DOSSIER DE DEMANDE DE SUBVENTION

Par les étudiants en L3 Sciences de la Terre à Strasbourg

PROJET STAGE DE TERRAIN DE FIN D'ETUDES

2019 - 2020

- Le volcan Banskà Stiavinca, Slovaquie -

Gé - P - To
Géosciences Pour Tous

Université de Strasbourg

SOMMAIRE

1 Introduction 3

2 Présentation de l'équipe 4

3 Présentation du projet 5

4 Présentation des actions de financement 15

5 Budget prévisionnel 16

6 Références – Bibliographie 17

1 INTRODUCTION

Le projet a pour but de réaliser un stage de terrain dans la région de Banskà Bystrica en Slovaquie centrale, plus précisément sur le volcan Štiavnica. La durée du camp de terrain sera d'une semaine, du 01 juin au 07 juin 2020 et est prévu pour 25 personnes (accompagnateurs compris). Il nous permettra de mettre en pratique nos connaissances acquises tout au long de notre cursus. Ce stratovolcan a connu une activité volcanique, en plusieurs phases, entre 15 et 12.2 Ma. Cette activité a engendré des gisements importants de cuivre, d'or et d'argent, qui a transformé cette région en une des plus importantes zones minières hongroises et slovaques lors du 18ème siècle.

Pour la réalisation de ce stage, nous avons estimé un budget nécessaire de 9464.70€ et faisons appel à vous pour une demande de subvention de 2200€.

2 PRESENTATION DE L'EQUIPE

Nous sommes 20 étudiants de l'Ecole et Observatoire des Sciences de la Terre (EOST) de l'Université de Strasbourg. Le projet que nous présentons et pour lequel nous demandons des subventions est à la charge des étudiants de troisième année de Licence de Sciences de la Terre, de l'Univers et de l'Environnement.

Nous avons établi un budget prévisionnel et réalisé ce dossier pour vous présenter notre projet ainsi que nos actions de financement - se référer au budget prévisionnel en page 16.

L'organisation du projet est principalement basée sur l'implication active et volontaire de :

L'organisation du projet se fait en partenariat avec l'association Gé-P-To, Géosciences Pour Tous, qui est une association de médiation scientifique dans le domaine des sciences de la Terre, de l'Univers et de l'environnement basée au 1 rue Blessig à Strasbourg. Gé-P-To développe et anime des ateliers de vulgarisation scientifique lors de diverses manifestations - Minéral & Gem à Sainte-Marie-aux-Mines par exemple. Elle propose aussi des sorties géologiques ainsi que des vidéos YouTube au travers de la chaîne "Gé-P-To Compris!".

L'association Gé-P-To a déjà contribué à l'organisation de plusieurs stages de fin d'études, notamment en Pologne l'année passée. Une partie des fonds récoltés lors de ce dernier projet reste disponible et sera reversée dans le projet de cette année.

3 PRESENTATION DU PROJET

1 LOGISTIQUE

La Slovaquie est idéale pour ce projet car c'est un pays européen en lien avec le programme de notre cycle de formation et financièrement accessible.

Nous souhaiterions nous y rendre en minibus avec les véhicules de de l'EOST, ou alternativement avec des voitures de location. Nous ferons aussi une demande de soutien du Service Géologique Tchèque via le prêt d'un véhicule comme ce fut le cas lors des camps de terrains 2019 (Sudètes) et 2018 (Vosges). Le trajet entre Strasbourg et la ville de Banská Štiavnica prend environ 11h en tenant compte des pauses durant le trajet.

Ce projet est soutenu par Francis CHOPIN, Benoît PETRI et Karel SCHULMAN de l'EOST, et par le Service Géologique Tchèque. Il ne sera possible que grâce à vos subventions, mais également grâce aux ventes de chocolats et de gâteaux, au financement de Gé-P-To et à la contribution personnelle de chaque étudiant.

2 CONTEXTE GEOLOGIQUE

DESCRIPTION GENERALE DE LA REGION

La ville de Banská Štiavnica est située dans la partie centrale de la Slovaquie (Figure 1) dans la région des Carpates occidentales intérieures, à la frontière entre l'arc des Carpates et le bassin Pannonien. Elle est installée au cœur de la caldeira d'un stratovolcan qui porte son nom, le stratovolcan de Štiavnica.

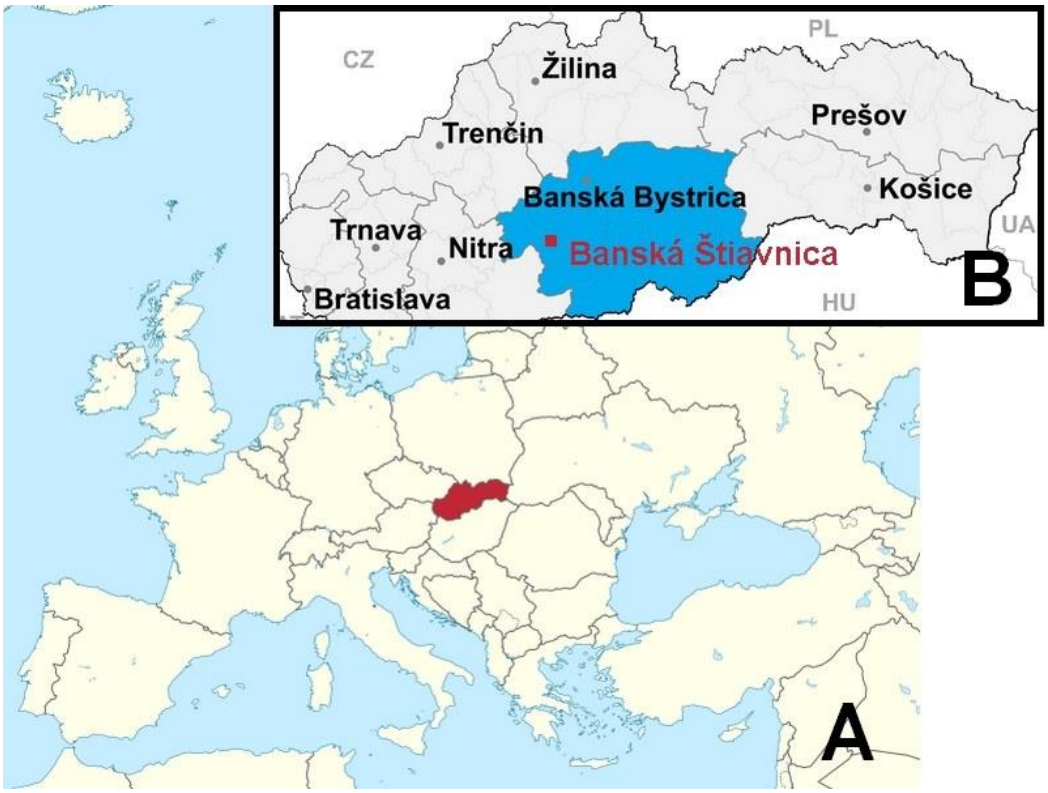

FIGURE 1 - Localisation de la Slovaquie (A) et localisation de la ville de Banská Štiavnica dans la région de Banská Bystrica (B)

Un stratovolcan est un édifice au volcanisme composite, qui se construit sur plusieurs milliers voire millions d'années par une succession d'éruptions formant des strates successives (voir section géologique Figure 3). Les éruptions associées à un volcanisme composite comprennent des alternances entre des phases effusives, lors desquelles d'importantes coulées de laves s'épanchent sur les flancs du volcan et des phases explosives, lors desquelles les éruptions libèrent de gigantesques panaches de fumée et de cendres accompagnés de projections pyroclastiques, voire de nuées ardentes. Ces phases éruptives ayant partiellement ou totalement vidées la ou les chambres magmatiques, la partie sus-jacente et centrale du stratovolcan peut s'effondrer. Cela conduit à l'apparition d'une structure géologique circulaire ou elliptique pouvant s'étendre sur plusieurs kilomètres appelée caldeira d'effondrement. (Voir Figure 3, 2nd stage)

ACTIVITE VOLCANIQUE DE LA REGION

Le stratovolcan Štiavnica fait partie de la province magmatique de Slovaquie centrale (Figure 2). Il s'étend sur 46km² et est caractérisé par la présence d'une caldeira de 20km de diamètre. L'activité volcanique de la région s'est essentiellement entre 15 et 12,2 Ma par un volcanisme calco-alcalin essentiellement andésitique présentant également des termes plus différenciés rhyolitiques (Lexa et al.,2013).

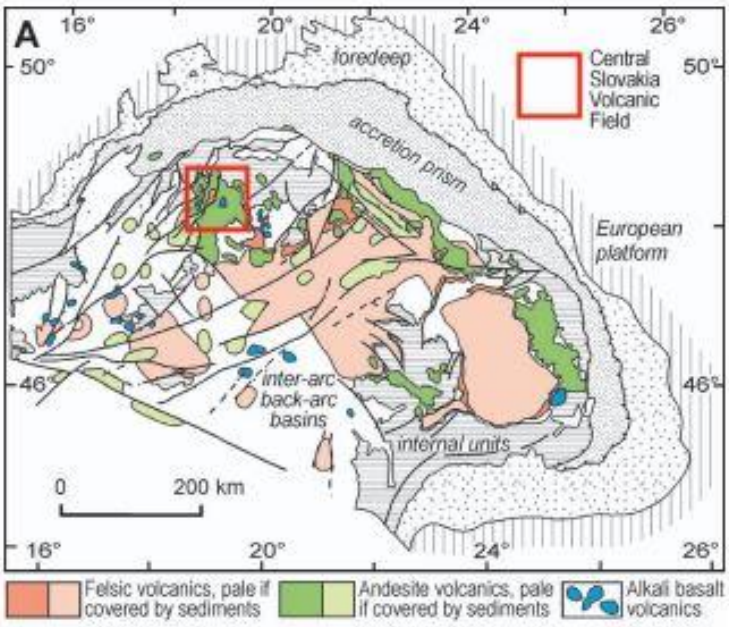

FIGURE 2 - Position du stratovolcan dans le cadre structurel de l'arc des Carpates et du bassin pannonien. D'après Chernyshev et al., 2013

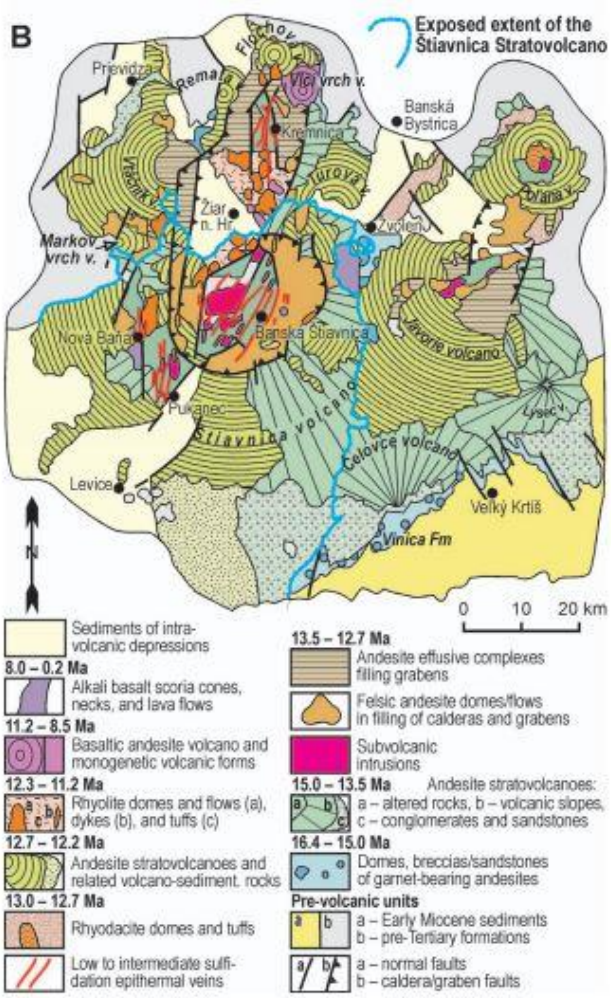

Fig. 1. Position of the Štiavnica Stratovolcano in the structural framework of the Carpathian arc and Pannonian Basin (**A**) and in the structural scheme of the Central Slovakia Neogene Volcanic Field (**B**). Modified after Konečný et al. (1995) and Pécskay et al. (2006).

FIGURE 3 - Carte géologique de la région. D'après J. LEXA et al, 2013

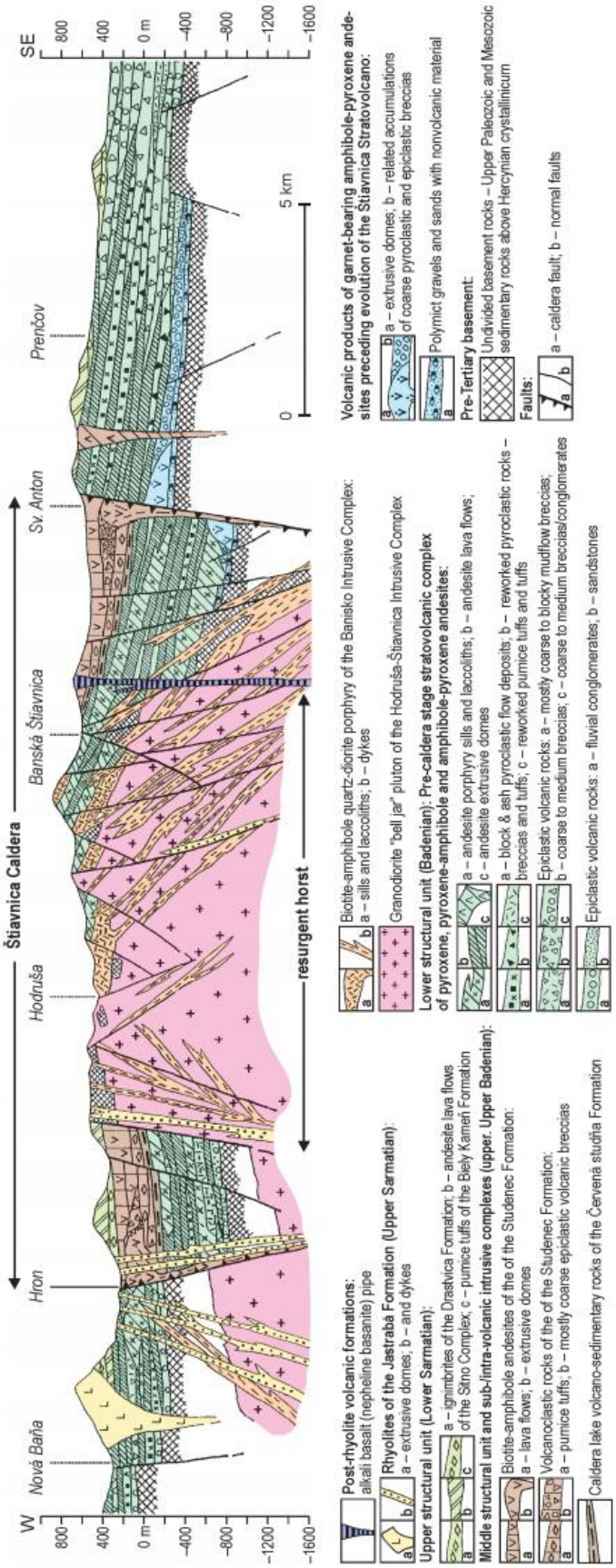

Fig. 3. Section of the Štiavnica Caldera and Hodruša-Štiavnica resurgent horst. Modified after Konečný & Lexa 2001.

FIGURE 4 - Coupe géologique du stratovolcan. D'après J. LEXA et al, 2013

LES PHASES ERUPTIVES DU STRATOVOLCAN ŠTIAVNICA

Cinq phases éruptives majeures (Figures 6 et 7) ont façonné cet édifice volcanique, dont la dernière a pris fin il y a seulement 11 millions d'années. Son activité se concentre ainsi sur la première moitié du Néogène jusqu'à à la fin du Tertiaire.

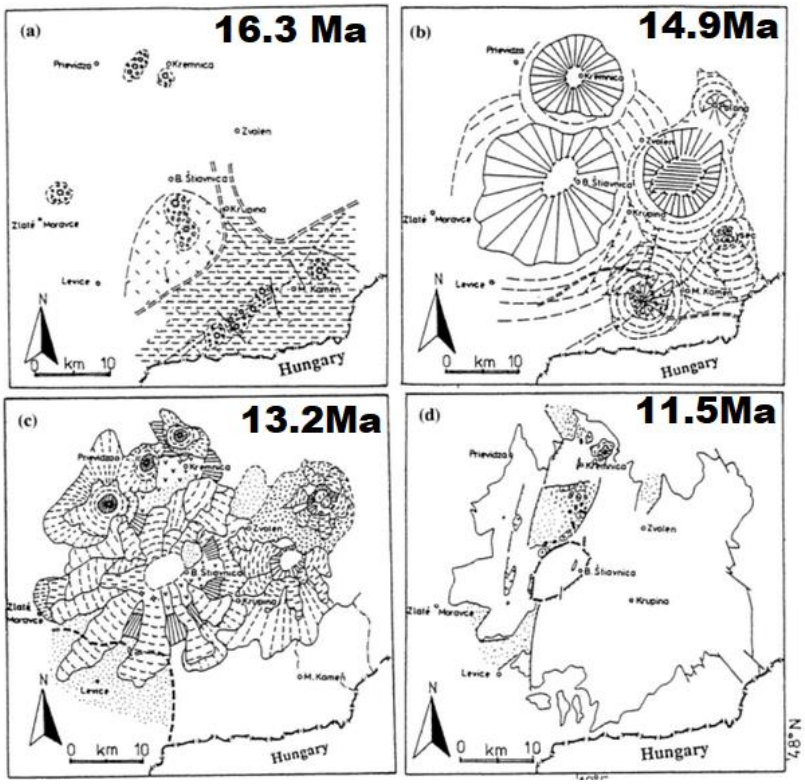

FIGURE 5 - Schéma de la paléogéographie du stratovolcan (vue en carte) . (a) à 16.3Ma; (b) à 14.9Ma; (c) à 13.2Ma; (d) à 11.5Ma. (M. Widdowson et al. 1997)

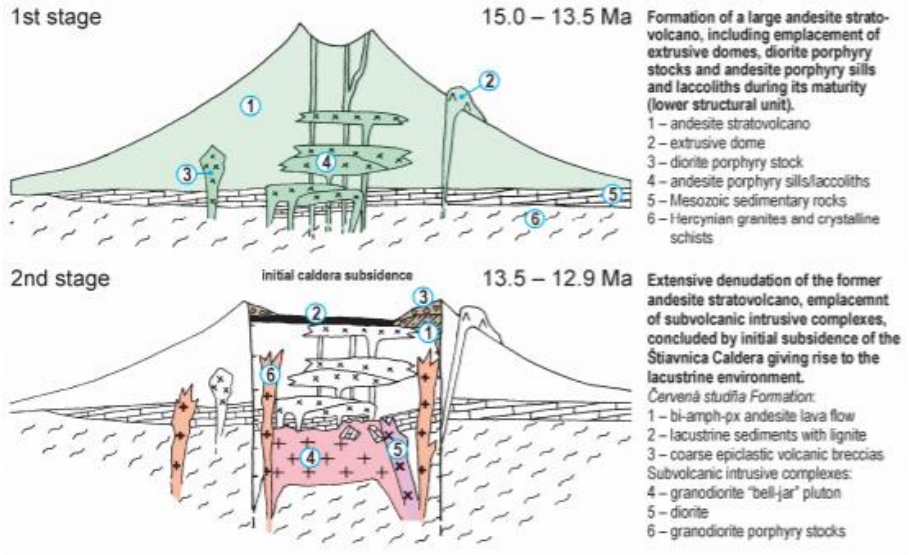

FIGURE 6 - Histoire du stratovolcan et de ses différentes phases éruptives (vue en coupe). D'après J. LEXA et al , 2013

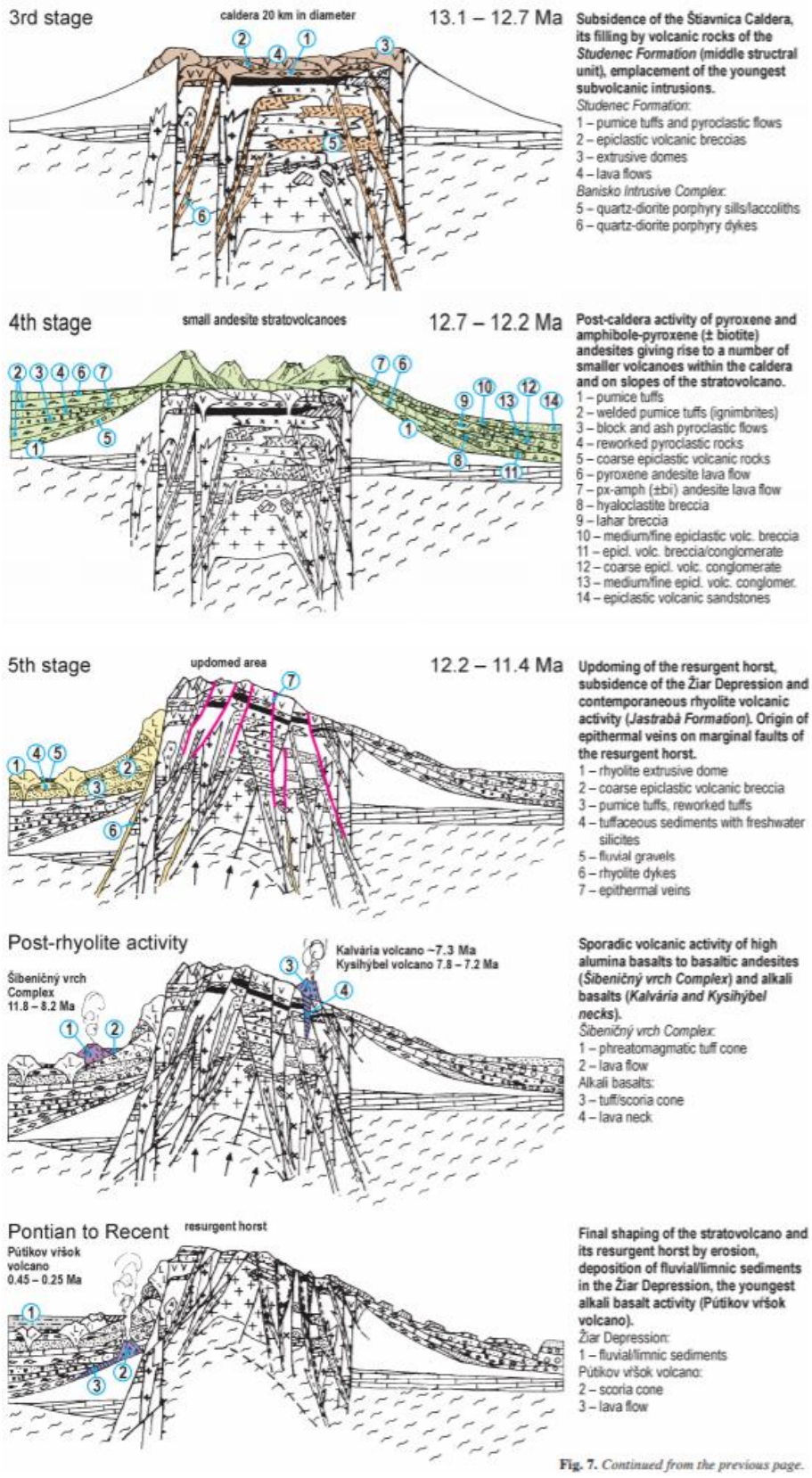

FIGURE 6 – (Suite) Histoire du stratovolcan et de ses différentes phases éruptives (vue en coupe). D'après J. LEXA et al , 2013

Le stratovolcan de Štiavnica est composée d'andésite à pyroxène et amphibole (Diagramme de TAS de Chernyshev al. 2013, Fig 7). Les datations K-Ar effectuées sur plusieurs échantillons d'andésite, indiquent que la phase majeure de mise en place a eu lieu vers 14.8 ± 0.3 - 13.1 ± 0.4Ma (Table 1), c'est-à dire au milieu du Miocène. La fin de la première phase (Figure 6) est marquée par une activité volcanique décroissante et remplacée au cours de la 2eme phase(Figure 6 2nd stage) par la mise en place de roches plutoniques en profondeur (des dykes et sills de granodiorite et diorite). Les datations au Rb-Sr des diorites et granodiorite indiquent un âge de 13.4 ± 0.2Ma - 13.3 ± 0.2Ma (Table 1). Des sédiments lacustres retrouvés dans le cratère et au-dessus des dépôts de la première phase confirment une seconde phase à activité superficielle beaucoup plus calme. Par la suite, les pans du cratère s'affaissent et commencent à créer la caldeira qui est remplie au cours de la troisième phase : l'activité volcanique reprend avec la mise en place de magma plus différencié. Des dômes de dacite et encore quelques dômes d'andésite à biotite se forment entre 12.9 ± 0.5 Ma à 12.4 ± 0.1 Ma. (Table 1)

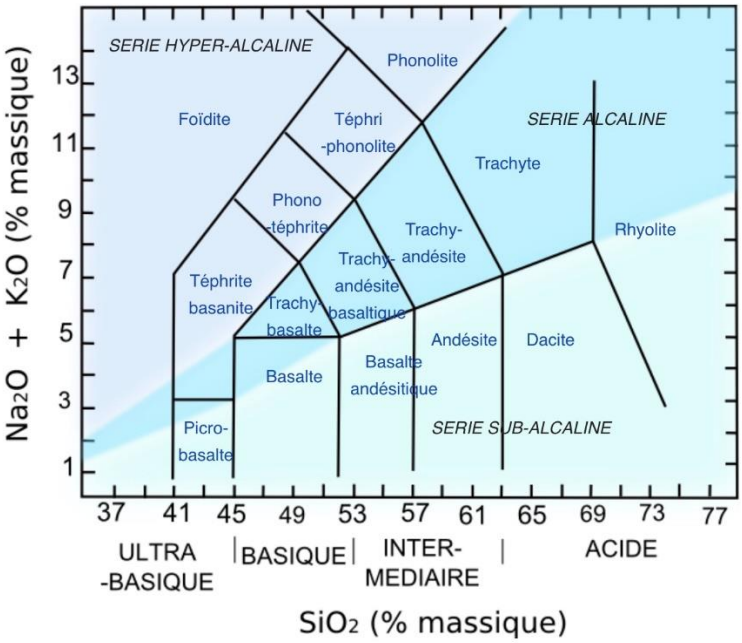

FIGURE 7 – Diagramme TAS de Chernyshev

La 4ème phase comprend, elle aussi une forte activité volcanique de nouveaux volcans apparaissent dans l'ancienne caldeira remplie au cours de la 3ème phase. Ces laves ont une composition proche de la première phase donc du magma plus primitif serait rentré en contact avec la chambre magmatique. Des ignimbrites et des pyroclastes sont présentes sur les pentes du stratovolcan. Ceci nous précise la nature péléenne certaines éruptions. Tous ces nouveaux épanchements sont datés de 12.5 ± 0.3 Ma à 12.0 ± 0.3 Ma (Table 1).

Finalement la 5ème phase (Figure 6) correspond à un changement de contexte géodynamique, il ne s'agit plus d'extension avec l'effondrement de la caldera. Nous pouvons observer une convection mantellique provoquant une remontée du matériel de la croûte continentale. Cette poussée a entraîné avec elle du magmatisme de type rhyolitique. Ce magmatisme s'est accumulé sur le flanc Nord en utilisant les failles déjà existantes de l'ancien graben. En refroidissant, le magma a formé des dykes qui sont à l'origine des veines épithermales qui remontent jusqu'au sommet de l'ancienne caldeira. Ces veines sont à

l'origine des gisements de métaux précieux. Ce magmatisme est daté entre 12.2 et 11.4 Ma (Table 1).

Suite à cette dernière phase, quelques épanchements volcaniques continuent d'émerger, de façon beaucoup plus éparse, nous parlons d'activité post-rhyolitique datant de 11.8 à 7.2 Ma (Table 1).

S'ensuit une longue période calme, permettant à des sédiments fluviatiles de se déposer sur la partie abaissée du stratovolcan (Ziar). L'activité magmatique la plus récente de la région date de 0.45 à 0.25 Ma et consiste en un magmatisme basaltique alcalin intrusif sous la couverture sédimentaire.

No.	Sample	Rock type	Volcanic form	Formation Complex	K-Ar age (Ma)	Rb-Sr age (Ma)
Volcanic formations pre-dating Štiavnica Stratovolcano						
1	GP-4	Pyroxene-amphibole andesite with garnet	Extrusive dome	Neresnica Formation	15.0 ± 0.4	
Lower structural unit (1st stage)						
3	GK-111	Amphibole-pyroxene andesite	Lava flow	Sebechleby Formation	14.8 ± 0.3	
4	GK-110	Amphibole-pyroxene andesite	Fragment in lahar breccia	Sebechleby Formation	14.0 ± 0.4	
5	St-6/06	Amphibole-pyroxene andesite	Lava flow	Sebechleby Formation	14.0 ± 0.4	
6	St-4/06	Pyroxene andesite matrix	Welded tuff/breccia	Lower structural unit	13.8 ± 0.4	
7	St-5/06	Pyroxene andesite fragment	Welded tuff/breccia	Lower structural unit	13.8 ± 0.4	
8	GK-107	Pyroxene andesite	Lava flow	Žibritov Complex	14.1 ± 0.3	
9	GK-106	Pyroxene andesite	Lava flow	Žibritov Complex	13.8 ± 0.4 13.7 ± 0.3	
10	GP-13	Pyroxene andesite	Lava flow	Žibritov Complex	13.4 ± 0.4	
11	St-7/06	Pyroxene andesite	Lava flow	Lower structural unit	13.5 ± 0.3	
12	St-14/06	Pyroxene andesite	Lava flow	Lower structural unit	13.5 ± 0.4	
13	GK-57	Pyroxene andesite	Lava flow	Lower structural unit	13.2 ± 0.4	
14	GP-11	Pyroxene andesite	Lava flow	Lower structural unit	13.1 ± 0.4	
Subvolcanic/intravolcanic intrusive complexes (2nd stage)						
15	St-5/99	Granodiorite	Bell-jar type pluton	Hodr.-Štiavn. Intr. Complex		13.4 ± 0.2
16	St-2/04	Granodiorite	Bell-jar type pluton	Hodr.-Štiavn. Intr. Complex		13.3 ± 0.6
17	St-4/08	Diorite	Bell-jar type pluton	Hodr.-Štiavn. Intr. Complex		13.3 ± 0.2
Middle structural unit (caldera filling, 3rd stage)						
18	St-83/91*	Biotite-amphibole andesite	Extrusive dome	Studenec Formation	12.7 ± 0.4*	12.4 ± 0.1
19	GK-100	Pyroxene-biotite-amphibole andesite	Lava flow	Studenec Formation	13.1 ± 0.3	
20	GK-16	Biotite-amphibole andesite	Extrusive dome	Studenec Formation	12.8 ± 0.3	12.9 ± 0.5
21	GK-20	Pyroxene-biotite-amphibole andesite	Extrusive dome	Studenec Formation	13.0 ± 0.4	12.4 ± 0.6
Upper structural unit (4th stage)						
22	St-9/06	Pyroxene andesite	Lava flow	Baďan Formation	12.6 ± 0.3	
23	St-10/06	Pyroxene andesite	Lava flow	Baďan Formation	12.5 ± 0.3	
24	GK-105	Biotite-amphibole-pyroxene andesite	Lava flow	Sitno Effusive Complex	12.7 ± 0.3	12.3 ± 0.2
25	KSD-2	Biotite-amphibole-pyroxene ignimbrite	Welded tuff	Drastvica Formation		12.0 ± 0.2
26	St-1/06	Pyroxene andesite	Lava flow	Breznica Complex	12.9 ± 0.3	
27	St-11/06	Pyroxene andesite ± biotite	Lava flow	Priesil Formation	13.0 ± 0.3	
28	St-12/06	Amphibole-pyroxene andesite ± biotite	Lava flow	Priesil Formation	12.4 ± 0.3	12.3 ± 0.7
29	St-15/06	Pyroxene andesite	Lava flow	Inovec Formation	12.2 ± 0.3	
30	St-16/06	Amphibole-pyroxene andesite	Lava flow	Žiar Complex	12.0 ± 0.3	
Rhyolites of the Jastrabá Formation (5th stage)						
31	St-18/06	Rhyolite	Dyke	Jastrabá Formation		12.2 ± 0.8
32	GK-21	Rhyolite	Dyke	Jastrabá Formation	12.2 ± 0.3 11.9 ± 0.3	
33	KSD-1	Rhyolite (K-metasomatism)	Extrusive dome	Jastrabá Formation	11.5 ± 0.3	
34	V-7/91c*	Rhyolite (K-metasomatism)	Extrusive dome	Jastrabá Formation	11.6 ± 0.3*	
35	L-8/91*	Rhyolite (perlite)	Fragment in extr. breccia	Jastrabá Formation	11.4 ± 0.4*	12.1 ± 0.1
36	St-6/08B	Rhyolite (perlite)	Fragment in extr. breccia	Jastrabá Formation		11.8 ± 0.1
37	Kl-1/91*	Rhyolite	Dyke	Jastrabá Formation	11.4 ± 0.3*	
Post-rhyolite volcanic formations — alkali basalts						
38	St-84/91*	Nepheline basanite	Lava neck		7.8 ± 0.4*	
39	St-85/91B*	Nepheline basanite	Lava neck		5.7 ± 0.4*	
40	S-B3/02	Nepheline basanite	Lava flow		0.45 ± 0.03	
41	S-B7/02	Nepheline basanite	Lava neck		0.42 ± 0.03	
42	S-B8/02	Nepheline basanite	Lava flow		0.43 ± 0.03	

* — data published already by Chernyshev et al. (1995). Numbers 1–42 correspond to sample numbers on the structural scheme (Fig. 2).

TABLE 1 - Résumé des données géochronologiques des isotopes K-Ar et Rb-Sr pour les roches du Stratovolcan Štiavnica. D'après J. LEXA et al, 2013 et d'après Chernyshev et al. (1995)

EXPLICATIONS GEODYNAMIQUES

L'activité volcanique s'est déclenchée par l'extension d'arrière-arc lors de l'orogenèse alpine qui donna notamment naissance au massif des carpates par la convergence des plaques africaine et eurasienne. La subduction de la plaque africaine sous la plaque eurasienne a créé un prisme d'accrétion en surface qui forma plus tard le massif des carpates. L'extension d'arrière arc est une réponse à la compression provoquée par la formation de cet orogène. Cette extension, qui consiste en un étirement de la croûte continentale, engendre plusieurs modifications locales de la croûte et du manteau. La croûte se fracture de part et d'autre du bassin d'arrière-arc par des failles normales. Cela induit un effondrement du centre du bassin, formant alors un graben. Cet amincissement de la croûte par étirement conduit à la remonté rapide de l'asthénosphère qui entre alors en fusion partielle par décompression adiabatique. Le volcanisme du Štiavnica est donc le résultat en surface de la fusion partielle de ce manteau.

INTERET ECONOMIQUE

Le site de Banská Bystrica était un site très important d'exploitation minière ayant débuté par l'exploitation du cuivre dès 2000 ans avant J.C. au Moyen-Age, l'extraction d'or et d'argent à Banská Štiavnica a fortement développé son activité minière qui est alors devenue la plus importante zone minière slovaques, et même hongroises. En raison de l'épuisement de ces ressources naturelles, les infrastructures minières ne sont plus utilisées depuis la fin du 19ème siècle. La totalité de ces anciennes mines sont désormais fermées, mais elles sont cependant surveillées afin d'éviter des effondrements, des risques d'inondations, des risques de pollution ou d'autres problèmes qui pourraient causer des préjudices à la ville.

GISEMENTS

Les gisements hydrothermaux sont la principale source mondiale pour la majorité des métaux, il existe différents types de gisements en fonction de leur contexte géodynamique (limite de plaque, intrusions granitiques, plancher océanique, bassins sédimentaires). Le cuivre, l'argent et l'or font partis d'une même famille, les métaux de transition. Ils sont notamment concentrés par des processus hydrothermaux, lié à la circulation profonde de fluides transportant et précipitant des métaux dans la croûte continentale et océanique.

Ce sont des éléments chalcophiles et lithophiles qui migrant dans un fluide aqueux. L'origine des fluides peut être magmatique, métamorphique, ou provenir d'eaux météoriques. Leur précipitation a généralement lieu entre 300 et 500 m de profondeur, à cette distance, les conditions de pression et de température sont suffisantes pour permettre l'ébullition de l'eau et la précipitation des métaux. La faible profondeur rend possible l'extraction à ciel ouvert, ce qui rend ces gisements intéressants financièrement.

Le stratovolcan Štiavnica est donc, un formidable édifice volcanique qui nous permettra d'entrevoir différents aspects géologiques. De l'histoire et la compréhension de la dynamique de contraction des stratovolcans, aux enjeux miniers et des processus de formation des gisements associés, jusqu'à l'actuel défi de préservation du site face à son passé minier. Le stratovolcan Štiavnica nous permettra d'acquérir de nombreuses compétences qui seront considérables dans la suite de notre parcours universitaire.

3 INTERET POUR NOTRE FORMATION

Ce camp de terrain serait pour nous l'occasion de mettre en application et d'approfondir les connaissances acquises au cours de notre cursus universitaire. En effet, ce serait la mise en application de différents cours tels que "Pétrologie magmatique", " Géochimie", "Altération, érosion", "Géologie structurale", "Ressources minérales et énergétiques" ainsi que "Géologie de l'Europe".

Construire ce projet comme projet de fin de licence nous permettra de développer des qualités de management et de trésorerie au sein de la gestion d'un projet. Il nous permettra de développer des acquis qui nous serviront dans la suite de notre parcours universitaire ou professionnel.

Ce volcan qui s'étend sur une superficie de 46km^2 nous permettra de réaliser des travaux de cartographie au travers desquels nous retracerons son histoire. Lors de ce stage, nous apprendrons à utiliser les outils géologiques et les méthodes de travail utiles lors d'observations sur le terrain. Il nous sera aussi très bénéfique pour nos projets futurs, la zone étudiée étant une ancienne carrière de cuivre, d'argent et d'or, nous permettant de mieux comprendre ses enjeux économiques et géologiques liés à ces structures.

Le stage se déroulera en deux parties, les deux premiers jours nous serons encadrés et nous seront formés sur la géologie locale. Puis nous serons en autonomie sur le terrain, le but étant également d'apprendre à observer, décrire et interpréter un système géologique d'échelle régionale.

4 PRESENTATION DES ACTIONS DE FINANCEMENT

Nous avons d'ores et déjà l'aide de l'association Gé-P-To qui en plus de nous donner une subvention de 922 euros, nous aide pour les transactions financières et pour l'organisation administrative du projet. L'objectif de ces actions étant de se rapprocher au maximum du budget fixé.

Nous prévoyons de multiples événements et actions afin d'aider au financement de notre projet. En effet, nous prévoyons de réaliser une vente de chocolat en partenariat avec l'entreprise alsacienne des chocolats Antoni basée à Avolsheim, établir des stands de nourriture lors de soirées organisées par l'association Terra Nostra, et une possible mise en vente de fromage avec la coopérative de Grande-Rivière-Morbier.

Nous nous engageons également à verser une participation individuelle de 10 euros par jour, conformément au tarif de stage de l'EOST. Par ce biais, nous apportons une aide financière de 1470 euros (soit 70€/personne) pour la réalisation de ce projet.

Nous sollicitons les grandes entreprises telles que Total et Schlumberger ainsi que les institutions telles que le BRGM et l'EOST (voir annexe financière page 14). Votre intérêt à nous financer est de nous permettre d'agrémenter notre formation, sachant que nous sommes en soit les futurs employés de vos structures.

Le coût total est estimé à 9464,70€ pour 25 personnes en comptant les accompagnateurs. C'est pourquoi nous sollicitons une aide financière de votre part qui permettrait de subventionner ce projet formateur. Nous vous demandons donc une subvention de 2200 euros.

En vous remerciant d'avance pour votre considération et en restant à votre disposition pour plus d'informations.

Lemaire Camille, responsable du projet

Lemaire

5 BUDGET PREVISIONNEL

Pour 21 étudiants et 4 accompagnants

DEPENSE

	prix / jour / personne	prix / 25 pers. / 7j.
Location mini bus		691€
Essence mini bus loué		548€
Essence mini bus EOST 1		548€
Essence mini bus EOST 2		548€
Vignette autoroute Autriche pass 7j		29,70€
Alimentation	24€	3 500€
Hébergement	24€	3 500€
Imprévue		150€
Total pour 21 étudiants	63,71€	9 464,70€

RECETTE

Subventions de Gé-P-To	922€
Participation étudiante (10€/jour/personne)	1 470€
Vente de chocolats	200€ *(prévision)*
Vente de gâteaux	160€ *(prévision)*
Vente de fromage *(jamais tenté à ce jour)*	150€ *(prévision)*
PREVISION DE SUBVENTION	
Subvention EOST	Prêt de deux mini bus
Subvention TOTAL	2 200€
Subvention BRGM	2 200€
Subvention SCHLUMBERGER	2 200€
Total	9 502€

6 REFERENCES - BIBLIOGRAPHIE

CHERNYSHEV, IGOR & KONEČNÝ, VLASTIMIL & Lexa, Jaroslav & Kovalenker, V. & Jelen, S. & Lebedev, V. & GOLTSMAN, YURIJ. (2013). K-Ar and Rb-Sr geochronology and evolution of the Štiavnica Stratovolcano (Central Slovakia). Geologica Carpathica. 64. 327-351. 10.2478/geoca-2013-0023.

Kozák, Jaroslav & Koděra, Peter & Lexa, Jaroslav & Bakos, František & Molnar, Levente & Wälle, Markus. (2017). Porphyry gold system of Beluj in the mantle of the Štiavnica stratovolcano (Slovakia). Acta Geologica Slovaca. 9. 45-61.

KONEČNÝ V, LEXA J, KONEČNÝ P. Evolution of the banská štiavnica stratovolcano and corresponding magma chamber (central slovakia). [Accédé le 09/12/2019]. http://www.geologicacarpathica.com/data/files/files/special%20issue/K/Konecny_etal_01.pdf

Widdowson M. Palaeosurfaces: Recognition, Reconstruction and Palaeoenvironmental Interpretation. London: The Geological Society; 1997.

Banská Štiavnica. Wikipedia. [Accédé le 09/12/2019]. https://fr.wikipedia.org/wiki/Bansk%C3%A1_%C5%A0tiavnica

Geological map of Slovakia 1 : 50 000. The State Geological Institute of Dionyz Stur. [Accédé le 09/12/2019]. https://www.geology.sk/2018/04/10/geological-map-of-slovakia-150-000/?lang=en

Ville historique de Banská Štiavnica et les monuments techniques des environs. UNESCO. [Accédé le 09/12/2019]. https://whc.unesco.org/fr/list/618/

Fig 5 - Palaeosufaces: Recognition, Reconstruction and Palaeoenvironmental Interpretation 1997 by M. Widdowson page 209

Fig 2.3.4.6 - K-Ar and Rb-Sr geochronology and evolution of the Štiavnica Stratovolcano (Central Slovakia). D'après J. LEXA et al, 2013

Fig 2 - p328 .3 page 328 .4 page 332 .6 page 343-344

Table 1- page 338

Fig 7 - http://www2.ggl.ulaval.ca/personnel/bourque/s2/r.ign.html