghi. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimut et en plongement.

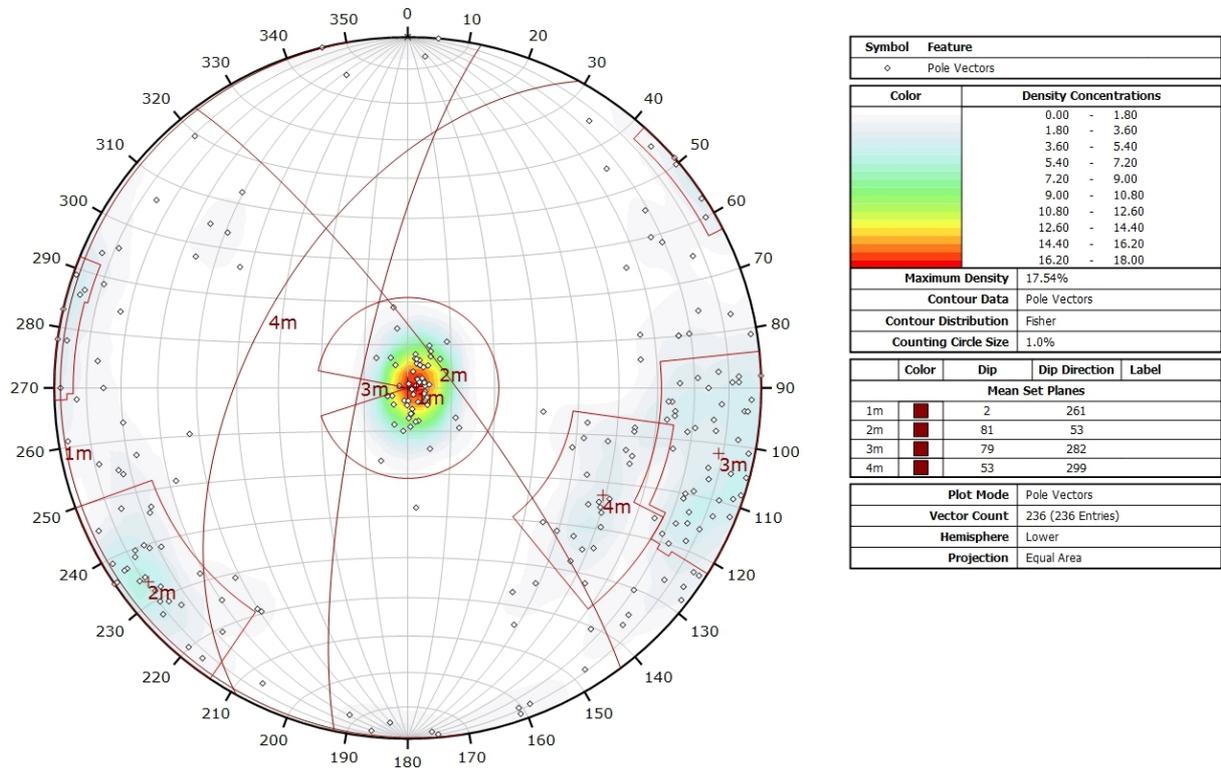


Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Terzaghi Weighting	Minimum Bias Angle 15°
Bin Size	10°
Outer Circle	40 planes per arc
Planes Plotted	174
Minimum Angle To Plot	45.0°
Maximum Angle To Plot	90.0°
Too many entries for grid intersections	

Diagramme de Rose de l'analyse statistique, pondéré par la surface des plans ainsi que par Terzaghi.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : DOGGER – PICKING

Coordonnées moyennes de l’affleurement (CH1903): x = 556’404 y = 213’941 z = 1252



Canevas de Schmidt avec les pôles de plans de discontinuités de l’ensemble des images 3D ainsi que leur densité par pourcent de surface. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimut et en plongement.

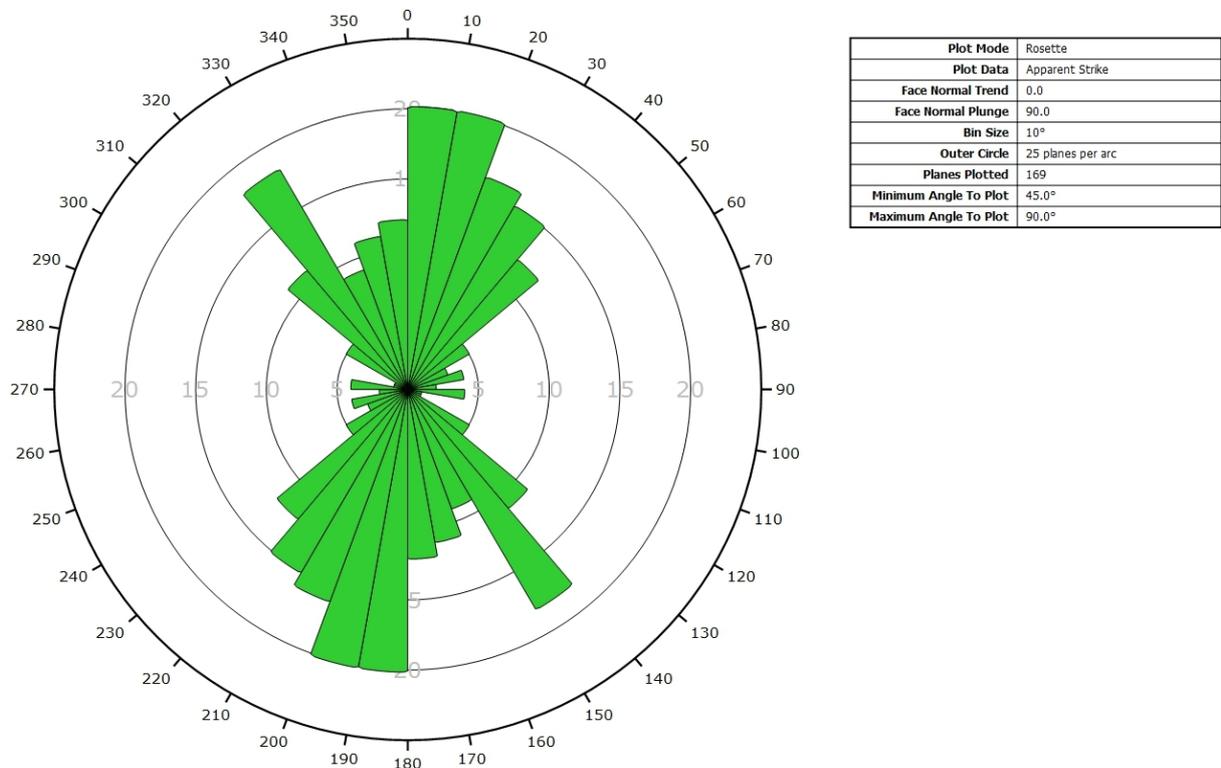
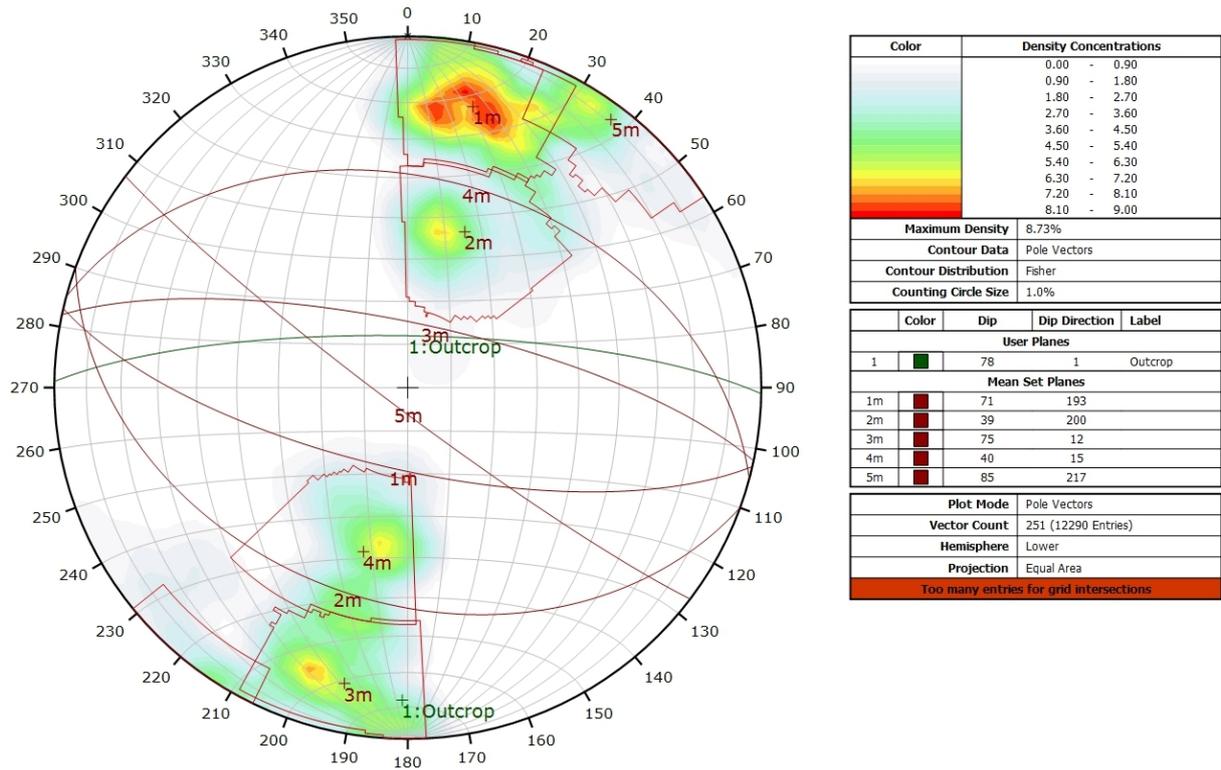


Diagramme de Rose de l’ensemble des discontinuités des images 3D.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : DOGGER – TRAITEMENT STATISTIQUE



Canevas de Schmidt en densité de pôle de l'analyse statistique effectuée sur l'ensemble des images 3D, pondéré par la surface des plans. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimut et en plongement.

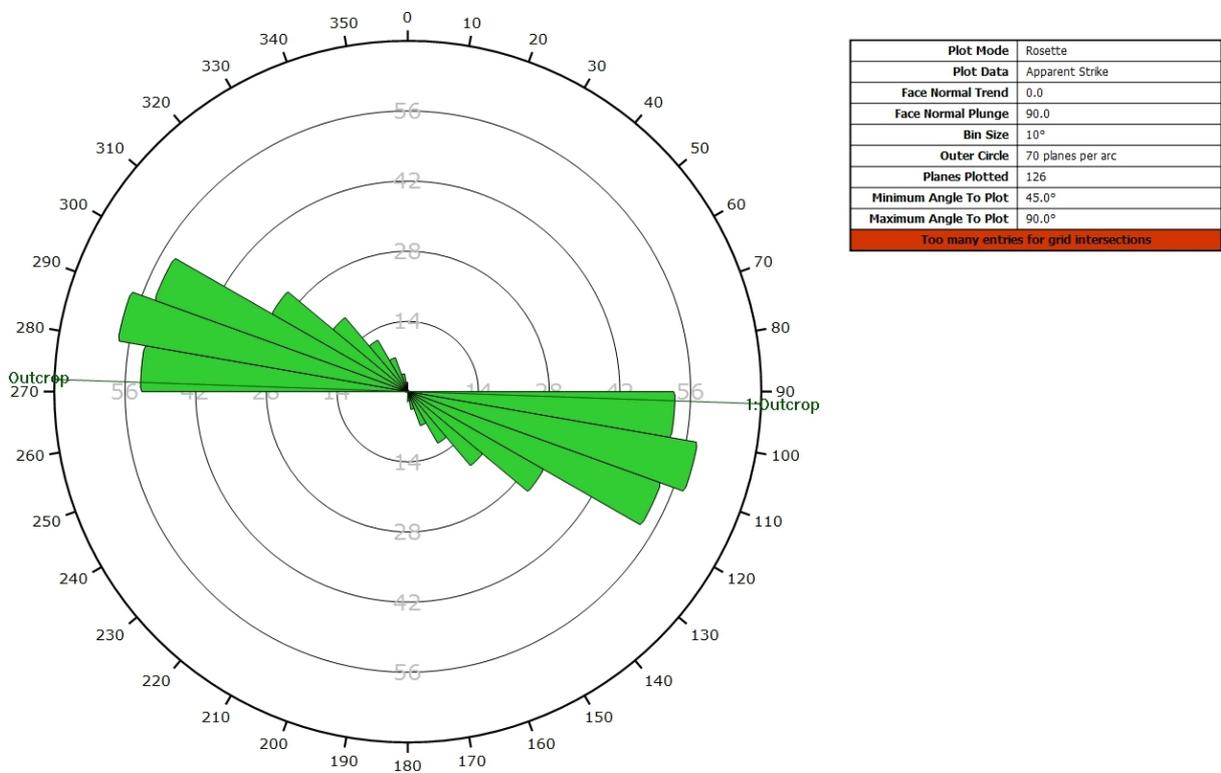
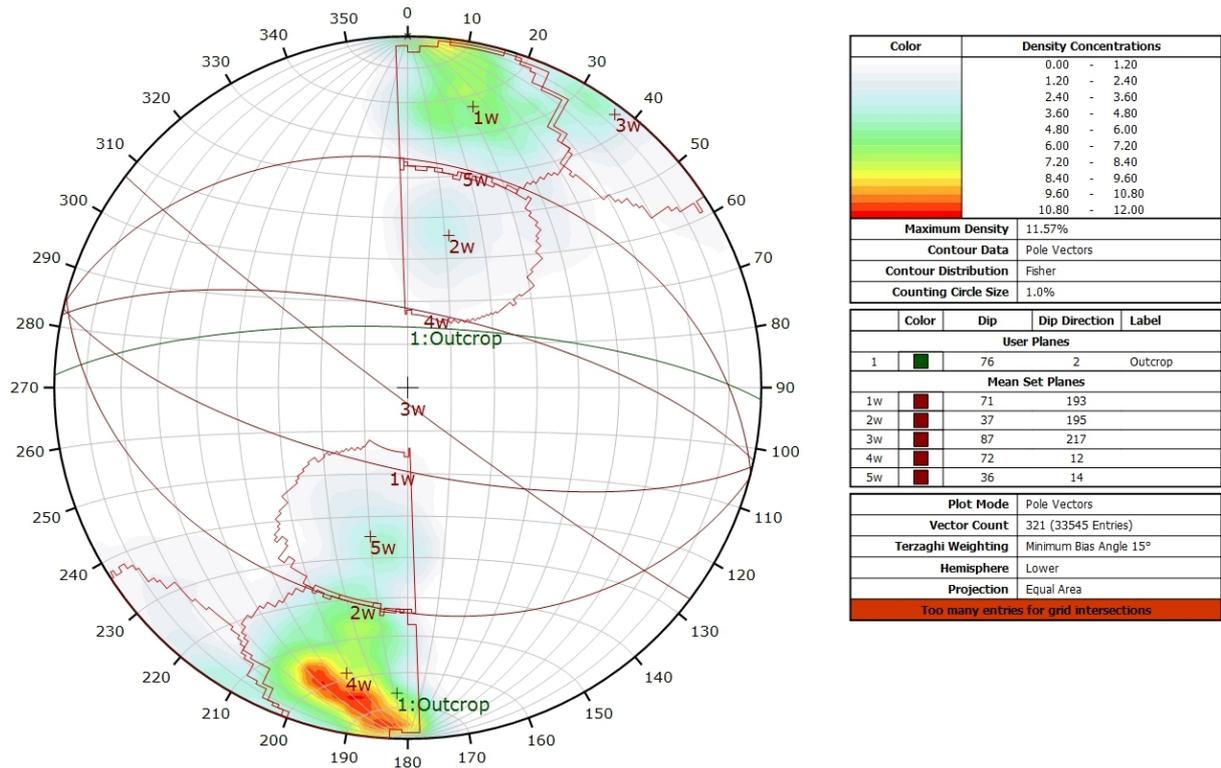


Diagramme de Rose de l'analyse statistique effectuée sur l'ensemble des photos 3D, pondéré par la surface des plans.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : DOGGER – TRAITEMENT STATISTIQUE PONDERE PAR TERZAGHI



Canevas de Schmidt en densité de pôle de l'analyse statistique effectuée sur l'ensemble des images 3D, pondéré par la surface des plans ainsi que par Terzaghi. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimuth et en plongement.

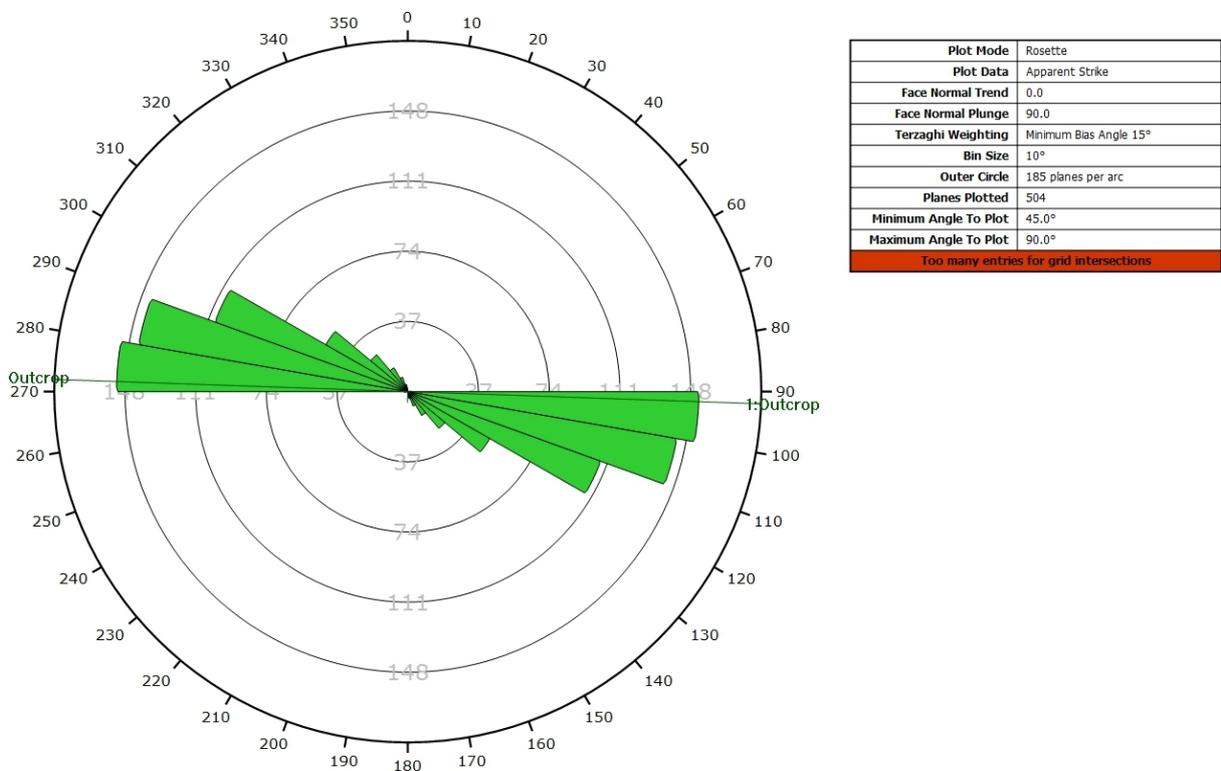
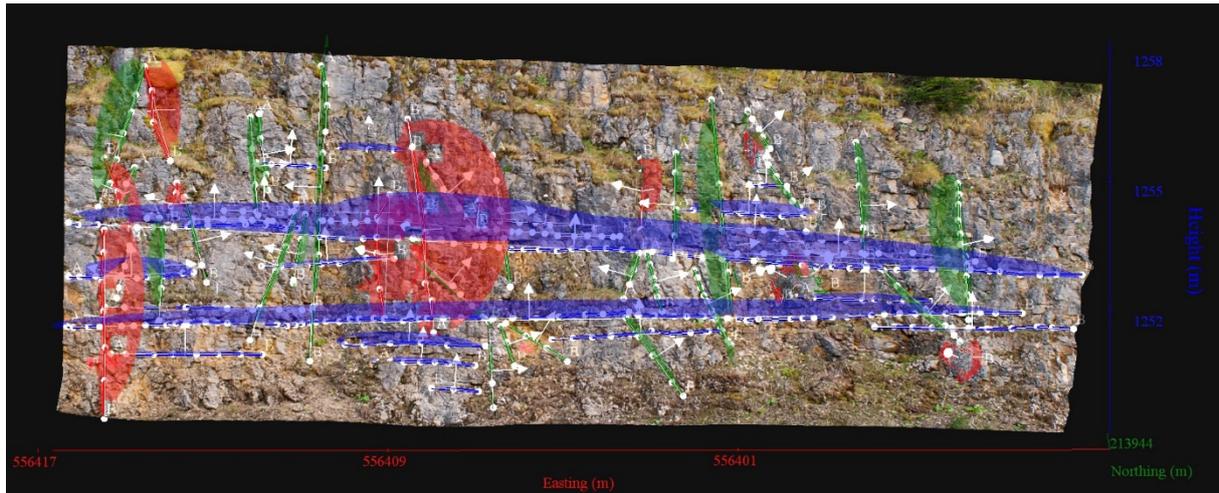


Diagramme de Rose de l'analyse statistique effectuée sur l'ensemble des images 3D, pondéré par la surface des plans ainsi que par Terzaghi.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : DOGGER – PHOTO A – PICKING



Vue en 3D de l’affleurement, des discontinuités et des familles de discontinuités obtenues grâce à Sirovision 5. Ci-dessous : Tableau récapitulatif des paramètres des familles de discontinuités.

Nom	Azimut	Pendage	Persistance Max
Red	50	85.6	5.125
Green	279.4	77.6	7.029
Blue	279.4	1.5	23.213

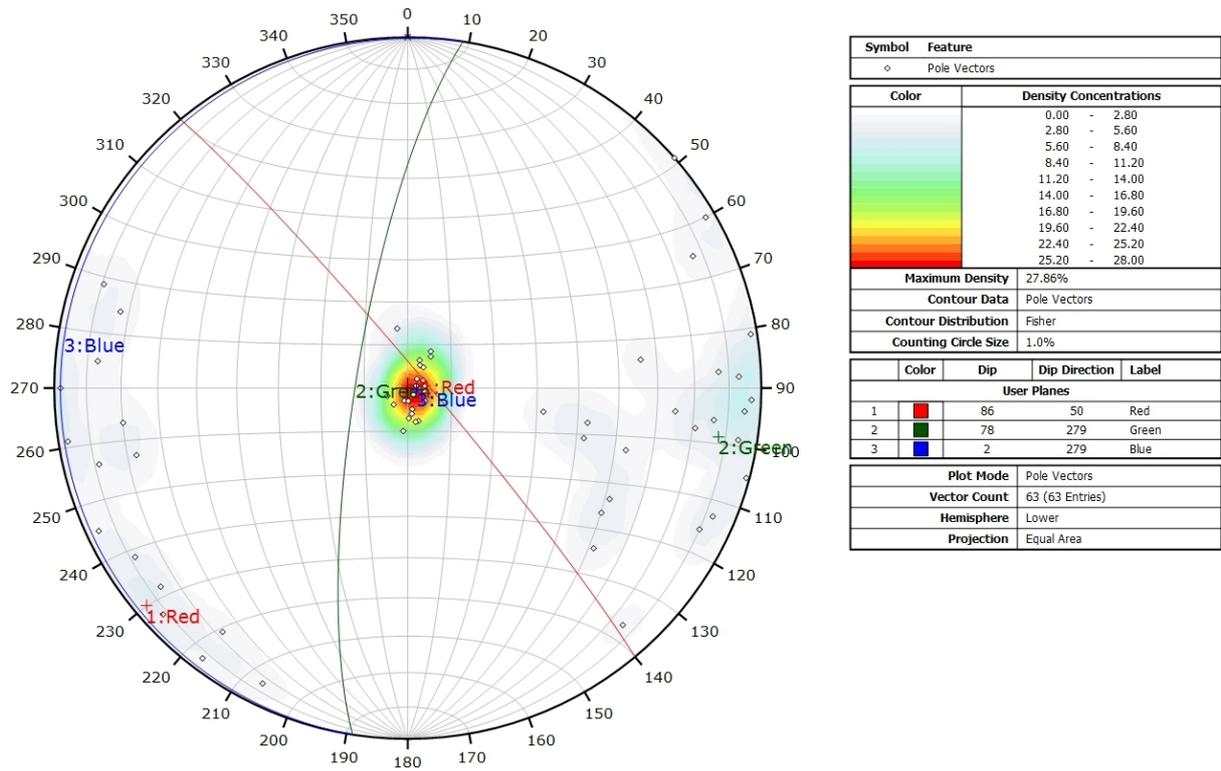
Coordonnées moyennes de l’affleurement (CH1903): x = 556’406 y = 213’941 z = 1252

Détail des discontinuités :

Azimut	Pendage	Barycentre X	Barycentre Y	Barycentre Z	Persistance
15.4	2.6	556405.9	213942.0	1251.98	21.848
282.1	3.5	556404.9	213941.8	1253.62	23.213
109.4	79.3	556415.2	213941.3	1256.27	3.624
90.8	87.4	556410.7	213941.0	1255.12	7.029
272.7	86.5	556406.8	213942.3	1250.77	2.048
293.6	82.8	556412.0	213941.4	1255.85	1.782
274.6	84.9	556412.2	213941.5	1255.56	2.329
267.7	76.1	556413.5	213941.8	1253.79	2.124
285.6	89.0	556414.3	213941.8	1253.25	2.217
65.4	85.4	556415.6	213942.3	1252.02	4.527
83.6	69.5	556411.7	213941.6	1253.26	3.540
76.2	78.7	556411.2	213941.4	1253.55	1.662
212.9	10.0	556407.1	213941.5	1254.11	6.896
225.6	2.4	556398.8	213941.8	1253.49	5.873
247.0	3.6	556400.8	213941.6	1254.08	2.327
342.8	7.4	556400.5	213941.5	1255.12	0.879
203.1	6.1	556400.9	213941.6	1254.47	3.170
208.9	5.9	556408.6	213941.9	1251.41	3.321
263.9	3.7	556407.6	213942.3	1250.33	1.094
243.5	3.8	556408.4	213942.0	1250.98	2.298

Inventaire géothermique et structural du canton de Neuchâtel : IGS-NE

Azimut	Pendage	Barycentre X	Barycentre Y	Barycentre Z	Persistence
357.1	2.3	556413.8	213942.3	1251.16	3.478
319.7	1.5	556413.1	213941.7	1254.33	2.887
347.8	7.7	556412.0	213941.5	1254.52	1.664
51.3	78.2	556414.1	213941.6	1254.67	1.022
76.2	67.9	556415.2	213941.7	1254.92	1.433
69.2	4.7	556410.5	213941.4	1253.34	3.061
281.1	42.1	556407.8	213941.9	1252.80	2.579
280.8	32.0	556405.8	213942.1	1251.45	1.704
40.8	4.4	556403.3	213942.3	1251.61	3.905
81.8	86.9	556402.6	213941.8	1254.64	2.543
275.3	64.9	556401.8	213942.0	1252.35	1.823
276.9	76.0	556403.0	213942.2	1252.83	1.389
105.0	72.9	556403.6	213942.1	1252.96	1.112
358.0	6.4	556395.8	213942.1	1251.77	4.589
296.4	81.0	556396.0	213941.9	1253.70	3.266
299.7	54.6	556407.8	213941.5	1254.94	1.945
37.3	85.8	556408.3	213941.7	1254.07	5.125
47.6	83.2	556409.3	213941.6	1253.52	2.913
95.1	76.9	556415.2	213941.9	1253.03	1.260
245.0	77.4	556415.2	213941.7	1254.63	2.087
170.9	13.4	556415.0	213942.0	1252.99	2.858
348.7	4.4	556413.1	213941.9	1252.25	4.831
307.8	4.3	556411.4	213941.2	1255.61	1.663
240.1	86.3	556414.4	213941.1	1256.89	2.421
263.1	55.7	556403.0	213942.5	1251.05	2.315
268.3	82.7	556406.6	213941.6	1254.45	3.131
278.4	70.7	556406.4	213942.0	1251.39	0.969
261.3	87.4	556398.3	213941.7	1254.62	2.884
303.5	54.5	556400.6	213941.2	1256.36	1.119
286.5	53.2	556400.1	213941.5	1255.03	1.271
286.2	42.3	556396.8	213942.0	1252.15	2.483
279.4	83.1	556401.4	213941.6	1253.69	5.907
217.0	5.2	556409.6	213940.9	1255.98	2.116
351.9	6.0	556409.4	213941.1	1254.52	2.484
216.2	8.4	556405.6	213941.5	1254.24	3.688
58.7	80.0	556403.3	213941.4	1254.99	1.782
254.7	1.6	556398.3	213941.6	1252.46	3.084
6.6	9.3	556399.2	213941.5	1253.84	2.030
318.1	79.5	556401.0	213941.4	1253.00	0.527
311.9	58.2	556399.4	213941.6	1253.03	1.061
26.5	82.8	556396.1	213942.2	1251.06	1.142
229.5	90.0	556400.8	213941.1	1255.96	0.917
37.6	75.2	556400.0	213941.5	1252.97	1.238



Canevas de Schmidt avec les pôles de plans de discontinuités ainsi que leur densité par pourcent de surface. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimuth et en plongement.

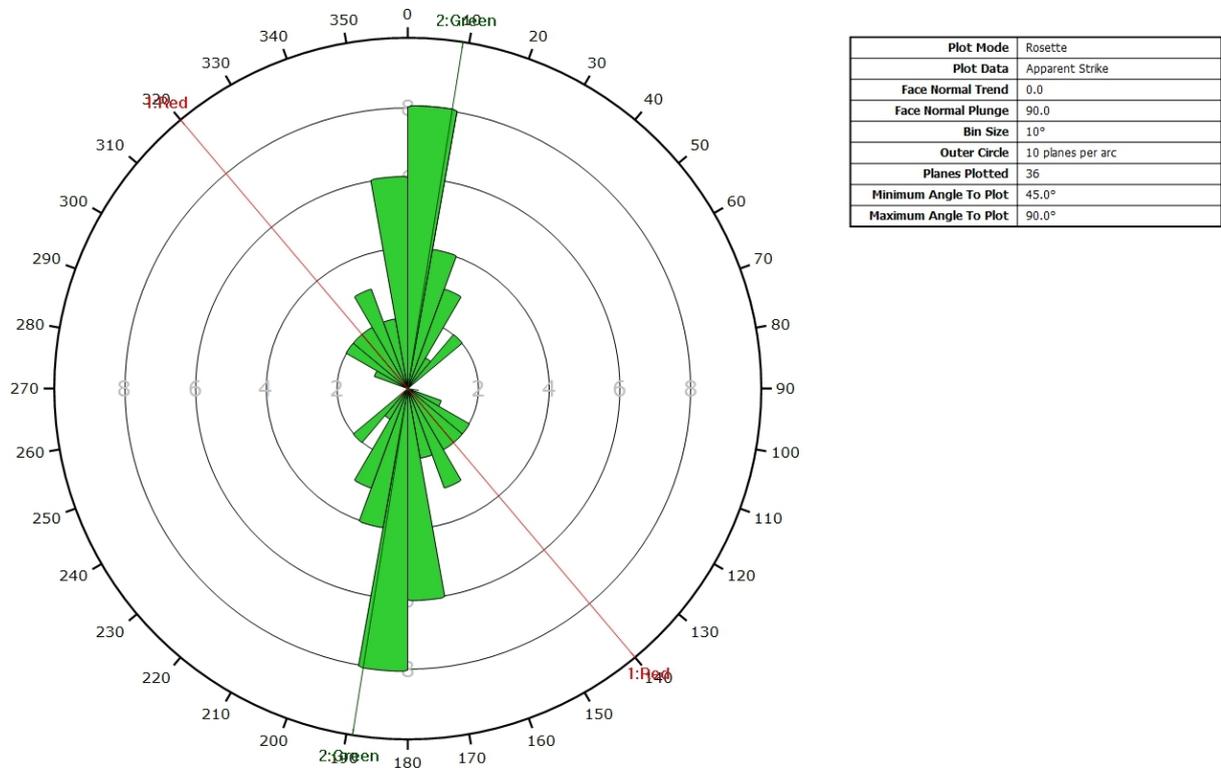
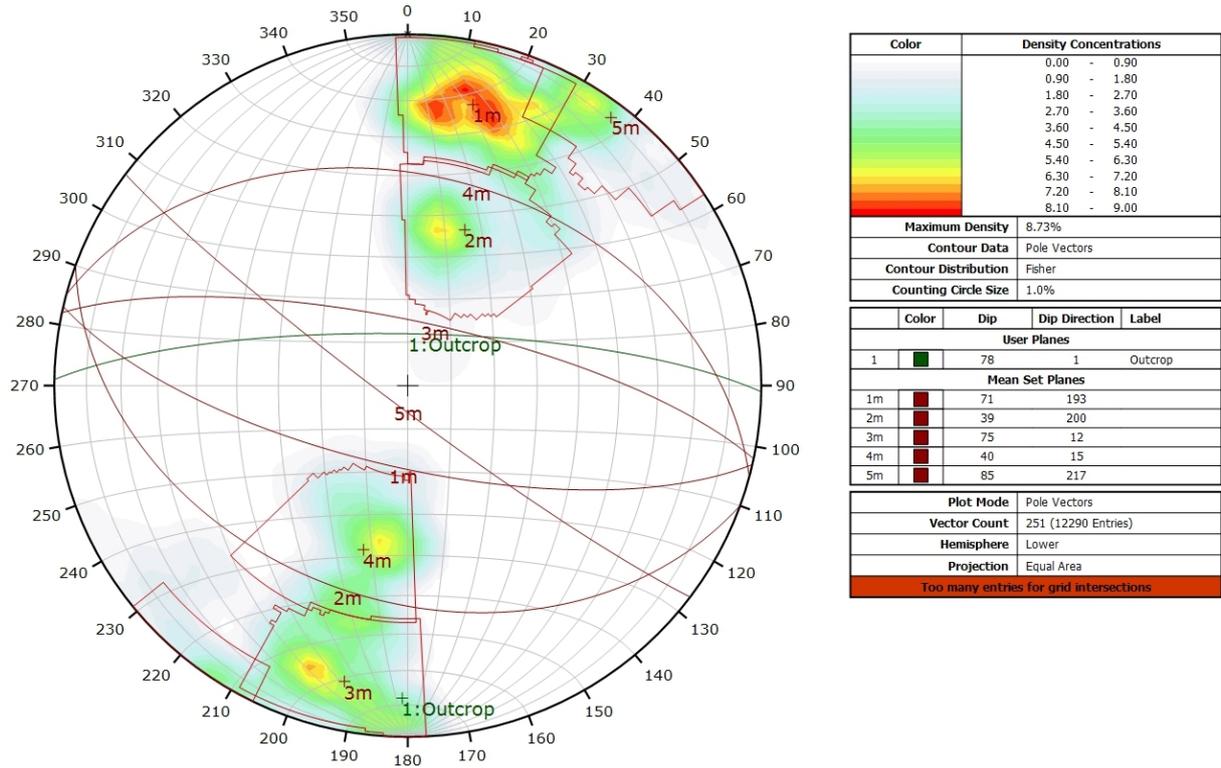


Diagramme de Rose des discontinuités.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : DOGGER – PHOTO A - TRAITEMENT STATISTIQUE



Canevas de Schmidt en densité de pôle de l'analyse statistique pondéré par la surface des plans. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimuth et en plongement.

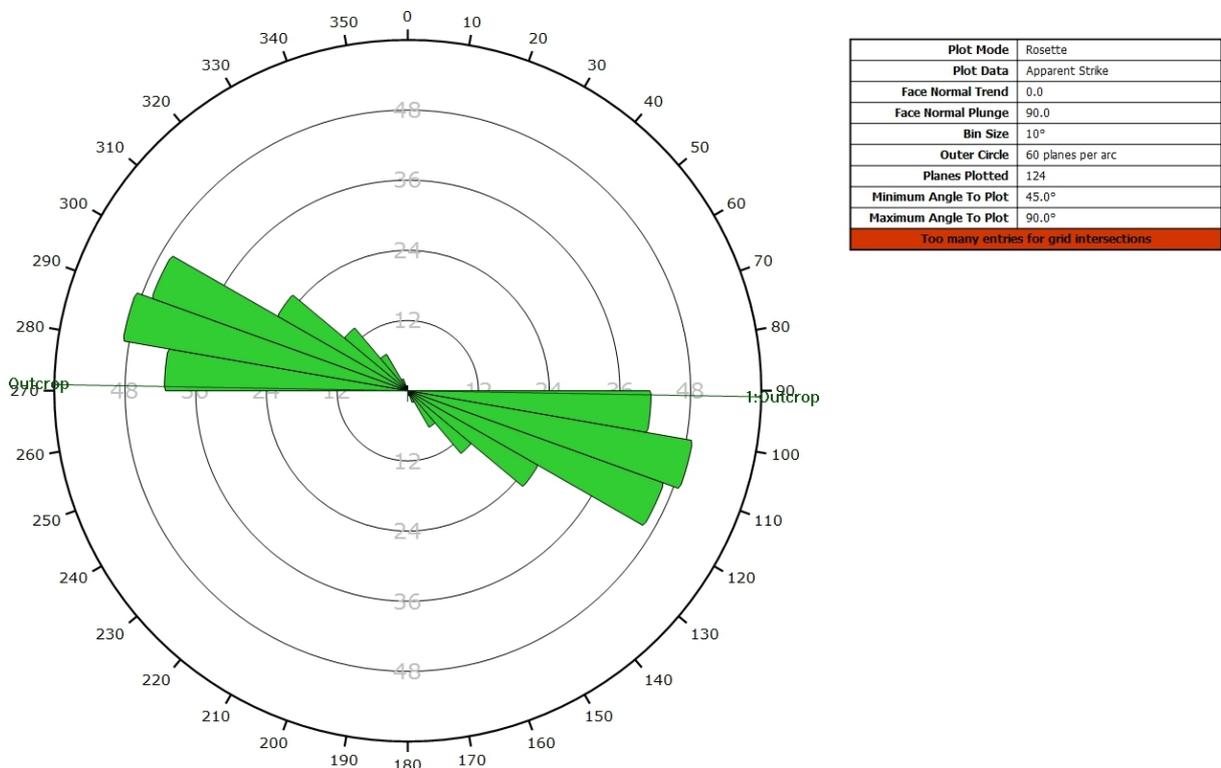
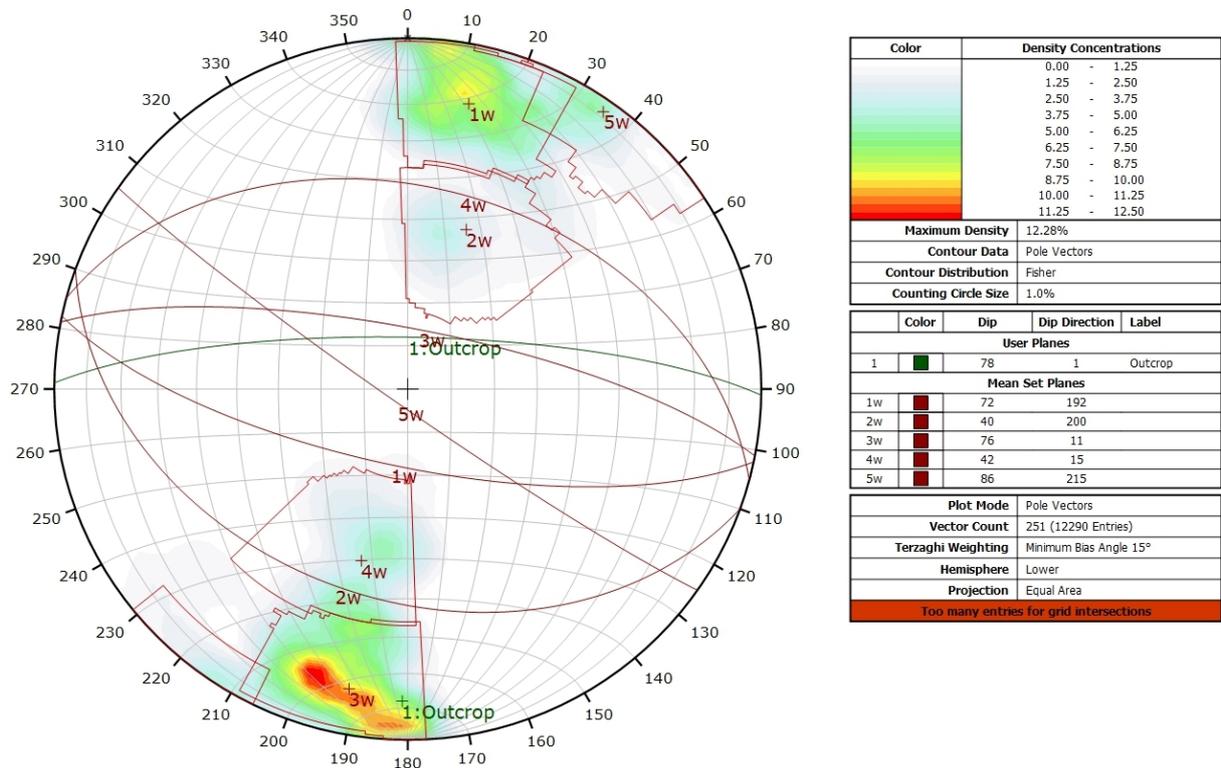


Diagramme de Rose de l'analyse statistique pondéré par la surface des plans.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : DOGGER – PHOTO A - TRAITEMENT STATISTIQUE PONDERE PAR TERZAGHI



Canevas de Schmidt en densité de pôle de l'analyse statistique, pondéré par la surface des plans ainsi que par Terzaghi. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimut et en plongement.

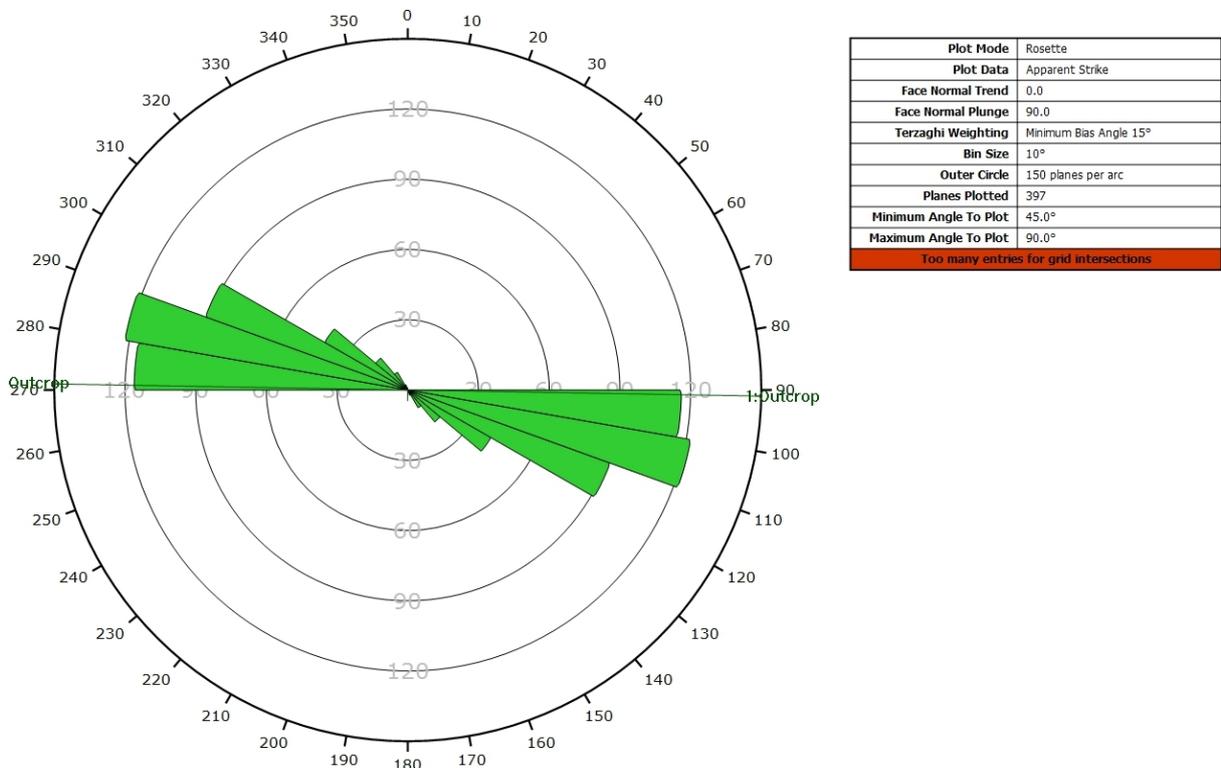
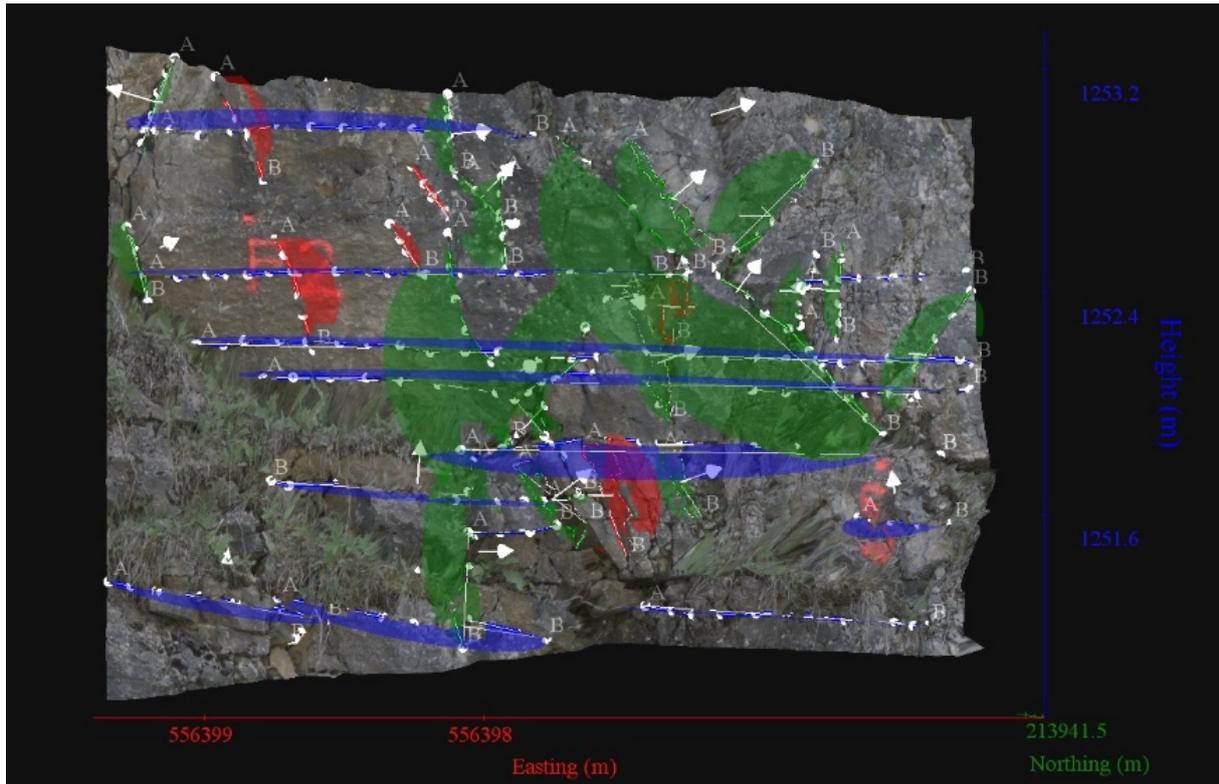


Diagramme de Rose de l'analyse statistique, pondéré par la surface des plans ainsi que par Terzaghi.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : DOGGER – PHOTO B – PICKING



Vue en 3D de l'affleurement, des discontinuités et des familles de discontinuités obtenues grâce à Sirovision 5. Ci-dessous : Tableau récapitulatif des paramètres des familles de discontinuités.

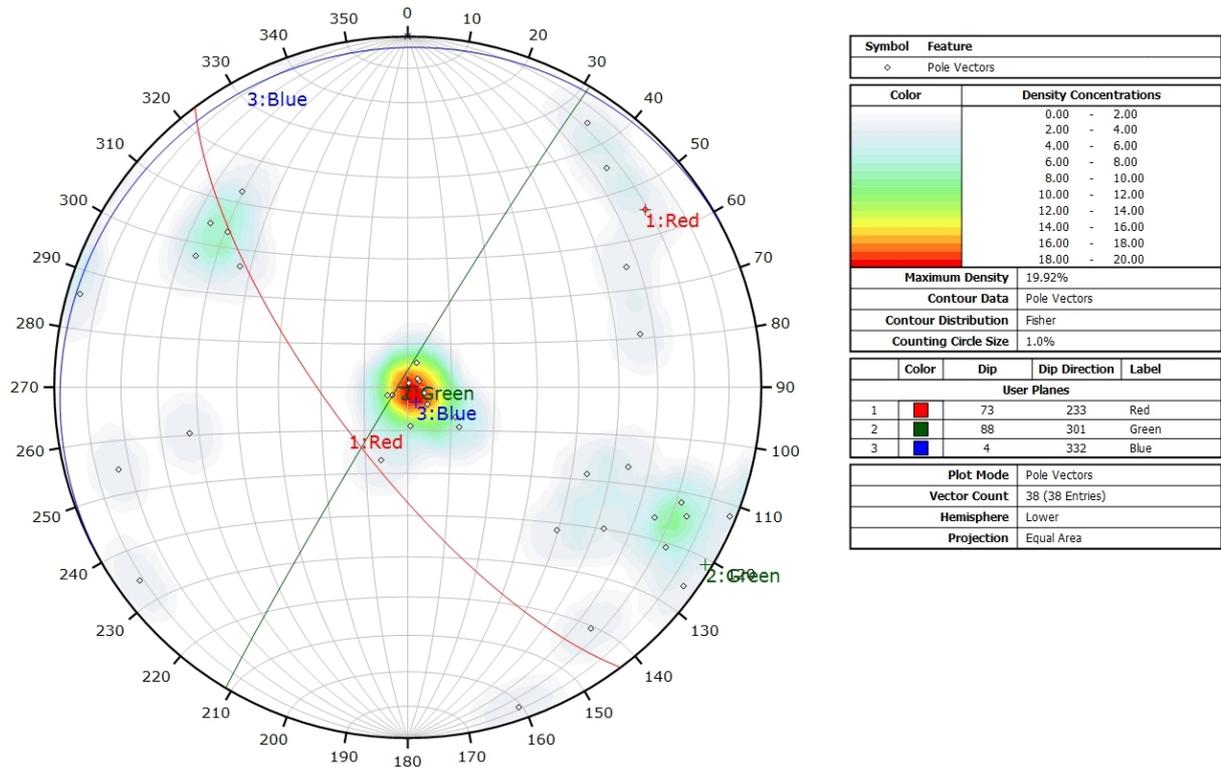
Nom	Azimut	Pendage	Persistence Max
Red	232.9	72.9	0.438
Green	300.7	88.4	1.605
Blue	331.5	3.9	2.835

Coordonnées moyennes de l'affleurement (CH1903): x = 556'397 y = 213'941 z = 1252

Détail des discontinuités :

Azimut	Pendage	Barycentre X	Barycentre Y	Barycentre Z	Persistance
241.4	2.1	556397.2	213941.2	1252.22	2.835
229.2	2.1	556397.2	213941.1	1252.11	2.590
356.6	8.9	556396.9	213941.2	1251.89	1.716
195.9	0.7	556397.9	213941.1	1252.51	1.990
200.5	5.7	556398.2	213941.0	1253.02	1.411
314.4	48.7	556396.7	213941.2	1252.43	1.606
131.6	56.9	556397.3	213941.2	1252.21	0.815
140.5	61.2	556396.6	213941.1	1252.71	0.532
122.5	59.6	556395.9	213941.3	1252.22	0.512
289.1	3.2	556396.5	213941.4	1251.27	1.258
323.0	74.8	556397.5	213941.1	1252.14	1.054
130.9	62.0	556396.4	213941.2	1252.44	0.298
63.7	3.1	556396.2	213941.3	1252.49	0.627
222.1	72.5	556398.3	213941.0	1252.46	0.428
233.4	72.2	556398.4	213941.0	1253.05	0.415
74.5	73.3	556398.8	213940.8	1253.13	0.347
241.0	59.8	556397.9	213941.1	1252.61	0.209
106.4	85.1	556396.3	213941.3	1252.45	0.339
257.1	56.7	556397.8	213941.1	1252.79	0.249
298.0	67.2	556398.8	213940.9	1252.57	0.298
20.1	17.9	556396.1	213941.5	1251.62	0.407
306.3	85.7	556397.7	213941.1	1253.01	0.291
296.4	46.9	556397.6	213941.1	1252.78	0.219
341.5	85.7	556397.5	213941.2	1252.68	0.336
78.6	52.3	556398.3	213941.3	1251.20	0.108
302.4	12.6	556398.5	213941.5	1251.33	0.782
308.6	14.6	556397.8	213941.4	1251.27	0.997
311.2	5.7	556397.8	213941.3	1251.72	0.970
68.5	4.6	556397.4	213941.3	1251.59	0.316
292.5	88.0	556397.6	213941.3	1251.51	0.683
294.6	75.2	556396.8	213941.2	1252.87	-
306.0	56.9	556396.9	213941.2	1252.58	0.512
289.7	55.5	556397.4	213941.3	1251.52	0.376
292.4	72.2	556397.0	213941.3	1252.00	0.433
126.8	48.7	556397.1	213941.3	1252.27	0.129
214.4	81.0	556397.2	213941.2	1251.53	0.438
301.6	74.2	556396.9	213941.2	1251.58	0.278
54.2	82.1	556396.9	213941.2	1252.19	0.262

Inventaire géothermique et structural du canton de Neuchâtel : IGS-NE



Canevas de Schmidt avec les pôles de plans de discontinuités ainsi que leur densité par pourcent de surface. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimuth et en plongement.

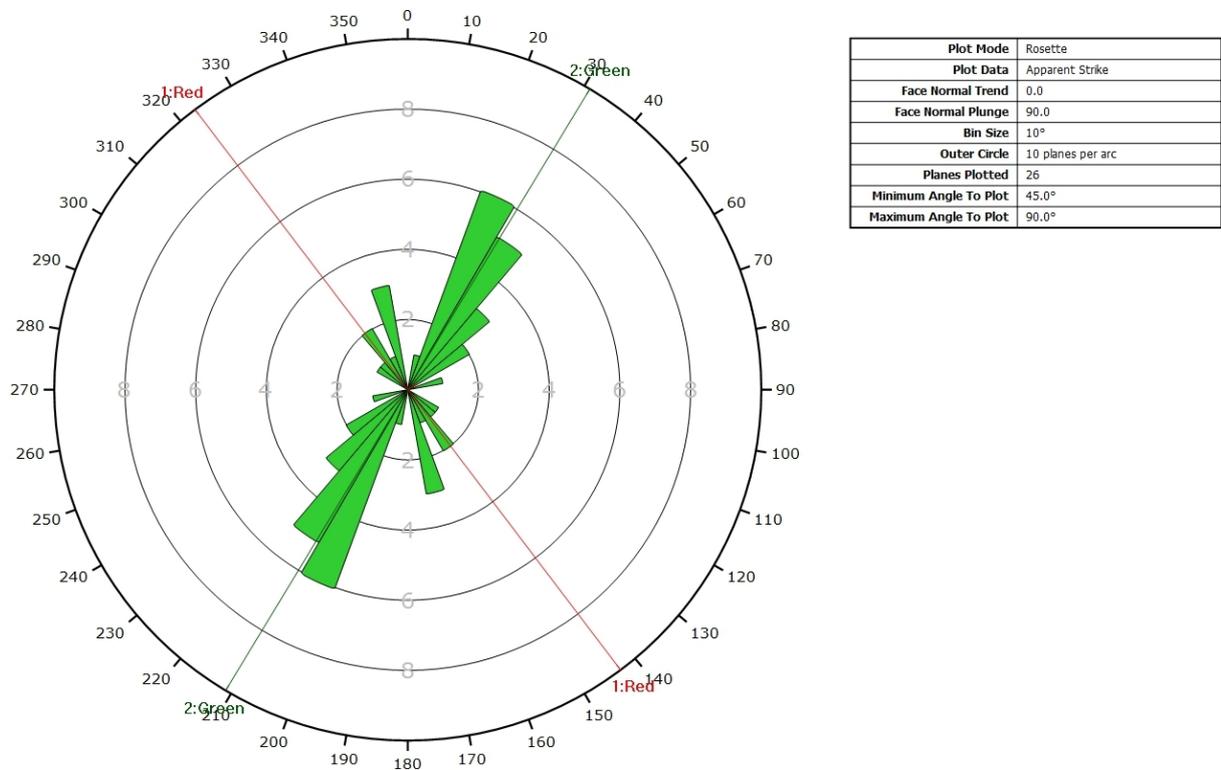
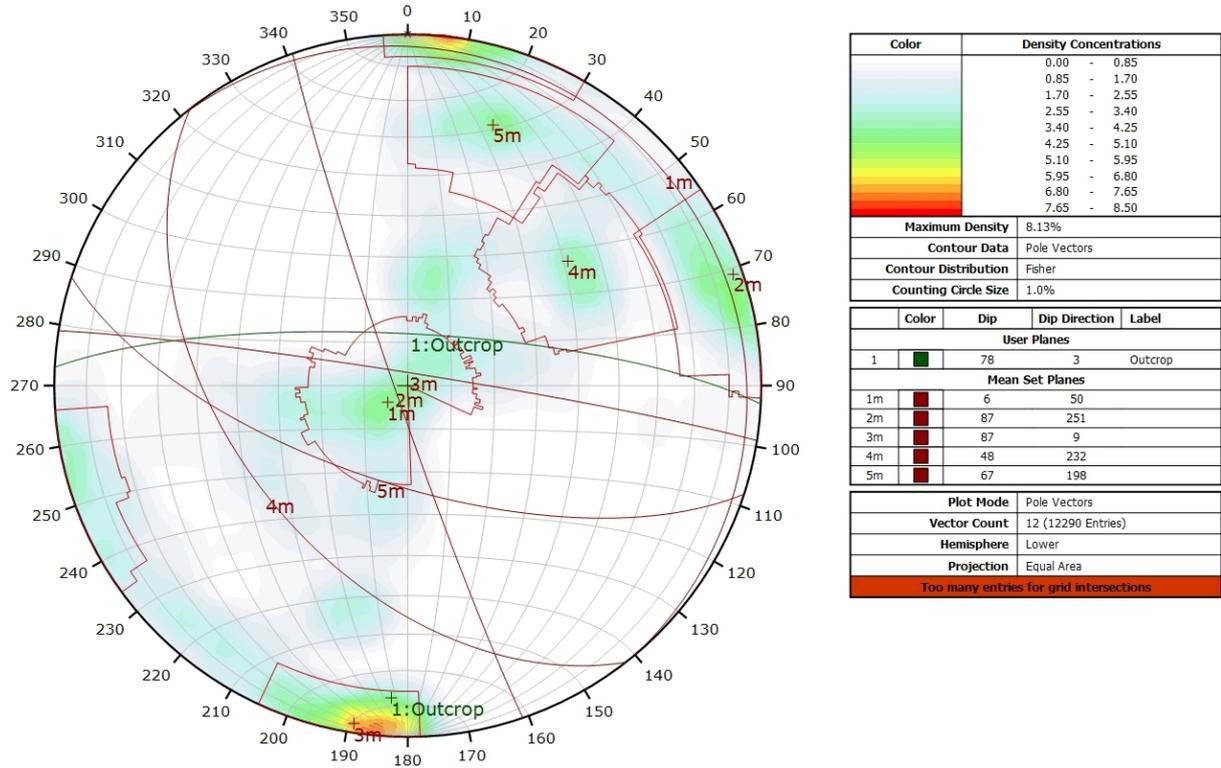


Diagramme de Rose des discontinuités.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : DOGGER – PHOTO B - TRAITEMENT STATISTIQUE



Canevas de Schmidt en densité de pôle de l'analyse statistique pondéré par la surface des plans. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimuth et en plongement.

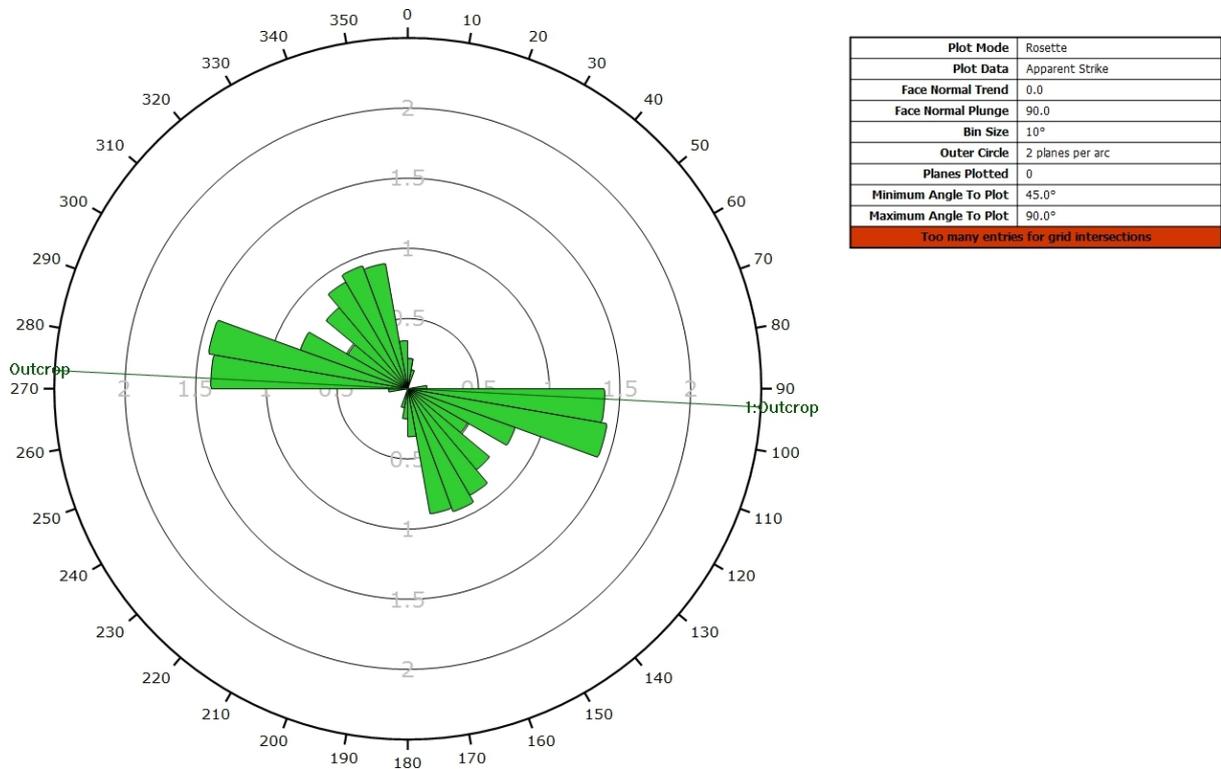
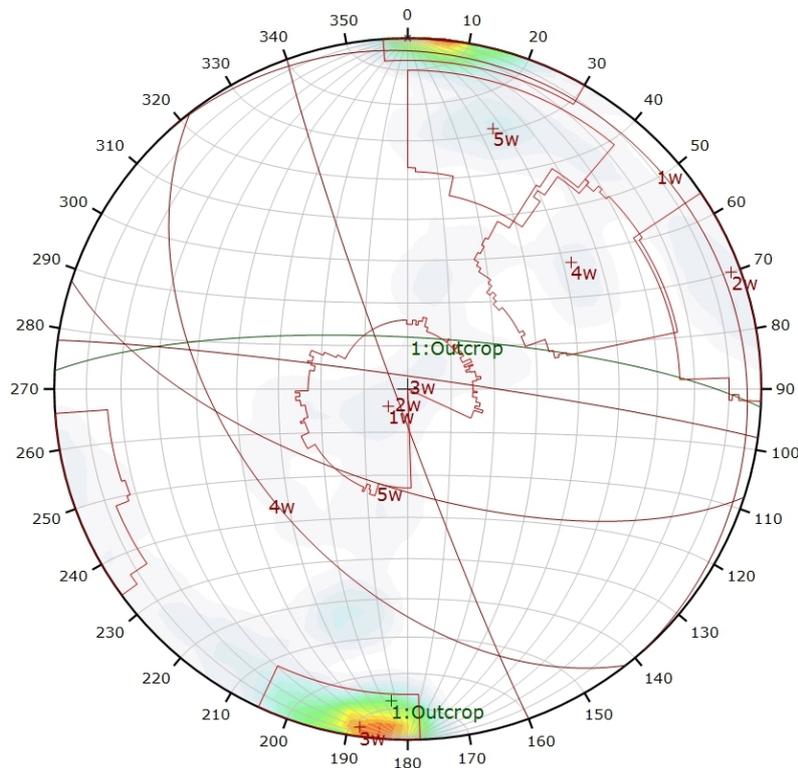


Diagramme de Rose de l'analyse statistique pondéré par la surface des plans.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : DOGGER – PHOTO B - TRAITEMENT STATISTIQUE PONDERE PAR TERZAGHI



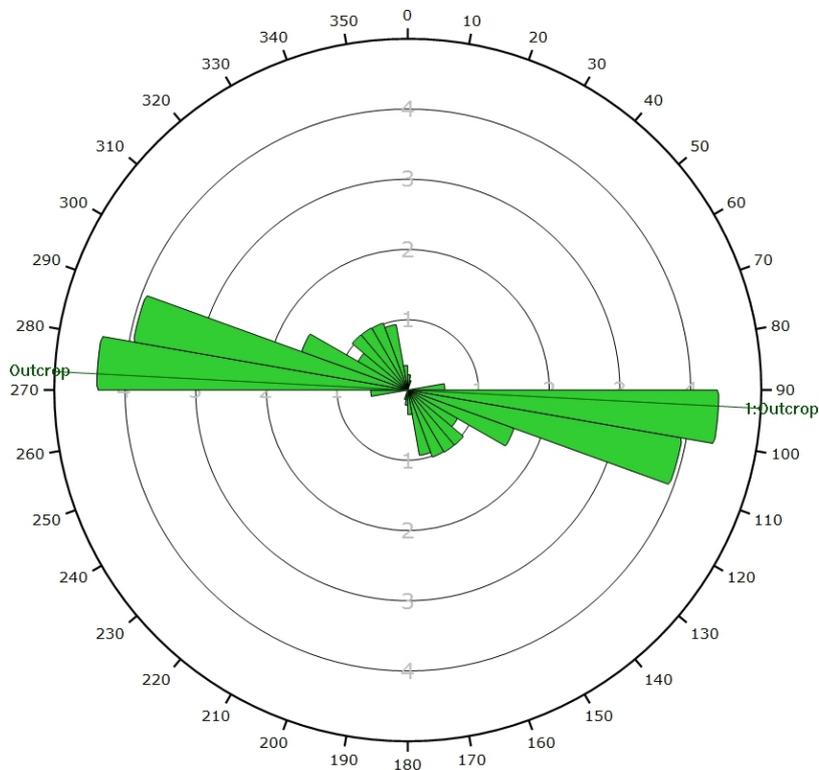
Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.90
	1.90 - 3.80
	3.80 - 5.70
	5.70 - 7.60
	7.60 - 9.50
	9.50 - 11.40
	11.40 - 13.30
	13.30 - 15.20
	15.20 - 17.10
	17.10 - 19.00

Maximum Density	18.44%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes			
1	78	3	Outcrop
Mean Set Planes			
1w	6	48	
2w	87	250	
3w	87	8	
4w	49	232	
5w	67	198	

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	12 (12290 Entries)
Terzaghi Weighting	Minimum Bias Angle 15°
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Area
Too many entries for grid intersections	

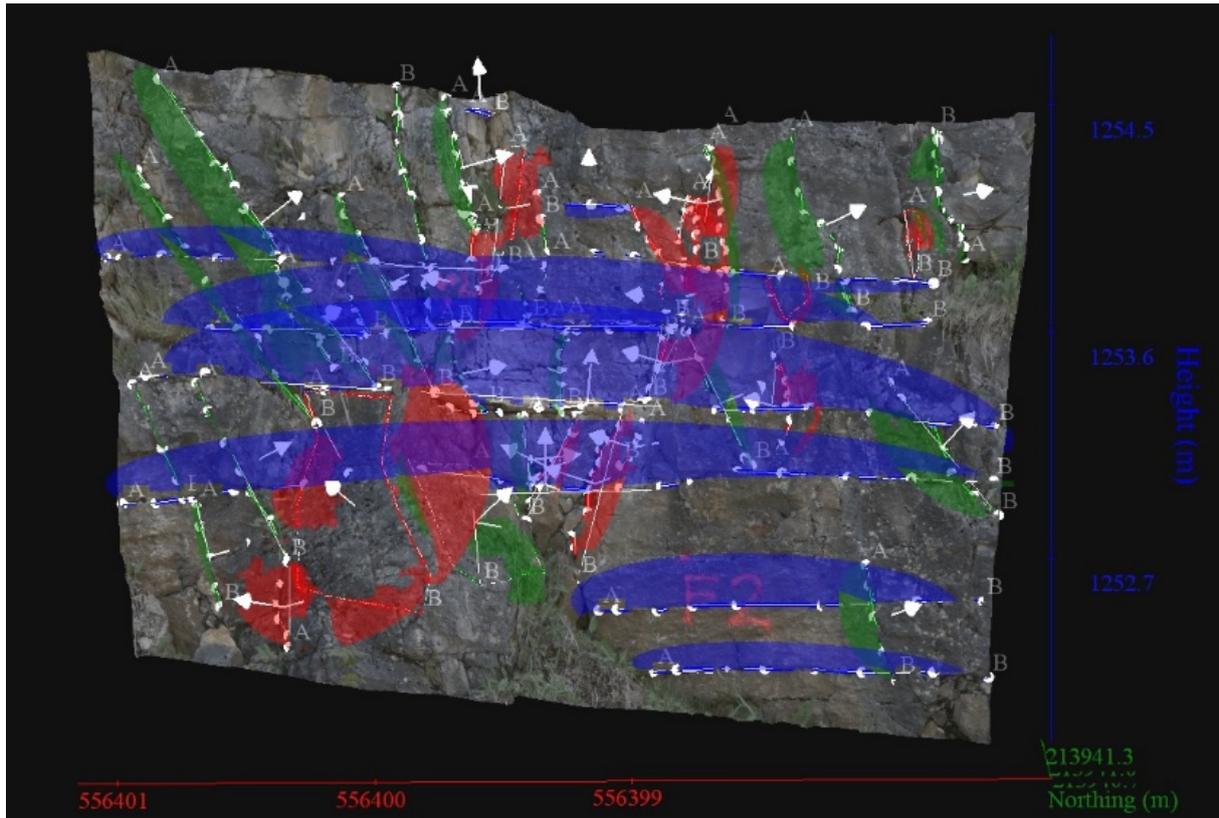
Canevas de Schmidt en densité de pôle de l'analyse statistique, pondéré par la surface des plans ainsi que par Terzaghi. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimut et en plongement.



Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Terzaghi Weighting	Minimum Bias Angle 15°
Bin Size	10°
Outer Circle	5 planes per arc
Planes Plotted	15
Minimum Angle To Plot	45.0°
Maximum Angle To Plot	90.0°
Too many entries for grid intersections	

Diagramme de Rose de l'analyse statistique, pondéré par la surface des plans ainsi que par Terzaghi.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : DOGGER – PHOTO C – PICKING



Vue en 3D de l'affleurement, des discontinuités et des familles de discontinuités obtenues grâce à Sirovision 5. Ci-dessous : Tableau récapitulatif des paramètres des familles de discontinuités.

Nom	Azimut	Pendage	Persistance Max
Red	52.7	82.8	1.257
Green	285.9	72.5	1.56
Blue	271.8	2.1	3.431

Coordonnées moyennes de l'affleurement (CH1903): x = 556'399 y = 213'941 z = 1253

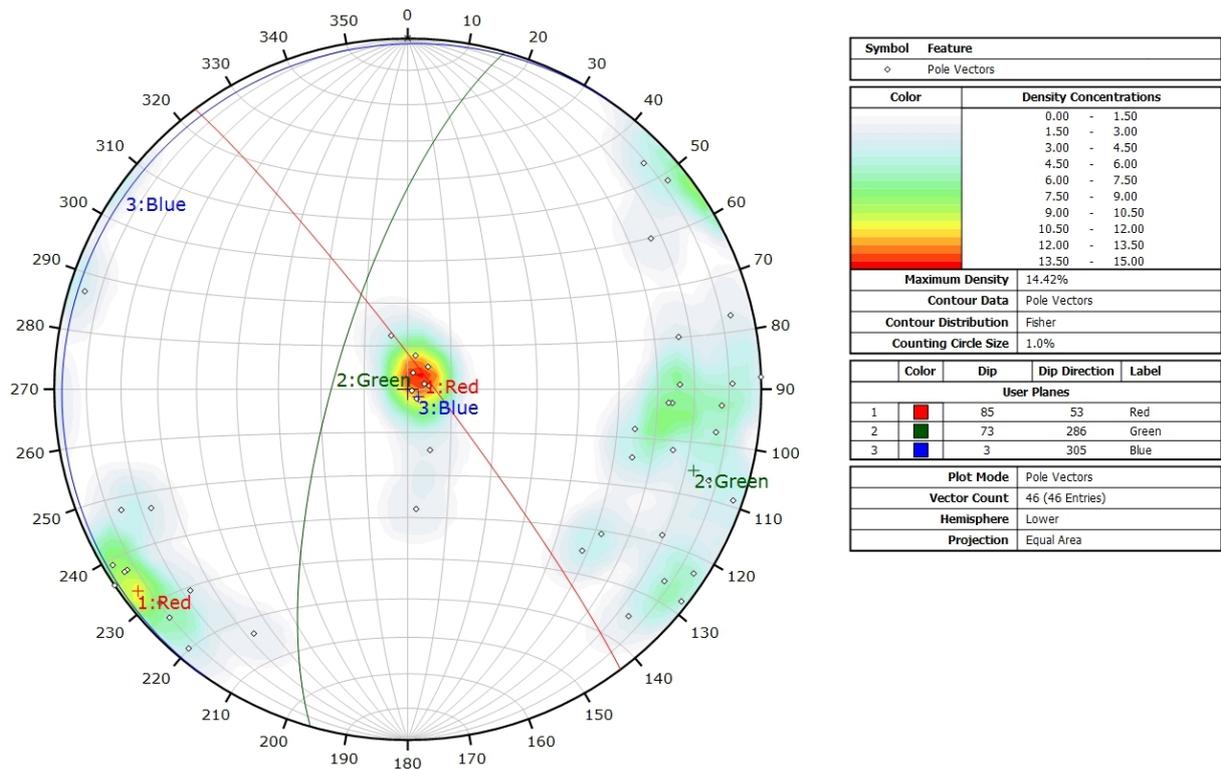
Détail des discontinuités :

Azimut	Pendage	Barycentre X	Barycentre Y	Barycentre Z	Persistance
198.3	3.1	556399.0	213941.0	1253.60	2.815
222.9	7.0	556398.8	213941.0	1253.29	3.333
289.1	0.1	556398.9	213941.0	1252.98	3.431
261.9	4.5	556399.9	213940.9	1253.87	1.632
340.4	14.7	556398.2	213941.2	1253.80	1.508
287.7	55.1	556400.1	213940.9	1254.04	1.560
283.2	65.6	556399.6	213941.0	1253.77	0.847
280.8	54.5	556400.3	213940.8	1253.80	1.292
278.7	76.3	556400.3	213940.9	1252.72	0.427
259.5	66.9	556398.3	213941.1	1253.28	0.607

Inventaire géothermique et structural du canton de Neuchâtel : IGS-NE

Azimut	Pendage	Barycentre X	Barycentre Y	Barycentre Z	Persistance
257.5	82.7	556398.3	213941.2	1253.91	0.722
57.9	84.0	556398.3	213941.2	1254.06	0.539
56.3	89.2	556398.4	213941.1	1253.69	0.825
238.4	69.6	556398.5	213941.2	1253.79	0.548
300.4	71.5	556397.9	213941.2	1253.96	0.750
193.7	7.2	556398.1	213941.1	1252.47	1.529
252.0	3.2	556397.9	213941.1	1252.22	1.334
307.6	79.4	556397.6	213941.2	1252.40	0.469
313.2	56.1	556397.4	213941.2	1253.09	0.702
303.4	85.5	556397.4	213941.1	1254.09	0.514
107.9	84.3	556398.9	213941.0	1253.42	0.321
308.9	87.1	556399.3	213940.9	1253.43	0.358
273.3	63.1	556399.7	213940.9	1253.69	0.242
316.9	78.4	556399.9	213940.9	1253.63	0.456
269.6	80.2	556399.4	213941.0	1254.02	0.973
57.9	84.5	556399.2	213941.0	1253.77	0.441
287.5	77.6	556399.3	213941.0	1254.24	0.551
273.0	77.9	556399.0	213941.1	1253.70	0.239
268.7	89.2	556398.9	213941.1	1253.78	0.422
356.8	27.4	556398.8	213941.2	1254.07	0.374
49.4	81.7	556398.6	213941.0	1253.12	0.196
67.7	76.1	556398.8	213940.9	1253.00	0.695
65.8	68.7	556398.9	213940.9	1253.06	0.468
289.6	87.0	556399.0	213940.8	1253.10	0.367
269.0	65.5	556400.4	213941.0	1253.16	0.491
273.6	62.6	556400.1	213941.0	1253.04	0.809
59.9	86.1	556399.9	213941.1	1252.49	0.369
40.1	85.9	556398.0	213941.1	1253.25	0.422
302.5	53.8	556399.3	213940.7	1251.79	0.820
33.1	64.5	556399.8	213940.8	1251.86	1.257
230.6	88.5	556397.6	213940.7	1252.87	0.275
208.9	5.3	556398.8	213940.6	1252.57	0.421
48.3	67.6	556399.2	213940.5	1253.03	0.574
170.6	18.6	556399.3	213940.4	1253.43	0.142
46.8	77.7	556398.6	213940.6	1252.41	0.265
225.3	86.5	556398.1	213940.7	1252.68	0.264

Inventaire géothermique et structural du canton de Neuchâtel : IGS-NE



Canevas de Schmidt avec les pôles de plans de discontinuités ainsi que leur densité par pourcent de surface. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimuth et en plongement.

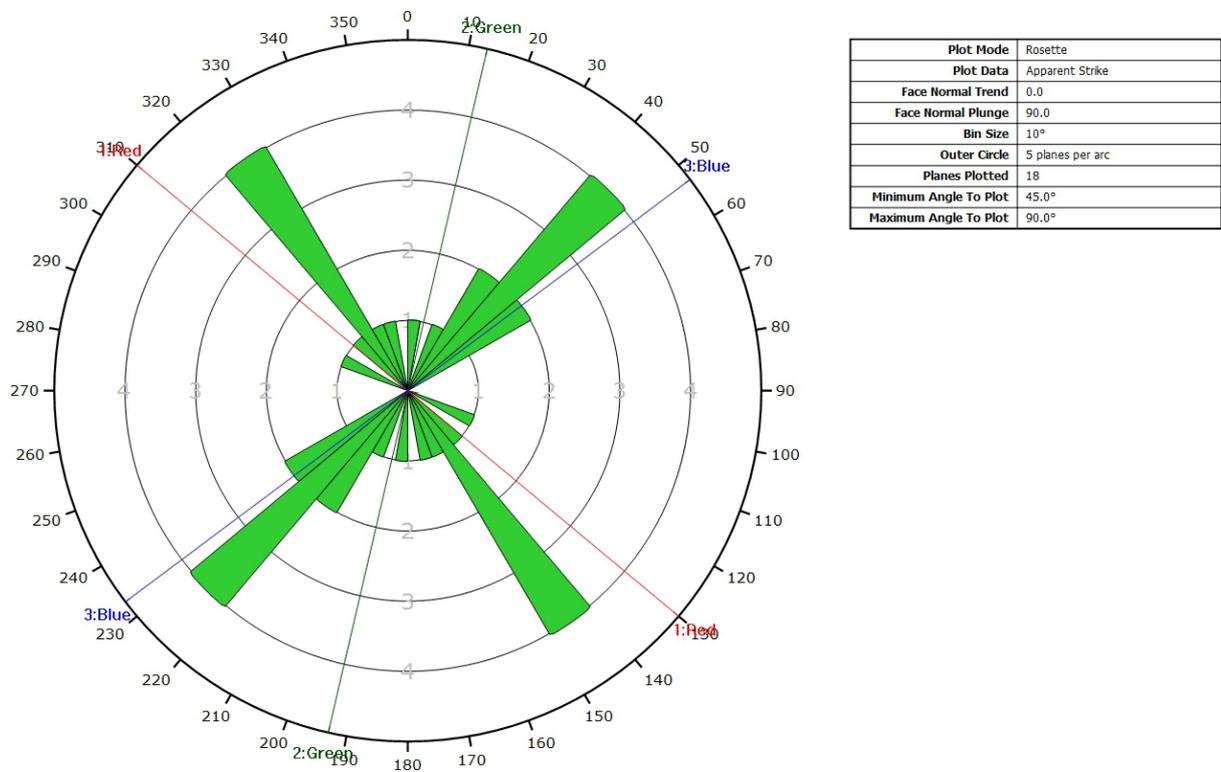
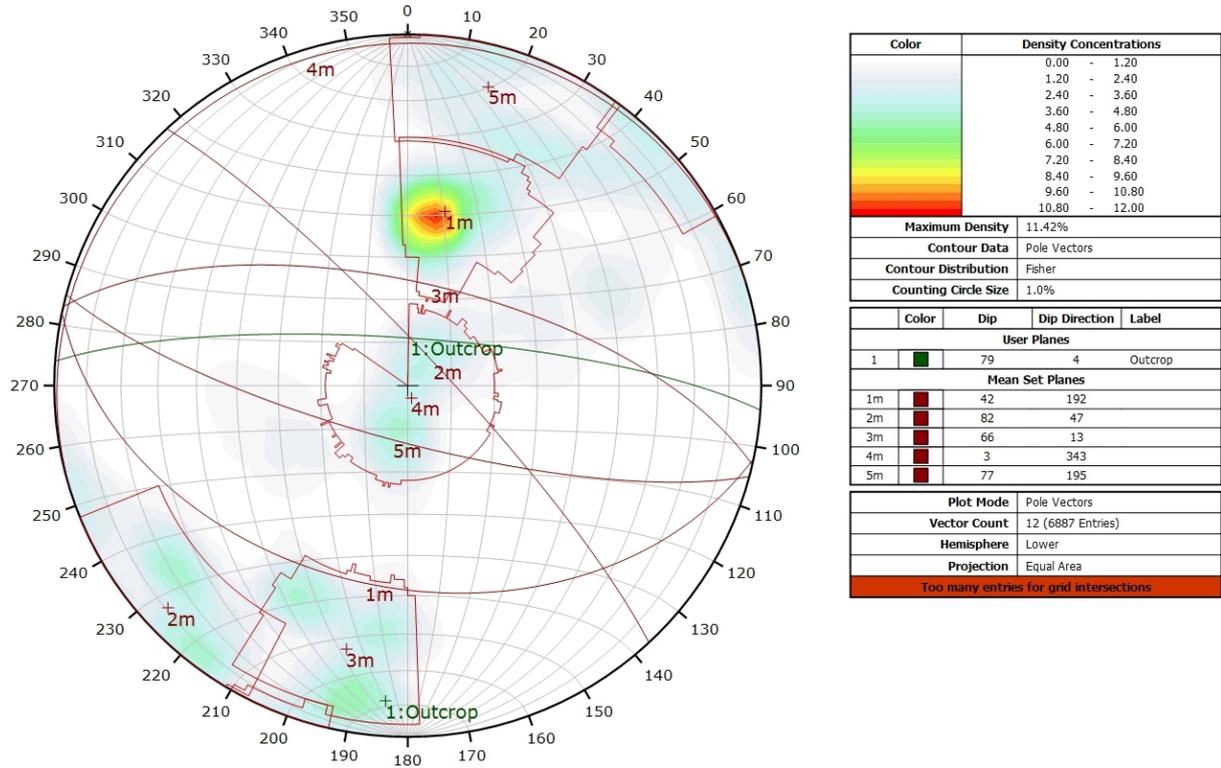


Diagramme de Rose des discontinuités.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : DOGGER – PHOTO C - TRAITEMENT STATISTIQUE



Canevas de Schmidt en densité de pôle de l'analyse statistique pondéré par la surface des plans. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimuth et en plongement.

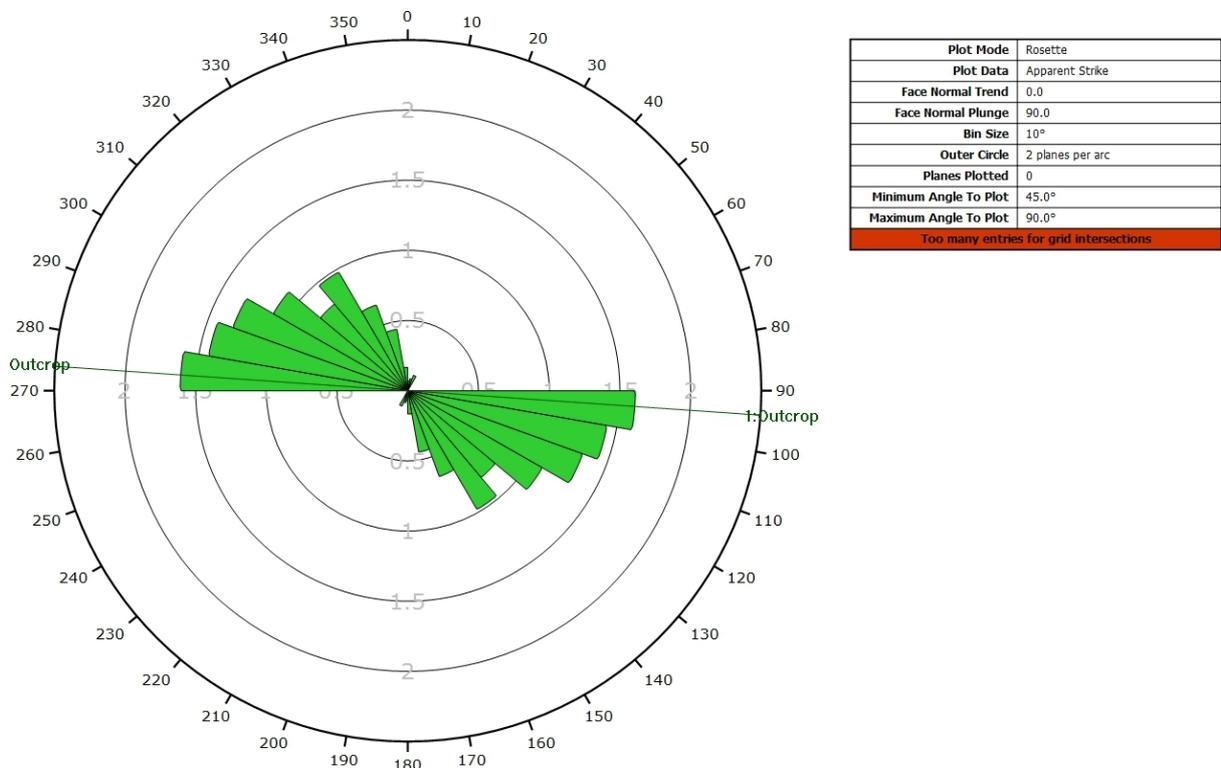
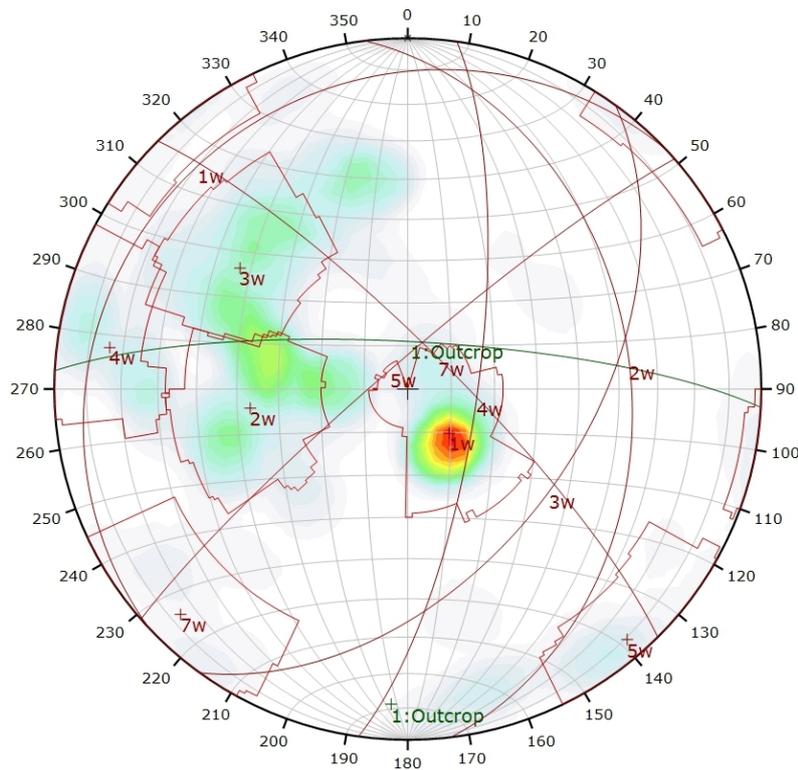


Diagramme de Rose de l'analyse statistique pondéré par la surface des plans.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : DOGGER – PHOTO C - TRAITEMENT STATISTIQUE PONDERE PAR TERZAGHI



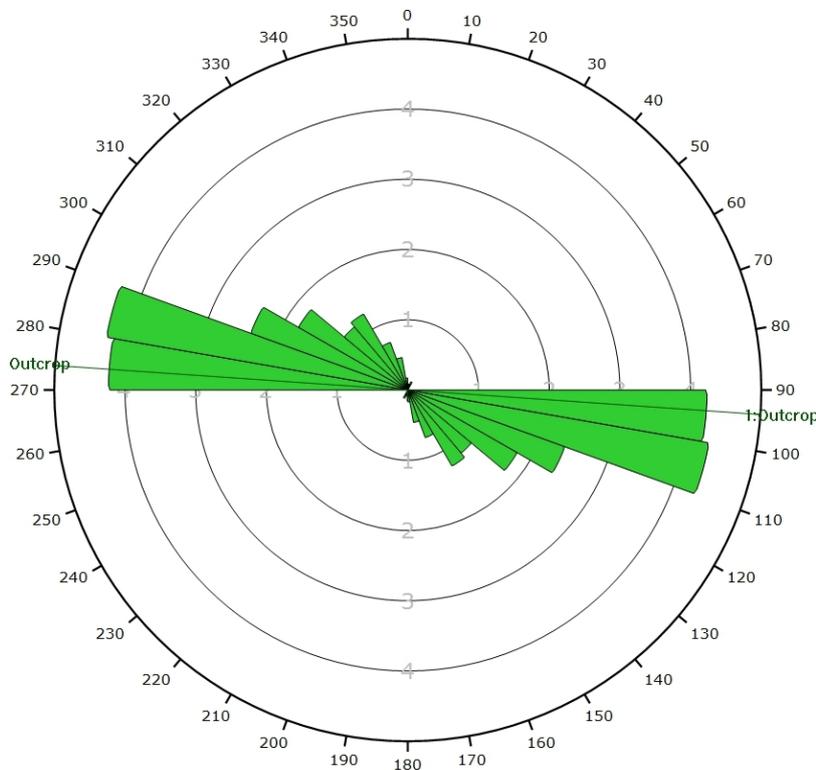
Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.00
	1.00 - 2.00
	2.00 - 3.00
	3.00 - 4.00
	4.00 - 5.00
	5.00 - 6.00
	6.00 - 7.00
	7.00 - 8.00
	8.00 - 9.00
	9.00 - 10.00

Maximum Density	9.69%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes			
1	79	3	Outcrop
Mean Set Planes			
1w	14	317	
2w	37	83	
3w	49	126	
4w	74	98	
5w	84	319	
7w	80	45	

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	40 (2422 Entries)
Terzaghi Weighting	Minimum Bias Angle 15°
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Area

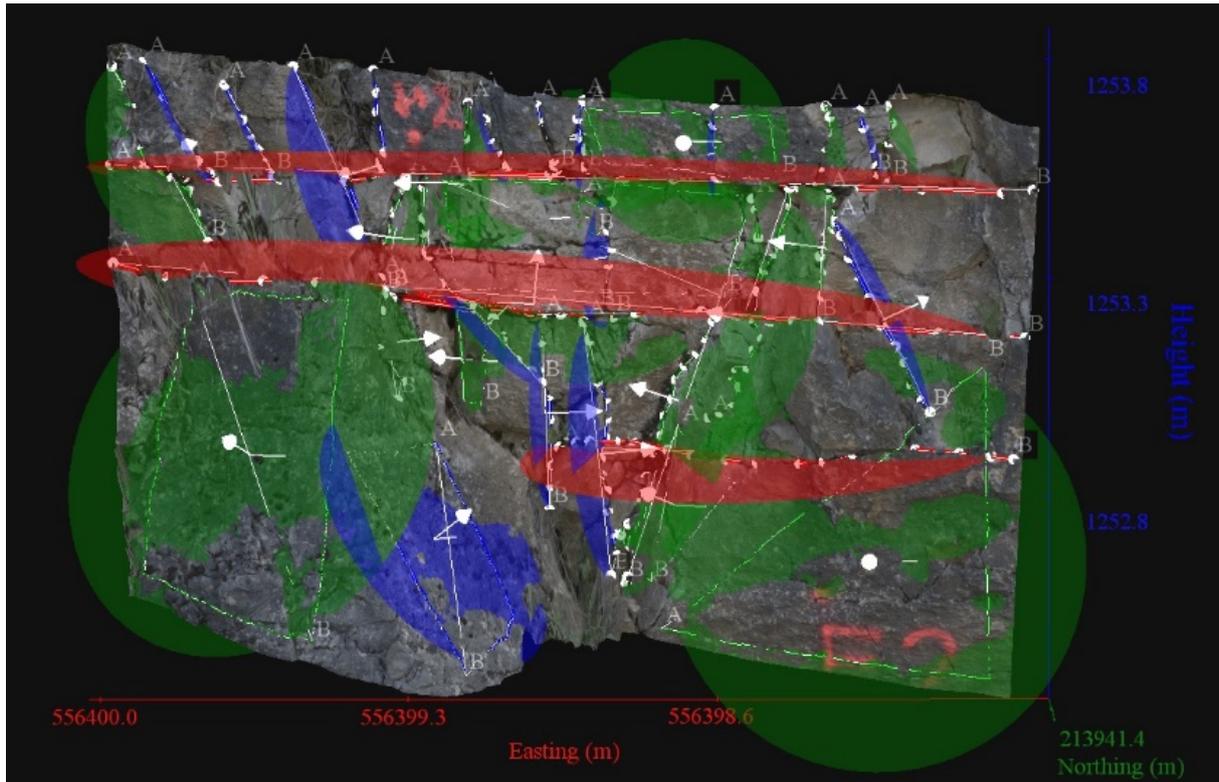
Canevas de Schmidt en densité de pôle de l'analyse statistique, pondéré par la surface des plans ainsi que par Terzaghi. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimut et en plongement.



Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Terzaghi Weighting	Minimum Bias Angle 15°
Bin Size	10°
Outer Circle	5 planes per arc
Planes Plotted	16
Minimum Angle To Plot	45.0°
Maximum Angle To Plot	90.0°
Too many entries for grid intersections	

Diagramme de Rose de l'analyse statistique, pondéré par la surface des plans ainsi que par Terzaghi.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : DOGGER – PHOTO D – PICKING



Vue en 3D de l'affleurement, des discontinuités et des familles de discontinuités obtenues grâce à Sirovision 5. Ci-dessous : Tableau récapitulatif des paramètres des familles de discontinuités.

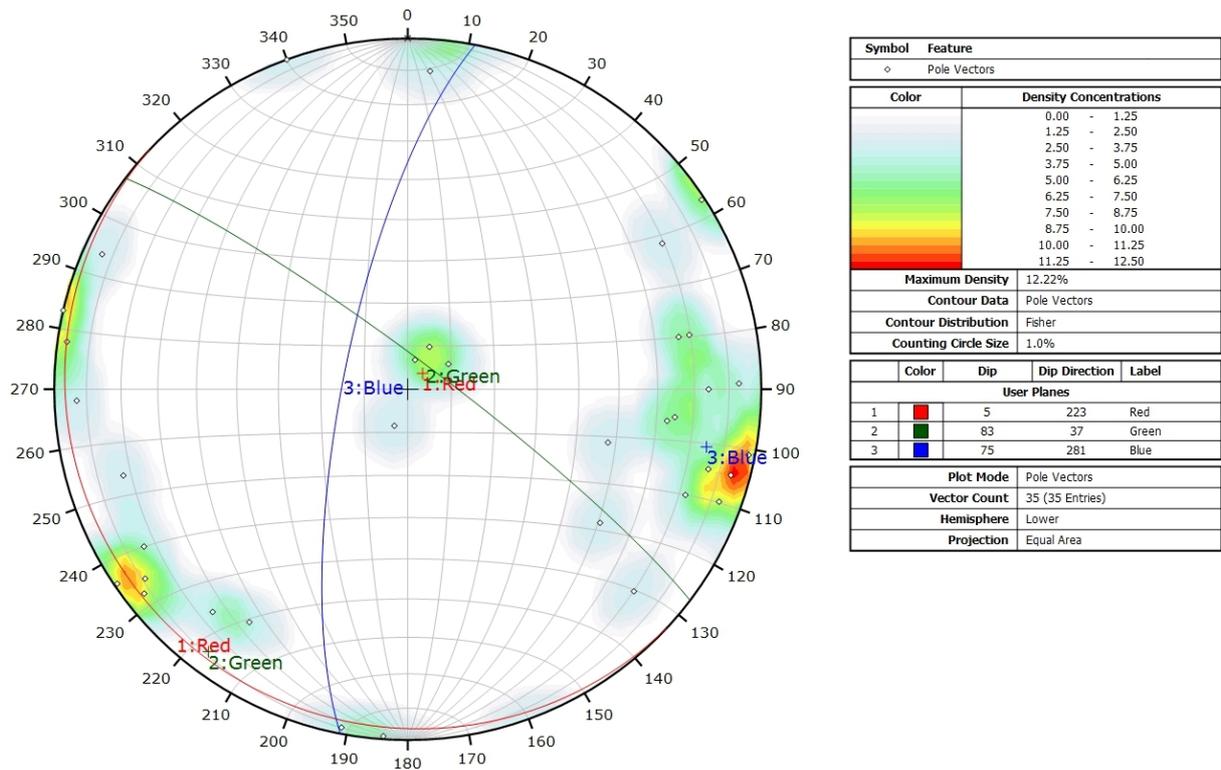
Nom	Azimut	Pendage	Persistence Max
Red	213.9	5.6	2.109
Green	37	80.7	0.969
Blue	280.6	74.8	0.698

Coordonnées moyennes de l'affleurement (CH1903): x = 556'399 y = 213'941 z = 1253

Détail des discontinuités :

Azimut	Pendage	Barycentre X	Barycentre Y	Barycentre Z	Persistence
277.7	62.3	556399.8	213940.9	1253.72	0.315
291.4	72.1	556399.4	213941.0	1253.59	0.576
276.8	64.3	556399.7	213940.9	1253.70	0.255
312.7	75.0	556399.9	213940.9	1253.64	0.468
194.2	7.0	556399.0	213941.0	1253.59	2.109
207.7	11.0	556399.0	213941.0	1253.30	2.088
59.8	75.2	556398.6	213941.0	1253.26	0.562
73.5	72.1	556398.7	213940.9	1253.08	0.930
285.6	83.8	556398.9	213940.9	1252.95	0.583
281.2	87.1	556399.0	213940.9	1253.05	0.441
285.3	48.5	556399.1	213940.9	1253.25	0.377
290.2	82.9	556399.4	213941.0	1253.21	0.282
54.9	80.5	556399.4	213940.9	1253.45	0.272
269.2	82.1	556399.4	213941.0	1253.73	0.242
56.9	88.8	556399.3	213941.0	1253.58	0.402
285.8	76.4	556399.1	213941.0	1253.68	0.204
270.1	73.8	556399.0	213941.1	1253.68	0.225
98.6	86.6	556398.9	213941.1	1253.68	0.223
103.7	89.8	556398.6	213941.1	1253.66	0.218
114.3	83.7	556398.9	213941.0	1253.41	0.328
259.6	66.1	556398.3	213941.1	1253.27	0.490
20.6	8.9	556398.5	213941.0	1252.97	1.096
88.3	83.0	556398.4	213941.1	1253.44	0.299
237.5	89.0	556398.4	213941.1	1253.65	0.239
259.8	69.3	556398.3	213941.1	1253.67	0.208
240.0	71.9	556398.3	213941.1	1253.68	0.211
34.9	64.7	556399.8	213941.0	1252.21	0.969
183.2	83.9	556399.1	213940.8	1252.68	0.694
10.0	83.2	556398.4	213941.0	1251.97	0.964
220.3	13.3	556399.3	213940.7	1252.52	0.473
301.5	52.5	556399.4	213941.1	1252.03	0.698
3.0	84.1	556398.9	213940.9	1252.93	0.467
41.6	68.5	556398.9	213940.8	1252.07	0.365
51.7	81.0	556399.3	213940.6	1252.38	0.238
339.6	85.5	556399.1	213940.8	1252.73	0.095

Inventaire géothermique et structural du canton de Neuchâtel : IGS-NE



Canevas de Schmidt avec les pôles de plans de discontinuités ainsi que leur densité par pourcent de surface. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimuth et en plongement.

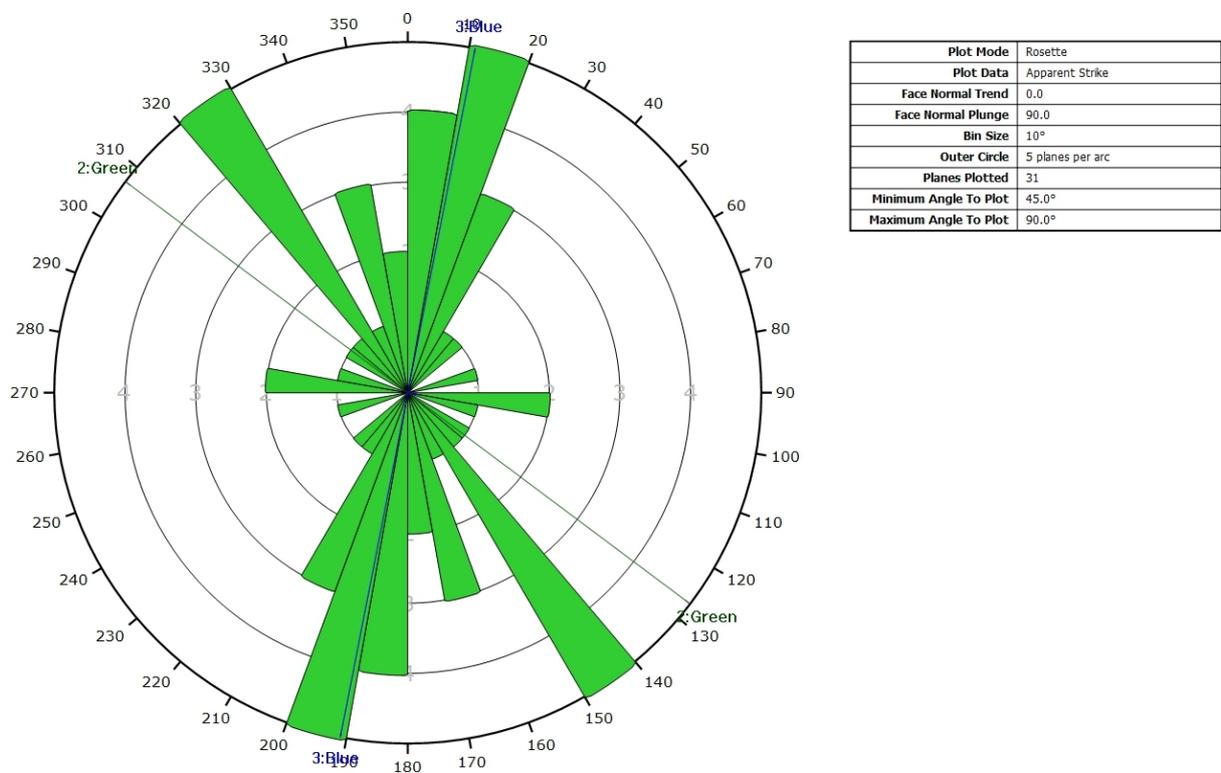
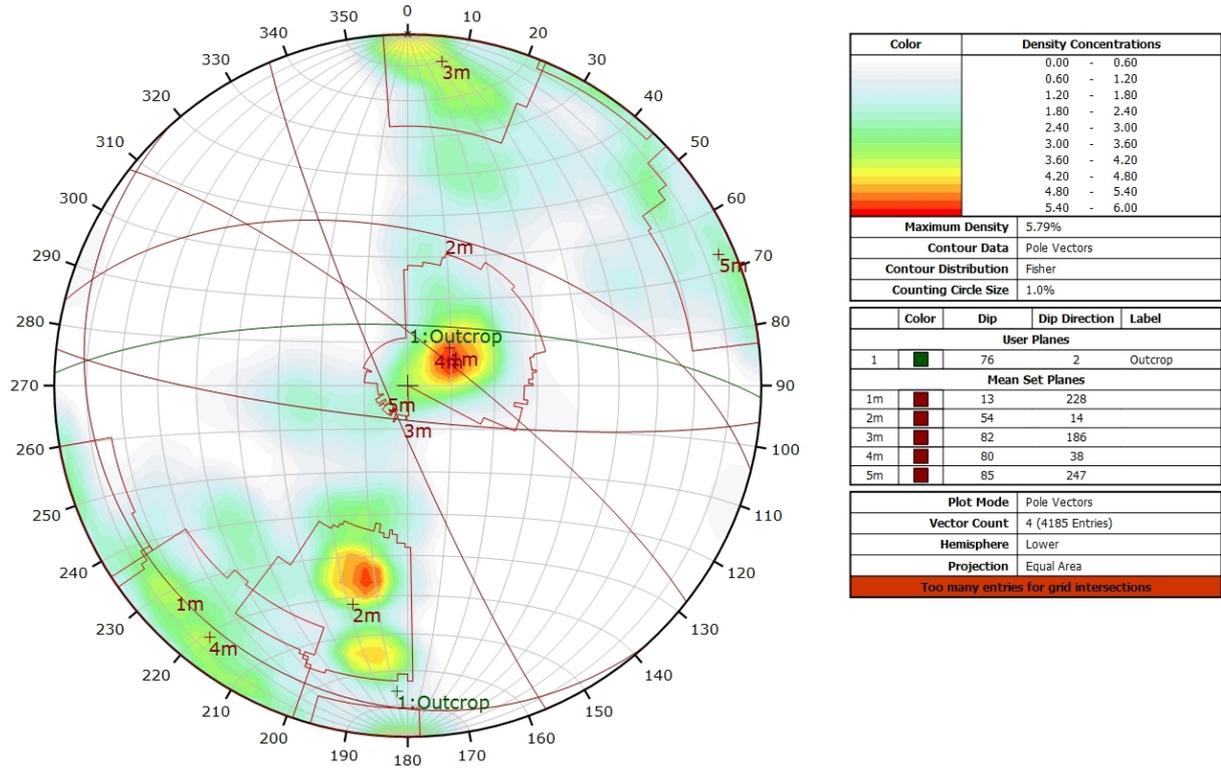


Diagramme de Rose des discontinuités.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : DOGGER – PHOTO D - TRAITEMENT STATISTIQUE



Canevas de Schmidt en densité de pôle de l'analyse statistique pondéré par la surface des plans. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimuth et en plongement.

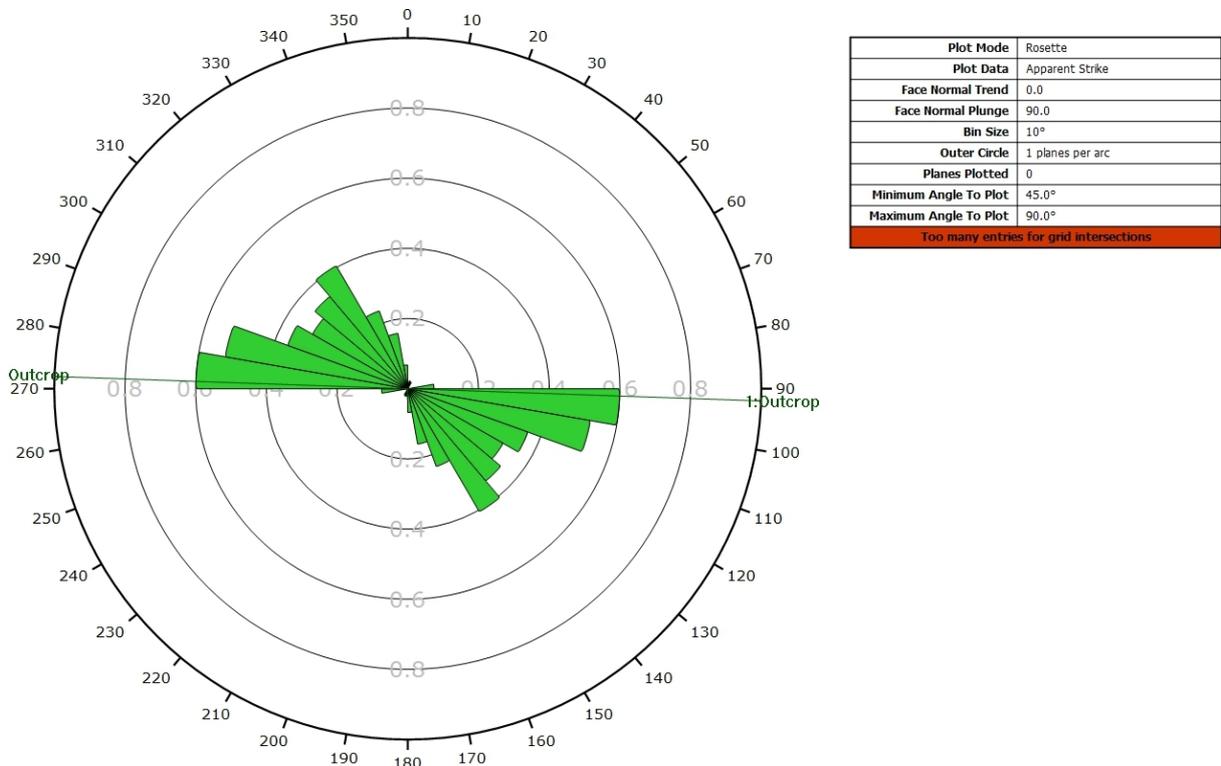
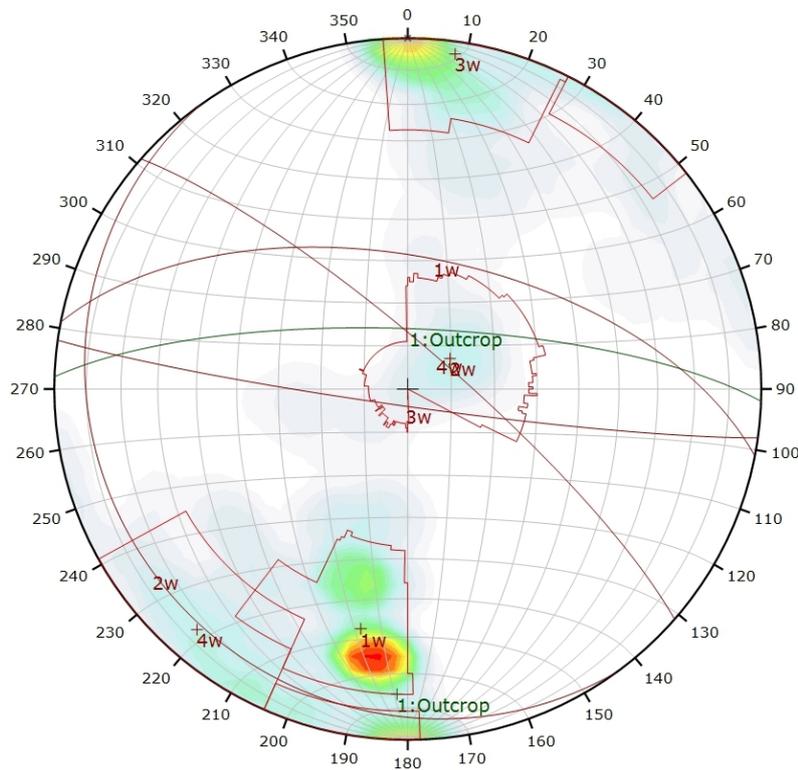


Diagramme de Rose de l'analyse statistique pondéré par la surface des plans.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : DOGGER – PHOTO D - TRAITEMENT STATISTIQUE PONDERE PAR TERZAGHI



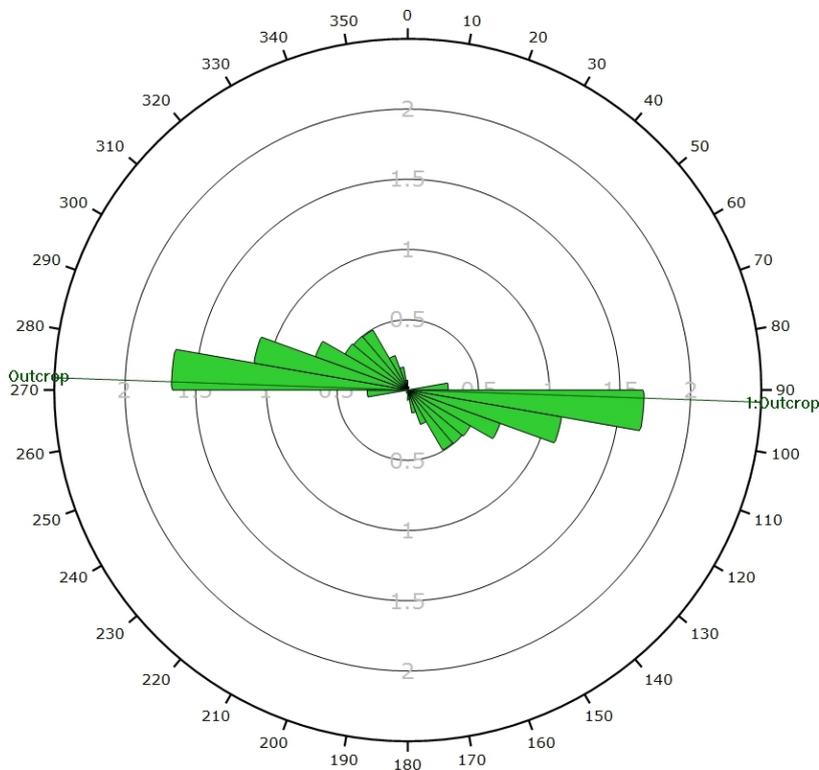
Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.15
	1.15 - 2.30
	2.30 - 3.45
	3.45 - 4.60
	4.60 - 5.75
	5.75 - 6.90
	6.90 - 8.05
	8.05 - 9.20
	9.20 - 10.35
	10.35 - 11.50

Maximum Density	11.07%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes			
1	76	2	Outcrop
Mean Set Planes			
1w	59	11	
2w	12	234	
3w	86	188	
4w	80	41	

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	4 (4185 Entries)
Terzaghi Weighting	Minimum Bias Angle 15°
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Area
Too many entries for grid intersections	

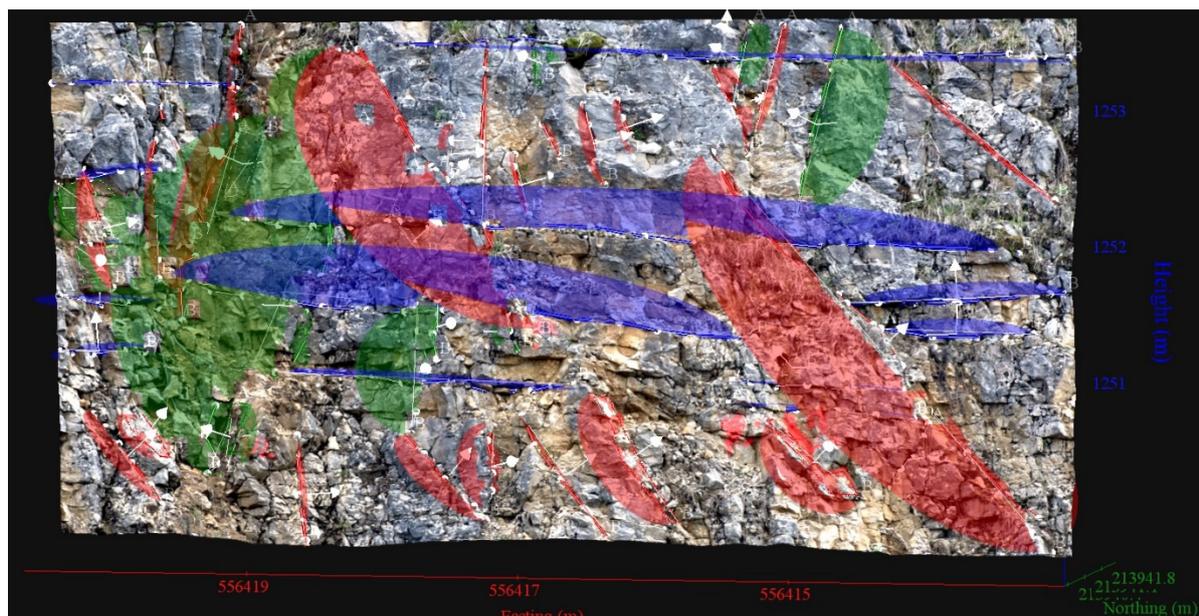
Canevas de Schmidt en densité de pôle de l'analyse statistique, pondéré par la surface des plans ainsi que par Terzaghi. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimut et en plongement.



Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Terzaghi Weighting	Minimum Bias Angle 15°
Bin Size	10°
Outer Circle	2 planes per arc
Planes Plotted	5
Minimum Angle To Plot	45.0°
Maximum Angle To Plot	90.0°
Too many entries for grid intersections	

Diagramme de Rose de l'analyse statistique, pondéré par la surface des plans ainsi que par Terzaghi.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : DOGGER – PHOTO E – PICKING



Vue en 3D de l’affleurement, des discontinuités et des familles de discontinuités obtenues grâce à Sirovision 5. Ci-dessous : Tableau récapitulatif des paramètres des familles de discontinuités.

Nom	Azimut	Pendage	Persistence Max
Red	72.5	298.7	3.865
Green	79	24.7	2.841
Blue	1.6	211.2	5.627

Coordonnées moyennes de l’affleurement (CH1903): x = 556’417 y = 213’942 z = 1251

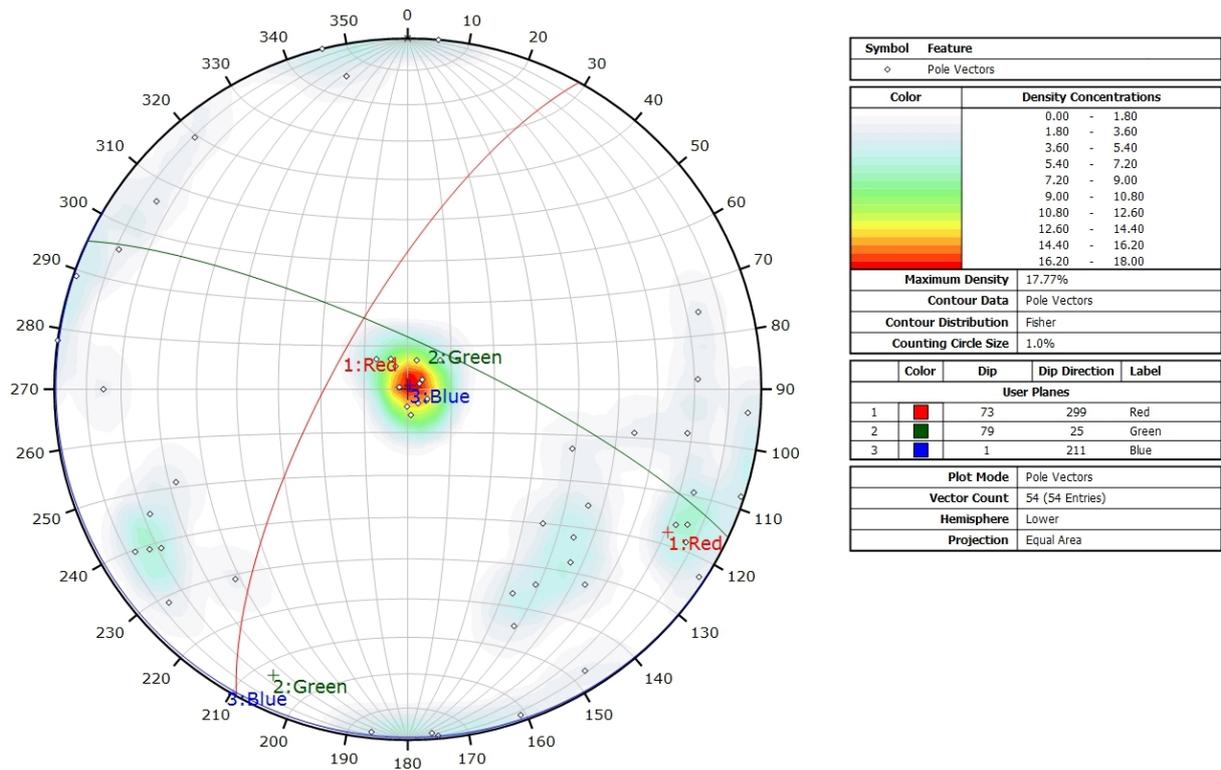
Détail des discontinuités :

Azimut	Pendage	Barycentre X	Barycentre Y	Barycentre Z	Persistence
98.8	89.4	556417.6	213941.2	1252.98	1.399
64.6	70.0	556415.7	213941.2	1253.60	0.669
255.8	73.3	556415.8	213941.2	1253.26	0.690
90.4	74.5	556415.5	213941.2	1253.44	0.972
57.5	71.9	556415.2	213941.2	1253.14	1.490
236.8	3.1	556416.7	213941.3	1252.30	5.627
244.8	2.7	556420.4	213941.0	1251.78	0.952
104.9	1.2	556420.1	213940.8	1252.22	0.862
151.1	7.4	556420.4	213941.1	1251.40	0.695
327.2	55.9	556417.9	213941.2	1252.66	2.663
302.7	4.6	556418.0	213941.3	1251.19	2.228
324.6	3.7	556415.3	213941.9	1251.16	1.279
296.7	4.2	556415.3	213941.8	1250.97	1.385
312.8	52.5	556414.8	213941.7	1251.45	3.865
152.6	5.4	556414.2	213941.6	1251.83	1.599

Inventaire géothermique et structural du canton de Neuchâtel : IGS-NE

Azimut	Pendage	Barycentre X	Barycentre Y	Barycentre Z	Persistence
197.6	6.9	556414.2	213941.5	1251.58	1.119
353.7	5.8	556415.8	213941.1	1253.67	5.027
299.1	78.2	556420.4	213941.0	1252.31	0.904
228.5	9.7	556417.9	213941.3	1251.71	4.143
166.6	89.9	556419.0	213941.0	1251.77	2.841
341.7	87.3	556418.0	213941.4	1251.59	0.438
356.3	87.4	556418.1	213941.3	1251.26	0.949
315.3	44.9	556417.9	213941.6	1250.46	0.945
109.1	88.2	556419.3	213940.4	1253.37	0.860
116.1	79.2	556419.6	213940.6	1252.39	1.487
288.5	88.7	556420.0	213940.9	1252.46	1.011
303.0	87.5	556417.9	213941.1	1252.88	0.439
140.9	82.2	556418.0	213941.2	1252.55	0.408
127.9	77.5	556418.3	213941.0	1252.55	0.386
290.2	74.9	556417.4	213941.3	1252.65	0.476
297.9	73.4	556416.6	213941.4	1253.08	0.450
296.9	76.9	556416.9	213941.4	1252.95	0.609
328.7	83.9	556417.6	213941.7	1250.55	0.651
355.3	89.0	556418.8	213940.7	1253.30	0.773
2.2	3.8	556420.0	213940.8	1253.40	1.422
134.5	9.8	556420.3	213941.0	1252.71	0.757
279.6	68.1	556419.8	213940.7	1252.82	0.973
274.1	85.6	556418.9	213941.2	1250.36	0.778
303.7	50.8	556420.3	213941.3	1250.61	0.891
68.3	59.8	556414.6	213941.7	1250.64	0.567
281.1	55.0	556417.2	213941.9	1250.46	1.125
290.6	41.0	556414.0	213941.2	1253.08	1.639
268.0	70.6	556417.1	213941.3	1252.95	0.319
169.8	79.1	556417.5	213941.6	1251.54	0.310
318.7	63.6	556416.6	213941.9	1250.61	1.130
336.6	62.1	556415.3	213941.9	1250.59	0.882
58.5	74.6	556419.3	213940.6	1252.84	0.533
185.7	89.5	556420.4	213940.9	1252.47	0.642
6.6	87.7	556420.4	213941.0	1252.06	0.415
317.5	56.2	556418.1	213941.1	1252.24	0.312
48.4	79.5	556417.2	213941.2	1253.55	0.308
59.8	78.6	556419.5	213941.1	1250.78	0.563
333.5	54.4	556420.1	213941.2	1250.79	0.488
42.0	61.9	556415.4	213941.9	1251.29	0.216

Inventaire géothermique et structural du canton de Neuchâtel : IGS-NE



Canevas de Schmidt avec les pôles de plans de discontinuités ainsi que leur densité par pourcent de surface. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimuth et en plongement.

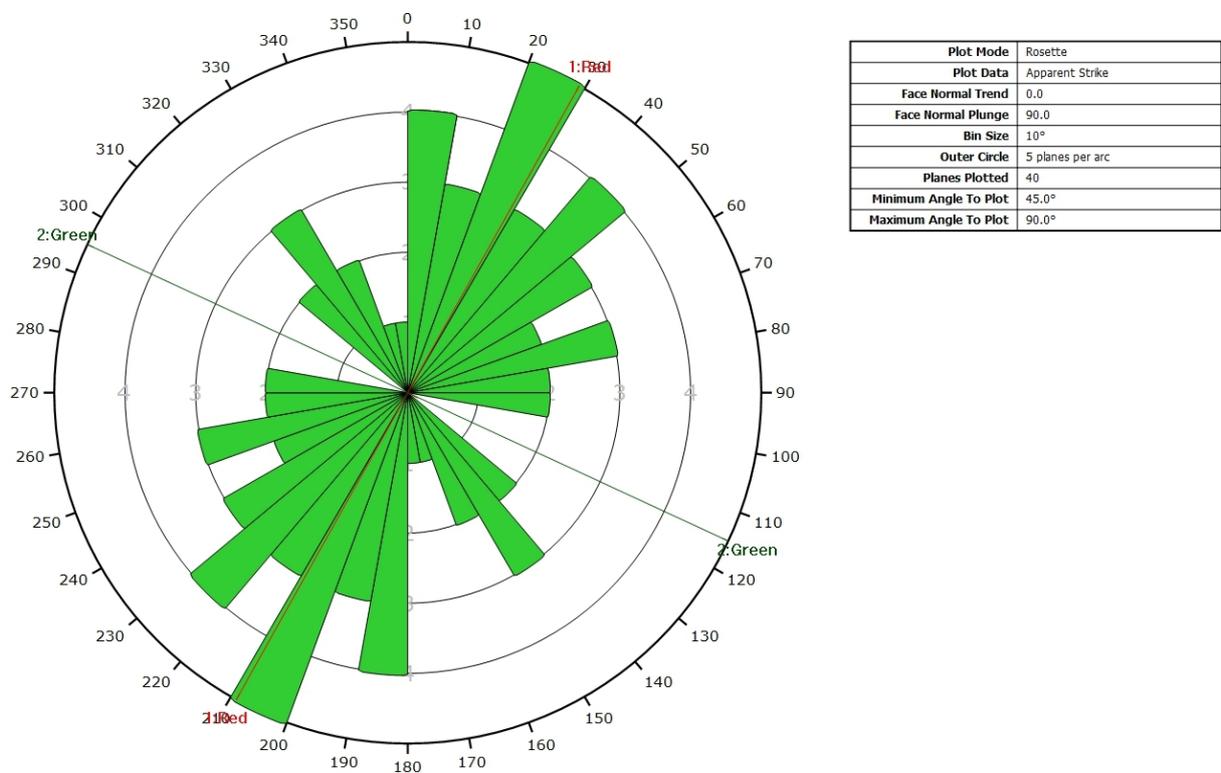
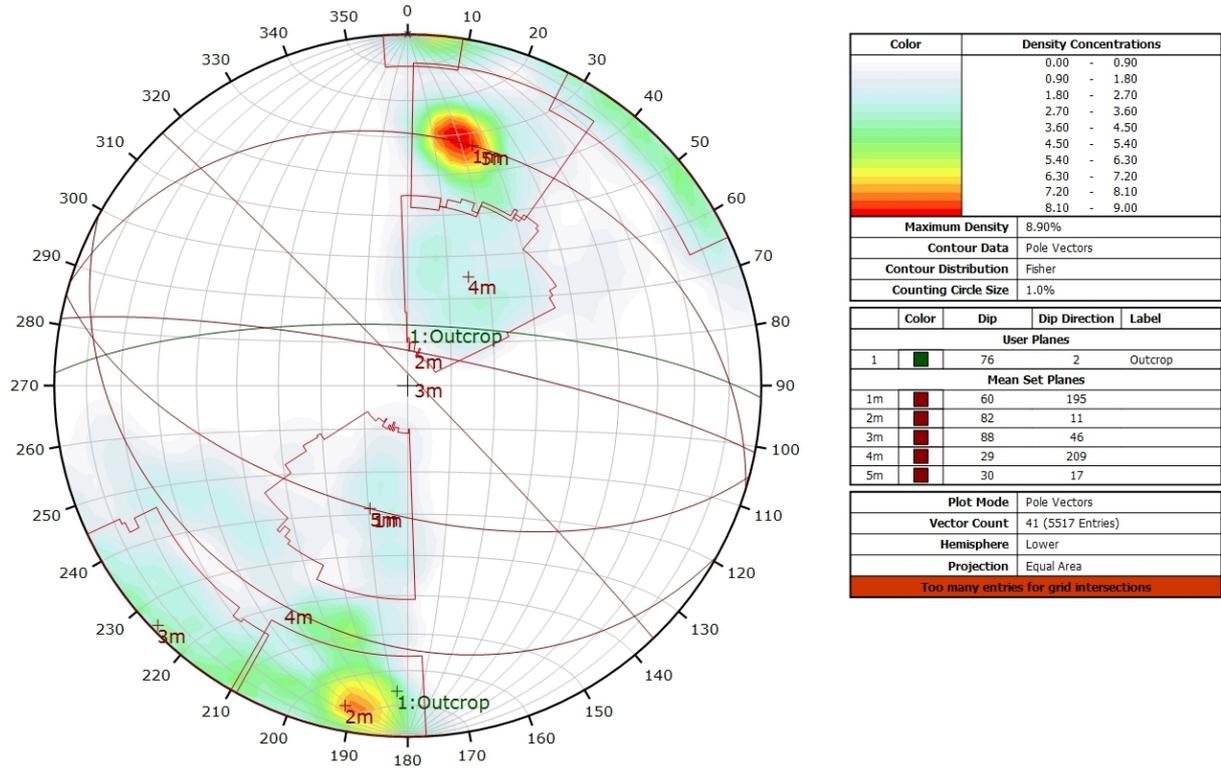


Diagramme de Rose des discontinuités.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : DOGGER – PHOTO E - TRAITEMENT STATISTIQUE



Canevas de Schmidt en densité de pôle de l'analyse statistique pondéré par la surface des plans. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimuth et en plongement.

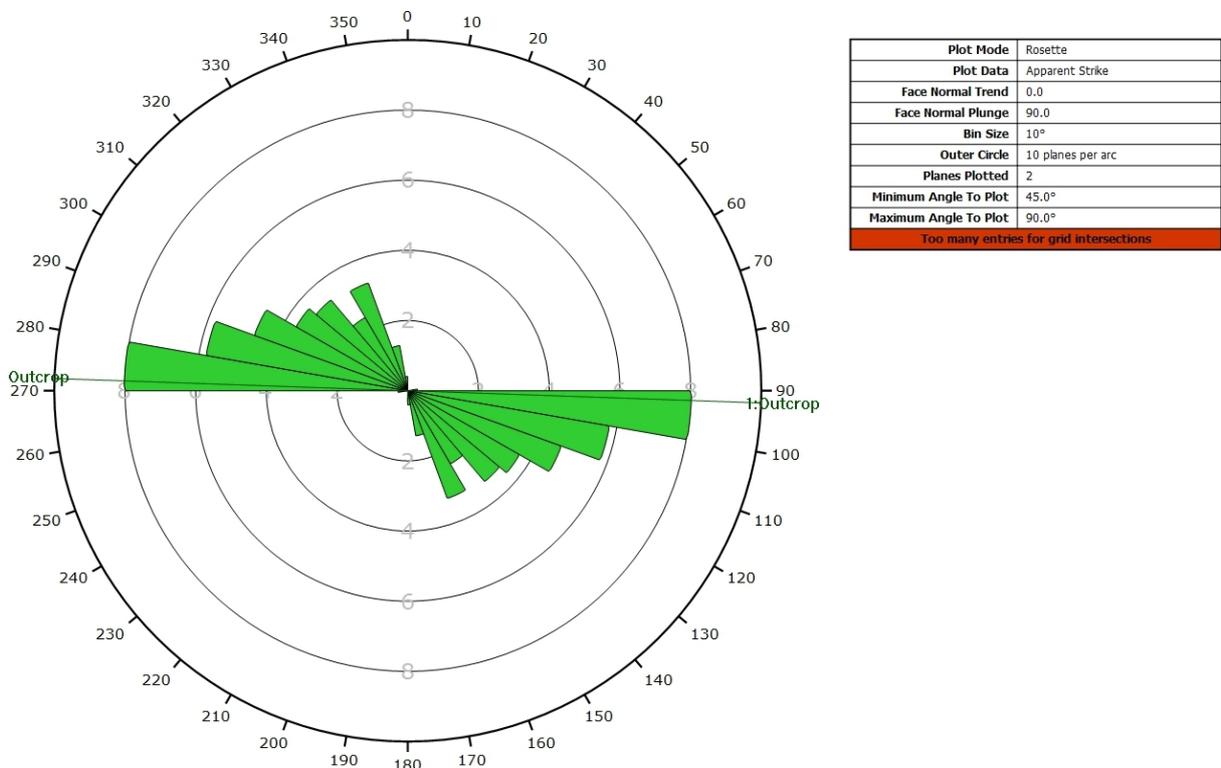
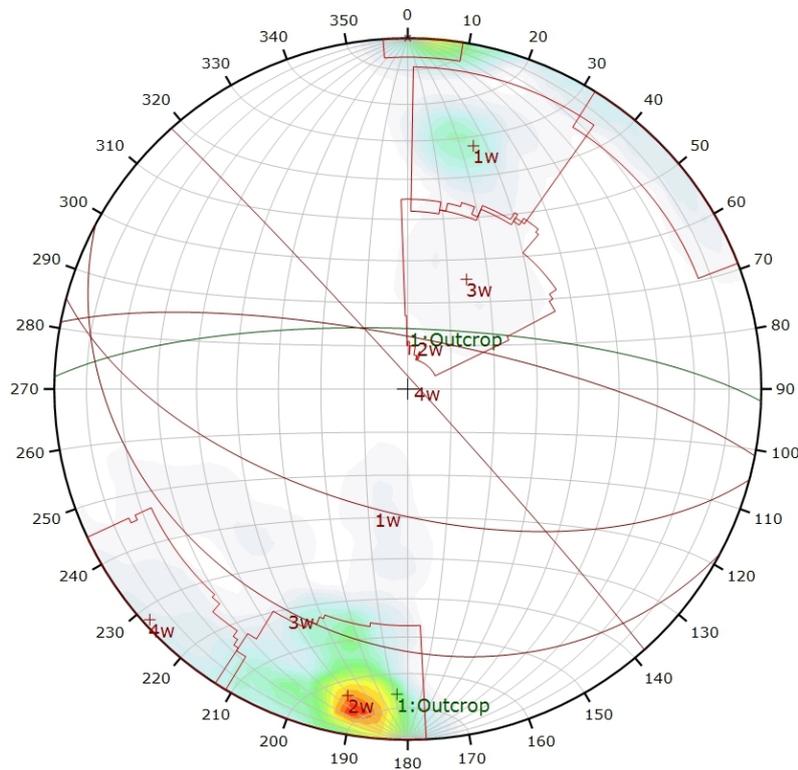


Diagramme de Rose de l'analyse statistique pondéré par la surface des plans.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : DOGGER – PHOTO E - TRAITEMENT STATISTIQUE PONDERE PAR TERZAGHI



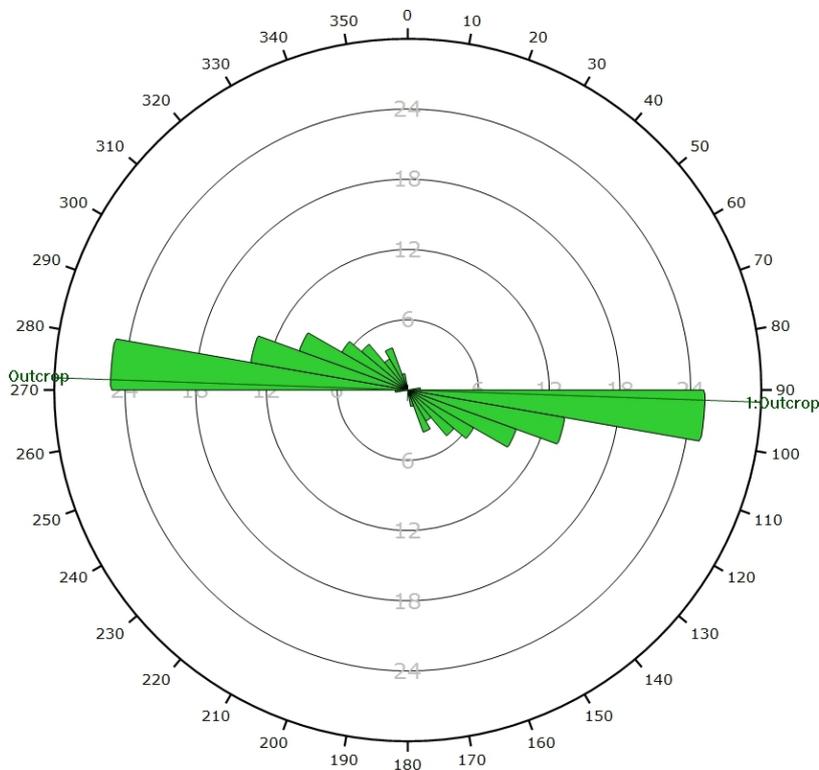
Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.70
	1.70 - 3.40
	3.40 - 5.10
	5.10 - 6.80
	6.80 - 8.50
	8.50 - 10.20
	10.20 - 11.90
	11.90 - 13.60
	13.60 - 15.30
	15.30 - 17.00

Maximum Density	16.26%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes			
1	76	2	Outcrop
Mean Set Planes			
1w	61	195	
2w	78	11	
3w	29	208	
4w	88	48	

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	41 (5517 Entries)
Terzaghi Weighting	Minimum Bias Angle 15°
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Area
Too many entries for grid intersections	

Canevas de Schmidt en densité de pôle de l'analyse statistique, pondéré par la surface des plans ainsi que par Terzaghi. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimut et en plongement.

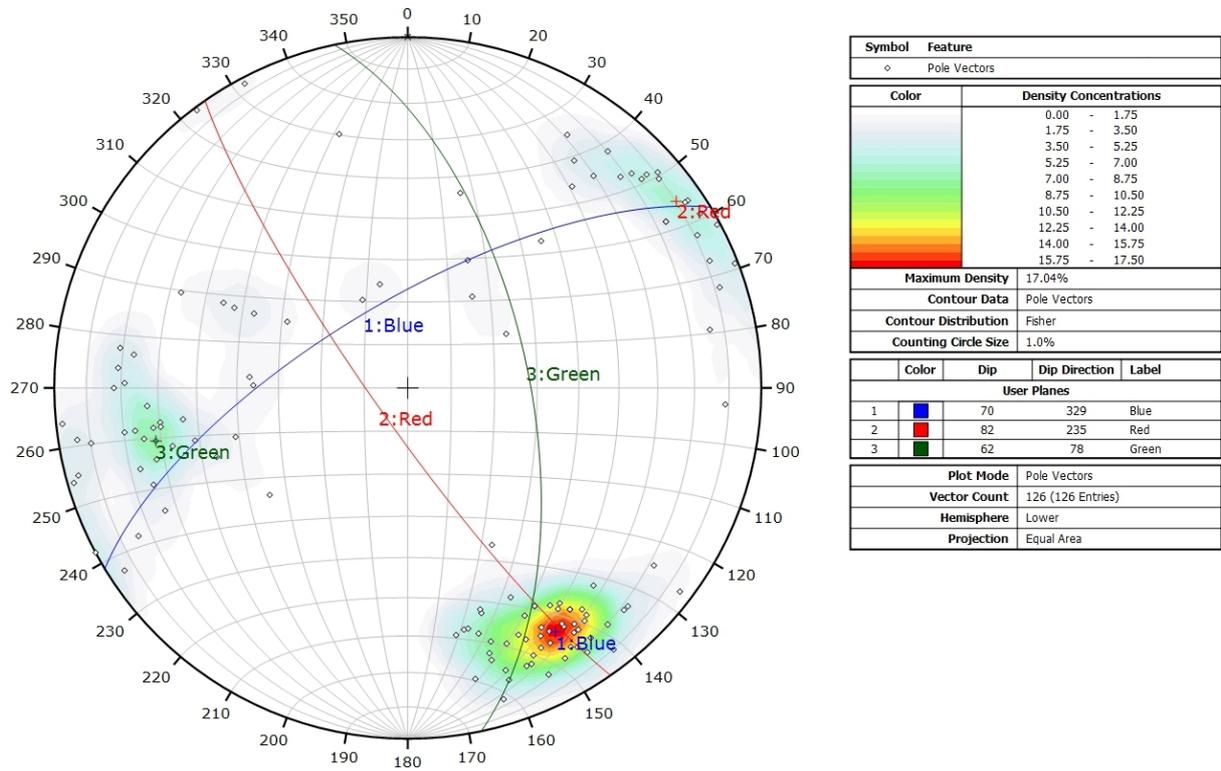


Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Terzaghi Weighting	Minimum Bias Angle 15°
Bin Size	10°
Outer Circle	30 planes per arc
Planes Plotted	69
Minimum Angle To Plot	45.0°
Maximum Angle To Plot	90.0°
Too many entries for grid intersections	

Diagramme de Rose de l'analyse statistique, pondéré par la surface des plans ainsi que par Terzaghi.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : VIRAGE MALM – PICKING

Coordonnées moyennes de l’affleurement (CH1903): x = 555’804 y = 213’979 z= 1228



Canevas de Schmidt avec les pôles de plans de discontinuités de l’ensemble des images 3D ainsi que leur densité par pourcent de surface. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimut et en plongement.

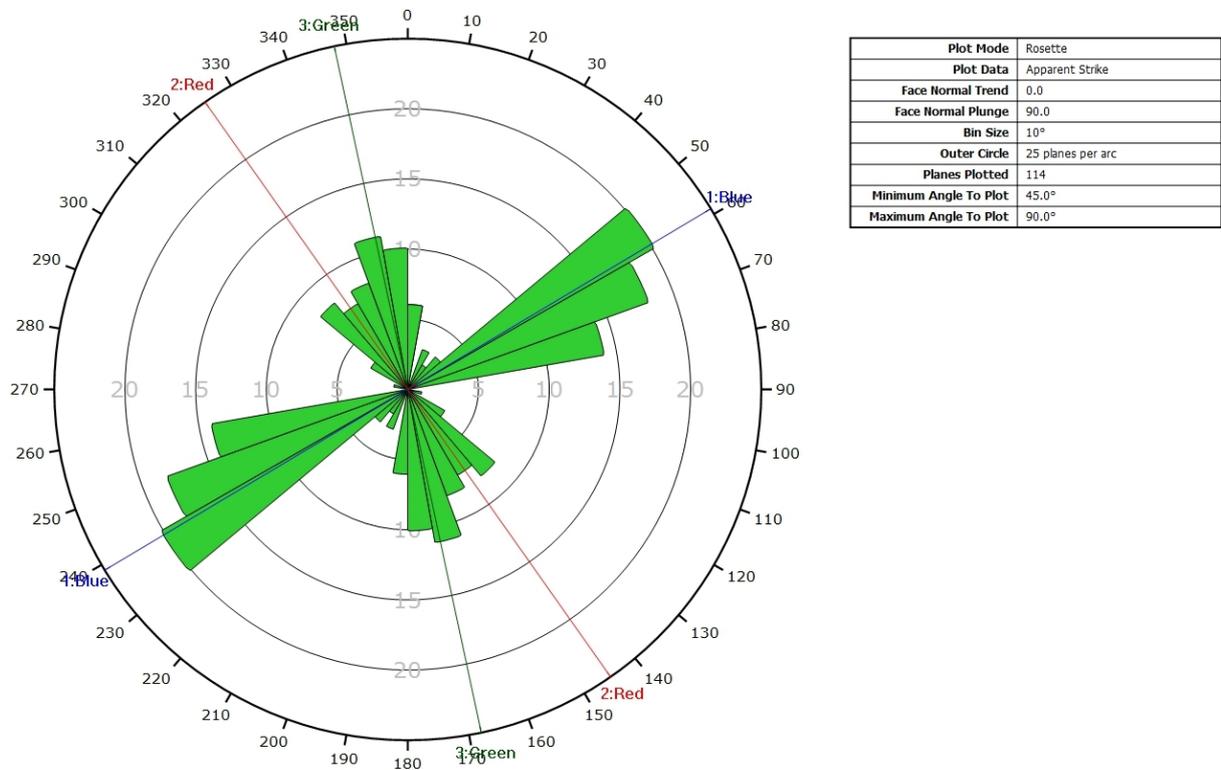
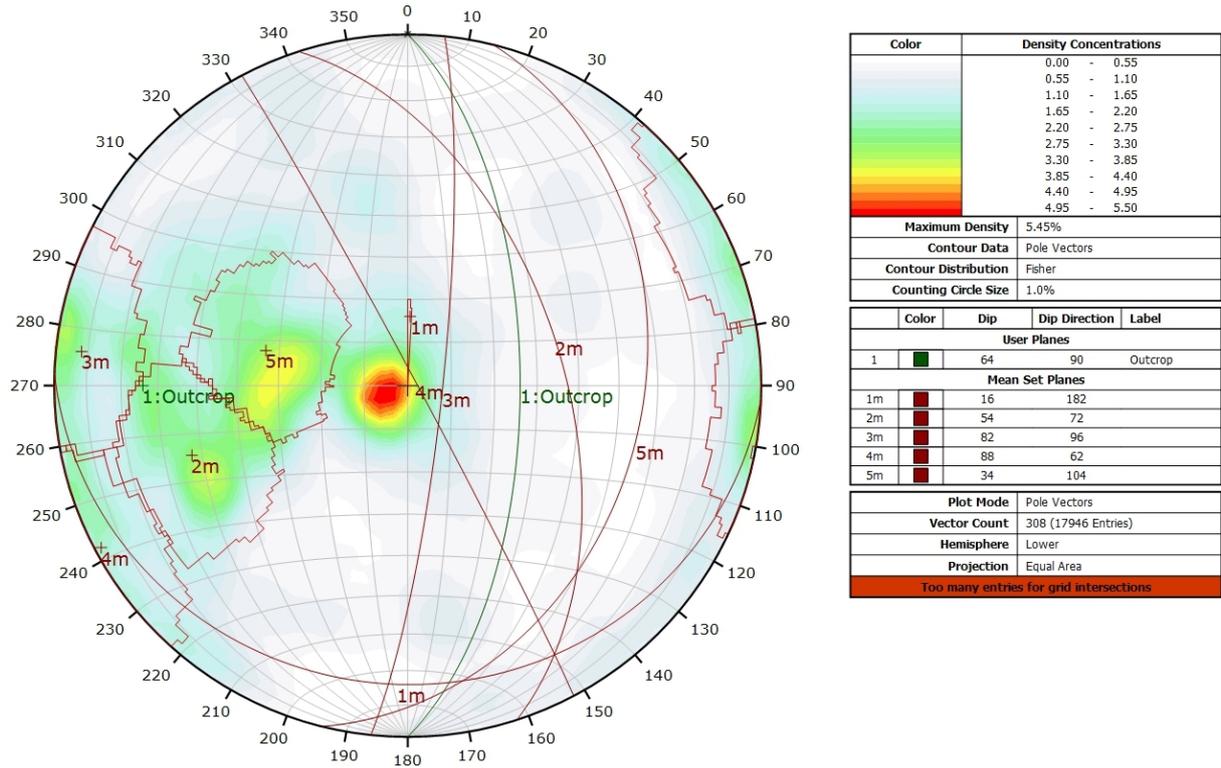


Diagramme de Rose de l’ensemble des discontinuités des images 3D.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : VIRAGE MALM – TRAITEMENT STATISTIQUE



Canevas de Schmidt en densité de pôle de l'analyse statistique effectuée sur l'ensemble des images 3D, pondéré par la surface des plans. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimut et en plongement.

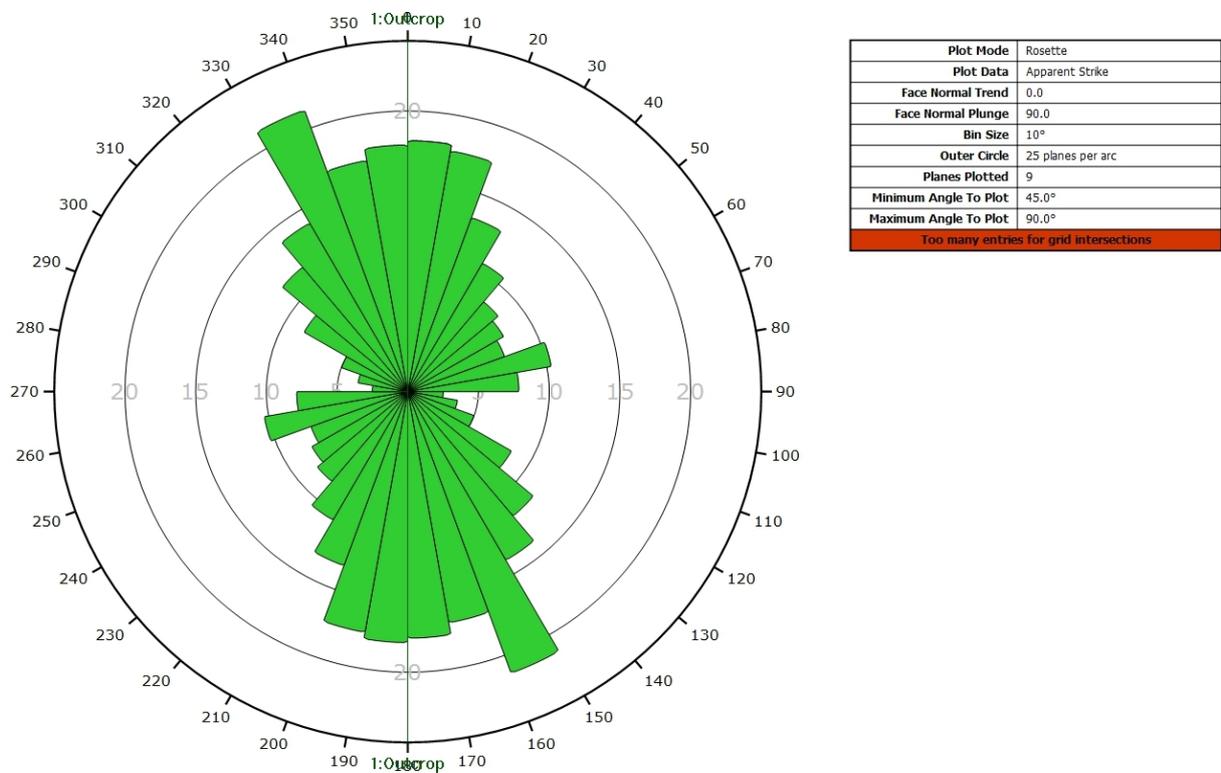
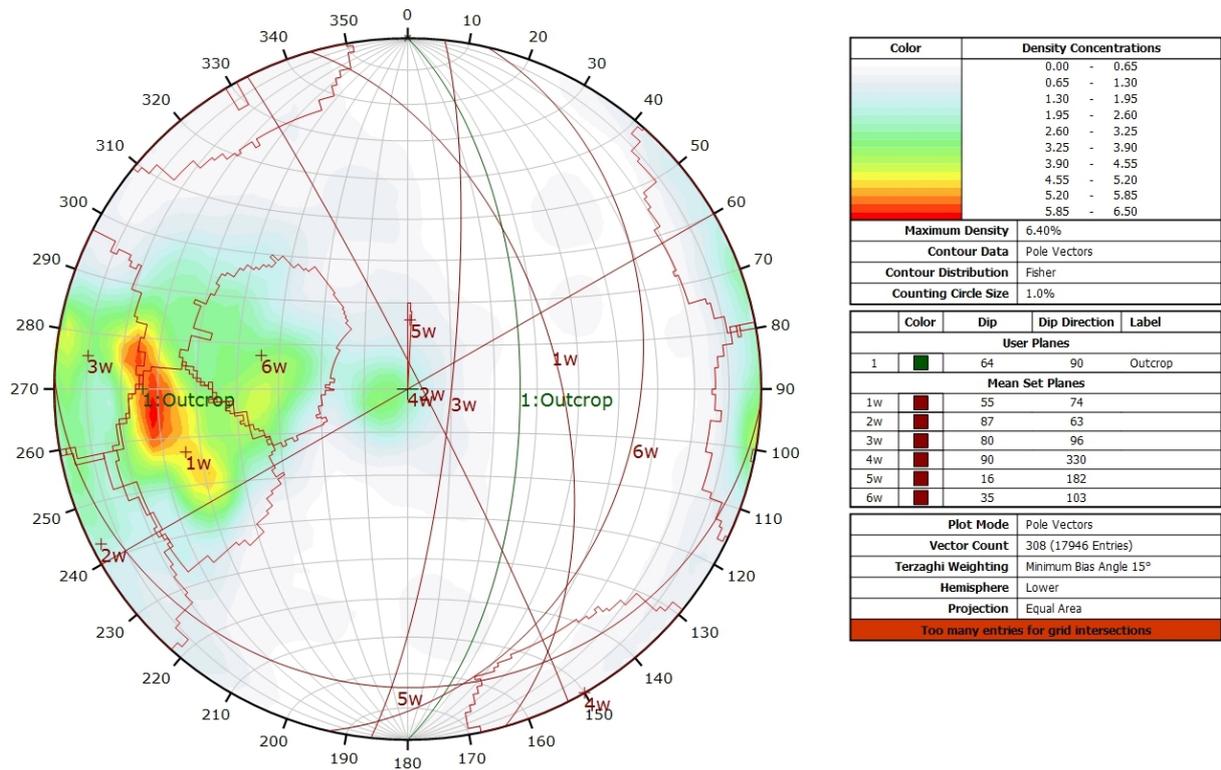


Diagramme de Rose de l'analyse statistique effectuée sur l'ensemble des photos 3D, pondéré par la surface des plans.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : VIRAGE MALM – TRAITEMENT STATISTIQUE PONDERE PAR TERZAGHI



Canevas de Schmidt en densité de pôle de l'analyse statistique effectuée sur l'ensemble des images 3D, pondéré par la surface des plans ainsi que par Terzaghi. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimuth et en plongement.

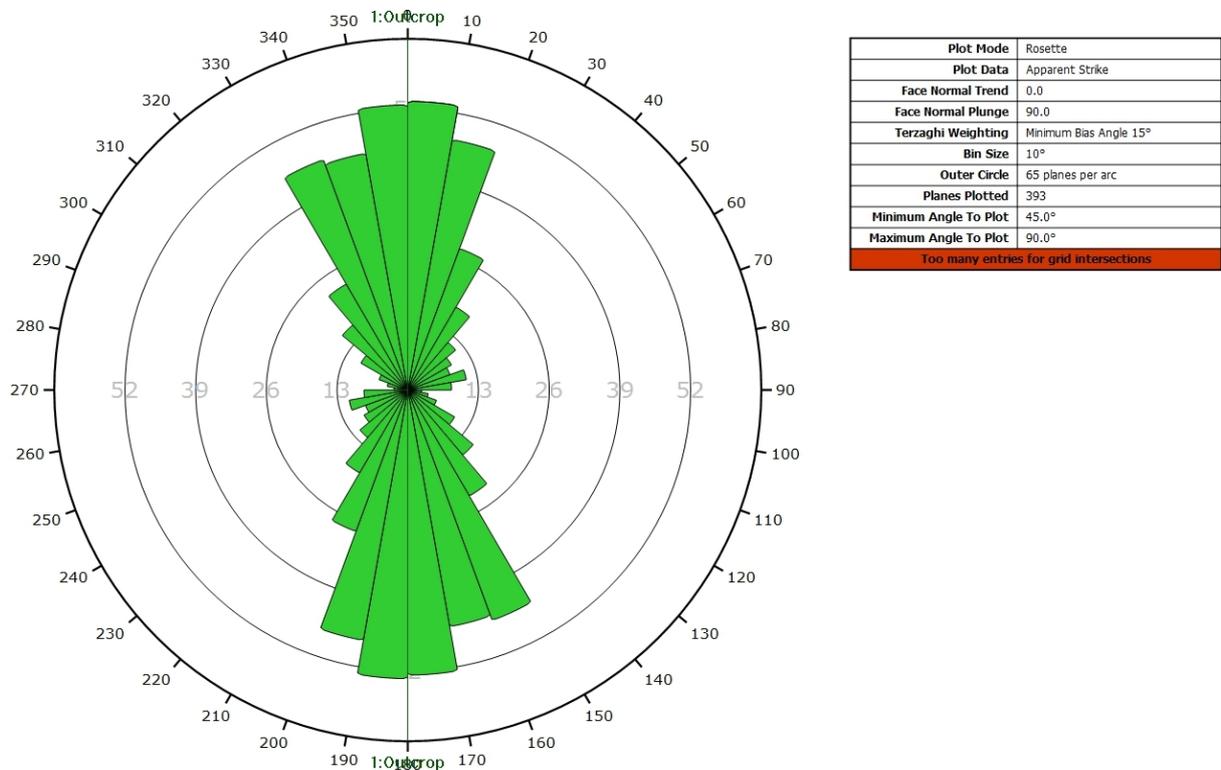
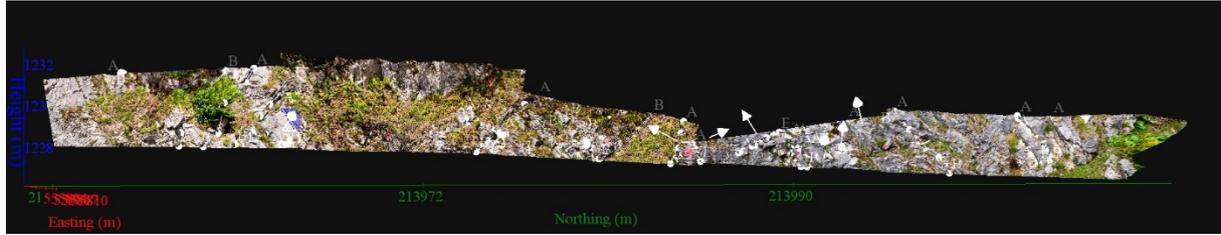


Diagramme de Rose de l'analyse statistique effectuée sur l'ensemble des images 3D, pondéré par la surface des plans ainsi que par Terzaghi.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : VIRAGE MALM – MOSAÏQUE – PICKING



Vue en 3D de l'affleurement, des discontinuités et des familles de discontinuités obtenues grâce à Sirovision 5. Ci-dessous : Tableau récapitulatif des paramètres des familles de discontinuités.

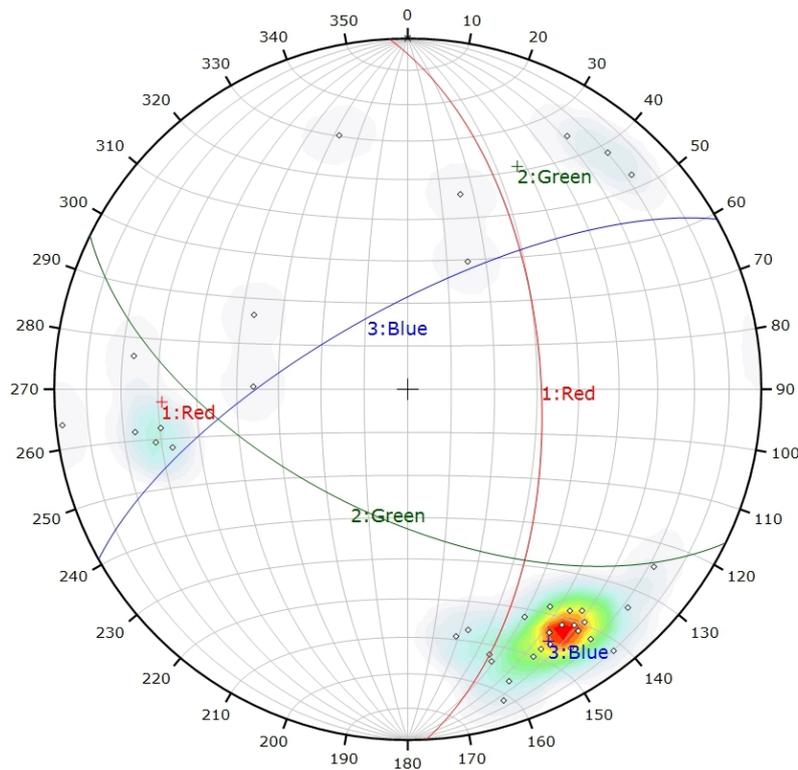
Nom	Azimut	Pendage	Persistence Max
Red	87.1	58.6	4.044
Green	205.5	60.2	5.19
Blue	330.5	70.5	4.169

Coordonnées moyennes de l'affleurement (CH1903): x = 555'804 y = 213'979 z= 1228

Détail des discontinuités :

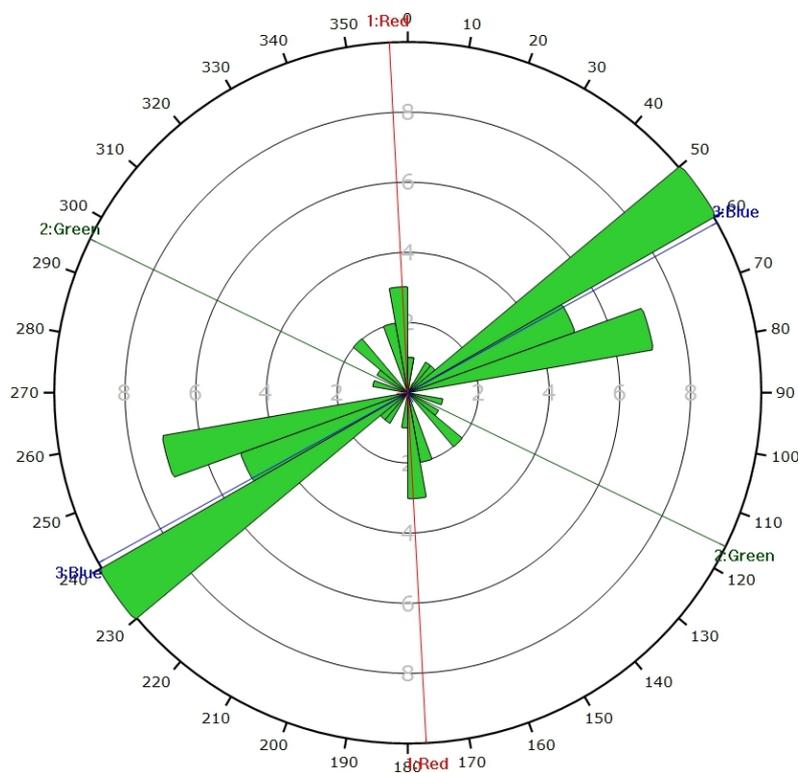
Azimut	Pendage	Barycentre X	Barycentre Y	Barycentre Z	Persistence
343.0	68.0	555801.8	213973.9	1229.32	0.755
324.8	76.5	555803.5	213979.7	1227.94	1.492
325.8	70.1	555803.5	213980.2	1228.37	1.950
165.0	63.7	555804.0	213983.9	1228.22	2.352
322.4	83.1	555805.3	213989.3	1227.64	1.545
341.9	76.3	555805.4	213989.6	1227.69	1.557
333.2	61.9	555807.4	214000.6	1228.49	2.761
349.3	60.9	555807.4	214000.3	1227.95	2.034
323.4	71.8	555806.3	213995.4	1228.12	4.169
343.6	81.6	555804.8	213984.6	1227.73	1.070
205.6	32.4	555804.9	213987.8	1228.24	2.296
84.4	87.7	555802.2	213975.8	1229.16	4.044
226.2	76.5	555801.9	213964.0	1229.77	4.965
212.2	73.8	555802.5	213962.3	1229.93	5.190
220.8	76.4	555802.8	213960.4	1229.49	4.724
327.6	68.7	555802.5	213977.3	1229.25	1.338
330.9	68.4	555802.6	213976.1	1228.05	1.767
324.7	66.1	555803.3	213978.3	1227.96	0.758
325.9	72.8	555803.2	213977.9	1227.72	-
327.5	62.6	555803.3	213979.3	1228.73	0.389
322.4	68.2	555802.8	213978.3	1229.28	0.447
331.4	71.2	555801.8	213965.4	1229.25	1.757
335.1	72.5	555802.6	213962.9	1228.18	0.458
333.9	71.9	555803.3	213960.2	1228.46	1.401
306.1	74.9	555802.7	213956.5	1231.17	0.823
328.1	75.2	555803.3	213959.4	1229.19	0.534
76.5	57.2	555802.0	213965.0	1228.76	2.208
78.1	61.5	555802.3	213975.1	1228.01	0.753
97.1	66.3	555802.8	213978.4	1229.45	0.718
81.1	66.4	555803.4	213979.1	1227.62	0.676
195.0	47.2	555803.1	213981.7	1228.41	3.525
315.2	76.4	555805.6	213990.0	1227.49	1.231
346.2	59.6	555807.6	214001.9	1228.58	1.883
116.7	39.1	555805.0	213992.7	1229.03	1.765
91.7	36.0	555805.5	213991.5	1227.80	1.416
81.5	59.3	555805.7	213990.3	1227.64	0.978
343.3	69.1	555804.6	213984.7	1228.19	-

Inventaire géothermique et structural du canton de Neuchâtel : IGS-NE



Symbol	Feature		
○	Pole Vectors		
Density Concentrations			
Color	Density Concentrations		
	0.00 - 3.00		
	3.00 - 6.00		
	6.00 - 9.00		
	9.00 - 12.00		
	12.00 - 15.00		
	15.00 - 18.00		
	18.00 - 21.00		
	21.00 - 24.00		
	24.00 - 27.00		
	27.00 - 30.00		
Maximum Density	29.96%		
Contour Data	Pole Vectors		
Contour Distribution	Fisher		
Counting Circle Size	1.0%		
Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes			
1	59	87	Red
2	60	206	Green
3	71	331	Blue
Plot Mode	Pole Vectors		
Vector Count	37 (37 Entries)		
Hemisphere	Lower		
Projection	Equal Area		

Canevas de Schmidt avec les pôles de plans de discontinuités ainsi que leur densité par pourcent de surface. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimuth et en plongement.



Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Bin Size	10°
Outer Circle	10 planes per arc
Planes Plotted	34
Minimum Angle To Plot	45.0°
Maximum Angle To Plot	90.0°

Diagramme de Rose des discontinuités.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : VIRAGE MALM – PHOTO A – PICKING



Vue en 3D de l'affleurement, des discontinuités et des familles de discontinuités obtenues grâce à Sirovision 5. Ci-dessous : Tableau récapitulatif des paramètres des familles de discontinuités.

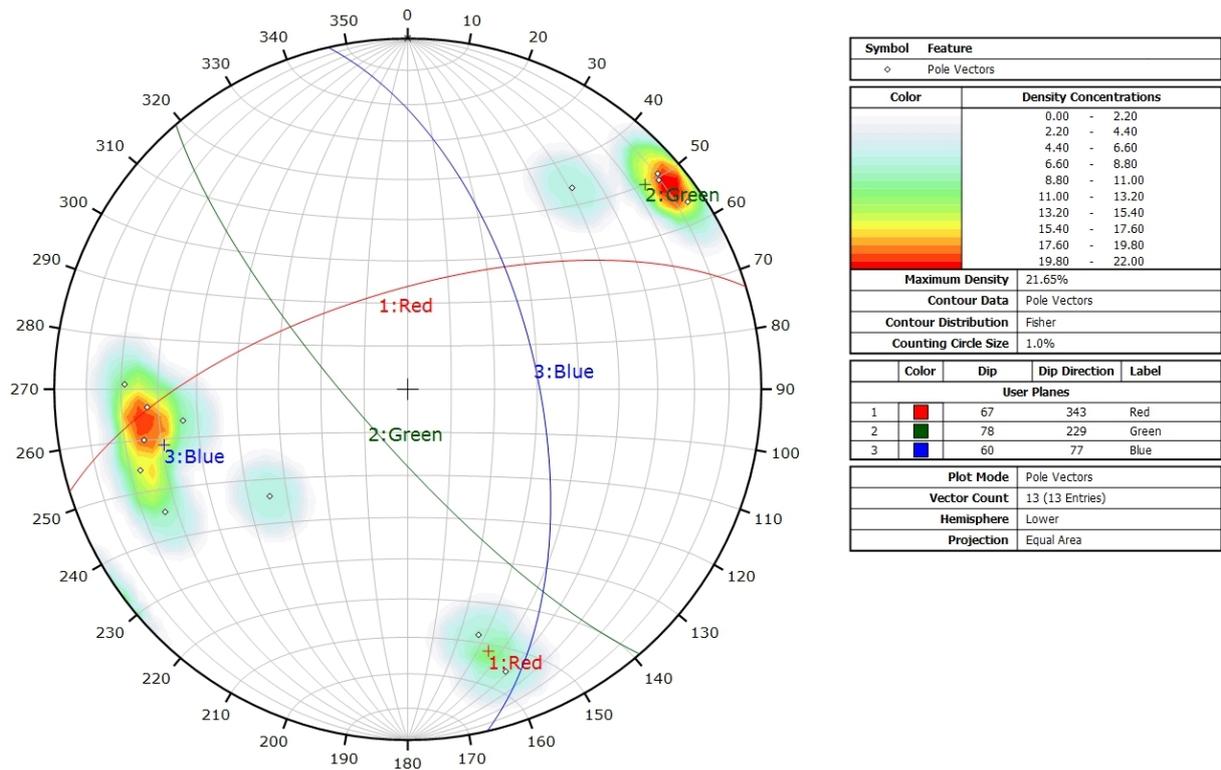
Nom	Azimut	Pendage	Persistence Max
Red	342.5	67.3	1.582
Green	229.1	77.8	0.924
Blue	76.6	60	1.294

Coordonnées moyennes de l'affleurement (CH1903): x = 555'803 y = 213'960 z = 1229

Détail des discontinuités :

Azimut	Pendage	Barycentre X	Barycentre Y	Barycentre Z	Persistence
344.2	61.2	555801.7	213965.5	1229.08	1.582
341.0	73.4	555803.1	213960.1	1228.50	0.920
236.4	85.0	555803.1	213959.7	1228.40	0.896
219.5	62.3	555803.3	213959.8	1229.20	0.598
52.6	40.2	555803.4	213960.6	1228.70	0.568
63.1	65.7	555801.8	213964.6	1229.25	0.878
86.4	62.8	555801.6	213965.0	1229.36	0.794
230.0	81.3	555801.4	213964.7	1230.24	0.689
91.4	68.7	555801.8	213965.7	1229.37	0.826
79.8	64.6	555803.3	213959.2	1229.16	0.362
73.9	67.6	555801.1	213964.1	1231.44	1.294
82.1	54.0	555801.4	213962.8	1231.64	0.507
229.3	82.6	555801.5	213963.3	1231.43	0.924

Inventaire géothermique et structural du canton de Neuchâtel : IGS-NE



Canevas de Schmidt avec les pôles de plans de discontinuités ainsi que leur densité par pourcent de surface. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimuth et en plongement.

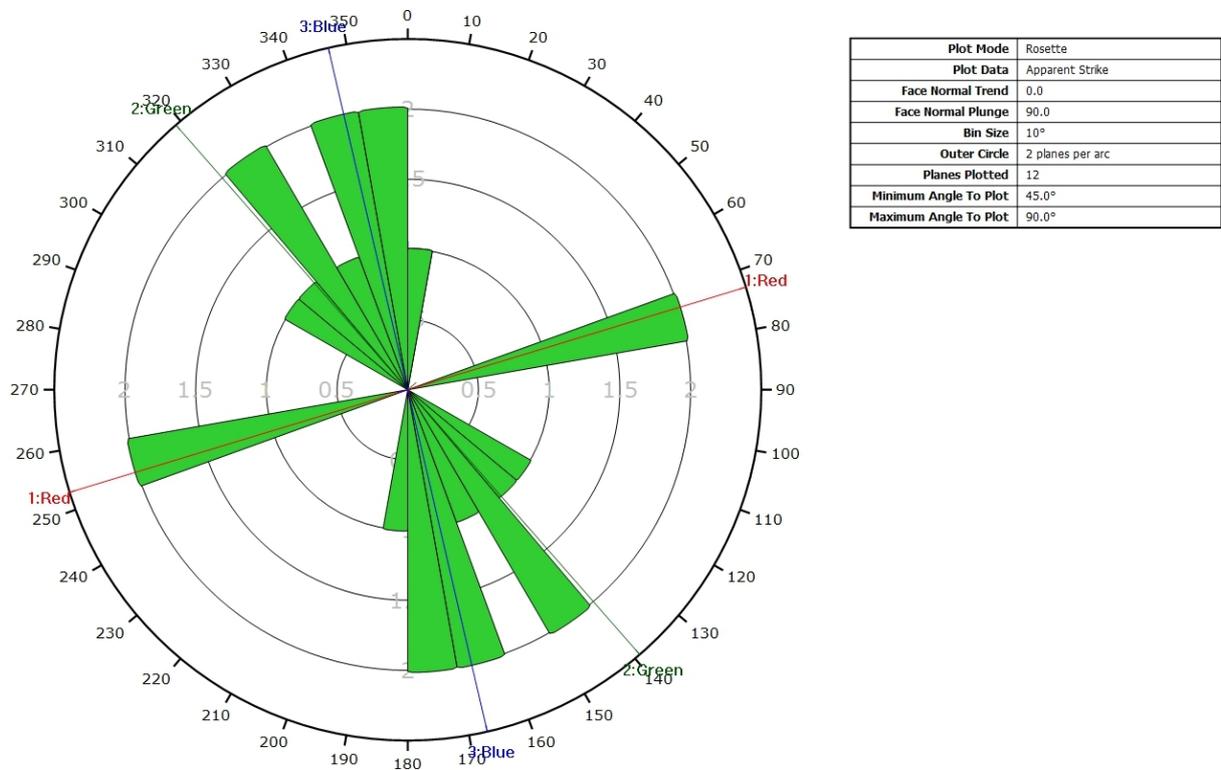
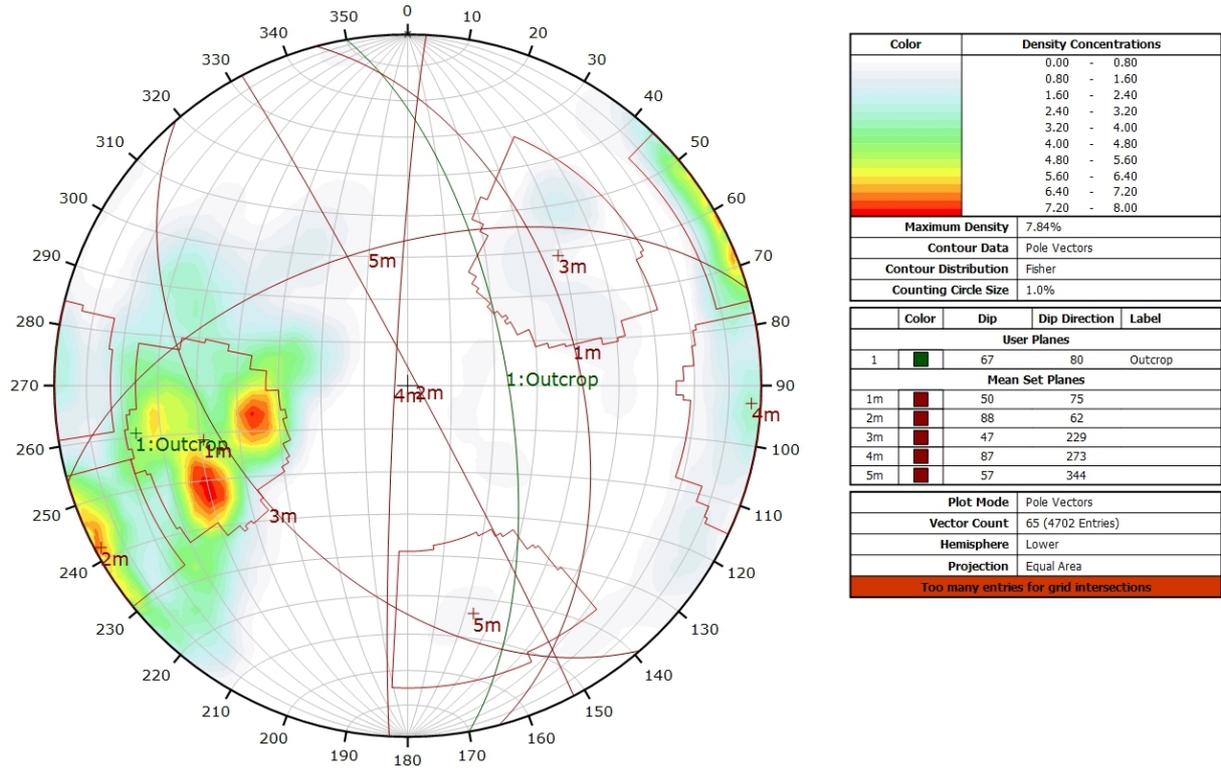


Diagramme de Rose des discontinuités.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : VIRAGE MALM – PHOTO A - TRAITEMENT STATISTIQUE



Canevas de Schmidt en densité de pôle de l'analyse statistique pondéré par la surface des plans. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimuth et en plongement.

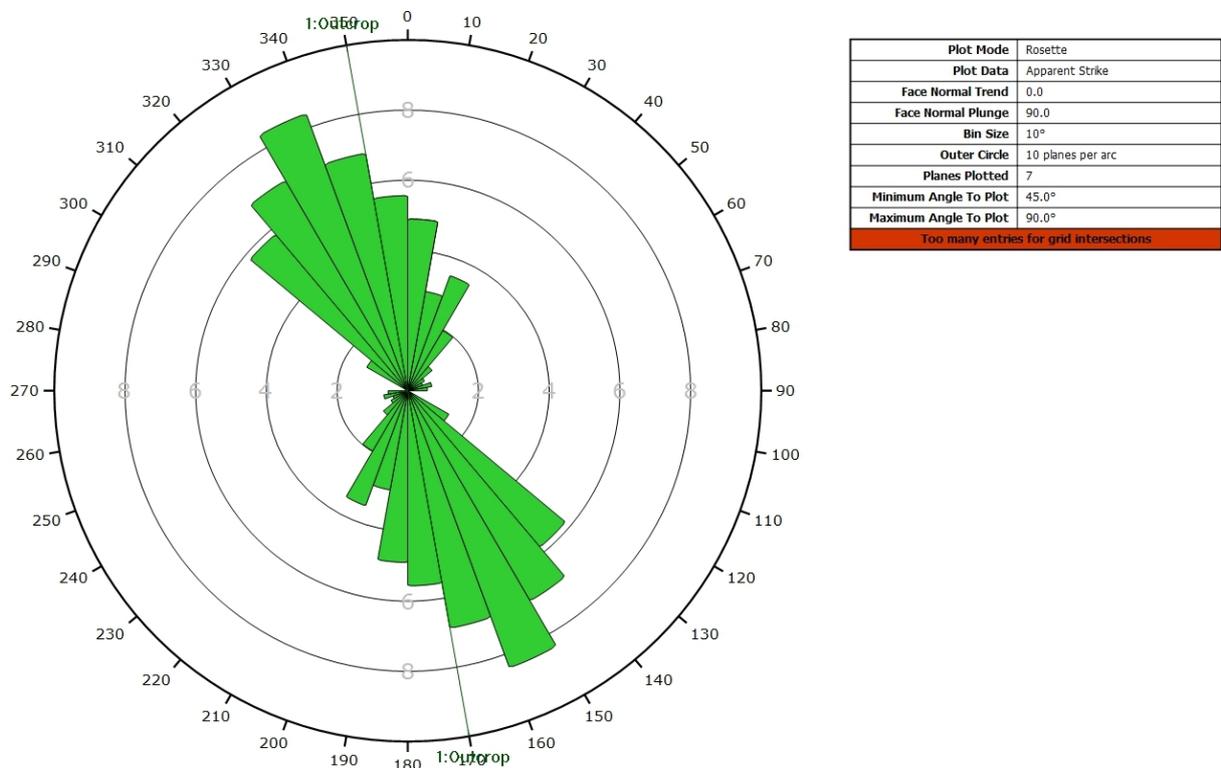
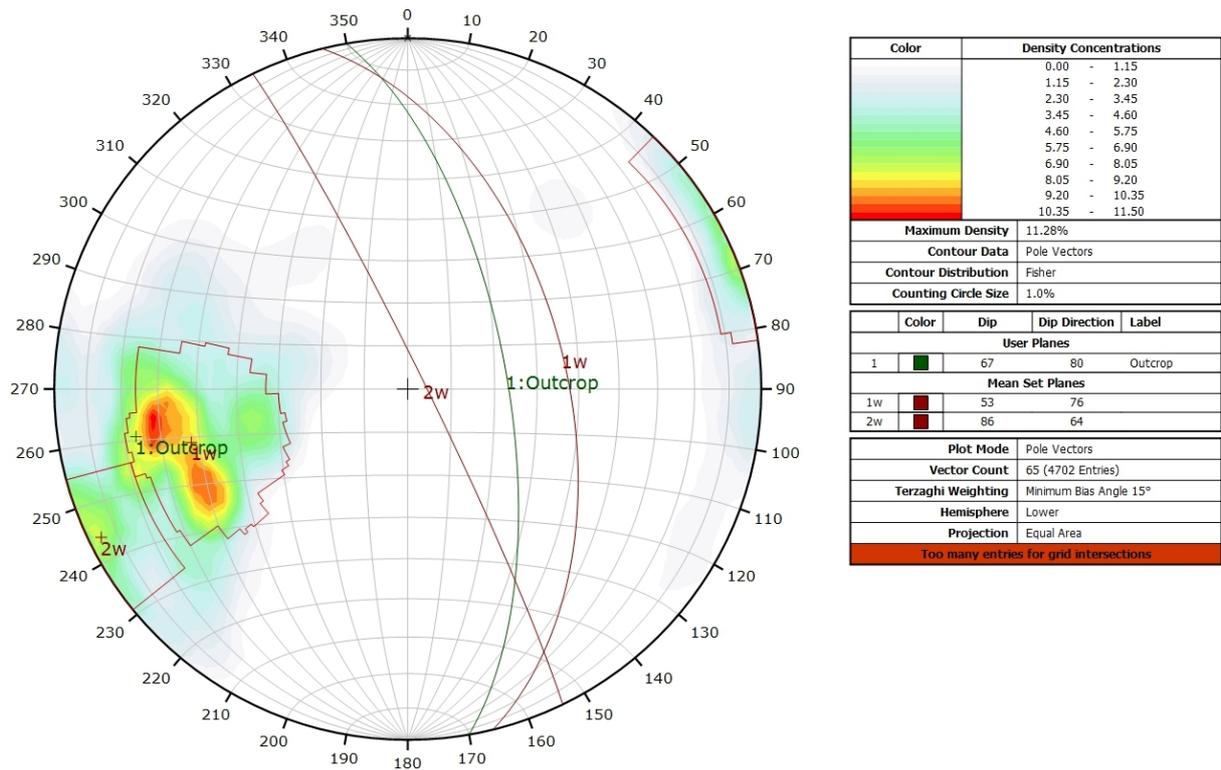


Diagramme de Rose de l'analyse statistique pondéré par la surface des plans.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : VIRAGE MALM - PHOTO A - TRAITEMENT STATISTIQUE PONDERE PAR TERZAGHI



Canevas de Schmidt en densité de pôle de l'analyse statistique, pondéré par la surface des plans ainsi que par Terzaghi. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimut et en plongement.

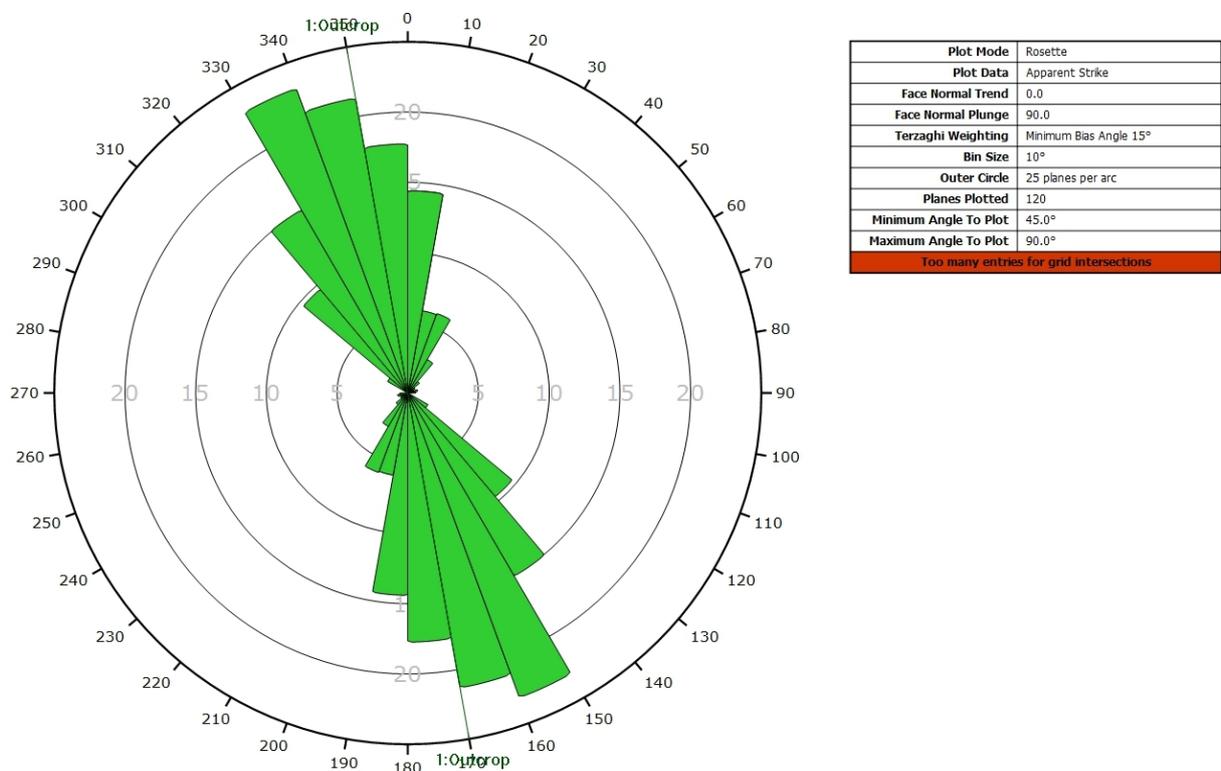
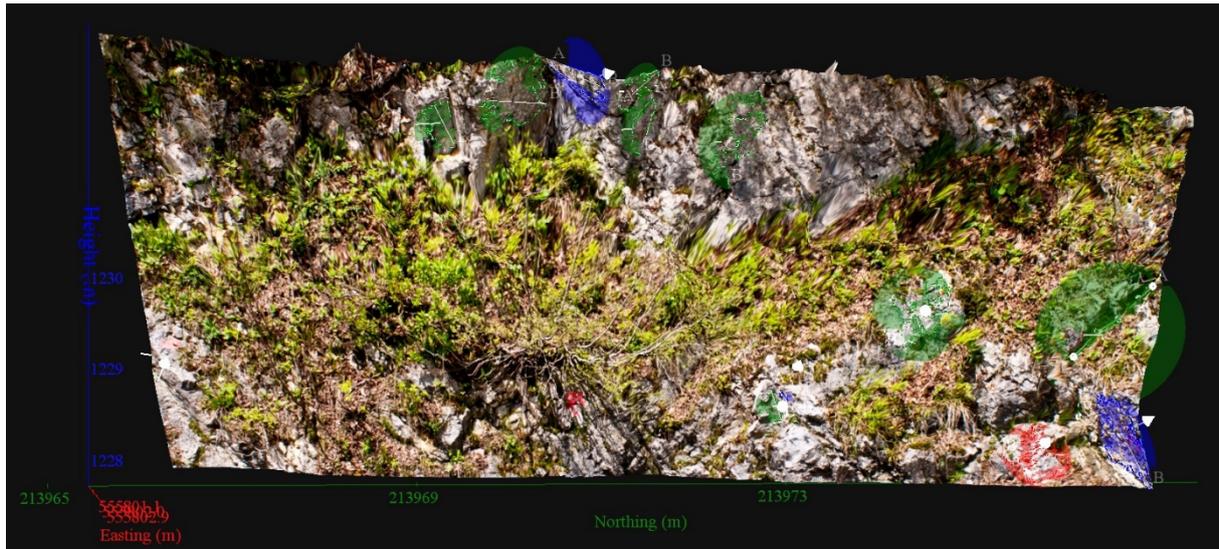


Diagramme de Rose de l'analyse statistique, pondéré par la surface des plans ainsi que par Terzaghi.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : VIRAGE MALM – PHOTO B – PICKING



Vue en 3D de l'affleurement, des discontinuités et des familles de discontinuités obtenues grâce à Sirovision 5. Ci-dessous : Tableau récapitulatif des paramètres des familles de discontinuités.

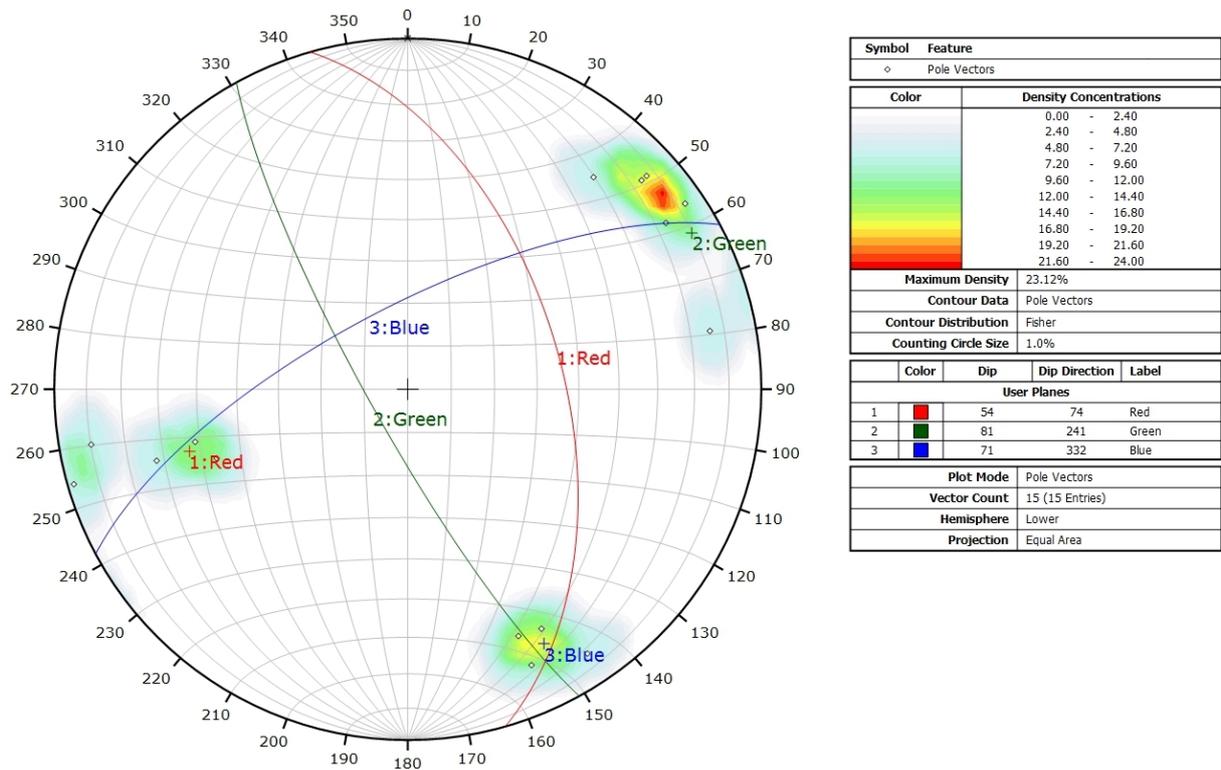
Nom	Azimut	Pendage	Persistence Max
Red	73.7	53.8	0.779
Green	241	81.4	1.679
Blue	332.5	71.3	1.163

Coordonnées moyennes de l'affleurement (CH1903): x = 555'802 y = 213'970 z = 1228

Détail des discontinuités :

Azimut	Pendage	Barycentre X	Barycentre Y	Barycentre Z	Persistence
259.2	75.3	555802.1	213975.9	1229.26	1.679
331.2	66.3	555802.4	213976.0	1228.20	1.163
74.3	62.1	555802.3	213975.1	1227.96	0.779
228.6	77.3	555800.8	213969.5	1231.84	1.016
326.4	79.3	555801.0	213970.3	1231.98	0.977
221.2	69.0	555801.1	213970.9	1231.88	0.650
237.7	75.2	555800.8	213968.7	1231.51	0.676
236.8	83.8	555800.9	213972.0	1231.31	1.084
80.8	79.4	555801.8	213973.9	1229.47	1.033
74.1	87.2	555802.2	213972.3	1228.50	0.389
336.2	74.3	555802.3	213972.4	1228.51	0.375
70.4	47.6	555802.3	213972.4	1228.72	-
76.2	51.9	555801.7	213965.6	1228.76	-
336.3	65.5	555801.8	213965.6	1229.05	-
228.4	79.7	555800.9	213970.9	1231.45	0.641

Inventaire géothermique et structural du canton de Neuchâtel : IGS-NE



Canevas de Schmidt avec les pôles de plans de discontinuités ainsi que leur densité par pourcent de surface. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimuth et en plongement.

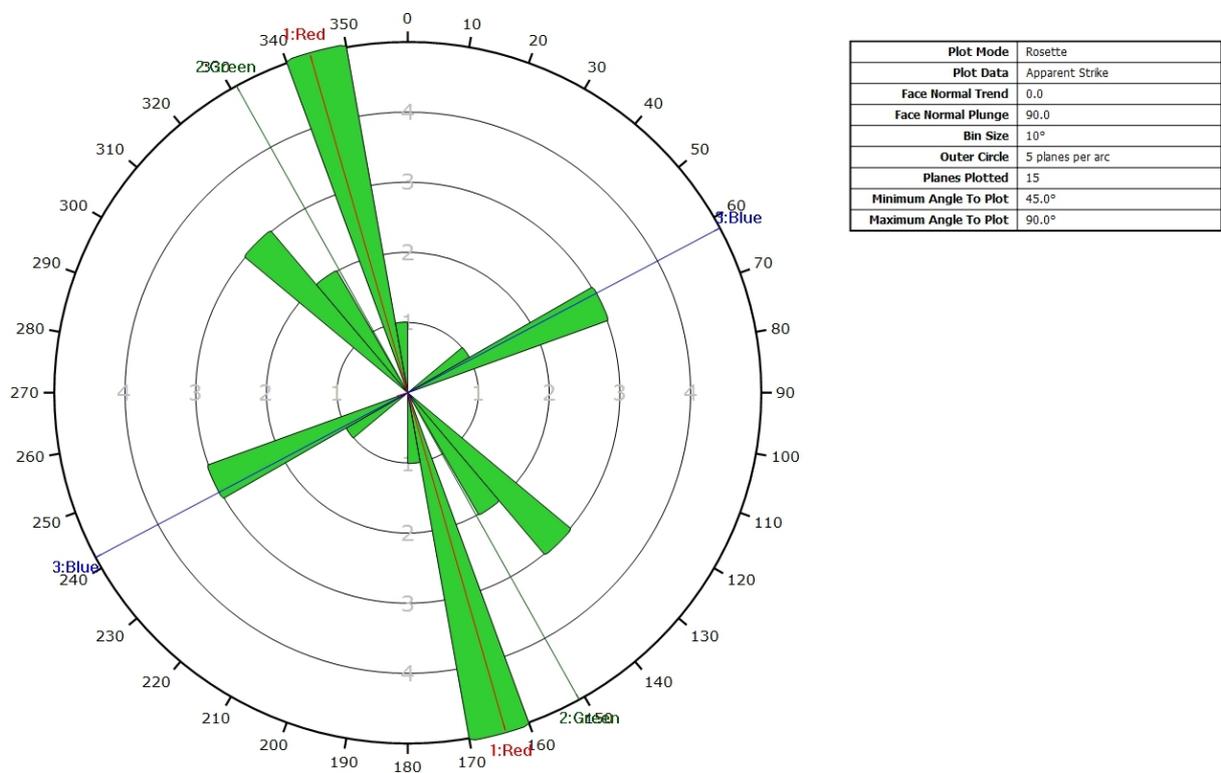
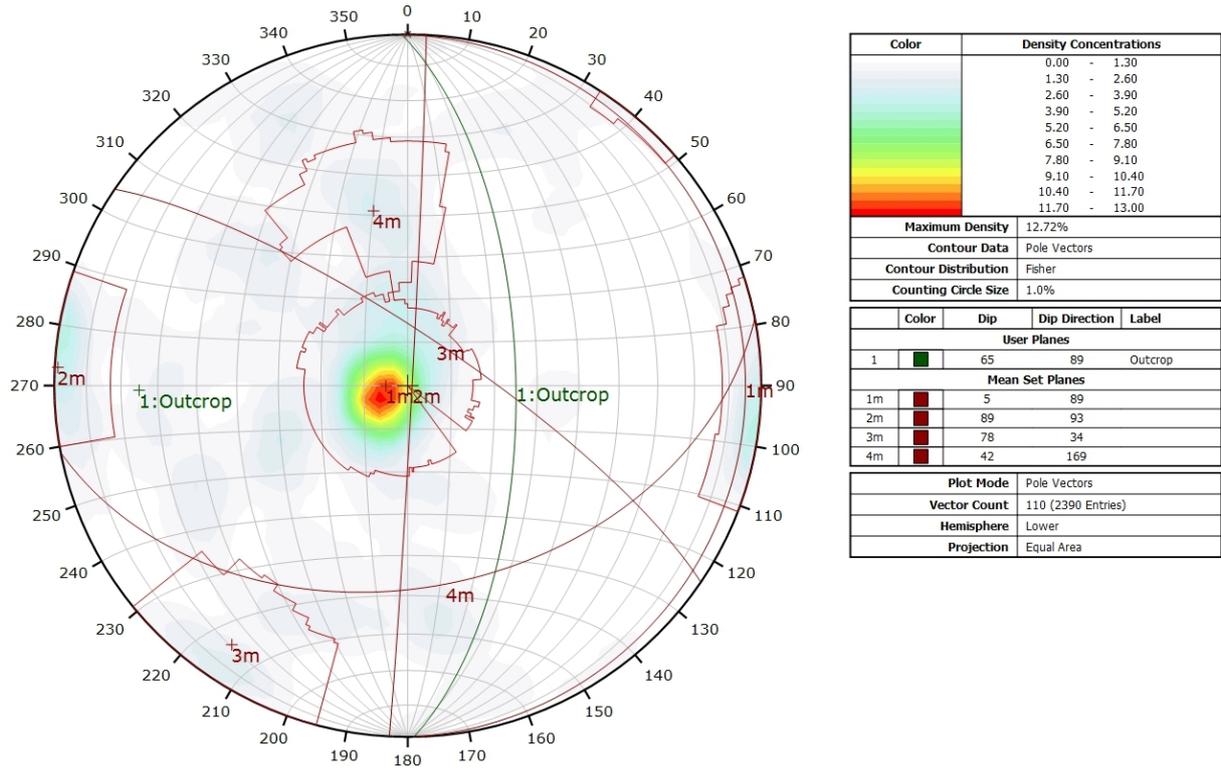


Diagramme de Rose des discontinuités.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : VIRAGE MALM – PHOTO B - TRAITEMENT STATISTIQUE



Canevas de Schmidt en densité de pôle de l'analyse statistique pondéré par la surface des plans. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimuth et en plongement.

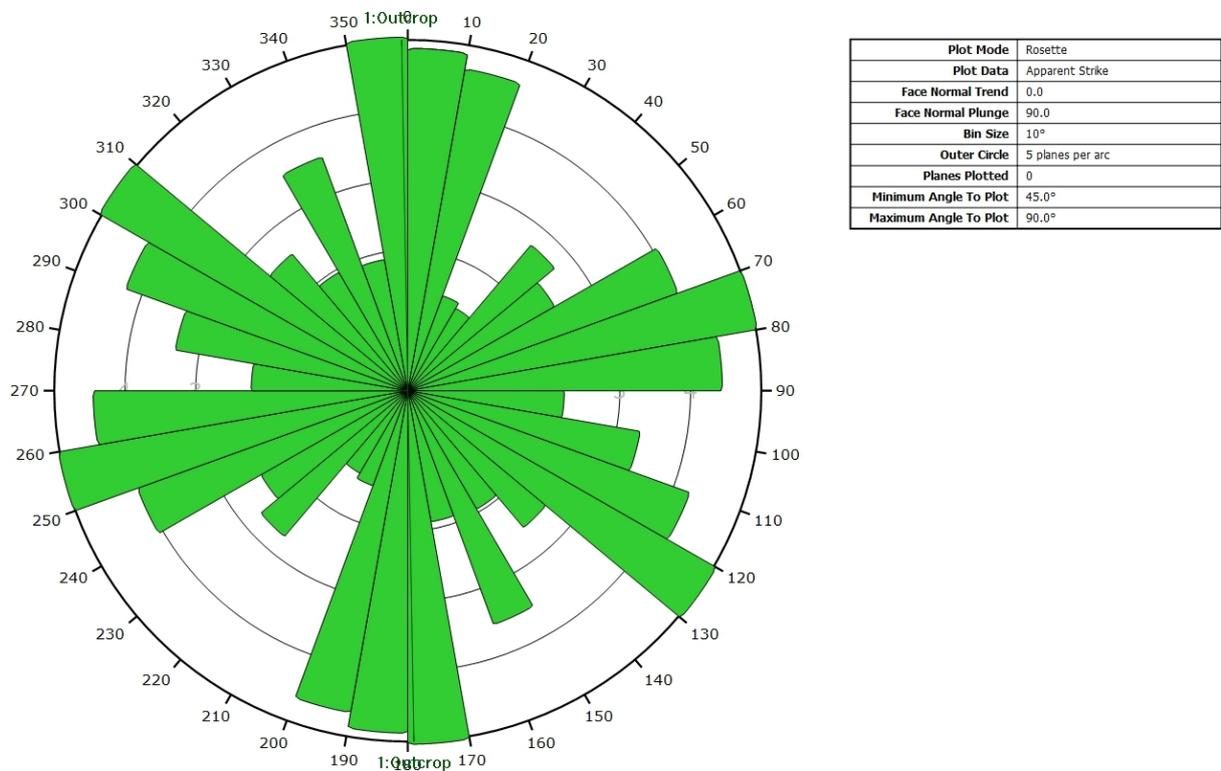
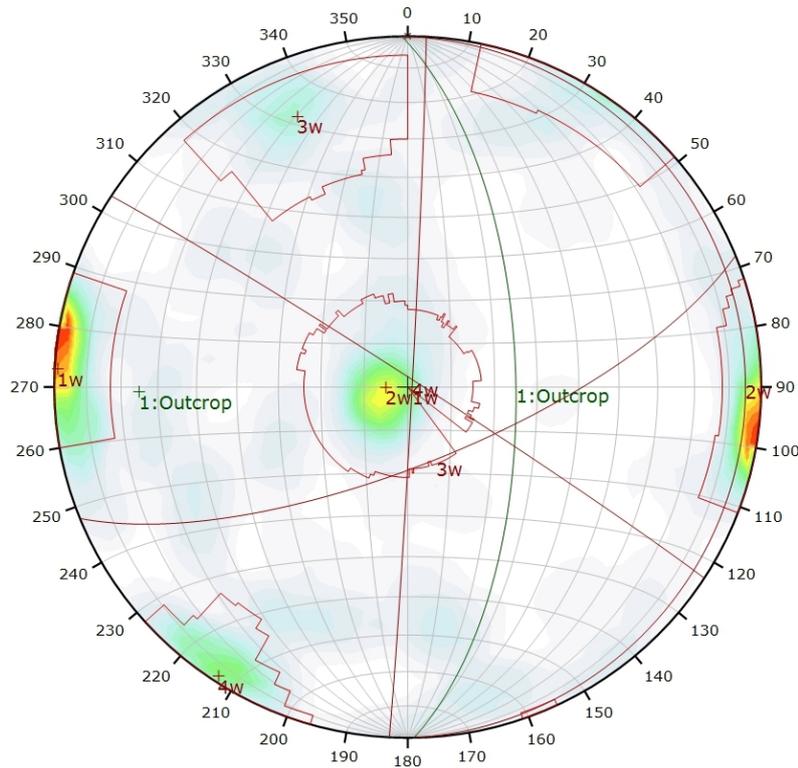


Diagramme de Rose de l'analyse statistique pondéré par la surface des plans.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : VIRAGE MALM - PHOTO B - TRAITEMENT STATISTIQUE PONDERE PAR TERZAGHI



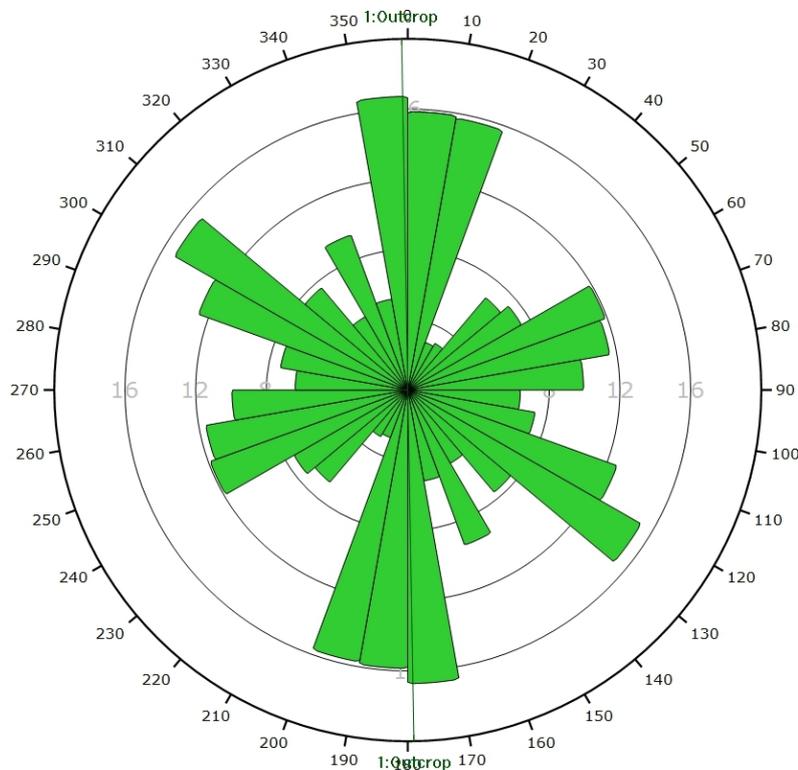
Color	Density Concentrations
	0.00 - 0.85
	0.85 - 1.70
	1.70 - 2.55
	2.55 - 3.40
	3.40 - 4.25
	4.25 - 5.10
	5.10 - 5.95
	5.95 - 6.80
	6.80 - 7.65
	7.65 - 8.50

Maximum Density	8.28%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes			
1	65	89	Outcrop
Mean Set Planes			
1w	89	93	
2w	5	89	
3w	72	158	
4w	88	33	

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	110 (2390 Entries)
Terzaghi Weighting	Minimum Bias Angle 15°
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Area

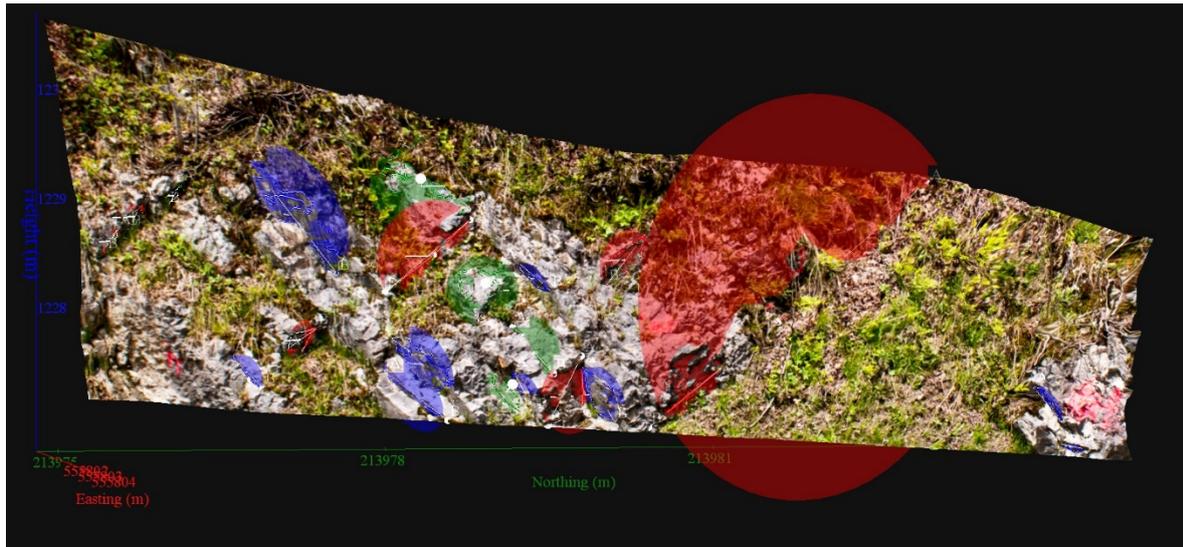
Canevas de Schmidt en densité de pôle de l'analyse statistique, pondéré par la surface des plans ainsi que par Terzaghi. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimuth et en plongement.



Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Terzaghi Weighting	Minimum Bias Angle 15°
Bin Size	10°
Outer Circle	20 planes per arc
Planes Plotted	169
Minimum Angle To Plot	45.0°
Maximum Angle To Plot	90.0°

Diagramme de Rose de l'analyse statistique, pondéré par la surface des plans ainsi que par Terzaghi.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : VIRAGE MALM – PHOTO C – PICKING



Vue en 3D de l'affleurement, des discontinuités et des familles de discontinuités obtenues grâce à Sirovision 5. Ci-dessous : Tableau récapitulatif des paramètres des familles de discontinuités.

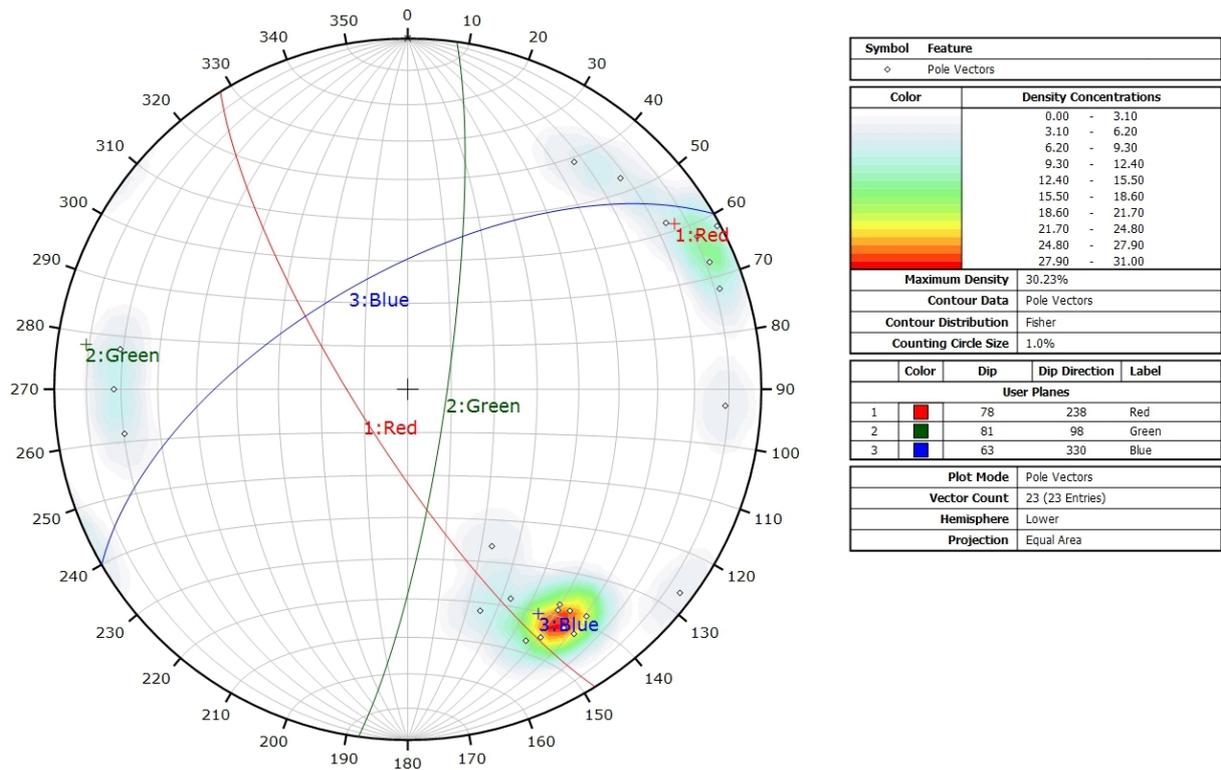
Nom	Azimut	Pendage	Persistence Max
Red	237.9	78.4	3.733
Green	98.3	81.1	0.932
Blue	329.6	63.3	1.362

Coordonnées moyennes de l'affleurement (CH1903): x = 555'803 y = 213'980 z= 1228

Détail des discontinuités :

Azimut	Pendage	Barycentre X	Barycentre Y	Barycentre Z	Persistence
325.4	63.7	555803.3	213978.2	1227.64	0.765
326.4	64.9	555803.1	213976.7	1227.85	0.422
307.0	85.8	555803.5	213979.3	1228.08	0.588
242.0	88.3	555802.9	213981.9	1228.50	3.733
247.5	81.1	555803.5	213979.7	1227.64	0.703
252.1	81.8	555802.9	213978.4	1228.90	1.045
327.5	69.1	555802.5	213977.3	1229.26	1.362
322.0	70.7	555803.6	213979.9	1227.65	0.590
81.2	69.6	555803.4	213979.1	1227.67	0.467
332.2	68.5	555803.5	213979.2	1227.68	0.430
334.1	55.7	555803.3	213979.3	1228.71	0.376
324.3	67.0	555803.3	213978.3	1227.93	0.758
326.3	72.4	555803.2	213977.9	1227.68	-
335.1	67.6	555803.5	213978.6	1227.60	-
237.9	75.4	555803.3	213980.2	1228.87	0.587
98.5	70.7	555802.8	213978.4	1229.53	0.932
90.8	71.7	555803.3	213978.9	1228.60	0.661
225.3	73.4	555802.9	213977.3	1228.14	0.381
273.7	78.9	555802.1	213976.2	1229.42	0.231
242.2	81.2	555802.1	213975.8	1229.23	0.255
216.1	68.9	555802.1	213975.6	1229.02	0.240
332.7	41.4	555804.6	213984.1	1227.19	0.268
342.4	56.0	555804.5	213983.9	1227.60	0.410

Inventaire géothermique et structural du canton de Neuchâtel : IGS-NE



Canevas de Schmidt avec les pôles de plans de discontinuités ainsi que leur densité par pourcent de surface. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimuth et en plongement.

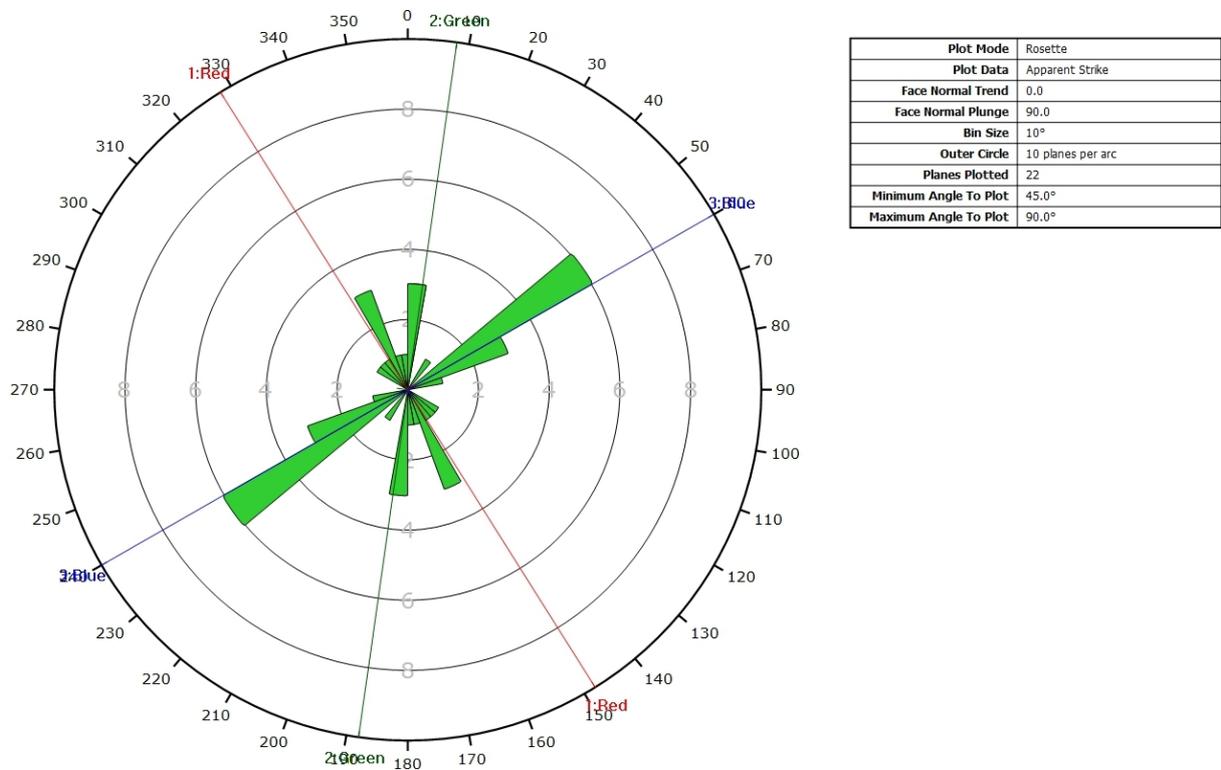
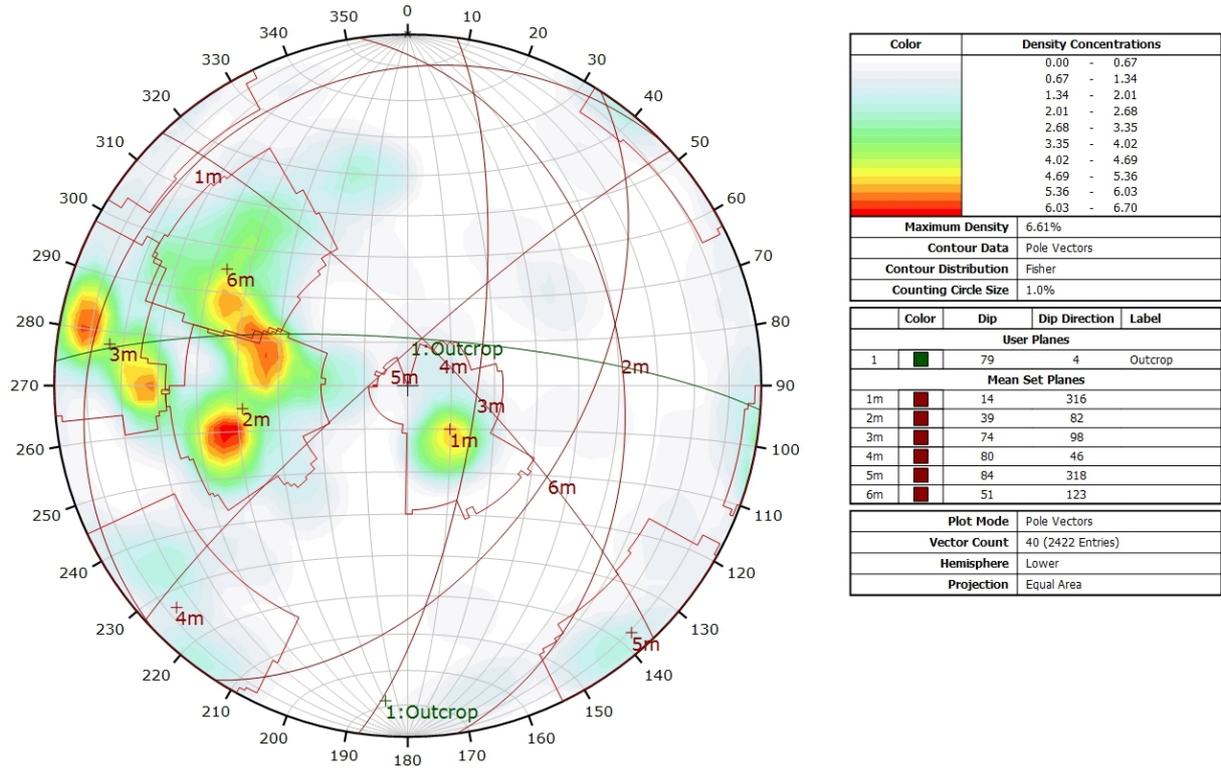


Diagramme de Rose des discontinuités.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : VIRAGE MALM – PHOTO C - TRAITEMENT STATISTIQUE



Canevas de Schmidt en densité de pôle de l'analyse statistique pondéré par la surface des plans. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimuth et en plongement.

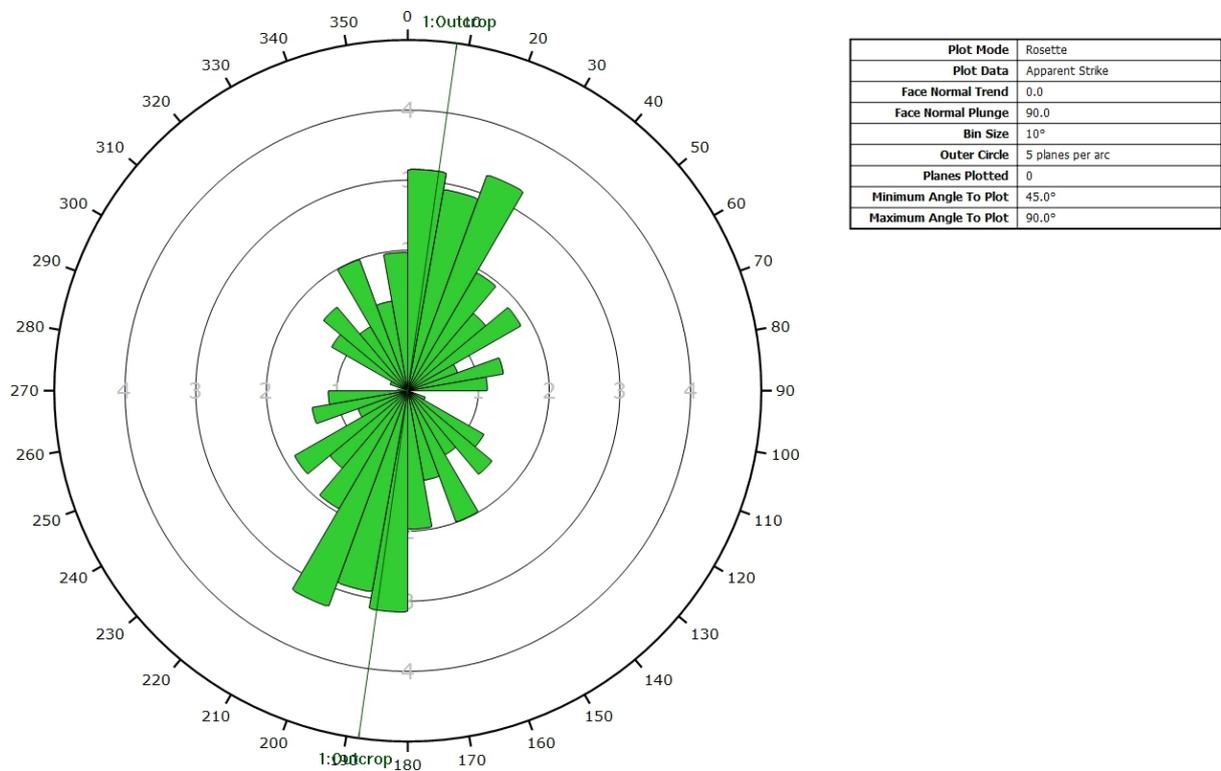
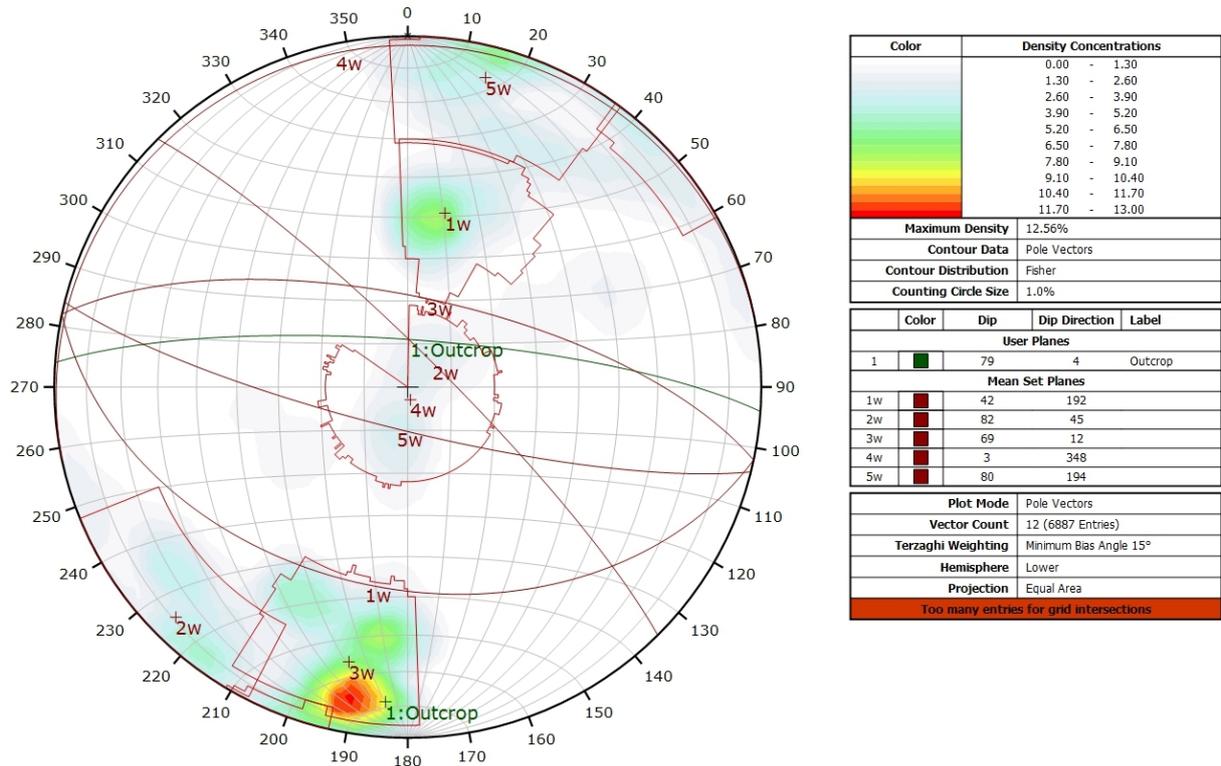


Diagramme de Rose de l'analyse statistique pondéré par la surface des plans.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : VIRAGE MALM - PHOTO C - TRAITEMENT STATISTIQUE PONDERE PAR TERZAGHI



Canevas de Schmidt en densité de pôle de l'analyse statistique, pondéré par la surface des plans ainsi que par Terzaghi. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimut et en plongement.

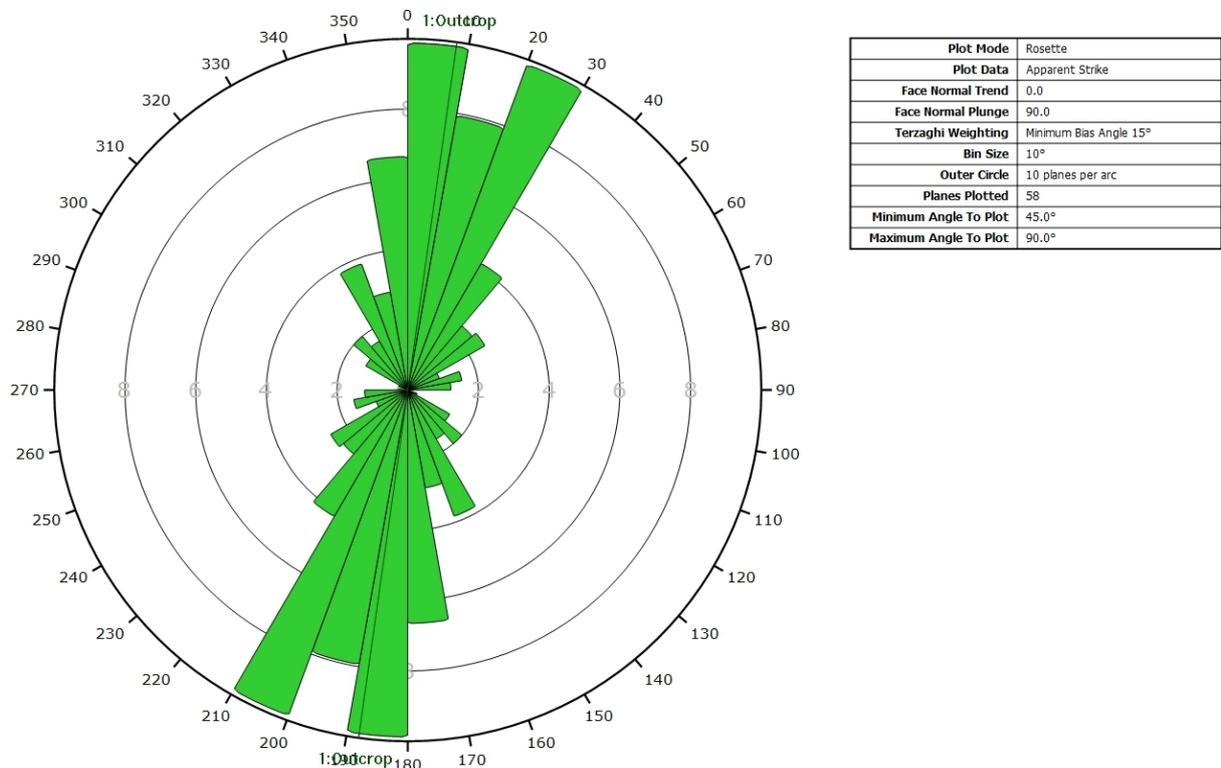
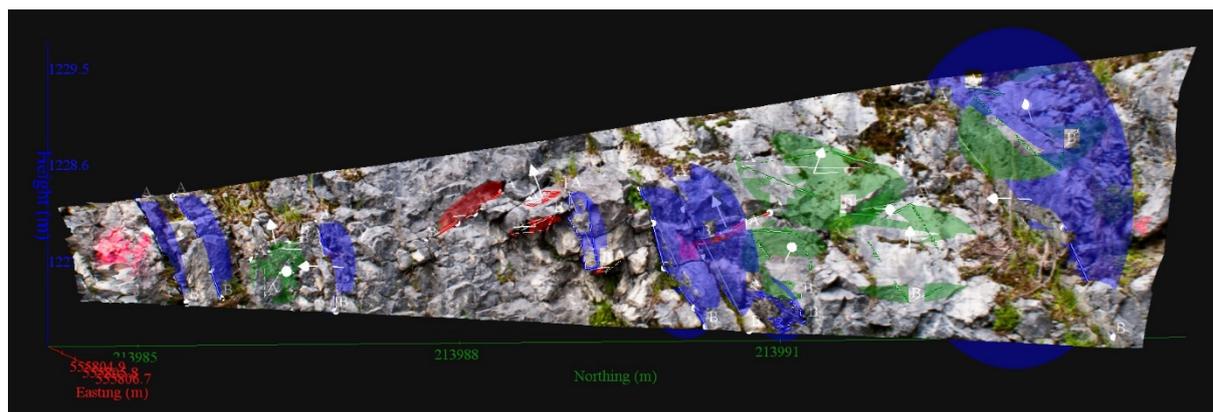


Diagramme de Rose de l'analyse statistique, pondéré par la surface des plans ainsi que par Terzaghi.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : VIRAGE MALM – PHOTO D – PICKING



Vue en 3D de l'affleurement, des discontinuités et des familles de discontinuités obtenues grâce à Sirovision 5. Ci-dessous : Tableau récapitulatif des paramètres des familles de discontinuités.

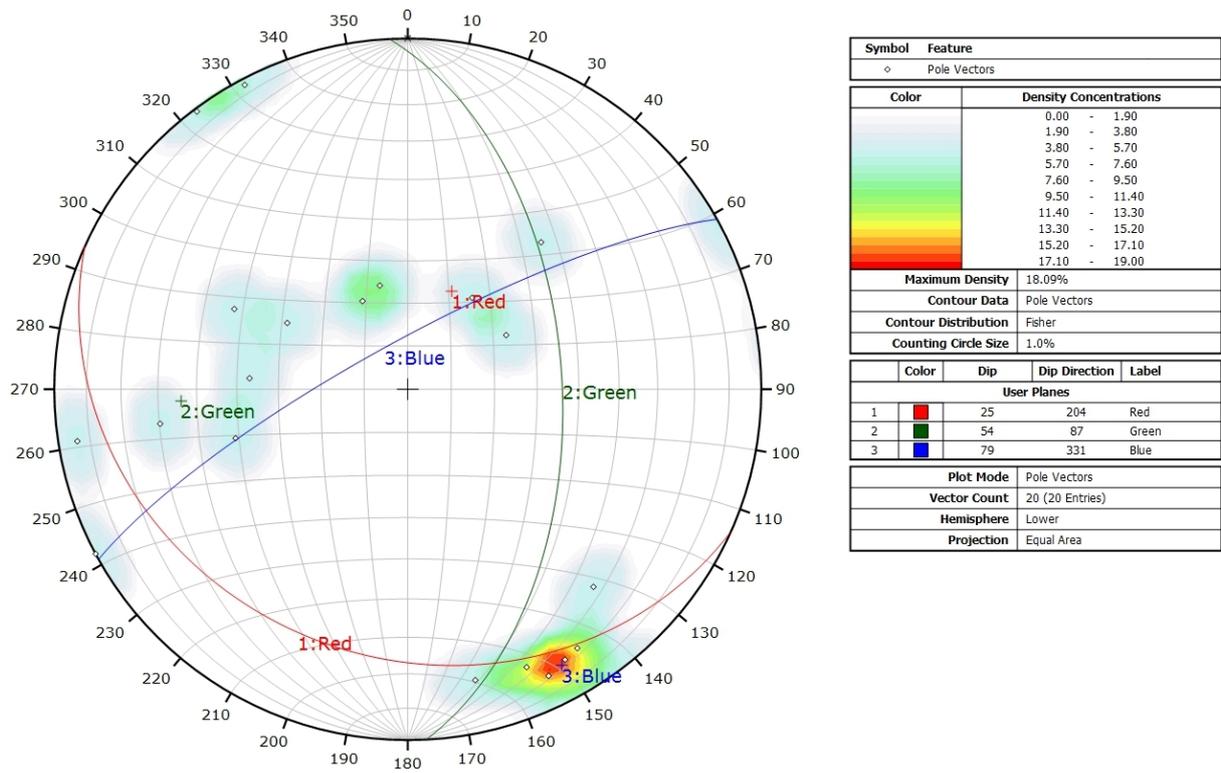
Nom	Azimut	Pendage	Persistence Max
Red	204.4	24.9	0.903
Green	86.7	53.5	1.487
Blue	331.3	78.8	3.179

Coordonnées moyennes de l'affleurement (CH1903): x = 555'805 y = 213'989 z = 1228

Détail des discontinuités :

Azimut	Pendage	Barycentre X	Barycentre Y	Barycentre Z	Persistence
347.4	73.4	555804.7	213984.6	1227.75	1.113
337.3	74.7	555804.8	213985.0	1227.75	1.067
222.2	46.7	555805.0	213987.5	1228.04	0.903
119.2	31.9	555805.0	213985.7	1227.75	0.489
330.8	77.8	555805.4	213989.3	1227.61	1.460
165.1	24.4	555805.4	213989.8	1227.92	0.711
62.6	89.2	555805.2	213991.3	1228.09	0.843
327.7	76.4	555805.4	213989.6	1227.78	1.584
143.1	88.2	555805.3	213992.5	1228.18	3.179
152.4	87.8	555805.0	213986.2	1227.58	0.874
241.3	25.1	555805.1	213988.1	1227.94	0.500
334.1	79.3	555805.3	213988.5	1227.91	0.762
317.2	65.8	555805.7	213990.2	1227.19	0.683
94.2	36.8	555805.6	213991.5	1227.69	1.410
82.6	59.1	555805.7	213990.4	1227.65	0.844
74.9	41.7	555805.1	213990.7	1228.41	1.487
81.1	83.7	555805.1	213985.7	1227.52	0.576
115.5	44.4	555805.3	213992.7	1228.87	1.428
215.2	25.2	555805.3	213988.8	1227.57	0.328
153.3	22.3	555805.1	213988.2	1228.21	0.358

Inventaire géothermique et structural du canton de Neuchâtel : IGS-NE



Canevas de Schmidt avec les pôles de plans de discontinuités ainsi que leur densité par pourcent de surface. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimuth et en plongement.

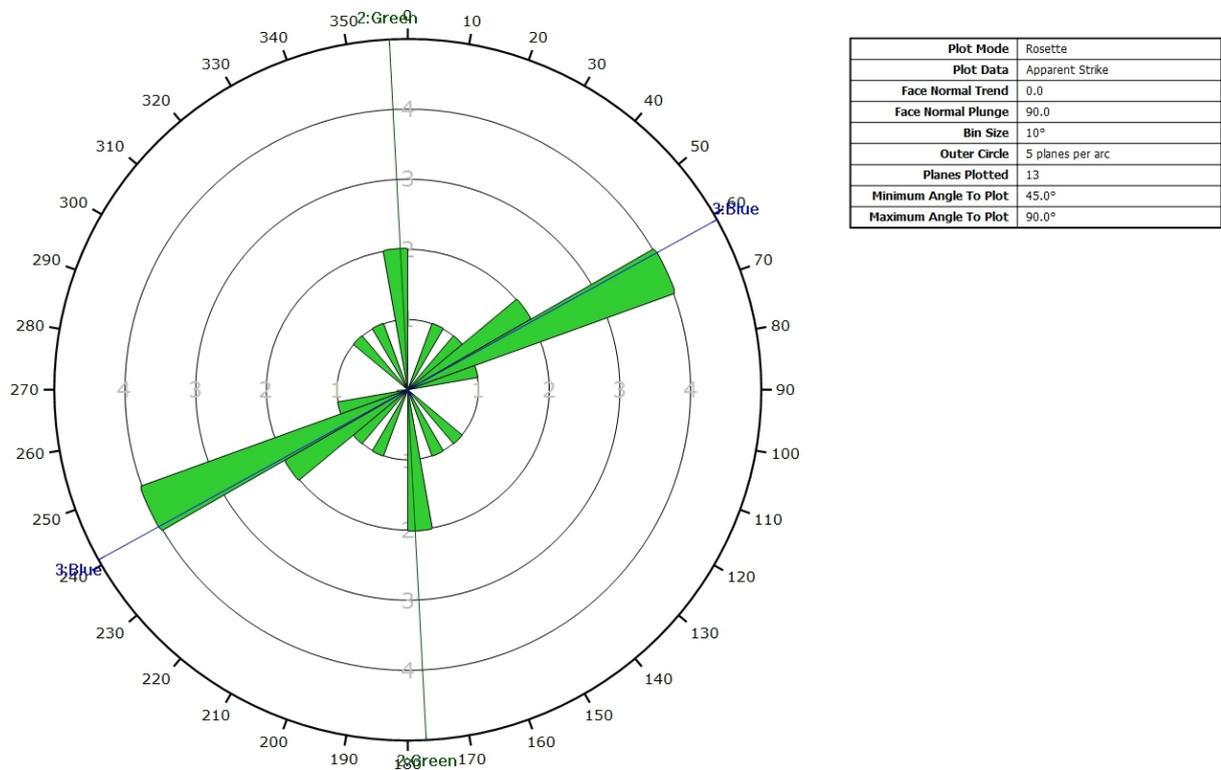
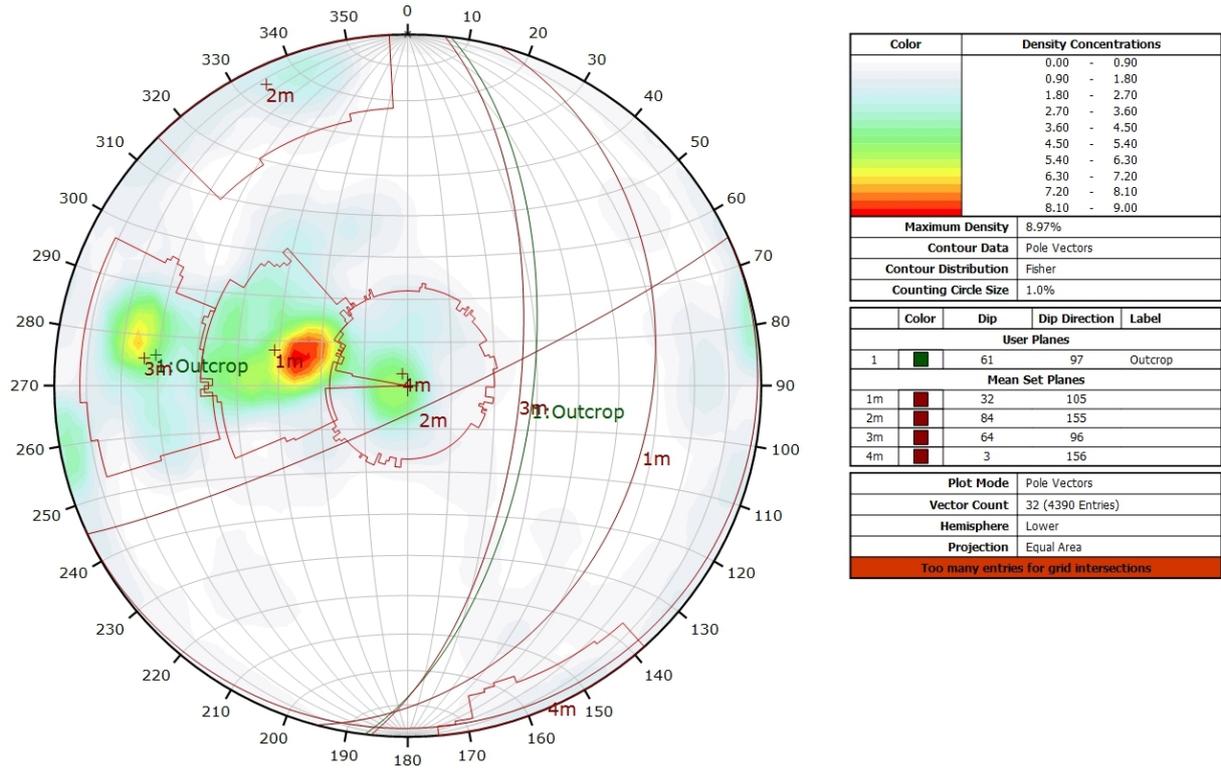


Diagramme de Rose des discontinuités.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : VIRAGE MALM – PHOTO D - TRAITEMENT STATISTIQUE



Canevas de Schmidt en densité de pôle de l'analyse statistique pondéré par la surface des plans. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimuth et en plongement.

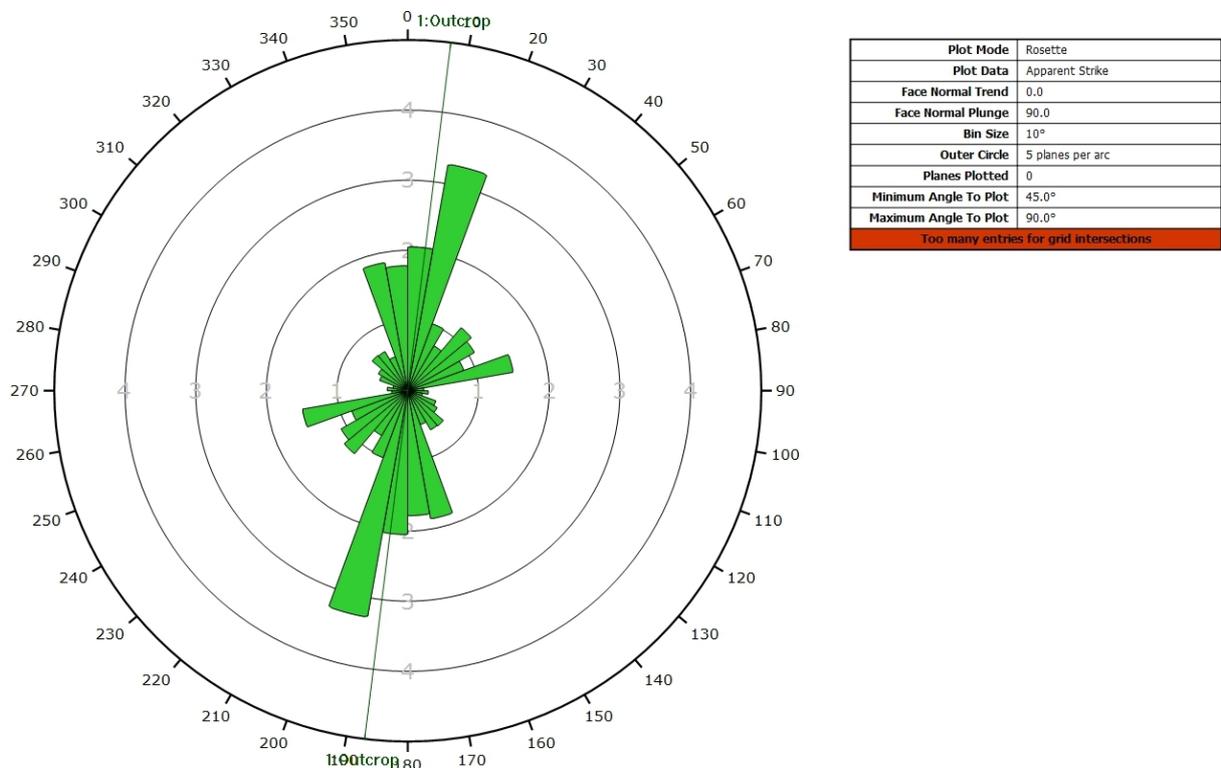
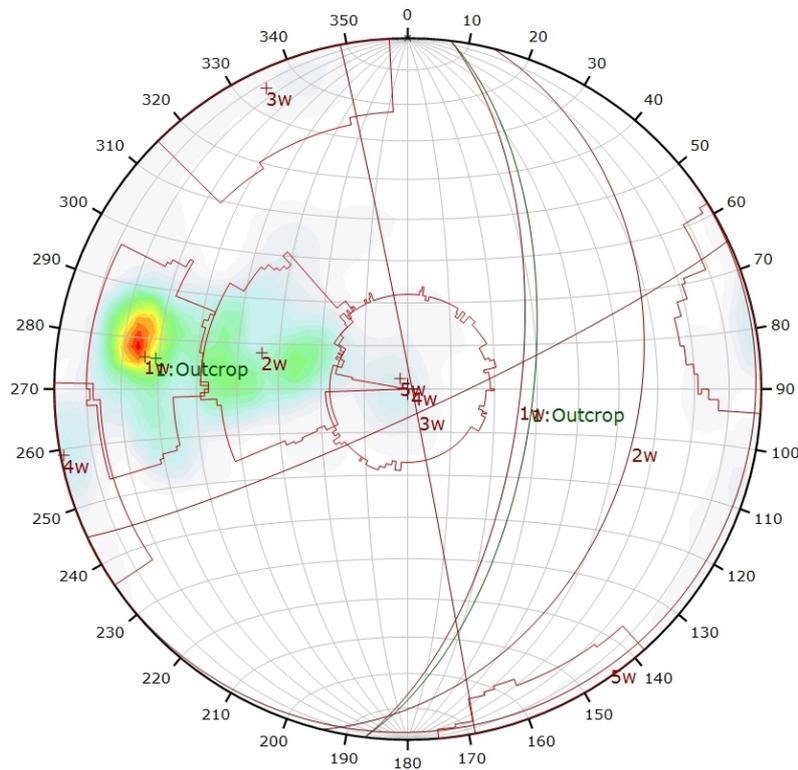


Diagramme de Rose de l'analyse statistique pondéré par la surface des plans.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : VIRAGE MALM - PHOTO D - TRAITEMENT STATISTIQUE PONDERE PAR TERZAGHI



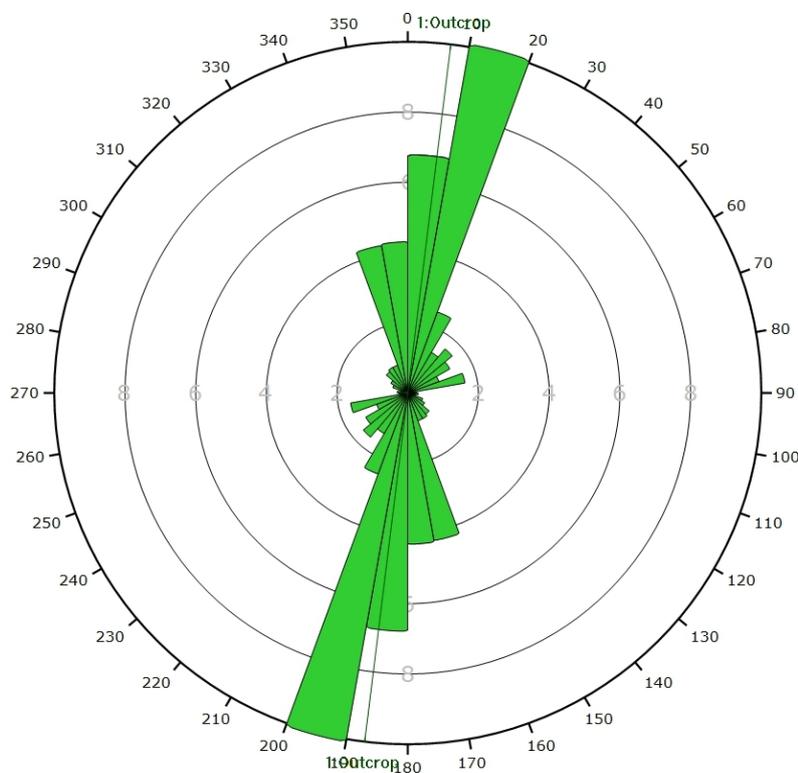
Color	Density Concentrations
	0.00 - 1.50
	1.50 - 3.00
	3.00 - 4.50
	4.50 - 6.00
	6.00 - 7.50
	7.50 - 9.00
	9.00 - 10.50
	10.50 - 12.00
	12.00 - 13.50
	13.50 - 15.00

Maximum Density	14.64%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes			
1	61	97	Outcrop
Mean Set Planes			
1w	64	97	
2w	35	104	
3w	84	155	
4w	89	79	
5w	3	144	

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	32 (4390 Entries)
Terzaghi Weighting	Minimum Bias Angle 15°
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Area
Too many entries for grid intersections	

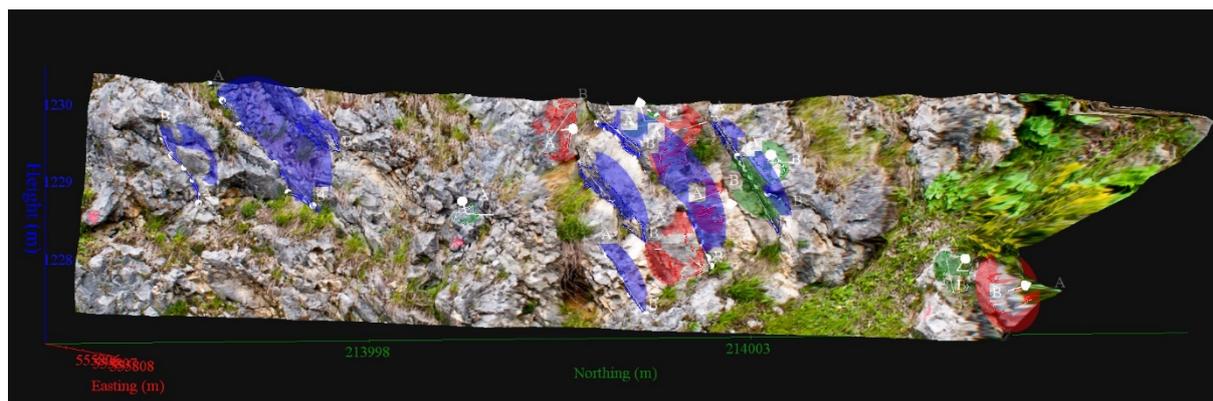
Canevas de Schmidt en densité de pôle de l'analyse statistique, pondéré par la surface des plans ainsi que par Terzaghi. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimut et en plongement.



Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Terzaghi Weighting	Minimum Bias Angle 15°
Bin Size	10°
Outer Circle	10 planes per arc
Planes Plotted	39
Minimum Angle To Plot	45.0°
Maximum Angle To Plot	90.0°
Too many entries for grid intersections	

Diagramme de Rose de l'analyse statistique, pondéré par la surface des plans ainsi que par Terzaghi.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : VIRAGE MALM – PHOTO E – PICKING



Vue en 3D de l'affleurement, des discontinuités et des familles de discontinuités obtenues grâce à Sirovision 5. Ci-dessous : Tableau récapitulatif des paramètres des familles de discontinuités.

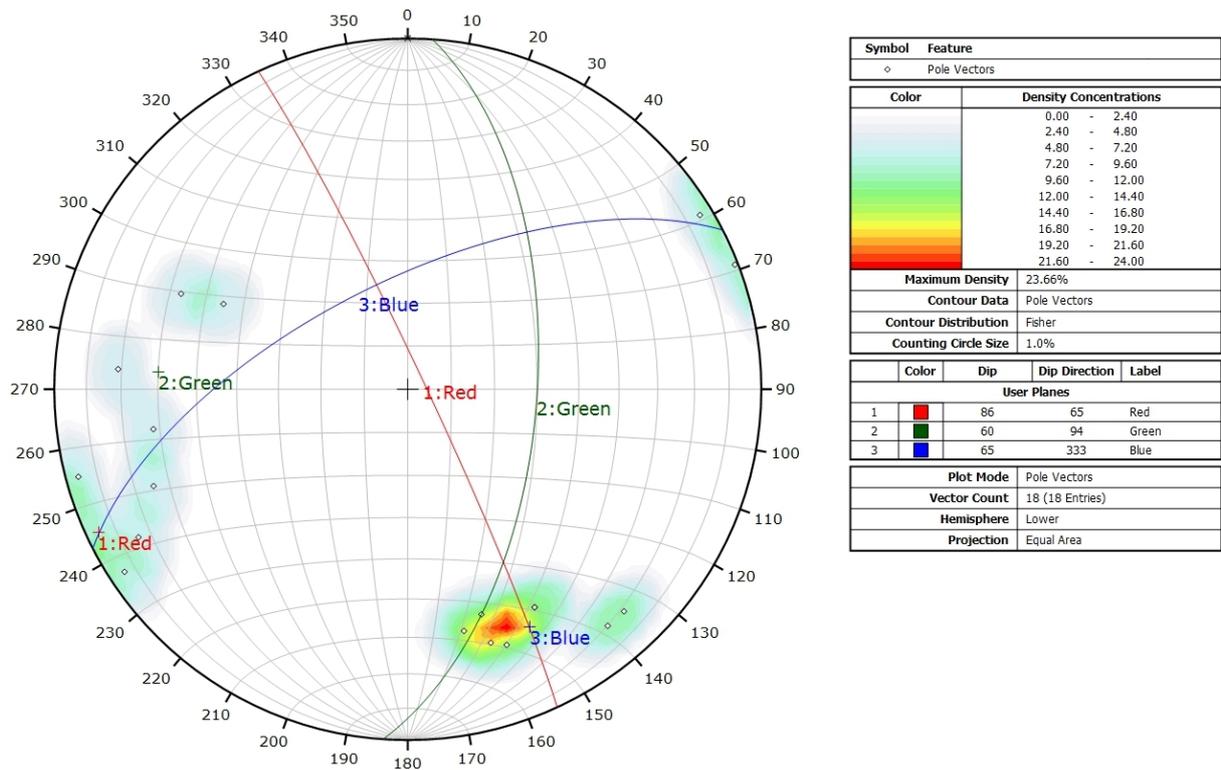
Nom	Azimut	Pendage	Persistence Max
Red	64.7	86.4	1.081
Green	94.1	59.6	0.985
Blue	333.4	64.7	2.349

Coordonnées moyennes de l'affleurement (CH1903): x = 555'807 y = 213'998 z = 1228

Détail des discontinuités :

Azimut	Pendage	Barycentre X	Barycentre Y	Barycentre Z	Persistence
316.5	76.4	555805.8	213994.8	1228.65	1.127
320.6	76.3	555806.2	213995.9	1228.79	2.110
330.7	60.9	555807.4	214000.7	1228.37	2.349
342.5	64.8	555807.7	214000.2	1227.24	1.108
69.4	65.8	555807.6	214002.1	1228.42	0.985
115.6	47.7	555807.5	214000.6	1229.24	0.603
342.9	56.1	555807.4	214000.3	1229.06	0.800
347.6	59.1	555807.6	214001.9	1228.54	1.791
339.1	66.6	555807.5	214000.2	1228.21	1.405
330.8	60.1	555806.3	213996.6	1229.05	0.773
57.4	84.4	555807.6	214001.4	1228.14	0.715
249.8	88.7	555807.8	214000.9	1227.60	0.995
94.5	70.2	555807.8	214002.1	1228.70	0.597
113.7	58.9	555807.4	213998.2	1228.05	0.316
75.5	85.7	555807.1	213999.6	1229.11	0.820
239.2	85.4	555807.5	214001.0	1228.93	1.029
61.8	76.0	555808.8	214005.0	1227.05	1.081
81.9	61.2	555808.6	214004.4	1227.31	0.639

Inventaire géothermique et structural du canton de Neuchâtel : IGS-NE



Canevas de Schmidt avec les pôles de plans de discontinuités ainsi que leur densité par pourcent de surface. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimuth et en plongement.

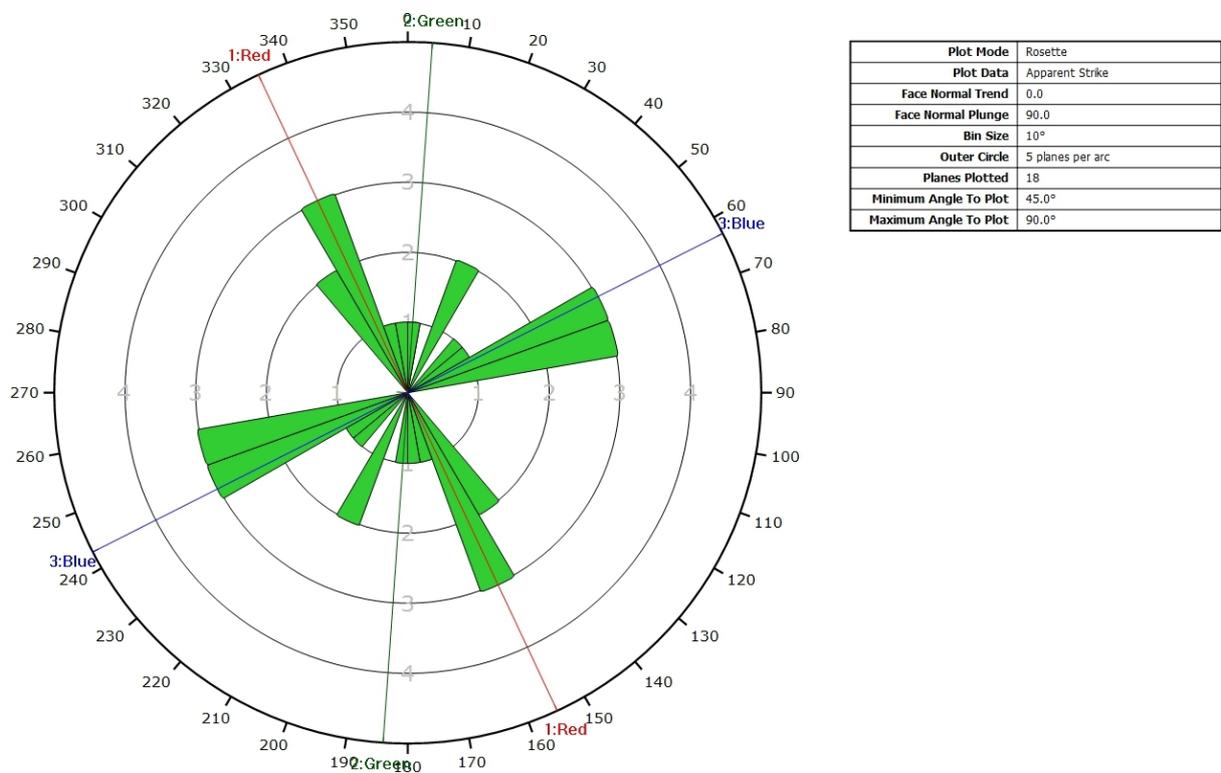
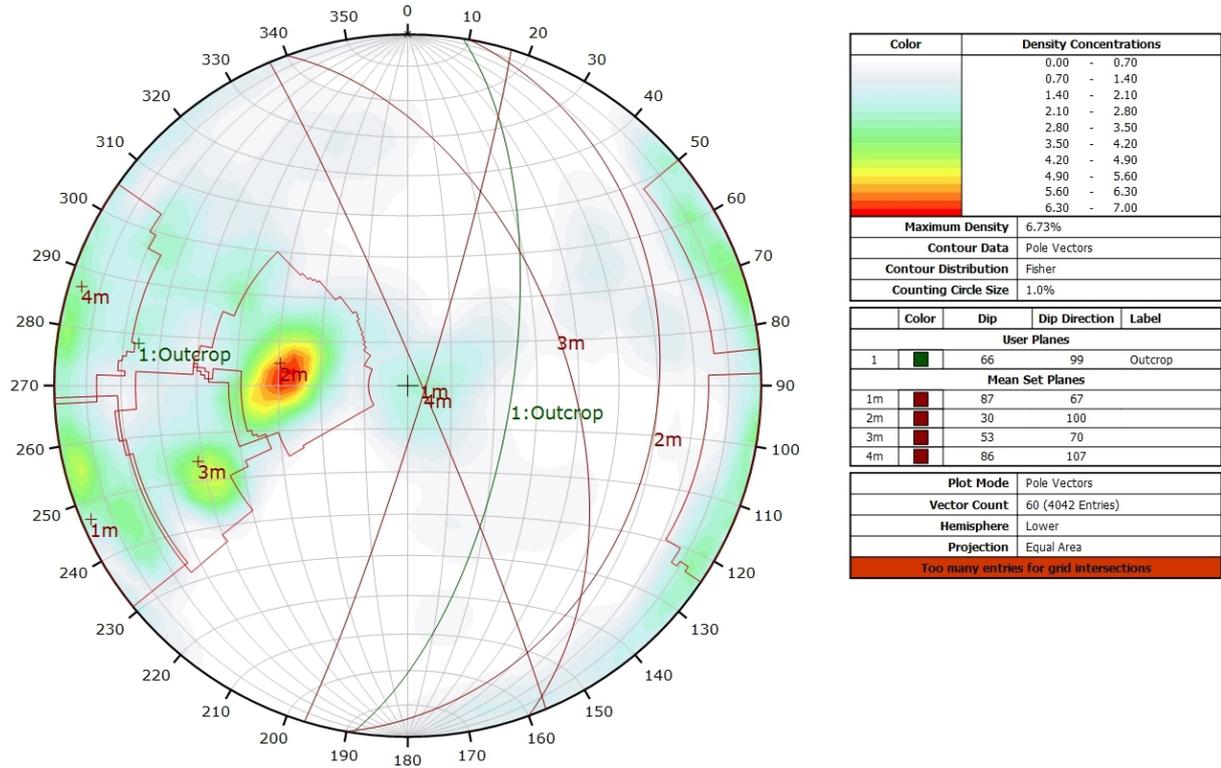


Diagramme de Rose des discontinuités.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : VIRAGE MALM – PHOTO E - TRAITEMENT STATISTIQUE



Canevas de Schmidt en densité de pôle de l'analyse statistique pondéré par la surface des plans. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimut et en plongement.

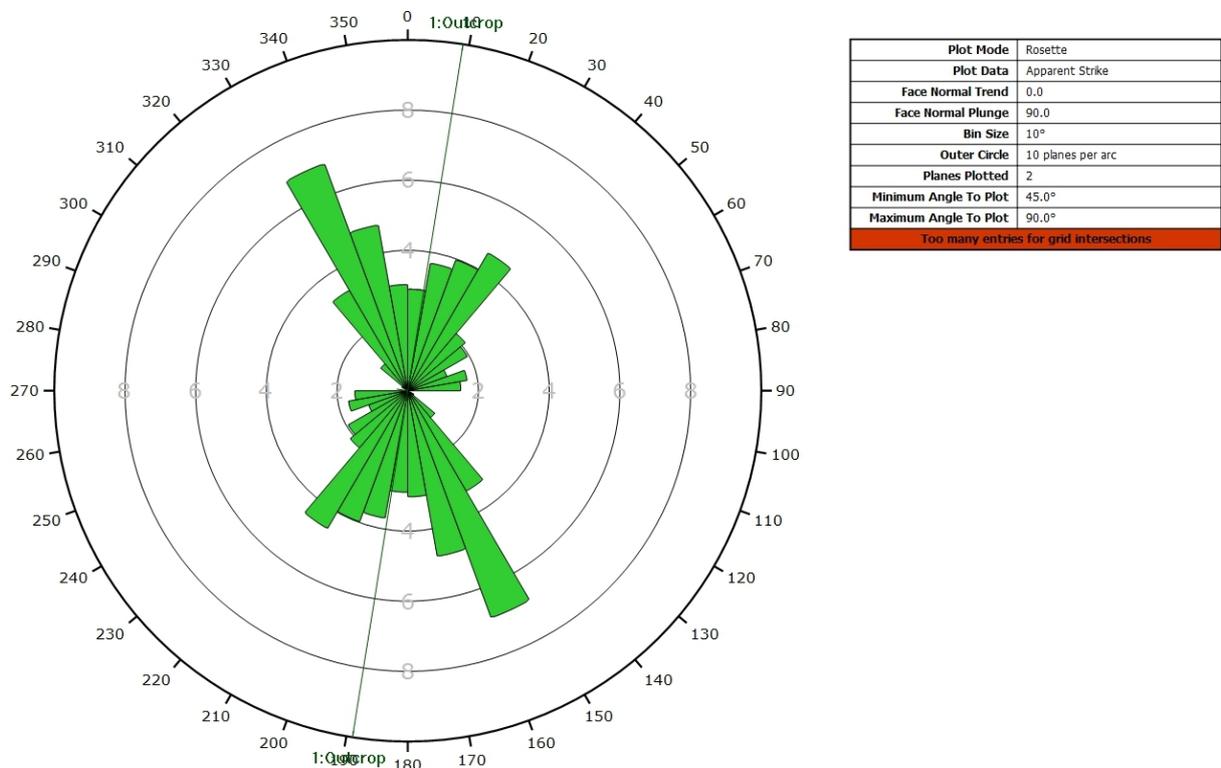
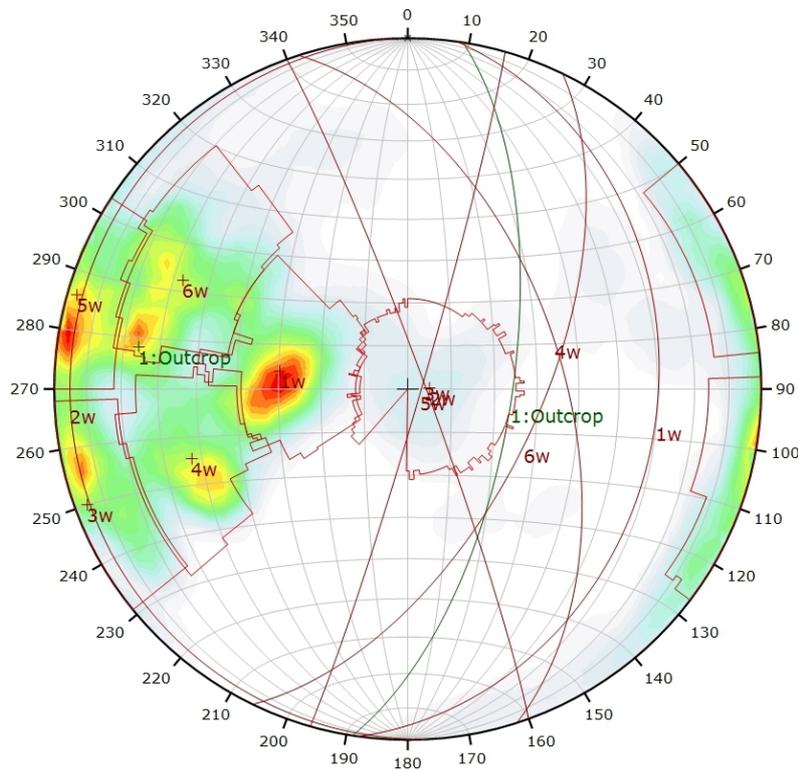


Diagramme de Rose de l'analyse statistique pondéré par la surface des plans.

AFFLEUREMENT : VUE-DES-ALPES : VIRAGE MALM - PHOTO E - TRAITEMENT STATISTIQUE PONDERE PAR TERZAGHI



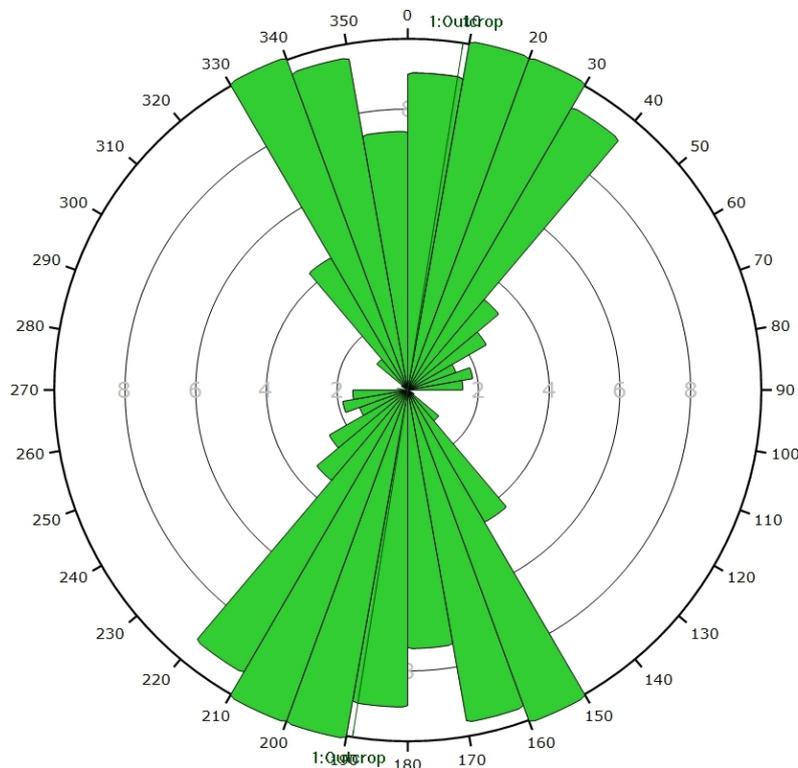
Color	Density Concentrations
	0.00 - 0.62
	0.62 - 1.24
	1.24 - 1.86
	1.86 - 2.48
	2.48 - 3.10
	3.10 - 3.72
	3.72 - 4.34
	4.34 - 4.96
	4.96 - 5.58
	5.58 - 6.20

Maximum Density	6.14%
Contour Data	Pole Vectors
Contour Distribution	Fisher
Counting Circle Size	1.0%

Color	Dip	Dip Direction	Label
User Planes			
1	66	99	Outcrop
Mean Set Planes			
1w	30	98	
2w	5	267	
3w	86	70	
4w	54	72	
5w	87	106	
6w	60	116	

Plot Mode	Pole Vectors
Vector Count	60 (4042 Entries)
Terzaghi Weighting	Minimum Bias Angle 15°
Hemisphere	Lower
Projection	Equal Area
Too many entries for grid intersections	

Canevas de Schmidt en densité de pôle de l'analyse statistique, pondéré par la surface des plans ainsi que par Terzaghi. Les plans moyens ont été calculés en admettant une variation de 20° en azimut et en plongement.



Plot Mode	Rosette
Plot Data	Apparent Strike
Face Normal Trend	0.0
Face Normal Plunge	90.0
Terzaghi Weighting	Minimum Bias Angle 15°
Bin Size	10°
Outer Circle	10 planes per arc
Planes Plotted	83
Minimum Angle To Plot	45.0°
Maximum Angle To Plot	90.0°
Too many entries for grid intersections	

Diagramme de Rose de l'analyse statistique, pondéré par la surface des plans ainsi que par Terzaghi.