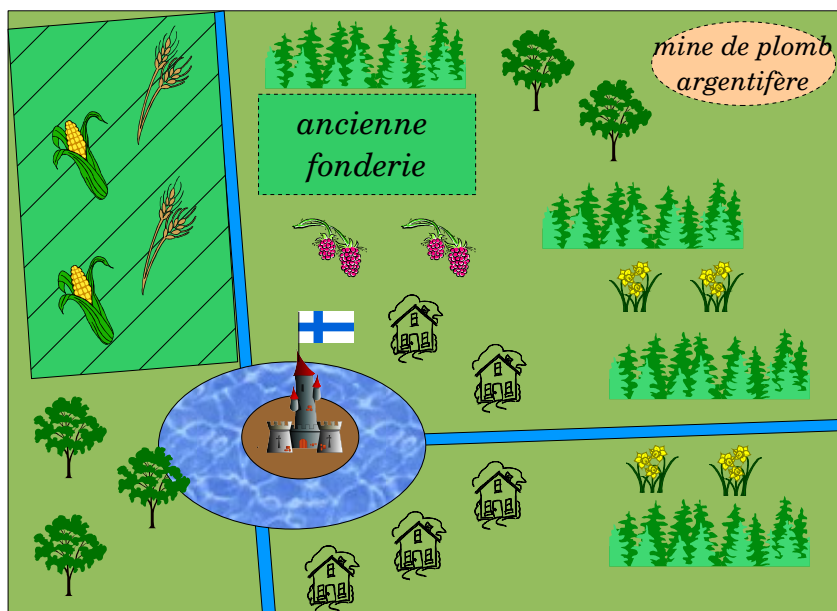


Projet-enquête

Sur les terres de la république de Finlande joliment clairsemées par 187 888 lacs et 179 584 îles, nous nous intéressons à un petit village imaginaire situé dans l'Ouest du pays. Ce village est tout naturellement bâti à proximité d'un lac. Au milieu de ce lac se trouve les ruines d'un château fort datant de l'époque du royaume de Suède. Une forêt regorgeant de jolies fleurs et de délicieuses baies environne les habitations. On note également la présence de cultures à proximité du village. Nous n'aurions vraiment eu aucune raison de concentrer toute notre attention sur ce cadre idyllique s'il ne s'y trouvait pas les ruines d'une ancienne fonderie de plomb à quelques centaines de mètres du village. Cette fonderie dont l'activité remonte au 16^{ème} siècle était approvisionnée en matière première par une mine de plomb argentifère située à quelques centaines de mètres à l'Est. Le matériau prêt à l'emploi était ensuite exporté vers un autre village pour être transformé en pièces de monnaie.



L'espace de l'ancienne fonderie est actuellement en friches. Conscient de l'intérêt archéologique de ce lieu, le maire de la commune aimerait lui redonner de sa splendeur pour que des touristes puissent éventuellement le visiter. Il a cependant entendu parler que le plomb est un métal dangereux. N'ayant aucune compétence scientifique en la matière, il préfère donc faire appel à un expert pour le conseiller. Il aimerait également savoir si sa population encourt un risque quelconque vis-à-vis du plomb. Les habitants du village vivent en pleine harmonie avec la nature et ne peuvent s'empêcher de plonger dans le lac à la sortie de l'étuve. Ils ne peuvent également s'empêcher de partir à la cueillette des baies sauvages dans les bois alentour. Rien n'est en effet plus délicieux que de savourer un plat de sauté de renne aux petites airelles rouges, ou encore de terminer le festin avec du kissel de framboises et de myrtilles. Les champignons sont également un bon ingrédient pour incorporer à la soupe du soir. Il faut donc s'assurer que tous ces éléments ne sont pas contaminés.

1) Prise de contact avec le site :

1.1. Visite dans le village :

Timo, le géophysicien quitte l'université d'Oulu et se rend dans le village accompagné de son amie botaniste Inari. Après une coupe de délicieuse cervoise, le maire entreprend de leur faire visiter les lieux. Quoique descendant des Vikings, les Finlandais sont par nature un peuple calme. Il n'y a donc aucune raison pour qu'ils sortent le fusil à la vue de scientifiques à moins naturellement que ceux-ci soient attaqués par des bêtes sauvages. Nos deux compères sont donc heureux de pouvoir visiter calmement les lieux. Timo et Inari notent tout ce qu'ils observent sur leur carnet de terrain. Timo, le géophysicien observe tout particulièrement la disposition des éléments naturels et tente d'évaluer les distances. Inari, la botaniste concentre quant à elle son attention sur la géologie du terrain et la végétation. Les ruines de la fonderie se situent à 500 mètres du village. Elles sont sur un versant en très légère pente à quelques mètres de la rivière. Le site est entouré par la forêt. Inari n'a rien observé de particulier en ce qui concerne la géologie. Elle peut cependant faire quelques remarques en ce qui concerne la végétation. Le site proprement dit est recouvert par des ronces et quelques arbustes. La forêt alentour est une forêt mixte composée de conifères et de feuillus. Deux variétés de bouleaux sont présentes : des bouleaux pubescents (*betula pubescens*) d'une part, des bouleaux verruqueux légèrement pleureurs (*betula verrucosa*) d'autre part. On observe sinon quelques pins sylvestres (*pinus sylvestris*). Inari a également observé des végétaux de la famille des rosacées (mûres et framboises) ainsi que des baies de la famille des érinacées (myrtilles et airelles). La végétation semble donc totalement normale. Timo et Inari ont une bonne vision du cadre. Ils n'ont cependant pas réussi à obtenir beaucoup d'informations en ce qui concerne le fonctionnement de la fonderie.

1.2. Contact avec l'association archéologique du village :

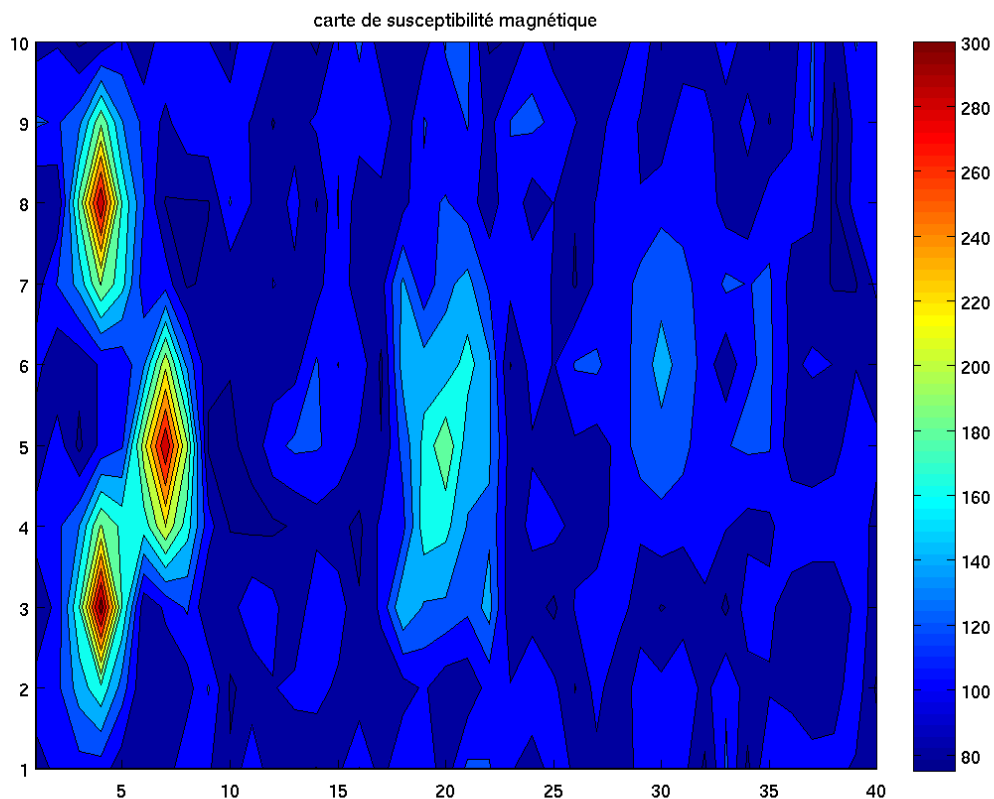
Avant d'entreprendre des mesures, Timo et Inari aimeraient obtenir des informations un peu plus précises sur le fonctionnement de la fonderie. Ils décident d'aller voir un membre de l'association archéologique du village comme le maire leur a conseillé. Ils apprennent ainsi que la fonderie fut créée au 16^{ème} siècle par un seigneur suédois mais que son activité s'arrêta en 1809 lors de l'annexion de la Finlande par la Russie. Le traitement de la galène argentifère reposait sur plusieurs étapes. La première étape consistait au concassage du minerai. Le minerai subissait ensuite cinq lavages successifs, d'où l'intérêt de construire la fonderie à proximité de la rivière. Le minerai était finalement fondu avant d'être exporté dans des villages voisins pour être frappé en pièces de monnaie. Nos deux scientifiques ne savent pas si ces informations leur seront utiles. Ils sont néanmoins contents de les avoir acquises.

2) Etude approfondie du site :

La mine est suffisamment éloignée du village et de la rivière. Il n’y a donc aucune raison de s’y intéresser. Il paraît cependant intéressant de rechercher des traces de pollution éventuelle au niveau et à proximité de la fonderie. Timo choisit pour cela de réaliser une carte de susceptibilité magnétique de manière à obtenir la localisation des lieux les plus sensibles.

2.1. Carte de susceptibilité au niveau de l’ancienne fonderie :

Inari qui a pris goût pour la géophysique accompagne Timo lors de la seconde visite. Elle est une assistante éveillée et très attentive. Elle étudie minutieusement la sonde de susceptibilité magnétique MS2D du constructeur Bartington. Timo lui explique qu’une mesure de susceptibilité permet de quantifier la capacité d’un matériau à s’aimanter. En mesurant la susceptibilité, on peut donc cartographier la présence d’éléments ferromagnétiques dans le sol. On peut de cette manière avoir des soupçons en ce qui concerne une éventuelle pollution aux métaux lourds. L’appareil en question permet de sonder jusqu’à une profondeur de 20 cm. Quelques précautions d’emploi sont néanmoins de rigueur. Il faut dégager la végétation du sol au niveau des points de mesures. Après quelques heures sur le terrain, l’ordinateur de Timo fournit généreusement la carte suivante :

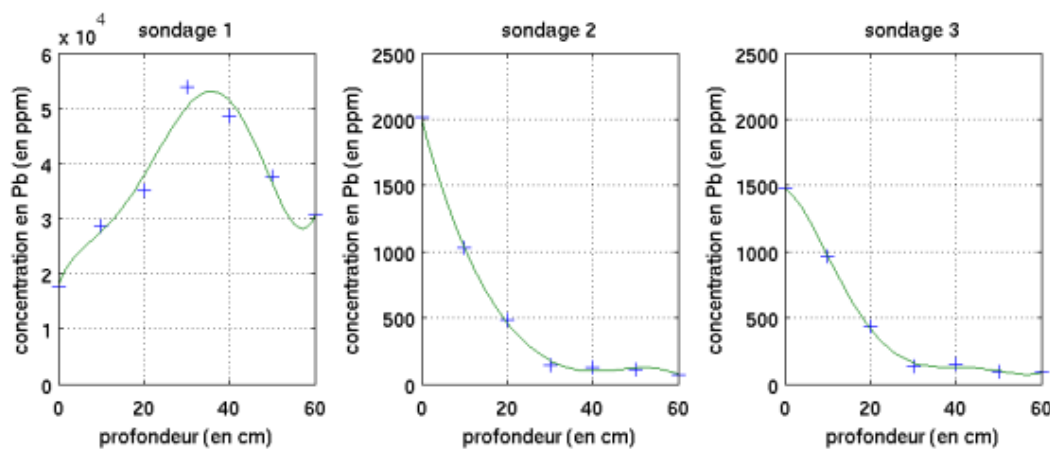


Il est d'ores et déjà possible de tirer plusieurs constats. La valeur de la susceptibilité est globalement conforme à la normale avec une valeur d'environ 100. On peut parallèlement repérer cinq anomalies : trois anomalies qui atteignent presque 300 à proximité de la rivière ainsi deux autres anomalies un peu moins fortes situées respectivement à 20 et 30 mètres du bord. Inari pense pouvoir dire que les trois anomalies de gauche correspondent à des puits de lavage alors que les deux anomalies de droite correspondent soit à des lieux de concassage, soit à des lieux de fonte.

Timo pense aussi réaliser un sondage de résistivité électrique et un sondage VLF. Cependant, notre géophysicien doit fournir des résultats effectifs très rapidement. Pour cette raison, il abandonne l'idée de ces différents sondages qui donneraient les mêmes résultats que la méthode de susceptibilité magnétique.

2.2. Réalisation de prélèvements :

Afin de compléter le repérage effectué précédemment, Timo pense que la meilleure chose est de réaliser des prélèvements. Ils réalisent pour cela cinq sondages pédologiques : trois sondages au niveau des anomalies ainsi que deux autres sondages à proximité de la fonderie en guise de témoins. Les résultats viennent après une semaine d'analyse au laboratoire. Voici les résultats au niveau des anomalies :



On constate une concentration vertigineusement forte à proximité de la rivière : 20 000 ppm en surface avec un pic à 30 cm de profondeur. Les concentrations restent très fortes au niveau des deux autres sondages avec des valeurs en surface atteignant respectivement 2000 et 1500 ppm. La bonne nouvelle est cependant que la concentration en surface ne dépasse pas 600 ppm aux alentours de la fonderie. Des prélèvements complémentaires au niveau du village indiquent quant à eux une valeur de 300 ppm.

Des prélèvements d'eau ont également été réalisés au niveau de la rivière près de la fonderie et dans le lac. Les mesures sont effectuées au niveau de la fonderie, avant et après la rivière, ainsi que dans le lac. Les valeurs obtenues (20, 15 et 8 $\mu\text{g/L}$ respectivement) sont élevées mais ne dépassent pas la

valeur limite de 50 $\mu\text{g/L}$ de teneur en plomb (la limite de qualité de l'Union Européenne étant fixée à 10 $\mu\text{g/L}$). En effet, le plomb est très peu mobile. La teneur en plomb, quoique élevée mais inférieure à la normale n'est pas inquiétante d'autant que le village ne s'alimente pas en eau au niveau de cette rivière. Les eaux stagnantes du lac sont légèrement enrichies en plomb. La baignade ne pose normalement pas de problème. Il faudra cependant s'attendre à des pics de pollution à la suite de fortes précipitations.

3) Conclusion à tirer de l'étude approfondie :

Timo et Inari sont en mesure de donner des éléments de réponse au maire du village. Sans être minimal, le risque de pollution au plomb au niveau des habitations reste raisonnable puisque la valeur seuil de 400 ppm n'est pas atteinte. Les enfants peuvent se promener dans le village sans précautions particulières. En l'état actuel des choses, il faudra veiller à ce qu'ils ne s'approchent pas trop de la zone de la fonderie et qu'ils évitent de se baigner dans le lac après de fortes précipitations. En ce qui concerne le projet de transformer la fonderie en site touristique, ceci n'est pas à exclure à condition de procéder à quelques aménagements. Une dépollution des trois sites les plus proches de la rivière est vraisemblablement la meilleure chose à faire. Pour le reste du terrain, on pourra limiter les effets nocifs de la pollution du sol en installant soit un revêtement de gazon soit un revêtement de pavage. A condition de ne pas rester plus de quelques heures sur les lieux, les risques devraient ainsi être minimisés. Il ne faut bien sûr consommer aucunes baies sur le site de la fonderie proprement dite, et, cela va de soit, au niveau de la mine. Il n'y a cependant pas de risque dès qu'on s'éloigne de plus de quelques dizaines de mètres de la fonderie étant donné que les baies et les tomates sauvages sont très peu susceptibles d'emmagasiner les métaux lourds. Les céréales dans les champs sont cependant beaucoup plus sujettes à risque. Avant dépollution, il serait donc recommandable d'éviter les cultures à proximité directe de la rivière. Ce dernier point est donc fortement à surveiller. En effet, il va falloir créer un système d'irrigation des champs utilisant des ressources en eau non polluées. Il se pose donc le problème d'une possible contamination de la nappe phréatique par le plomb. Heureusement pour notre géophysicien, des sondages de la nappe phréatique ont été réalisés et très bien documentés. Se fondant sur les données nouvellement recueillies et les données hydrogéologiques antérieures, Timo est en mesure de rassurer le maire du village : une contamination de la nappe phréatique n'est pas à craindre.

Ce joli cas d'étude peut nous conduire à tirer quelques remarques d'ordre général. Les sites archéologiques ne sont pas toujours pleinement inoffensifs même s'il n'y a pas de raison d'avoir des inquiétudes démesurées dans le cas présent. Le cas présent semble être un cas gentil même si on n'est jamais à l'abri d'une pollution exceptionnelle en cas de fortes précipitations par exemple. On peut sinon saluer la démarche constructive du maire du village. Sa démarche se veut avant tout préventive et à pour but de s'assurer des bonnes conditions de vie de ses habitants. Il n'est pas sûr que les choses se déroulent toujours ainsi mais dans le pays de Finlande, l'harmonie entre les hommes et la nature est une grandeur importante.